

EDİTÖR DOÇ. DR. FULYA ZORLU

FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ALANINDA — ULUSLARARASI — GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

HAZİRAN 2026



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2026

ISBN • 978-625-8810-55-4

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ALANINDA ULUSLARARASI GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

EDİTÖR **DOÇ. DR. FULYA ZORLU**

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

FEN EĞİTİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR DEPREM FARKINDALIĞI1

Ayşe BİRHANLI

BÖLÜM 2

FEN EĞİTİMİNDE TERS YÜZ ÖĞRENME: BİBLİYOMETRİK BİR
İNCELEME..... 19

Burcu ALAN

BÖLÜM 3

FEN EĞİTİMİNDE MODELE DAYALI ÖĞRETİMİN KRONOLOJİK
ANALİZİ VE GÜNCEL EĞİLİMLER..... 45

Hülya GÜNGÖR

İbrahim ÜNAL

BÖLÜM 4

BİLİMSEL BİLGİNİN YAPISI, GELİŞİMİ, DEĞERLENDİRİLMESİ
VE FEN EĞİTİMİNDEKİ ROLÜ 61

Nurcan KELEŞ



FEN EĞİTİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR DEPREM FARKINDALIĞI

Ayşe BİRHANLI¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, Malatya, ayse.birhanli@inonu.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0870-1226>

1. Giriş

Depremler, yer kabuğundaki tektonik hareketlerle ilişkili doğal süreçler arasında yer almaktadır. Ancak depremlerin yol açtığı etkileri yalnızca jeolojik süreçlerle açıklamak yeterli değildir. Bir depremin afete dönüşmesinde yapı güvenliği, yerleşim düzeni, toplumsal hazırlık düzeyi, afet yönetimi kapasitesi, risk algısı ve bilimsel bilgiye dayalı karar verme becerileri önemli rol oynamaktadır. Afet riskinin tehlike, maruziyet, kırılganlık ve kapasite bileşenleriyle birlikte açıklanması gerektiğine ilişkin yaklaşımlar da bu değerlendirmeyi desteklemektedir (UNDRR, 2017). Bu nedenle deprem konusu, fen eğitiminde yalnızca “yer kabuğu hareketleri” ya da “doğal afetler” başlığı altında ele alınan sınırlı bir içerik olarak görülmemelidir. Deprem; bilimsel okuryazarlık, afet risk azaltma, sürdürülebilir yaşam ve toplumsal sorumluluk bilinciyle ilişkilendirilebilecek yaşamsal bir öğrenme alanı olarak değerlendirilmelidir (UNDRR, 2015; Shiwaku & Shaw, 2008).

Türkiye’nin aktif fay hatları üzerinde bulunması ve tarihsel süreçte yıkıcı depremlerle karşı karşıya kalması, deprem eğitimine süreklilik kazandırılmasını gerekli kılmaktadır. Türkiye Afet Risk Azaltma Planı 2022-2030’da afet risklerinin azaltılması; kamu kurumları, yerel yönetimler, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, özel sektör ve bireylerin ortak sorumluluğu olarak ele alınmaktadır (AFAD, 2022). Bu yaklaşım, deprem eğitiminin yalnızca afet sonrasındaki müdahale bilgisiyle sınırlandırılmaması; afet öncesi hazırlık, risk azaltma, güvenli davranış geliştirme ve toplumsal dayanıklılık boyutlarıyla birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Fen eğitimi, öğrencilerin doğa olaylarını bilimsel kavramlarla açıklamalarına, kanıta dayalı düşünme becerisi geliştirmelerine ve günlük yaşamda karşılaştıkları sorunlara çözüm üretebilmelerine katkı sağlar. Bu yönüyle fen eğitimi, öğrencilerin bilimsel bilgiyi yalnızca öğrenmelerini değil; bilimsel kanıtları yorumlayarak karar verme süreçlerinde kullanmalarını da destekler (National Research Council [NRC], 2012; OECD, 2026). Deprem konusu da bu amaçlarla doğrudan ilişkilendirilebilir. Çünkü deprem; jeoloji, fizik, mühendislik, çevre bilimi, sağlık, teknoloji ve toplumsal yaşamla iç içe olan çok boyutlu bir olgudur (NRC, 2012; MEB, 2024). Bu nedenle öğrencilerin depremi yalnızca yer kabuğunun sarsılması olarak değil; dalga hareketi, enerji aktarımı, zemin-yapı ilişkisi, yapı dayanıklılığı, afet çantası, tahliye planı, güvenli alan seçimi ve dayanışma gibi bilimsel, teknik ve toplumsal yönleriyle kavramaları önem taşımaktadır (UNDRR, 2015; MEB, 2024).

Afet risk azaltma yaklaşımı da afetlerin yalnızca müdahale boyutuyla değil; riskleri anlama, hazırlık, önleme, dayanıklılık geliştirme ve toplumsal kapasiteyi güçlendirme süreçleriyle birlikte ele alınmasını öne çıkarmaktadır (UNDRR, 2015; Shiwaku & Shaw, 2008). Bu bağlamda deprem eğitimi, fen

derslerinde bilimsel okuryazarlığı güvenli yaşam becerileri ve toplumsal sorumlulukla ilişkilendiren güçlü bir öğrenme alanı olarak değerlendirilebilir.

2. Sürdürülebilir Deprem Farkındalığı Kavramı

Sürdürülebilir deprem farkındalığı, bireyin deprem hakkında bilgi sahibi olmasıyla sınırlı değildir. Kavramın temelinde, edinilen bilginin günlük yaşamda düzenli, bilinçli ve süreklilik gösteren davranışlara dönüşmesi yer alır. Bu nedenle sürdürülebilir deprem farkındalığı; deprem öncesinde hazırlık yapmayı, deprem sırasında doğru davranış sergilemeyi ve deprem sonrasında güvenli kararlar alabilmeyi kapsayan çok boyutlu bir yeterlik alanı olarak değerlendirilebilir. Bu yönüyle kavram, yalnızca bilişsel bilgiye değil; riskin önemini kavrama, güvenli yaşam alışkanlıkları geliştirme ve hazırlık davranışlarını sürdürme süreçlerine de dayanır (Genç & Sözen, 2021; UNDRR, 2015).

Deprem bilgi düzeyi ile sürdürülebilir deprem farkındalığı birbirine yakın görünse de aynı kavramsal içeriğe sahip değildir. Deprem bilgi düzeyi, bireyin depremin oluşumu, etkileri, yapı güvenliği ve güvenli davranışlara ilişkin sahip olduğu bilgiyi ifade eder. Sürdürülebilir deprem farkındalığı ise bu bilginin risk algısı, hazırlık davranışı ve güvenli yaşam alışkanlıklarıyla bütünleşmesini gerektirir (Genç & Sözen, 2021; Sözen & Genç, 2023). Başka bir ifadeyle sürdürülebilir farkındalıkta belirleyici olan unsur, yalnızca depremi bilmek değil; bu bilgiyi afet öncesi hazırlık, afet sırasındaki doğru davranış ve afet sonrasında güvenli karar süreçlerine aktarabilmektir (UNDRR, 2015).

Genç ve Sözen (2021) tarafından geliştirilen Sürdürülebilir Deprem Farkındalık Ölçeği, kavramın ölçülebilir boyutlarını göstermesi bakımından önemlidir. Ölçekte deprem-yapı ilişkisi, depreme hazırlık uygulamaları ve hazırlık düzeyi gibi boyutların yer alması, sürdürülebilir deprem farkındalığının bilgi, tutum ve davranış bileşenleriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bununla birlikte sürdürülebilir deprem farkındalığı, yalnızca ölçülebilir tutum ve davranış göstergeleriyle sınırlı değildir. Bireyin afet riskini gündelik yaşam kararlarına yansıtabilmesi, güvenilir bilgi kaynaklarını kullanabilmesi ve hazırlık davranışlarını süreklilik içinde sürdürebilmesi de bu kavramın temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle “deprem nedir?” sorusuna verilen doğru yanıtlar tek başına yeterli değildir. Bireyin risk azaltmaya yönelik sorumluluk alması, hazırlık davranışlarını yaşamına yerleştirmesi ve güvenli davranış geliştirmesi de bu kavramın temel unsurları arasında yer almaktadır.

Sürdürülebilir deprem farkındalığı, eğitim bilimlerinde ve tutum araştırmalarında yaygın biçimde kullanılan bilişsel, duyuşsal ve davranışsal boyutlar çerçevesinde değerlendirilebilir (Eagly & Chaiken, 1993). Bilişsel boyut; fay hatları, levha hareketleri, sismik dalgalar, zemin özellikleri, yapı güvenliği ve afet riskleriyle ilgili bilimsel bilgileri içerir. Duyuşsal boyut; bireyin

deprem riskini ciddiye alması, güvenli yaşama değer vermesi, sorumluluk hissetmesi ve toplumsal dayanışmayı önemsemesiyle ilişkilidir. Davranışsal boyut ise afet çantası hazırlama, aile afet planı oluşturma, tatbikatlara bilinçli katılma, güvenli alanları belirleme ve doğru bilgi kaynaklarını takip etme gibi somut eylemleri kapsar (UNDRR, 2015).

3. Fen Eğitimi Bağlamında Deprem Farkındalığı

Fen eğitimi, öğrencilerin doğa olaylarını bilimsel açıklamalarla anlamlandırmalarını ve bu bilgileri günlük yaşamla ilişkilendirmelerini amaçlar. Deprem konusu bu yönüyle fen eğitiminin hem kavramsal hem de yaşamsal boyutlarıyla doğrudan bağlantılıdır. Deprem oluşumu levha tektoniği ve yer kabuğu hareketleriyle; sismik dalgaların yayılımı fiziksel dalga hareketleriyle; yapıların deprem karşısındaki davranışı kuvvet, denge, malzeme ve mühendislik ilkeleriyle; afet sonrası ortaya çıkabilecek çevresel ve sağlık sorunları ise biyoloji, çevre bilimi ve halk sağlığıyla ilişkilendirilebilir (MEB, 2024; NRC, 2012).

Deprem konusu, öğrencilerin yaşadıkları çevreyle kolayca bağ kurabilecekleri güçlü bir fen eğitimi içeriği sunar. Öğrencinin kendi ilinin deprem geçmişini, okul binasının güvenliğini, evde alınabilecek önlemleri, toplanma alanlarının yerini, afet çantasının içeriğini ve afet anında kullanılabilecek iletişim yollarını sorgulaması, fen bilgisini soyut bir ders içeriği olmaktan uzaklaştırır. Böylece bilimsel bilgi, öğrencinin kendisi, ailesi ve yakın çevresi için anlamlı hâle gelir. Bu durum, fen eğitiminin yalnızca kavramsal öğrenmeyi değil, aynı zamanda güvenli yaşam becerilerini ve okul temelli dirençlilik anlayışını da destekleyen bir işlev üstlenebileceğini göstermektedir (GADRRRES, 2022).

Çocukların ve gençlerin deprem hazırlığı ile risk algıları planlı eğitim süreçleriyle güçlendirilebilir. Yıldız, Teeuw, Dickinson ve Roberts (2020), Van ve Kocaeli illerinde çocukların deprem risk algıları ve hazırlık düzeylerini incelemiştir. Karma yöntemle yürütülen araştırmada anket, görüşme ve PRISM (Pictorial Representation of Illness and Self Measure) tekniği kullanılmış; çocukların depremi nasıl yorumladıklarını ve hazırlık düzeylerini anlamanın afet eğitimi açısından önemli olduğu ortaya konulmuştur. Araştırmada, yüksek sismik risk taşıyan bölgelerde yaşayan çocukların çoğunluğunun afet eğitimi programlarına katılmamış olması ve hazırlık düzeylerinin düşük bulunması dikkat çekici bulgular arasındadır (Yıldız et al., 2020). Bu bulgu, deprem farkındalığının rastlantısal yaşantılara bırakılmaması ve okul temelli, sistemli uygulamalarla desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Yıldız et al., 2020; GADRRRES, 2022).

Fen derslerinde deprem konusu, bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi için uygun bir bağlam sunar. Öğrenciler bu konu aracılığıyla gözlem yapma, veri toplama, model oluşturma, değişkenleri kontrol etme, kanıtları değerlendirme

ve sonuç çıkarma gibi becerileri kullanabilir. Örneğin farklı zemin türleri üzerine yerleştirilen basit yapı modellerinin sarsıntı karşısındaki davranışları karşılaştırılabilir. Böyle bir etkinlikte zemin-yapı ilişkisi yalnızca sözel olarak açıklanmaz; öğrenciler tarafından gözlenir, tartışılır ve veriye dayalı olarak yorumlanır. Bu tür etkinlikler, öğrencilerin depremi yalnızca doğal bir olay olarak değil; bilimsel bilgi, mühendislik tasarımı, risk azaltma ve güvenli yaşam davranışlarıyla ilişkili çok boyutlu bir konu olarak kavramalarına katkı sağlar (NRC, 2012; MEB, 2024).

4. Sürdürülebilirlik ve Afet Risk Azaltma

Sürdürülebilirlik çoğu zaman doğal kaynakların korunması ve gelecek kuşakların yaşam hakkının güvence altına alınmasıyla ilişkilendirilir. Ancak kavram bununla sınırlı değildir. Toplumların afetlere, iklim kaynaklı risklere, ekonomik kırılganlıklara ve sosyal eşitsizliklere karşı dirençli hâle gelmesi de sürdürülebilirliğin önemli bir boyutudur. Afetler; can kaybının yanı sıra ekonomik, çevresel, sosyal ve psikolojik kayıplara neden olarak sürdürülebilir kalkınma süreçlerini olumsuz etkileyebilir (UNDRR, 2015). Türkiye Afet Risk Azaltma Planı [TARAP] 2022-2030'da da afetlerin yol açabileceği fiziksel, sosyal, ekonomik, çevresel ve psikolojik zararların önlenmesi ya da etkilerinin en aza indirilmesi hedeflenmektedir (AFAD, 2022). Bu nedenle afet risklerinin azaltılması, sürdürülebilir kalkınmanın temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (UNDRR, 2015; AFAD, 2022).

Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi 2015-2030, afet risklerinin azaltılmasına yönelik temel uluslararası belgelerden biridir. Çerçevede afet riskini anlamak, afet risk yönetişimini güçlendirmek, dirençlilik için afet risk azaltmaya yatırım yapmak ve etkili müdahale için hazırlığı geliştirmek dört temel öncelik alanı olarak belirtilmektedir (UNDRR, 2015). Bu nedenle deprem eğitimi, yalnızca afet anında doğru davranış öğretimiyle sınırlandırılmamalı; riskin oluşum nedenlerini, hazırlık kapasitesini, güvenli yapılaşmayı, toplumsal dayanıklılığı ve iyileşme süreçlerini içeren bütüncül bir afet risk azaltma anlayışıyla yapılandırılmalıdır.

AFAD'a (2022) göre TARAP, Türkiye'de yaşanabilecek her tür ve ölçekteki afet için risk azaltma çalışmalarını yürütecek kamu kurum ve kuruluşlarını, yerel yönetimleri, özel sektörü, sivil toplum kuruluşlarını, üniversiteleri ve gerçek kişileri kapsamaktadır. Planın bu çok paydaşlı yapısı, afet risk azaltma sorumluluğunun yalnızca kamu otoriteleriyle sınırlı olmadığını; eğitim kurumları, öğretmenler, öğrenciler, aileler ve yerel toplumun da sürecin önemli bileşenleri arasında yer aldığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle deprem farkındalığının fen eğitimi bağlamında ele alınması, ulusal afet risk azaltma politikalarıyla uyumlu bir eğitimsel gereklilik olarak değerlendirilebilir.

Okul güvenliği yaklaşımı, deprem farkındalığının eğitim sistemi içindeki karşılığını somutlaştırmaktadır. Kapsamlı Okul Güvenliği Çerçevesi 2022-

2030, güvenli ve kesintisiz eğitime erişimi destekleyen; güvenli öğrenme ortamları, okul güvenliği ve eğitimin sürekliliği yönetimi ile risk azaltma ve dirençlilik eğitimi temel bileşenler olarak ele alan bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır (GADRRRES, 2022). Bu nedenle deprem farkındalığı yalnızca fen derslerinde işlenen bir konu olarak görülmemeli; okul kültürünün, güvenli öğrenme ortamlarının ve dirençli toplum anlayışının parçası olarak değerlendirilmelidir.

Fen eğitimi bu noktada özel bir katkı sunar. Öğrenciler aynı büyüklükteki bir depremin farklı yerleşim yerlerinde neden farklı sonuçlar doğurduğunu; zemin özellikleri, yapı kalitesi, nüfus yoğunluğu, hazırlık düzeyi, afet yönetimi kapasitesiyle ilişkilendirerek açıklayabilir. Bu tür bir açıklama süreci, fen eğitiminde bilimsel kavramların günlük yaşam problemleriyle ilişkilendirilmesi ve kanıta dayalı düşünmenin desteklenmesi açısından önemlidir (NRC, 2012). Böylece deprem, yalnızca doğadan kaynaklanan kaçınılmaz bir olay olarak değil; insan kararları, yapılaşma tercihleri, risk azaltma politikaları ve toplumsal hazırlık düzeyiyle etkileri değişebilen bir risk alanı olarak anlaşılır (UNDRR, 2015; AFAD, 2022). Bu yaklaşım, fen eğitiminde deprem konusunun sürdürülebilirlik, afet risk azaltma ve güvenli yaşam becerileriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir.

5. Güncel Araştırmalar Işığında Sürdürülebilir Deprem Farkındalığı

Son yıllarda yapılan çalışmalar, deprem bilgi düzeyi ile sürdürülebilir deprem farkındalığı arasındaki ilişkinin eğitim araştırmalarında giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Bu çalışmaların önemli bir bölümü öğretmenler, öğretmen adayları ve üniversite öğrencileri üzerinde yürütülmüş; bilgi düzeyi, farkındalık, hazırlık davranışları ve afet eğitimi arasındaki ilişkiler farklı örneklemeler üzerinden incelenmiştir.

Gür Erdoğan ve Şimşek (2023), öğretmenlerin deprem bilgi düzeyleri ile sürdürülebilir deprem farkındalık düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kocaeli ilinde görev yapan 255 öğretmenle yürütülen araştırmada, öğretmenlerin deprem bilgi düzeyleri ile sürdürülebilir deprem farkındalıkları arasında anlamlı ilişkiler bulunduğu rapor edilmiştir. Bu sonuç, öğretmenlerin afet eğitimi sürecindeki rolünü ve öğretmenlere yönelik sürdürülebilir afet eğitimi uygulamalarının gerekliliğini göstermesi bakımından önemlidir.

Kılıçbey, Alanoğlu ve Karabatak (2024), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerden etkilenen 11 ildeki üniversitelerin eğitim fakültelerinde öğrenim gören öğretmen adaylarının sürdürülebilir deprem farkındalığı ile deprem bilgi düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma, 2023-2024 eğitim öğretim yılı bahar döneminde 340 öğretmen adayıyla yürütülmüştür. Çalışmada öğretmen adaylarının deprem bilgi düzeylerinin orta düzeyde olduğu; depremin etkilerine ilişkin bilgilerinin görece daha yüksek, deprem eğitimi düzeylerinin ise daha düşük olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada

sürdürülebilir deprem farkındalığı ile deprem-yapı ilişkisi, depreme hazırlık uygulamaları ve hazırlık düzeyi boyutlarının desteklenmesi gereken alanlar arasında olduğu görülmektedir (Kılıçbey et al., 2024).

Turan Bayraktar ve arkadaşları (2024), üniversite öğrencilerinin deprem bilgi düzeyleri ile sürdürülebilir deprem farkındalıkları arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Çalışmada öğrencilerin deprem bilgi düzeylerinin orta ve yüksek düzeyde; sürdürülebilir deprem farkındalıklarının ise düşük ve orta düzeyde olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgu, deprem hakkında bilgi sahibi olmanın tek başına hazırlık davranışına ve sürdürülebilir farkındalığa dönüşmediğini göstermesi bakımından dikkat çekicidir (Turan Bayraktar et al., 2024).

Fen bilgisi öğretmen adayları özelinde yürütülen lisansüstü çalışmalar da konunun alana özgü önemini desteklemektedir. Şengönül'ün (2025) fen bilgisi öğretmen adaylarının deprem bilgi düzeyleri ile sürdürülebilir deprem farkındalıklarını incelediği yüksek lisans tezinde, İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Programı'nda öğrenim gören 142 öğretmen adayından veri toplanmıştır. Araştırmada öğretmen adaylarının deprem bilgi düzeylerinin orta düzeyde olduğu, sürdürülebilir deprem farkındalık düzeylerinin ise deprem bilgi düzeyine kıyasla daha düşük kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca deprem bilgi düzeyi ile sürdürülebilir deprem farkındalığı arasında pozitif yönde orta düzeyde bir ilişki bulunduğu rapor edilmiştir (Şengönül, 2025).

Uluslararası literatürde Aroyandini, Supriyadi, Rusilowati, Hartono ve Juhadi (2024), fen bilgisi öğretmen adayları için probleme dayalı öğrenme döngüsü, STEM ve afet eğitimi bileşenlerini bir araya getiren PBL-STEM-D (Problem-Based Learning Cycle, STEM ve Disaster Education) modelinin geliştirilmesine yönelik ihtiyaç analizi yapmıştır. Çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının afet okuryazarlığı ve 21. yüzyıl becerileri bakımından desteklenmesi gerektiği vurgulanmış; bu doğrultuda afet eğitime yönelik kavramsal bir model geliştirilmiştir (Aroyandini et al., 2024).

Bu araştırmalar birlikte değerlendirildiğinde ortak bir sonuç öne çıkmaktadır: Sürdürülebilir deprem farkındalığı yalnızca bilgi aktarımıyla geliştirilemez. Kalıcı farkındalık için öğrencilerin ve öğretmen adaylarının aktif öğrenme süreçlerine katılması, deprem riskini yerel bağlamda değerlendirmesi, bilimsel bilgiyi kullanarak çözüm üretmesi ve afet hazırlığını günlük yaşamın bir parçası hâline getirmesi gerekir. Bu nedenle öğretmen yetiştirme programlarında deprem eğitiminin yalnızca kuramsal bilgi düzeyinde değil; uygulamalı, disiplinler arası ve davranış geliştirmeye dönük etkinliklerle desteklenmesi önem taşımaktadır.

6. Fen Eğitiminde Pedagojik Yaklaşımlar

Deprem konusu, fen eğitiminde farklı pedagojik yaklaşımların birlikte kullanılmasına elverişli bir bağlam sunar. Öğrenciler bu konu aracılığıyla deprem dalgalarının yayılımını, zemin özelliklerinin yapı davranışına etkisini, yapı dayanıklılığını, enerji aktarımını ve afet sonrası ortaya çıkabilecek çevresel riskleri bilimsel kavramlarla açıklayabilir. Bunun yanında okul tahliye planlarını inceleme, afet çantası hazırlama, yerel risk haritası oluşturma, güvenilir veri kaynaklarını kullanma ve depremle ilgili yanlış bilgileri değerlendirme gibi etkinliklerle bilimsel bilgiyi günlük yaşam kararlarına aktarabilir. Böylece öğrenme süreci yalnızca kavramların anlaşılmasıyla sınırlı kalmaz; öğrencilerin kanıta dayalı düşünme, sorumluluk alma ve güvenli yaşam becerileri geliştirmelerine de katkı sağlar (NRC, 2012; MEB, 2024; UNDRR, 2015).

Bu bağlamda sorgulamaya dayalı öğrenme, STEM temelli etkinlikler, yerel risk haritalama, okul tatbikatlarının eğitsel süreçlere dönüştürülmesi ve dijital teknolojilerden yararlanma gibi yaklaşımlar deprem farkındalığının sürdürülebilir hâle gelmesinde önemli rol oynar. Bu yaklaşımlar, öğrencilerin depremi soyut bir fen konusu olarak değil; bilimsel bilgi, mühendislik tasarımı, afet risk azaltma ve toplumsal dayanıklılıkla ilişkili çok boyutlu bir problem alanı olarak değerlendirmelerine imkân verir (Bybee, 2013; Pedaste et al., 2015; GADRRRES, 2022; UNDRR, 2015).

6.1. Sorgulamaya Dayalı Öğrenme

Sorgulamaya dayalı öğrenme; öğrencilerin soru sorma, gözlem yapma, veri toplama, hipotez kurma, kanıtları değerlendirme ve sonuç çıkarma becerilerini geliştiren etkili bir fen öğretimi yaklaşımıdır. Pedaste ve arkadaşları (2015), sorgulamaya dayalı öğrenme sürecini yönelim, kavramsallaştırma, araştırma, sonuç çıkarma ve tartışma aşamalarıyla açıklamaktadır. Bu yapı, deprem konusunun yalnızca öğretmen anlatımıyla değil, öğrencilerin aktif araştırma süreçlerine katılımıyla ele alınmasına imkân verir.

Deprem konusu, sorgulamaya dayalı öğrenme için uygun bir bağlam sunar. Öğrenciler “Aynı büyüklükteki bir deprem her bölgede neden aynı hasara yol açmaz?”, “Zemin türü yapı güvenliğini nasıl etkiler?” ya da “Bir binanın yüksekliği, ağırlık merkezi ve kullanılan malzeme deprem dayanıklılığını nasıl değiştirir?” gibi sorular üzerinden araştırma sürecine katılabilir. Farklı zemin türleri üzerine yerleştirilen basit yapı modellerinin sarsıntı düzeneğinde test edilmesi, öğrencilerin zemin-yapı ilişkisini deneyimleyerek öğrenmesine, değişkenleri karşılaştırmasına ve veriye dayalı çıkarım yapmasına olanak tanır. Bu süreç, sorgulamaya dayalı öğrenmenin soru oluşturma, araştırma yürütme, kanıtları değerlendirme ve sonuç çıkarma aşamalarıyla uyumludur (Pedaste et al., 2015; NRC, 2012; MEB, 2024).

6.2. STEM Temelli Deprem Etkinlikleri

STEM, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının bütünleşik biçimde ele alındığı bir öğretim yaklaşımıdır. Deprem farkındalığı STEM eğitimiyle güçlü biçimde ilişkilendirilebilir. Çünkü deprem konusu; zemin-yapı ilişkisi, kuvvet, denge, malzeme seçimi, yapı dayanıklılığı, veri analizi ve mühendislik tasarımı gibi birçok fen ve matematik kavramını gerçek yaşam problemi içinde ele alma olanağı sunar (Bybee, 2013; NRC, 2012).

Fen derslerinde öğrencilerden sınırlı malzemelerle depreme dayanıklı yapı modeli tasarımları istenebilir. Bu süreçte kuvvet, denge, ağırlık merkezi, esneklik, malzeme seçimi, maliyet, dayanıklılık ve tasarım ölçütleri birlikte ele alınır. Tasarım süreci yalnızca ürün ortaya koymaya indirgenmemelidir. Öğrencinin problemi analiz etmesi, ölçüt ve sınırlılıkları belirlemesi, modelini test etmesi ve elde ettiği sonuçlara göre tasarımını yeniden düzenlemesi beklenmelidir (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013).

6.3. Yerel Risk Haritalama

Deprem farkındalığının kalıcı hâle gelebilmesi için öğrencilerin yaşadıkları çevredeki riskleri tanımaları önemlidir. Yerel risk haritalama, depremi soyut bir afet bilgisi olmaktan çıkararak öğrencinin okul, mahalle ve aile yaşamıyla ilişkilendirmesine imkân verir. Bu kapsamda öğrenciler okul çevresindeki toplanma alanlarını, açık alanları, bina yoğunluğunu, acil çıkış yollarını, olası tehlike kaynaklarını ve güvenli ulaşım güzergâhlarını inceleyebilir. Böylece afet riskini yalnızca genel tehlike bilgisiyle değil; yerel düzeyde tehlike, maruziyet, kırılganlık ve kapasite unsurlarıyla birlikte değerlendirme fırsatı bulurlar. Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi'nde afet riskini anlamanın temel öncelikler arasında yer alması da bu tür uygulamaların eğitimsel önemini desteklemektedir (UNDRR, 2015; UNDRR, 2017). Bu nedenle yerel risk haritalama etkinlikleri, öğrencilerin deprem riskini kendi yaşam çevreleri üzerinden değerlendirmelerine katkı sağlayan önemli bir fen eğitimi uygulaması olarak görülebilir.

6.4. Okul Tatbikatlarının Öğrenme Sürecine Dönüştürülmesi

Okullarda yapılan deprem tatbikatları çoğu zaman kısa süreli ve rutin güvenlik uygulamaları olarak görülmektedir. Oysa doğru planlandığında tatbikatlar; deprem öncesi hazırlık, deprem anında doğru davranış geliştirme ve deprem sonrasında güvenli hareket etme becerilerini destekleyen etkili öğrenme araçlarına dönüşebilir. Bunun için tatbikatların yalnızca “yapıldı” şeklinde tamamlanan etkinlikler olmaktan çıkarılması; hazırlık, uygulama, gözlem ve değerlendirme aşamalarıyla birlikte ele alınması gerekir (MEB, 2017; Özmen et al., 2015; GADRRRES, 2022).

Tatbikat öncesinde öğrencilerle güvenli alan belirleme, çok-kapan-tutun davranışı, tahliye yolları, toplanma alanı, görev paylaşımı ve panik yönetimi

tartışılabilir. Tatbikat sırasında gözlem formları aracılığıyla öğrencilerin davranışları, tahliye süresi, koridor ve merdiven kullanımı, sınıfların çıkış düzeni ve toplanma alanındaki yerleşim izlenebilir. Tatbikat sonrasında ise doğru davranışlar, gecikmeye neden olan durumlar ve özel gereksinimli bireyler için alınması gereken ek önlemler sınıfça değerlendirilebilir. Bu yaklaşım, okul afet ve acil durum planlarının yalnızca idari bir belge olarak kalmaması; öğrencilerin, öğretmenlerin ve okul personelinin aktif katılımıyla yürütülen eğitsel bir sürece dönüşmesi açısından önemlidir (MEB, 2017; GADRRRES, 2022).

6.5. Dijital Teknolojiler ve Simülasyonlar

Dijital teknolojiler, deprem farkındalığını geliştirmede önemli olanaklar sunmaktadır. Deprem simülasyonları, fay hattı haritaları, çevrim içi veri tabanları, coğrafi bilgi sistemleri ve mobil afet uygulamaları, öğrencilerin deprem riskini daha somut biçimde anlamalarına yardımcı olabilir. Özellikle web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri ve çevrim içi tehlike haritaları, afet risk azaltma eğitiminde öğrencilerin mekânsal verileri yorumlamalarını, yerel riskleri değerlendirmelerini ve bilimsel verilere dayalı çıkarımlar yapmalarını destekleyen araçlar olarak kullanılabilir (Song et al., 2023).

Türkiye bağlamında AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı'nın çevrim içi uygulamaları; son depremler, tarihsel deprem kayıtları, aletsel dönem deprem katalogları ve deprem istatistikleri gibi verilere erişim sağlaması bakımından eğitimsel amaçlarla kullanılabilecek güvenilir kaynaklar arasında yer almaktadır (AFAD, n.d.). Türkiye Deprem Tehlike Haritası da öğrencilerin deprem tehlikesini yalnızca genel bölge sınıflamaları üzerinden değil; yer ivmesi ve yerel tehlike düzeyi gibi bilimsel göstergeler aracılığıyla değerlendirmelerine imkân vermektedir (AFAD, 2018).

Bu araçlardan beklenen eğitsel yararın sağlanabilmesi için dijital teknolojilerin yalnızca görsel destek amacıyla kullanılmaması gerekir. Veri okuma, karşılaştırma, risk değerlendirme, kanıta dayalı yorum yapma ve karar verme süreçleriyle bütünleştirilen dijital uygulamalar, öğrencilerin deprem riskini daha analitik biçimde değerlendirmelerine katkı sağlayabilir. Bu noktada öğretmenlerin dijital pedagojik yeterlikleri önem kazanır. DigCompEdu çerçevesi, öğretmenlerin dijital teknolojileri öğretim, değerlendirme, öğrenci katılımı ve öğrencilerin dijital yeterliklerini geliştirme süreçleriyle ilişkilendirmesi gerektiğini vurgularken; TPACK yaklaşımı, teknolojinin etkili öğretim için pedagojik bilgi ve alan bilgisiyle birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır (Mishra & Koehler, 2006; Redecker, 2017).

7. Öğretmen Adaylarının Sürdürülebilir Deprem Farkındalığındaki Rolü

Öğretmen adayları, öğrencilerde deprem farkındalığının oluşmasında ve okul temelli afet bilincinin yaygınlaşmasında önemli bir konumdadır. Bu nedenle öğretmen yetiştirme programlarında deprem eğitimi yalnızca kuramsal bilgi aktarımıyla sınırlandırılmamalı; afet eğitimi planlama, sınıf içi etkinlik geliştirme, okul afet planlarını yorumlama, tatbikat süreçlerini değerlendirme ve öğrencilere güvenli davranış kazandırma becerileriyle birlikte ele alınmalıdır. Bu yaklaşım, öğretmen adaylarının depremi yalnızca öğretilcek bir konu olarak değil, güvenli yaşam kültürünün geliştirilmesine katkı sağlayan disiplinler arası bir öğrenme alanı olarak görmelerine yardımcı olur (MEB, 2019; GADRRRES, 2022; Aroyandini et al., 2024).

Fen bilgisi öğretmen adayları açısından bu konu ayrı bir önem taşır. Deprem; levha hareketleri, fay hatları, sismik dalgalar, enerji aktarımı, zemin özellikleri, yapı dayanıklılığı, kuvvet, denge ve malzeme bilimi gibi birçok fen kavramıyla ilişkilendirilebilir. Öğretmen adayları bu kavramları deney, model, gözlem, veri yorumlama ve problem çözme etkinlikleriyle işleyebildiğinde deprem eğitimi daha anlamlı ve yaşantıya dayalı bir öğrenme sürecine dönüşür. Fen eğitiminin bilimsel açıklama, kanıta dayalı akıl yürütme ve mühendislik tasarımıyla ilişkili yapısı da deprem konusunun disiplinler arası biçimde ele alınmasını desteklemektedir (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013; Aroyandini et al., 2024).

Bu bağlamda öğretmen yetiştirme programlarında uygulamalı öğrenme ortamlarına daha fazla yer verilmesi önemlidir. Öğretmen adayları zemin-yapı ilişkisini gösteren basit deneyler tasarlayabilir, depreme dayanıklı yapı modeli geliştirebilir, okul afet planı inceleyebilir, yerel risk haritası hazırlayabilir, deprem tatbikatı gözlem formu oluşturabilir ve öğrenciler için afet çantası etkinliği planlayabilir. Bu tür uygulamalar, adayların deprem konusunu öğretiler, tartışılabilir ve yaşama aktarılabilir bir içerik olarak yapılandırmalarına katkı sağlar. Aynı zamanda afet okuryazarlığı, problem çözme, iş birliği ve karar verme becerilerini destekler (NRC, 2012; Aroyandini et al., 2024).

Afet dönemlerinde bilimsel bilgiye dayalı iletişim kurma becerisi de öğretmen adayları için önemlidir. Deprem sonrasında yanlış bilgi, söylenti ve bilimsel temelden uzak açıklamalar toplumda paniğe ve hatalı karar süreçlerine yol açabilir. Bu nedenle fen bilgisi öğretmen adayları, öğrencilerine güvenilir bilgi kaynaklarını takip etmeyi, deprem büyüklüğü ile şiddeti arasındaki farkı ayırt etmeyi, artçı deprem kavramını doğru anlamayı ve afet dönemlerinde bilimsel bilgiye dayalı karar vermeyi öğretebilmelidir. Bu beceri, sürdürülebilir deprem farkındalığının yalnızca bireysel hazırlık davranışlarıyla değil; doğru bilgiye erişme, bilgiyi değerlendirme ve güvenli karar alma süreçleriyle de

ilişkili olduğunu göstermektedir (AFAD, 2019a, 2019b; MEB, 2019).

8. Uygulama Temelli Etkinlik Önerileri

Fen derslerinde deprem farkındalığını desteklemek için öğrencilerin bilgiyi edinmeleri kadar edindikleri bilgiyi kullanmaları da önemlidir. Bu nedenle etkinlikler; sorgulama, modelleme, veri yorumlama, risk değerlendirme, güvenli davranış geliştirme ve kanıta dayalı karar verme süreçlerini içerecek biçimde tasarlanmalıdır. Sorgulamaya dayalı öğrenme ve STEM temelli uygulamalar, öğrencilerin deprem konusunu bilimsel problem çözme ve mühendislik tasarımı bağlamında ele almalarına katkı sağlar (Bybee, 2013; NRC, 2012; Pedaste et al., 2015). Afet risk azaltma ve okul güvenliği yaklaşımları ise etkinliklerin yalnızca sınıf içi öğrenmeyle sınırlı kalmamasını; öğrencilerin güvenli yaşam becerileri, hazırlık davranışları ve yerel risk farkındalığı geliştirmesini destekler (GADRRRES, 2022; UNDRR, 2015). Ayrıca web tabanlı coğrafi bilgi sistemleri ve çevrim içi tehlike haritaları, öğrencilerin mekânsal verileri yorumlamasına ve deprem riskini kanıta dayalı biçimde değerlendirmesine imkân sunar (Song et al., 2023).

Bu kapsamda zemin-yapı ilişkisini inceleyen deneyler, depreme dayanıklı yapı tasarımları, yerel risk haritalama çalışmaları, okul tahliye planı incelemeleri, afet çantası değerlendirme etkinlikleri ve yanlış bilgi analizi çalışmaları kullanılabilir. Örneğin farklı zemin türleri üzerine yerleştirilen basit yapı modellerinin sarsıntı düzeneğinde test edilmesi, öğrencilerin zemin özellikleri ile yapı davranışı arasındaki ilişkiyi gözlemlemelerine olanak tanır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı etkinlikleri ise öğrencilerin kuvvet, denge, ağırlık merkezi, malzeme seçimi ve dayanıklılık gibi fen ve mühendislik kavramlarını gerçek yaşam problemiyle ilişkilendirmelerini sağlar. Bu tür etkinlikler, öğrencilerin yalnızca doğru cevaba ulaşmalarını değil; deneme, gözlem yapma, veri toplama, model geliştirme ve kanıta dayalı çıkarım yapma becerilerini de destekler (Bybee, 2013; MEB, 2024; NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013).

Yerel risk haritalama ve okul tahliye planı incelemeleri, deprem farkındalığını öğrencinin yaşadığı çevreyle ilişkilendiren uygulamalardır. Öğrenciler okul çevresindeki toplanma alanlarını, açık alanları, acil çıkış yollarını, olası tehlike kaynaklarını ve güvenli ulaşım güzergâhlarını inceleyerek deprem riskini yerel düzeyde değerlendirebilir. Afet çantası analizi ise öğrencilerin temel ihtiyaç, sağlık, güvenlik, iletişim ve kaynak kullanımı gibi boyutları düşünerek hazırlık davranışlarını gerekçelendirmelerine yardımcı olur. Benzer biçimde yanlış bilgi analizi etkinlikleri, depremle ilgili sosyal medya içeriklerini ve haberleri kaynak güvenilirliği, bilimsel dayanak ve kanıt kullanımı açısından değerlendirmelerine imkân verir (AFAD, 2019a, 2019b; GADRRRES, 2022; MEB, 2019; UNDRR, 2015, 2017).

Bu etkinliklerin etkili olabilmesi için süreç sonunda öğrenci ürünlerinin

değerlendirilmesi gerekir. Deney raporları, tasarım gerekçeleri, risk haritaları, tahliye planı değerlendirme raporları, afet çantası kontrol listeleri ve güvenilirlik analizi formları bu amaçla kullanılabilir. Böylece uygulama temelli etkinlikler yalnızca sınıf içi katılımı artıran çalışmalar olarak kalmaz; öğrencilerin bilimsel bilgiyi günlük yaşam kararlarına aktarma, riskleri değerlendirme ve güvenli davranış geliştirme becerilerini görünür kılan öğrenme süreçlerine dönüşür (Genç & Sözen, 2021; MEB, 2024; NRC, 2001).

9. Uygulama Güçlükleri ve Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

Fen eğitiminde sürdürülebilir deprem farkındalığını geliştirmek önemli bir gereklilik olmakla birlikte uygulamada bazı güçlükler bulunmaktadır. Bu güçlüklerin başında, deprem eğitiminin çoğu zaman afetlerden sonra gündeme gelmesi ve okul programlarında süreklilik gösteren bir öğrenme alanı olarak yeterince yapılandırılmaması gelmektedir. Deprem farkındalığı kısa süreli bilgilendirme etkinlikleri ya da rutin uygulamalarla sınırlı kaldığında öğrencilerde kalıcı bilgi, tutum ve davranış değişimi oluşturmak güçleşir. Bu nedenle deprem eğitiminin süreklilik taşıyan, yaşama dönük ve uygulama temelli bir öğrenme süreci olarak ele alınması gerekir (UNDRR, 2015; GADRRRES, 2022).

Tatbikatların niteliği de uygulamadaki önemli sorunlardan biridir. Birçok okulda tatbikatlar, yapılması gereken rutin güvenlik uygulamaları olarak yürütülmekte; ancak tatbikat öncesindeki hazırlık, uygulama sırasındaki gözlem ve sonrasındaki değerlendirme süreçleri yeterince işletilmemektedir. Kapsamlı Okul Güvenliği Çerçevesi, okul güvenliğini yalnızca fiziksel yapı güvenliğiyle sınırlı görmemekte; okul afet yönetimi, risk azaltma eğitimi ve dirençlilik geliştirme süreçleriyle birlikte ele almaktadır (GADRRRES, 2022). Bu yaklaşım, tatbikatların yalnızca güvenlik prosedürü olarak değil, öğrencilerin güvenli davranışlarını geliştiren ve değerlendiren eğitsel bir süreç olarak tasarlanması gerektiğini göstermektedir.

Okulların fiziksel, teknolojik ve çevresel olanakları arasındaki farklılıklar da deprem farkındalığına yönelik uygulamaları etkileyebilir. Bazı okullarda deneysel etkinlikler, modelleme çalışmaları, dijital simülasyonlar veya yerel risk haritalama uygulamaları için yeterli materyal, zaman ya da teknik destek bulunmayabilir. Ayrıca öğrencilerin yaşadıkları bölgenin deprem geçmişi, ailelerin afet hazırlık düzeyi, yerel yönetimlerin afet planlaması ve okul-aile iş birliği gibi değişkenler de deprem farkındalığı çalışmalarının etkililiğini belirleyen unsurlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle okul temelli deprem eğitimi, yalnızca sınıf içi etkinliklerle değil; okulun fiziksel koşulları, yerel çevre ve toplumsal destek mekanizmalarıyla birlikte düşünülmelidir (UNDRR, 2015; GADRRRES, 2022; Song et al., 2023).

Bu güçlükler, gelecek araştırmalar için önemli çalışma alanları oluşturmaktadır. Fen eğitiminde sürdürülebilir deprem farkındalığını

geliştirmeye yönelik deneysel ve yarı deneysel araştırmalara ihtiyaç vardır. STEM temelli deprem etkinlikleri, sorgulamaya dayalı öğrenme, yerel risk haritalama, dijital simülasyon kullanımı ve yapılandırılmış tatbikat değerlendirmelerinin öğrencilerin bilgi düzeyi, tutumları, risk algıları ve hazırlık davranışları üzerindeki etkileri farklı sınıf düzeylerinde incelenebilir (Bybee, 2013; Pedaste et al., 2015; Song et al., 2023).

Deprem farkındalığı öğrencinin bireysel bilgisiyle sınırlı değildir. Aile hazırlığı, ev güvenliği, mahalle ölçeğinde toplanma alanlarının bilinmesi ve yerel afet planlarına katılım gibi daha geniş bir sosyal bağlamla ilişkilidir. Bu nedenle okul-aile-toplum iş birliğine dayalı deprem eğitimi modellerinin geliştirilmesi ve bu modellerin öğrencilerin hazırlık davranışları üzerindeki etkisinin incelenmesi alana katkı sağlayacaktır. Ayrıca gelecekte yapılacak araştırmalarda öğretmen adaylarının deprem eğitimi yeterlikleri, uygulamalı afet eğitimi deneyimleri ve sürdürülebilir deprem farkındalığını sınıf içi uygulamalara dönüştürme becerileri de ayrı bir araştırma konusu olarak ele alınabilir (MEB, 2019; Aroyandini et al., 2024).

10. Fen Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme Boyutu

Sürdürülebilir deprem farkındalığının geliştirilmesi kadar bu farkındalığın nasıl değerlendirileceği de önemlidir. Öğrencilerin yalnızca depremle ilgili kavramsal bilgilerini ölçmek, farkındalığın tüm boyutlarını ortaya koymak için yeterli değildir. Deprem eğitiminin etkililiği; bilgi, tutum, davranış, hazırlık düzeyi ve güvenli karar verme becerileri birlikte dikkate alınarak değerlendirilebilir. Bu nedenle ölçme-değerlendirme süreci, öğrencilerin yalnızca ne bildiklerini değil, bu bilgiyi nasıl kullandıklarını, hangi kanıtlara dayalı çıkarımlar yaptıklarını ve öğrenme sürecinde hangi davranışları geliştirdiklerini de görünür kılmalıdır (NRC, 2001; NRC, 2012).

Genç ve Sözen (2021) tarafından geliştirilen Sürdürülebilir Deprem Farkındalık Ölçeği, kavramın ölçülebilir boyutlarını ortaya koyması bakımından alana önemli bir katkı sağlamaktadır. Ölçeğin deprem-yapı ilişkisi, depreme hazırlık uygulamaları ve hazırlık düzeyi gibi boyutlar içermesi, sürdürülebilir deprem farkındalığının bilgiyle birlikte davranışsal ve uygulamalı bileşenlere de dayandığını göstermektedir. Bu nedenle fen eğitiminde değerlendirme yalnızca çoktan seçmeli testlerle sınırlandırılmamalı; performans görevleri, proje raporları, risk haritası çalışmaları, model tasarım etkinlikleri, gözlem formları, öz değerlendirme formları ve grup sunumları gibi tamamlayıcı ölçme araçları da sürece dâhil edilmelidir (Genç & Sözen, 2021; MEB, 2024).

Bu kapsamda risk haritası rubriği, afet çantası değerlendirme formu, tatbikat gözlem formu, STEM yapı modeli performans rubriği ve yanlış bilgi analizi formu kullanılabilecek ölçme-değerlendirme araçları arasında sayılabilir. Bu araçlar, öğrencilerin kavramsal bilgilerini uygulama becerileriyle birlikte değerlendirmeye imkân verir. Böylece deprem eğitimi, yalnızca bilgi

düzeyini ölçen sınırlı bir yapıdan çıkar; hazırlık davranışı, problem çözme, bilimsel yorumlama, risk değerlendirme ve güvenli karar verme becerilerini kapsayan daha bütüncül bir değerlendirme anlayışına dönüşür (NRC, 2001; MEB, 2024).

11. Sonuç

Fen eğitiminde sürdürülebilir deprem farkındalığı, öğrencilerin depremin nedenlerini, etkilerini, risk bileşenlerini ve azaltılabilir yönlerini bilimsel bir bakışla değerlendirmelerini amaçlar. Bu yaklaşımda deprem konusu, yer bilimleriyle sınırlı bir içerik olmaktan çıkar; sürdürülebilirlik, afet risk azaltma, mühendislik tasarımı, çevre, sağlık, okul güvenliği ve toplumsal sorumlulukla ilişkilendirilen çok boyutlu bir öğrenme alanı olarak ele alınır.

Bu bölümde ele alınan kuramsal çerçeve ve güncel araştırmalar, deprem bilgi düzeyinin sürdürülebilir farkındalık için gerekli olduğunu; ancak tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Öğretmen adayları ve üniversite öğrencileriyle yapılan çalışmalar, bireylerin deprem hakkında belirli bir bilgiye sahip olsalar bile bu bilginin her zaman hazırlık davranışlarına ve güvenli yaşam alışkanlıklarına dönüşmediğini ortaya koymaktadır (Kılıçbey et al., 2024; Turan Bayraktar et al., 2024). Bu bulgu, fen eğitiminde deprem öğretiminin yalnızca kavram açıklamalarına dayalı bir içerik aktarımı olarak değil; sorgulamaya dayalı, STEM temelli, yerel risklere duyarlı, uygulamalı ve toplumla ilişkili bir öğrenme süreci olarak yapılandırılması gerektiğini göstermektedir.

Deprem riski yüksek toplumlarda fen eğitiminin işlevi, öğrencilerin bilimsel kavramları öğrenmelerini sağlamaktan daha geniştir. Fen eğitimi aynı zamanda öğrencilerin bilimsel bilgiyi güvenli yaşam davranışlarına dönüştürmelerine, riskleri değerlendirmelerine, güvenilir bilgi kaynaklarını kullanmalarına ve toplumsal dayanıklılığa katkı sunmalarına rehberlik etmelidir. Bu yönüyle deprem farkındalığı, fen eğitiminde sürdürülebilirlik, afet risk azaltma ve bilimsel okuryazarlık hedefleriyle birlikte ele alınması gereken temel bir öğrenme alanı olarak değerlendirilebilir.

Bu doğrultuda fen eğitiminde deprem farkındalığını güçlendirmeye yönelik uygulamaların afet risk azaltma, sürdürülebilir yaşam, çevre, sağlık, mühendislik tasarımı ve okul güvenliği bağlamlarıyla bütünleştirilmesi önem taşımaktadır. Öğretmen yetiştirme programlarında uygulamalı afet eğitime daha fazla yer verilmesi; okul tatbikatlarının pedagojik bir süreç olarak planlanması; öğrencilerin yerel riskleri araştırmalarına, deprem verilerini yorumlamalarına ve güvenli yaşam becerileri geliştirmelerine olanak sağlayan etkinliklerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca okul, aile ve toplum iş birliğine dayalı uygulamalar, sürdürülebilir deprem farkındalığının yalnızca sınıf içi öğrenmeyle sınırlı kalmamasına ve günlük yaşam pratikleriyle desteklenmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- AFAD. (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritası*. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>
- AFAD. (2019a). *Deprem büyüklüğü ve şiddeti aynı kavramlar mıdır?* Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/depremin-buyuklugu-ve-siddeti-ayni-kavramlar-midir>
- AFAD. (2019b). *Deprem nedir?* Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/deprem-nedir>
- AFAD. (2022). *Türkiye Afet Risk Azaltma Planı: TARAP 2022-2030*. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/turkiye-afet-risk-azaltma-planı-tarap>
- AFAD. (n.d.). *Deprem katalogları ve son depremler*. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı. Erişim tarihi: 28 Nisan 2026, <https://deprem.afad.gov.tr/>
- Aroyandini, E. N., Supriyadi, Rusilowati, A., Hartono, & Juhadi. (2024). Disaster education model for prospective science teachers: Needs analysis and initial development. *Journal of Disaster Research*, 19(3), 560-569. <https://doi.org/10.20965/jdr.2024.p0560>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- Erdoğan, D. G., & Şimşek, Ş. (2023). Investigation of teachers' sustainable earthquake awareness and earthquake knowledge levels. *Sakarya University Journal of Education*, 13(4), 685-700. <https://doi.org/10.19126/suje.1377010>
- GADRRRES. (2022). *Comprehensive school safety framework 2022-2030: For child rights and resilience in the education sector*. Global Alliance for Disaster Risk Reduction and Resilience in the Education Sector.
- Genç, M., & Sözen, E. (2021). The Sustainable Scale of Earthquake Awareness, Development, Validity and Reliability Study. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 11(1), 24-41. <https://doi.org/10.18497/iejeegreen.794680>
- Gür Erdoğan, D., & Şimşek, Ş. (2023). Investigation of teachers' sustainable earthquake awareness and earthquake knowledge levels. *Sakarya University Journal of Education*, 13(4), 685-700. <https://doi.org/10.19126/suje.1377010>
- Kılıçbey, F., Alanoğlu, M., & Karabatak, S. (2024). Öğretmen adaylarının sürdürülebilir deprem farkındalığı ve deprem bilgi düzeyi arasındaki ilişki. *Eğitim Yansımaları*, 8(2), 107-118. <https://doi.org/10.70740/eduref.1539041>
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar): Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*. <https://tymm.meb.gov.tr/upload/program/2024programfen345678Onayli.pdf>

- Millî Eğitim Bakanlığı. (2017). *Okullarda afet ve acil durum yönetimi el kitabı*. MEB. https://konya.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_05/03142354_OKULLAR-DA_AFET_VE_ACYL_DURUM_YYNETYMY_EL_KYTABI.pdf
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2019). *Okul tabanlı afet eğitimi kitabı*. Millî Eğitim Bakanlığı. https://edirne.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_09/23152503_Okul_Tabani_Afet_Egitimi_Kitabi_EBA.pdf
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- National Research Council (NRC). (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10019>
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press. <https://www.nextgenscience.org/standards/standards>
- OECD. (2026). *PISA 2025 assessment and analytical framework*. OECD Publishing.
- Özmen, B., Gerdan, S., & Ergünay, O. (2015). Okullar için afet ve acil durum yönetimi planları. *Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 37-52.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Shiwaku, K., & Shaw, R. (2008). Proactive co-learning: A new paradigm in disaster education. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 17(2), 183–198. <https://doi.org/10.1108/09653560810872497>
- Song, J., Yamauchi, H., Oguchi, T., Ogura, T., Nakamura, Y., & Wang, J. (2023). Effects of web geographic information system (GIS) technology and curriculum approaches on education for disaster risk reduction. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23, 3617-3634. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-3617-2023>
- Sözen, E., & Genç, M. (2023). Üniversite öğrencilerinin deprem bilgi düzeyleri ve sürdürülebilir deprem farkındalıkları arasındaki ilişkinin araştırılması. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 5(2), 148–165. <https://doi.org/10.46464/tdad.1288571>
- Şengönül, A. M. (2025). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının deprem bilgi düzeyleri ve sürdürülebilir deprem farkındalıklarının incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

- Turan Bayraktar, D., Kefeli Çol, B., Gümüşler Başaran, A., et al. (2024). Earthquake knowledge level and sustainable earthquake awareness of university students. *Natural Hazards*, 120, 10001-10011. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06595-0>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. UNDRR.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017). *Terminology on disaster risk reduction*. UNDRR.
- Yildiz, A., Teeuw, R., Dickinson, J., & Roberts, J. (2020). Children's earthquake preparedness and risk perception: A comparative study of two cities in Turkey, using a modified PRISM approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49, 101666. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101666>



FEN EĞİTİMİNDE TERS YÜZ ÖĞRENME: BİBLİYOMETRİK BİR İNCELEME

Burcu ALAN¹

¹ Doktor, Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, burcualan@outlook.com,
ORCID: 0000-0003-3429-0942.

GİRİŞ

Fen eğitiminin temel amacı, öğrencilere yalnızca olgusal bilgi aktarmak değil; bilimsel düşünme, problem çözme, sorgulama, kanıta dayalı akıl yürütme, karar verme ve üst düzey kavramsal anlama becerilerini kazandırmaktır. Bu hedeflenen becerilerin öğrencilere kazandırılmasında geleneksel, öğretmen merkezli ve doğrudan aktarıma dayalı yaklaşımların yetersiz kaldığı, alanyazında uzun süredir üzerinde tartışılan bir konudur. Öğrencinin, bilgiyi pasif bir şekilde aldığı düzenin yerini; etkin katılımı, akran etkileşimini ve uygulamayı merkeze alan öğrenci merkezli yaklaşımların alması yönündeki eğilim, fen eğitimi araştırmalarının son yıllardaki en belirgin yönelimlerinden biri olmuştur. Özellikle fen eğitiminde, laboratuvar uygulamaları, sorgulamaya dayalı öğrenme, problem temelli öğrenme ve işbirlikli öğrenme gibi öğrencinin aktif ve merkezde olduğu yaklaşımların öğrencilerin gerek akademik başarılarını gerekse bilimsel süreç becerilerini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir.

Bu pedagojik dönüşümü mümkün kılan en önemli etkenlerden birisi, öğretim teknolojilerinin gerek sınıf içi gerekse sınıf dışı süreçlere entegrasyonudur. Eğitim ortamlarına daha fazla teknoloji entegre edilmiş ve çoklu öğrenme modelleri öğrencilere çeşitli öğrenme yolları sunmuştur (Liv vd., 2014). Video temelli içerikler, etkileşimli simülasyonlar, çevrimiçi öğrenme platformları ve harmanlanmış öğrenme modelleri, fen eğitiminde içeriğin sunumu ile uygulamanın gerçekleştiği zaman ve mekânın yeniden şekillenmesine olanak tanımaktadır. Teknoloji destekli öğretim yaklaşımlarının bu denli yükselişi, bilginin aktarımını sınıf dışına taşıyarak değerli sınıf zamanını öğrenci merkezli etkinliklere ayırma düşüncesini somut bir uygulama zeminine kavuşturmuştur. Tamda bu nokta da ortaya çıkan ters yüz öğrenme yaklaşımı, son yılların dikkat çeken öğretim modellerinden biri haline gelmiştir.

Ters yüz öğrenme modelinin yaygınlaşmasında Bergmann ve Sams (2007)'in çalışmalarının önemli bir dönüm noktası olduğu düşünülmektedir. Bergmann ve Sams, Colorado'daki Woodland Park Lisesi'nde öğretmenliğe başladıktan sonra bir kimya bölümü kurmuşlardır. Hem kırsal bir bölgede oldukları hem de spor ve etkinlikler nedeni ile çok fazla öğrencinin devamsızlık yapmasından dolayı 2007 yılında canlı derslerini kayıt altına alarak çevrimiçi olarak yayınlamışlardır. Küçük bir kasabada atmış oldukları bu adım tüm ülke çapında fark edilmiş ve yankı uyandırmıştır (Bergmann & Sams, 2023).

Ters yüz öğrenme, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde merkezi bir rol oynadıkları, eğitimcilerin ise tüm süreç boyunca öğrenmenin kolaylaştırıcıları oldukları bir eğitim yaklaşımıdır (Lerchundi vd., 2023). Bu yaklaşımda öğrenciler ders öncesinde çoğunlukla video formatında (Sams & Bergmann, 2013; Tucker, 2012) hazırlanan içerikleri gözden geçirmekte ve böylece sınıf

içi zaman, farklı etkinlikler ve görevler için çalışmaya ayrılmaktadır. Yani öğretmen sadece bilgi aktarmak yerine öğrencilere yardımcı rol üstlenirken, öğrenciler ise kendi öğrenme süreçlerinden sorumlu olarak kendi öğrenme hızlarını kendileri belirlerler (Lai & Hwang, 2016). Ders zamanı ise öğretmenlerin öğrencileri, üst düzey düşünmeye teşvik edecek anlamlı etkinlikler geliştirmeleri için serbest kalır (Kim vd., 2014). Öne çıkan bir tanımda; “*ders kavramlarını ders öncesinde tanıtarak geleneksel sınıf modelini tersine çevirir ve eğitimcilerin ders zamanını her öğrenciyi ders ilkelerinin aktif, pratik ve yenilikçi uygulamaları yoluyla yönlendirmek için kullanmalarına olanak tanır*” olarak ifade edilmiştir (Academy of Active Learning Arts and Sciences, 2018). Yaygın kabul gören başka bir tanımda ise, bilgi aktarımının büyük bir kısmını ders dışına taşıyan, ders zamanını ise aktif ve sosyal öğrenme etkinlikleri için kullanan ve öğrencilerin ders içi çalışmalarından tam anlamıyla yararlanabilmeleri için ders öncesi ve ders sonrası etkinlikleri tamamlamalarını gerektiren bir dizi pedagojik yaklaşım olarak ifade edilmektedir (Abeysekera & Dawson, 2015). Tipik bir tersine çevrilmiş sınıf yaklaşımı, öğrencilere sınıf içi oturumlardan önce çevrimiçi video derslerine erişim sağlayarak, problem çözme, tartışma ve münazara gibi daha etkileşimli ve üst düzey etkinliklere katılmaya hazırlanmalarını sağlamaktadır (Baker, 2000; Davies vd., 2013; Fulton, 2012; Talbert, 2012).

Ters yüz öğrenmenin fen eğitiminde özellikle güçlü bir uygulama alanı bulması şaşırtıcı değildir; çünkü model, laboratuvar çalışmaları, deneysel uygulamalar, kavram yanlışlarının giderilmesi ve problem çözme gibi yoğun etkileşim gerektiren süreçler için sınıf zamanını serbest bırakmaktadır. Böylelikle öğrencilerin kavramsal anlamaları ve üst düzey düşünme becerileri gelişebilmektedir. Bu nedenle genel fen eğitimi alanında, fizik, kimya ve biyoloji alanında ters yüz öğrenme uygulamalarına yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yapılan araştırmalarında; öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı (Anjass vd., Arteaga vd., 2024; Beriş, 2023; Cormier & Voisard, 2017; Devrim, 2023; Elian & Hamaidi, 2018; Evci, 2022; Finkenberg & Trefzger, 2019; Güreli Kıvrak, 2023; Kaya, 2023; Nsabayeze vd., 2025; Tanrıverdi, 2024; Tomory & Watson, 2015; Turan Yılmaz, 2023; Verim, 2022; Yerlikaya, 2025; Yu vd., 2023; Yurtlu, 2018), derse karşı tutumlarını olumlu yönde etkilediği (Erişmiş, 2023; Kaya, 2023; Tomory & Watson, 2015; Verim, 2022), dijital okuryazarlık becerilerini geliştirdiği (Yerlikaya, 2025), problem çözme becerilerini geliştirdiği (Uçaş, 2023; Yerlikaya, 2025; Yu vd., 2023), eleştirel düşünme becerilerini geliştirdiği (Uçaş, 2023), motivasyonlarını artırdığı (Anjass vd., 2025; Finkenberg & Trefzger, 2019; Güneş, 2025; Uçaş, 2023) ve yönetime ilişkin öğrenci görüşlerinin olumlu yönde olduğu (Beriş, 2023; Chitiyo vd., 2020; Devrim, 2023; Lam & Siew, 2024; Turan Yılmaz, 2023; Yurtlu, 2018) sonucuna ulaşılmıştır.

Alanyazın incelendiğinde fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında

gerek ulusal gerek uluslararası birçok bilimsel araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında ise fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların bibliyometrik analizinin yapılarak; mevcut durumun ne olduğu, zaman içerisinde alandaki değişimin ne yönde olduğu, yeniliklerin ve eğilimlerin neler olduğunu ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır:

1.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların yıllara göre dağılımı nasıldır?

2.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların dergilere ve dergilerin etki göstergelerine göre dağılımı nasıldır?

3.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların en üretken yazarlar, en çok atıf alan yazarlar ve yazarların zaman içerisindeki üretkenlikleri açısından dağılımı nasıldır?

4.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların yazarların bağlı bulunduğu ülkelere ve en fazla atıf yapılan ülkelere göre dağılımı nasıldır?

5.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların yazarların bağlı bulunduğu kurumlara göre dağılımı nasıldır?

6.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların anahtar kelime yapısı ve birlikte oluşum yapıları nasıldır?

7. Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmalarda öne çıkan trend konular nelerdir?

8.Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yayımlanan çalışmaların tematik yapısı ve araştırma temalar nasıl şekillenmektedir?

YÖNTEM

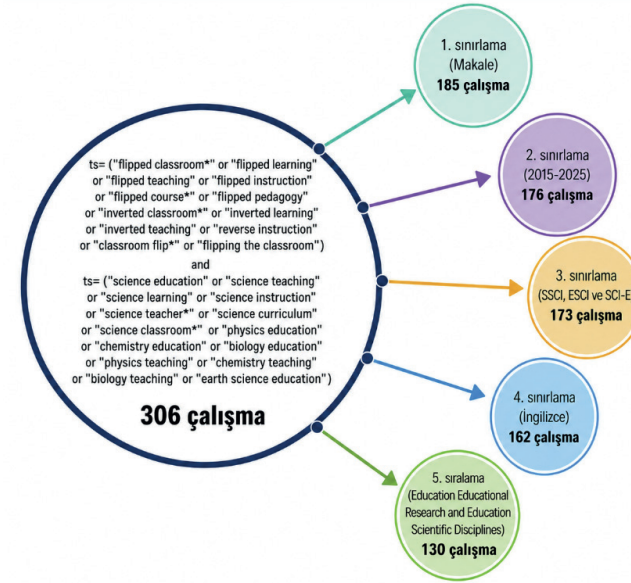
Bu çalışmada, fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanındaki araştırmaları incelemek amacı ile bibliyometrik analiz kullanılmıştır. Bibliyometri, belirli bir araştırma alanındaki yayınların ve atıfların sayısını değerlendirmek ve nicelleştirmek için kullanılan istatistiksel bir teknik olmakla beraber, araştırmacıların entelektüel yapıyı, yayınların mevcut eğilimlerini ve gelecekteki yönlerini belirlemelerine olanak tanıyan istatistiksel bir yöntemdir (Garfield, 1979). Başka bir deyişle bibliyometrik analiz, çeşitli veri tabanlarında bulunan akademik yayınları inceleyerek belirli bir konuda dünya çapındaki araştırma kalıplarını anlamayı amaçlayan bir araştırma yöntemidir (Mohamud vd., 2025). Araştırmacılar bu analiz yöntemini kullanarak, belirlemiş oldukları konu hakkında sistematik bir sınıflandırma ve değerlendirme yapabilir. Bibliyometrik analiz aracılığıyla, ilgili konu hakkında önemli kalıpları, etkili yazarları, yazarların ülkeleri ve çalıştıkları kurumları, verimli dergileri, ilgili ülkeleri vb. birçok değişken hakkında fikir sahibi olunabilir.

Veri Toplama ve Arama Stratejisi

Bibliyometrik analizin ilk aşaması, güvenilir kaynaklardan önemli literatür verilerinin metodik olarak toplanmasını içerir. Bu, uygun bir veri tabanını seçmeyi, arama sorguları oluşturmayı, filtreler uygulamayı ve analiz verilerini dışa aktarmayı içeren bir süreçtir. Öncelikle üstün ve kapsamlı bir veri seti sağlamak amacı ile güvenilir bir veri tabanı seçilmelidir. Web of Science (WoS), Google Scholar, Dimensions, PubMed, Crossref gibi veri tabanları yaygın olarak kullanılan veri tabanlarıdır. Bu çalışma kapsamında veri toplamak amacı ile WoS veri tabanı kullanılmıştır. WoS, 1964 yılında kurulan Science Citation Index'ten evrimleşen, 1997 yılında ise resmi olarak web tabanlı bir veritabanı olarak başlatılan ve şu anda Clarivate'e ait olan çevrimiçi bir platform olarak karşımıza çıkmaktadır (Clarivate, 2026). Tüm disiplinlerdeki bilimsel yayınları kapsayan çeşitli bibliyografik veritabanları, atıf kayıtları ve referanslar koleksiyonuna ev sahipliği yapan oldukça kapsamlı bir platform olan WoS veri tabanı bu çalışma kapsamında verilerin metodik olarak toplanması amacı ile kullanılmıştır.

Arama sorgularının oluşturulması, elde edilen literatürün kapsamını ve alaka düzeyini belirlediği için bibliyometrik analiz çalışmalarında hayati bir bileşen konumundadır. Hassas ve titiz veri toplamayı garanti altına almak için anahtar kelimelerin, kelime öbeklerinin ve arama yöntemlerinin dikkatli ve özenli bir şekilde seçilmesi çok önemlidir. Kapsamı en üst seviyeye çıkarmak için eş anlamlılar, alternatif yazımlar ve kısaltmalar da dahil olmak üzere araştırma konusunda temel terimlerin belirlenmesi süreci oldukça kritiktir. AND, NOT ve OR gibi operatörleri kullanarak, belirlediğimiz bazı terimleri birleştirebilir ya da hariç tutabiliriz. Bu adımlar aramaları iyileştirmek adına yapılan hamlelerdir. Ayrıca araştırmacılar hassasiyeti artırmak amacı ile; zaman aralığı, index, yayın tarihi, belge türü ve dil gibi birçok kategoride filtreleme seçeneklerini kullanarak çalışmanın amacına yönelik düzenlemeler yapabilmektedir. Bu işlemlerin yapılması kapsamlı ancak hedef odaklı bir veri kümesi sağlayarak gereksiz sonuçları ortadan kaldırır.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yapılan çalışmaları farklı değişkenler açısından incelemek amacı ile WoS veritabanı kullanılarak kapsamlı bir inceleme yapılmıştır. Konu kapsamında detaylı bir literatür taraması yapılarak hangi anahtar kelimelerin kullanılacağı ve varsa eş anlamlı kelimelerin neler olduğu belirlenerek verilerin seçilmesi sırasındaki veri filtreleme yöntemine karar verilmiştir. Filtreleme de TS(topic) arama yöntemi kullanılarak belirlenen kavramların “başlık, özet, anahtar kelimeler ve keyword plus başlıklarında geçmesi sağlanmıştır. Bibliyometrik analiz için veri setinin oluşturulma sürecine ilişkin bilgiler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Bibliyometrik Analiz İçin Veri Setinin Oluşturulma Süreci

Öncelikle, WoS'ta gelişmiş arama bölümünde belirlenen sorgu önizlemesi yapılmış, filtreleme uygulanmış ve sonuç olarak 306 çalışma tespit edilmiştir. Bu çalışmalar içerisinde belge türü olarak yalnızca makale filtrelenmiş ve filtreleme sonucunda makale sayısı 185'e düşmüştür. Ardından, konu kapsamında yapılan ilk çalışmanın yayım tarihinin 2015 olması sebebi ile başlangıç yılı 2015 bitiş yılı ise 2025 olarak sınırlandırılmıştır. 2026 yılı henüz bitmediği için 2026 yılında yayımlanan makaleler çalışmaya dahil edilmemiştir. 2015-2025 yıl sınırlaması sonucunda makale sayısı 176'ya düşmüştür. Daha sonra WoS indekslerinden Social Sciences Citation Index (SSCI), Emerging Sources Citation Index (ESCI) ve Science Citation Index Expanded (SCI-E) indeksleri seçilmiş ve makale sayısı 162'ye düşmüştür. Son olarak ise Web of Science kategorilerinden Education Educational Research ve Education Scientific Disciplines seçilmiş ve makale sayısı 130'a düşmüştür. Yapılan tüm filtrelemelerin ardından toplamda 130 çalışma içeren bir veri seti oluşturulmuş ve bibliyometrik analiz bu veri seti üzerinden gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında elde edilen akademik verilerin analizinde R Studio (4.4.2 sürüm) yazılımı kullanılmıştır. Verilerin düzenlenmesi ve görselleştirilmesi süreçlerinde Bibliyometrix paketinin web tabanlı arayüzü olan Biblioshiny'den faydalanılmıştır.

BULGULAR

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda yapılan çalışmaların yayımlanma yılları, kaynaklar, makaleler, makalelerin yıllık büyüme oranı, toplam yazar sayısı, tek yazarlı yayınların yazar sayısı, uluslararası ortak yazarlık oranı, yayın başına ortak yazar sayısı, yazarların kullandığı anahtar kelime sayısı, kaynakça referansları, yayınların ortalama yaşı ve yayın başına ortalama atıf sayısına ilişkin genel bilgiler Şekil 2’de verilmiştir.

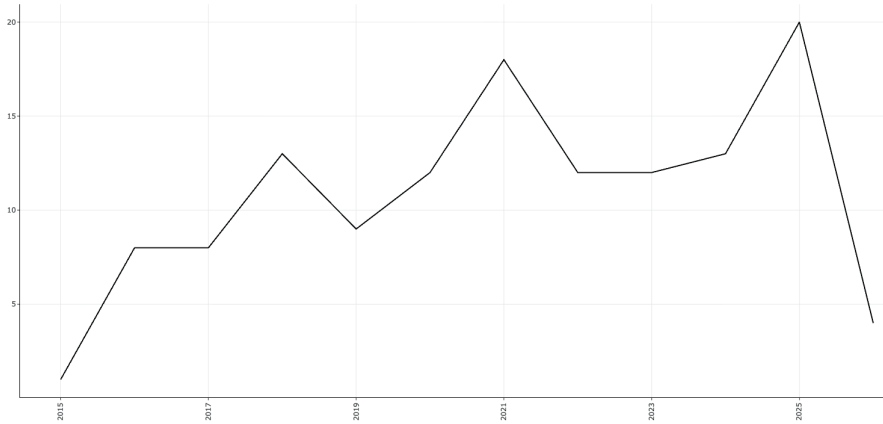


Şekil 2: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Veri Setine Ait bilgiler

Şekil 2 incelendiğinde, alanda yapılan makalelerin büyüme hızının % 13.43 olduğu ve makalelerin ortalama yaşının 4.78 olduğu gözlemlenmektedir. Veri setinde yer alan toplam yazar sayısının 414 olduğu ve bunların içerisinde yalnızca 21 yazarın tek başına makale yayımladığı görülmektedir. Uluslararası ortak yazarlık oranının %11.54 olduğu ve yayın başına düşen ortak yazar sayısının 3.5 olduğu dikkat çekmektedir. Yazarların çalışmalarda kullandığı anahtar kelimelerin toplamı 465, toplam kaynakça referansı 6047 ve yayın başına ortalama atıf sayısı ise 21.92’dir.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Yıllara Göre Yayın Dağılımı

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda yapılan çalışmaların 2015-2025 yılları arasındaki yayın dağılımı Şekil 3’de verilmiştir.

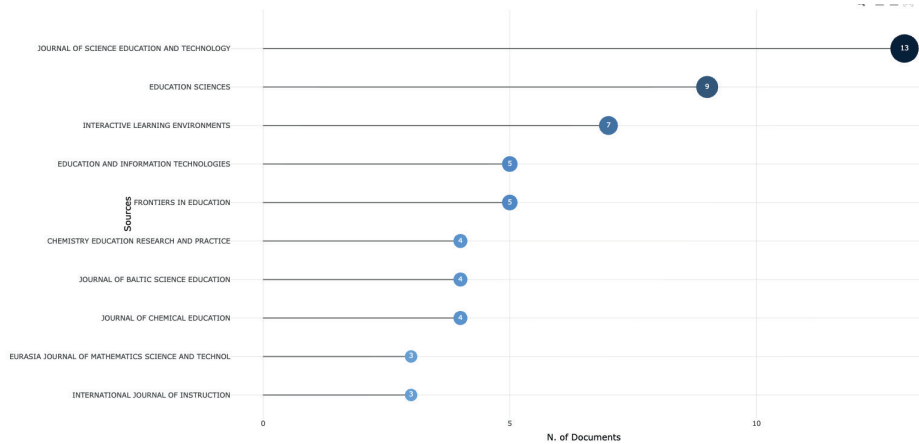


Şekil 3. Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Yıllara Göre Dağılımı

Şekil 3’de, fen eğitiminde ters yüz öğrenme araştırmalarının yıllara göre dalgalı bir dağılım gösterdiği ancak genel eğilimin artış yönünde olduğu görülmektedir. İlk makalenin 2015 yılında yayımlandığı, 2016 ve 2017 yılında sekiz makalenin, 2018 yılında 13 makalenin, 2019 yılında dokuz, 2020 yılında 12, 2021 yılında 18, 2022 ve 2023 yılında 12, 2024 yılında 13, 2025 yılında ise 20 makalenin yayımlandığı görülmektedir. En fazla makalenin yayımlandığı yıllar 2018, 2020 ve 2025 yıllarıdır.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının En Sık Yayımlandığı Dergiler

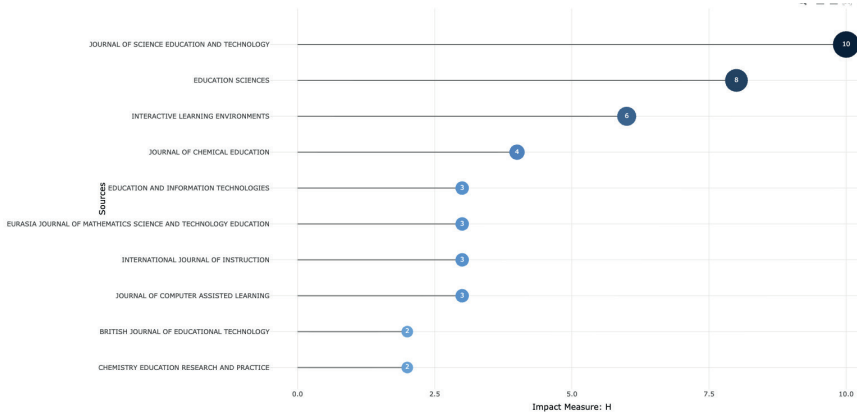
Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda yapılan çalışmaların veri setinde yer alan makalelerin en sık yayımlandığı dergilere ait bilgiler Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının En Sık Yayımlandığı Dergiler

Şekil incelendiğinde, araştırma kapsamında ele alınan makalelerin en sık 13 yayın ile “Journal of Science Education and Technology” dergisinde yayımlandığı dikkat çekmektedir. Ardından 9 yayın ile “Education Sciences”, 7 yayın ile “Interactive Learning Environments” ve 5 yayın ile “Education and Information Technologies” ile “Frontiers in education” dergileri fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında yapılmış araştırmaların en sık yayımlandığı dergilerdir.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenmeye ilişkin yapılan çalışmaların yayımlandığı her bir derginin h yerel etki değerleri Şekil 5’de verilmiştir.

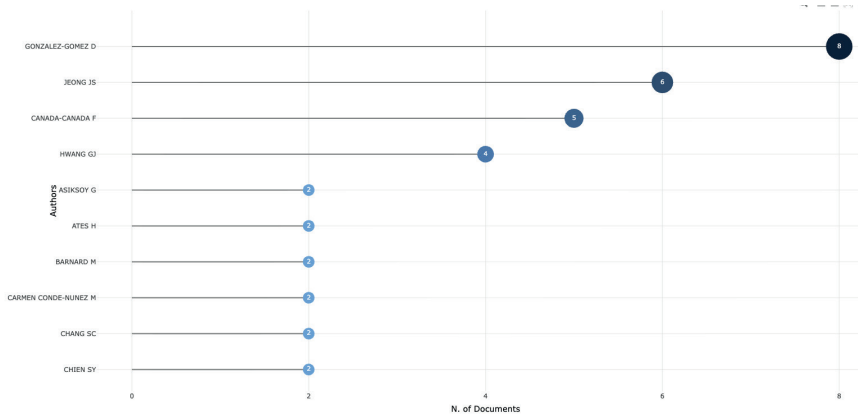


Şekil 5: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Yayımlandığı Dergilerin Etki Değeri

Şekil incelendiğinde, etki değeri en yüksek derginin “10” h indeksi değeri ile “Journal of Science Education and Technology” dergisinin olduğu görülmektedir. Etki değeri bakımından listede ilk 10’a girmeyi başaran diğer dergiler; Education Sciences (8), Interactive Learning Environments (6), Journal of Chemical Educationa (4), Education and Information Technologies (3), Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education (3), International Journal of Intruction (3), Journal of Computer Assisted Learning (3), British Journal of Educational Technology (2) ve Chemistry Education Research and Practice (2)’dir.

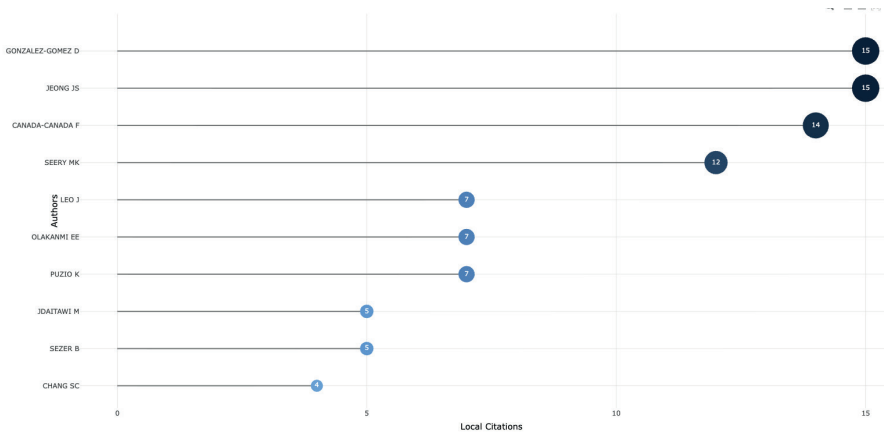
Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında En Sık Yayın Yapan Yazarlar

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda yapılan çalışmaların, en sık hangi yazarlar tarafından yazıldığına ilişkin bilgiler Şekil 6’ da verilmiştir.



Şekil 6: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında En İlgili Yazarlar

Şekil 6’da fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda en çok yayın yapan 10 yazar listelenmektedir. Gonzalez-Gomez D. alanda yapmış olduğu 8 yayın ile en çok yayın yapan araştırmacı olmuştur. En çok yayın yaparak ilk 10’a girmeyi başaran diğer yazarlar sırasıyla; Jeong JS. (8), Canada Canada F. (5), Hwang GJ (4), Asıksoy G. (2), Ateş H. (2), Barnard M. (2), Carmen Conde-Nunez M (2), Chang SC. (2) ve Chein SY. (2)’dir. Çalışma için kullanılan veri setinde en fazla atıf alan yazarlar ise Şekil 7’ de verilmiştir.

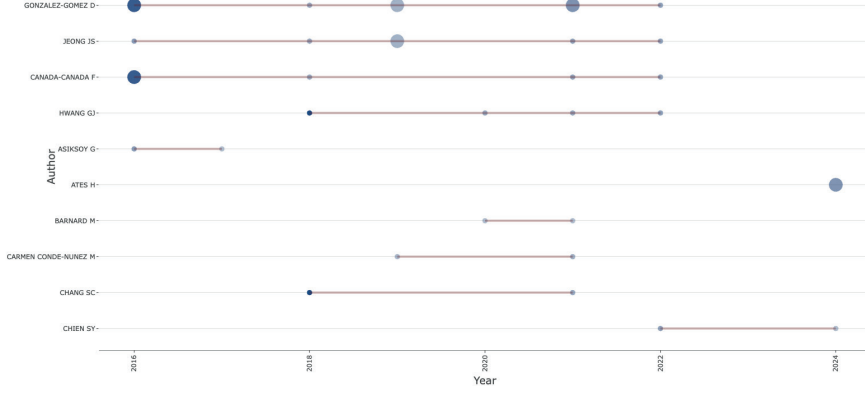


Şekil 7: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında En Fazla Atıf Alan Yazarlar

Şekil 7’de fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda yapmış oldukları çalışmalara 15 atıf alarak birinciliği Gonzalez-Gomez D. ve Jeong JS.’nin paylaştığı görülmektedir. En fazla atıf alarak ilk 10’a girmeyi başaran diğer yazarlar sırasıyla; Canada Canada F. (14), Serry MK. (12), Leo J. (7), Olakanmi

EE. (7), Puzio K. (7), Jdaitawi M. (5), Sezer B. (5) ve Chang SC. (4)'dür.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda yazarların zaman içerisindeki üretkenlik oranlarına ilişkin bilgiler Şekil 8'de verilmiştir.

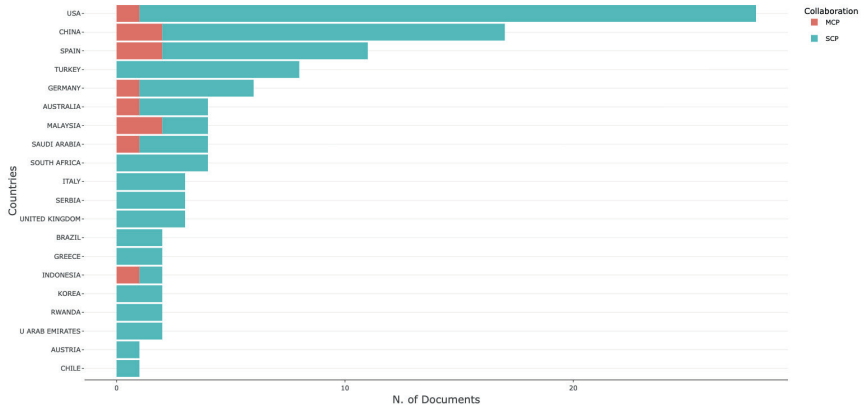


Şekil 8: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Yazarlarının Zaman İçerisindeki Üretkenlik Oranları

Şekil 8 incelendiğinde fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında en üretken olan yazarların Gonzalez-Gomez D., Jeong J.S. ve Canada-Canada F. oldukları ve bu yazarların 2016 yılından itibaren uzun süreli yayın üretimi gerçekleştirdikleri görülmektedir. Bu yazarların alana önemli katkılar sundukları öne çıkmaktadır. Hwang G.J., Chang S.C., Barnard M. ve Carmen Conde-Nunez M. gibi araştırmacıların ise belirli dönemlerde yayın faaliyetleri yürüttükleri görülmektedir. Ates H. ve Chein S.Y. gibi yazarların daha yakın yıllarda literatüre katkı sağladıkları dikkat çekmektedir. Özellikle Ates H.'nin 2024 yılında görünür hale gelmesi, ilgili konunun güncelliğini devam ettirdiğini göstermektedir.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında Önde Gelen Ülkeler

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusundaki çalışmaların veri setinde yer alan makalelerdeki yazarların ülkelere göre dağılımına ilişkin bilgiler Şekil 9' de ve Tablo 1' de verilmiştir.



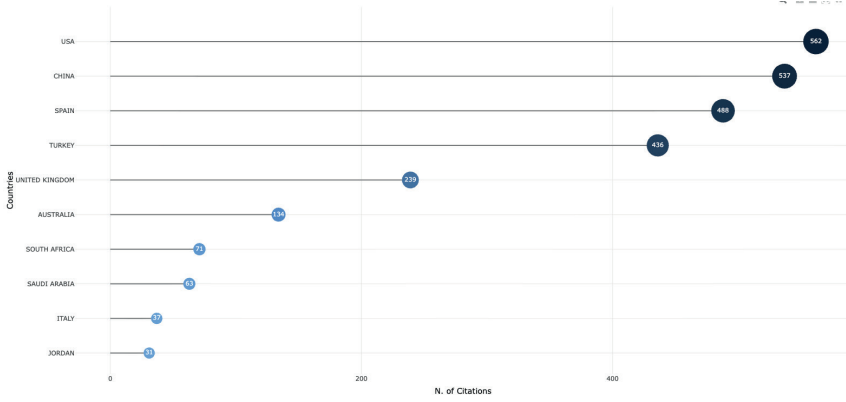
Şekil 9: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının İlgili Yazar Ülkelerine Göre Dağılım

Tablo 1: Yayınların İlgili Yazar Ülkelerine ve Yayın Sayılarına İlişkin Bilgiler

Ülkeler	Yayın sayısı
Amerika	28
Çin	17
İspanya	11
Türkiye	8
Almanya	6
Avustralya	4
Malezya	4
Suudi Arabistan	4
Güney Afrika	4
İtalya	3

Şekil ve tablo birlikte incelendiğinde, ilk sırada yer alan Amerika'nın 28 yayını olduğu, onu takip eden Çin'in 17, İspanya'nın 11 ve Türkiye'nin 6 yayını olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca birden fazla ülke ile iş birliği içinde hazırlanan çalışmaların en fazla olduğu ülkelerin sırasıyla 2 yayın ile Çin, İspanya ve Malezya olduğu görülmektedir.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda en çok atıf yapılan ülkeler Şekil 10'da verilmiştir.

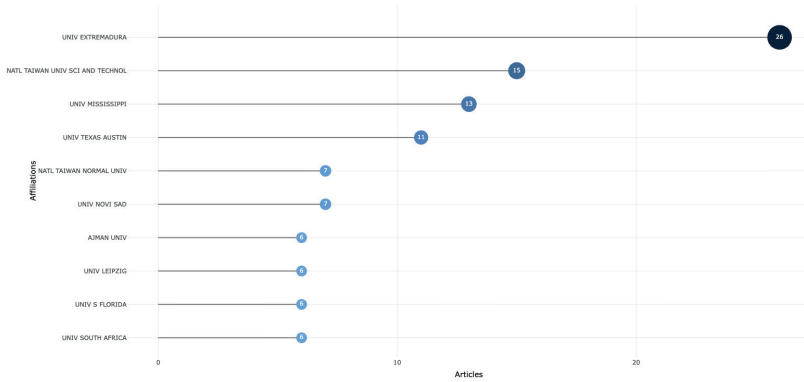


Şekil 10: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında En Fazla Atıf Yapılan Ülkeler

Şekil 10’da en fazla atıf alan ilk 10 ülkeye ait veriler görülmektedir. Amerika 562 atıf ile bu alanda da zirvede yer almaktadır. Bu sıralamayı 537 atıf ile Çin, 488 atıf ile İspanyave 436 atıf ile Türkiye takip etmektedir.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında Önde Gelen Kurumlar

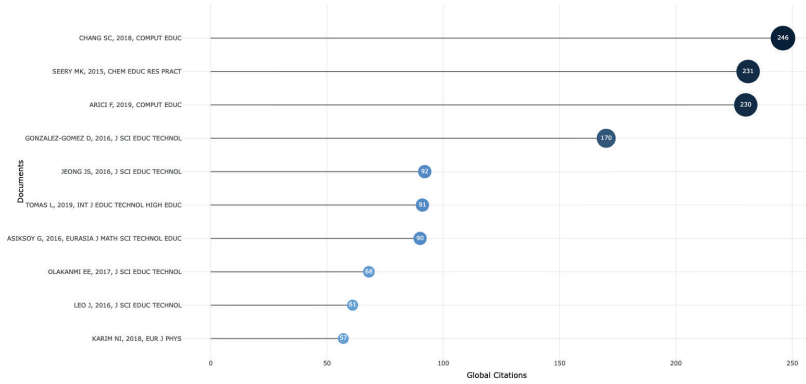
Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarında önem arz eden kurumlarının dağılımları Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında En İlgili Kurumlar

Şekil 11 incelendiğinde, en çok makale yayınlayan öğretim kurumları 26 makale ile “Extremadura University”, 15 makale ile “National Taiwan University of Science and Technology”, 13 makale ile “University of Mississippi” ve 11 makale ile “University of Texas Austin” olarak sıralanmaktadır. Verilere göre Türkiye’den 5 makale ile Bartın Üniversitesi, 4 makale ile Kırşehir Ahi Evran ve Trabzon Üniversitesi ilk 20 üniversite arasında yer almıştır.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarında küresel olarak en çok atıf yapılan çalışmalar Şekil 12’ de verilmiştir.



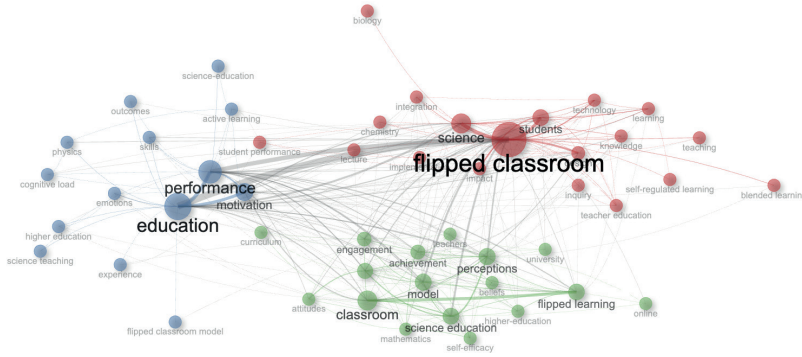
Şekil 12. Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında En Çok Atıf Alan Çalışmalar

Şekil 12 incelendiğinde, fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında en fazla atıf alan çalışmaların belirli yayınlar etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. En yüksek atıf sayısına sahip çalışma, Chang S.C. (2018) tarafından *Computers & Education* dergisinde yayımlanan çalışma olup 246 atıf almıştır. Bu çalışmayı sırasıyla Seery M.K. (2015) tarafından *Chemistry Education Research and Practice* dergisinde yayımlanan ve 231 atıf alan çalışma ile Arici (2019) tarafından *Computers & Education* dergisinde yayımlanan ve 230 atıf alan çalışma takip etmektedir. Gonzalez-Gomez D. (2016) çalışmasının 170 atıf ile literatürde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanında Jeong J.S. (2016), Tomas L. (2019) ve Asiksoy G. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmaların da yaklaşık 90 atıf düzeyine ulaşarak alanın gelişimine önemli katkılar sunduğu görülmektedir.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında Yazarların Kullandıkları Anahtar Kelimeler

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarının bulunduğu veri setinde kullanılan anahtar kelimeleri, frekanslarını ve yüzdelelerini belirten veriler aşağıdaki Şekil 13’de ve Şekil 14’de sunulmuştur.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarına ait veri setinde yer alan anahtar kelimelerin eş zamanlılık ağına ait görsel Şekil 15’de verilmiştir.

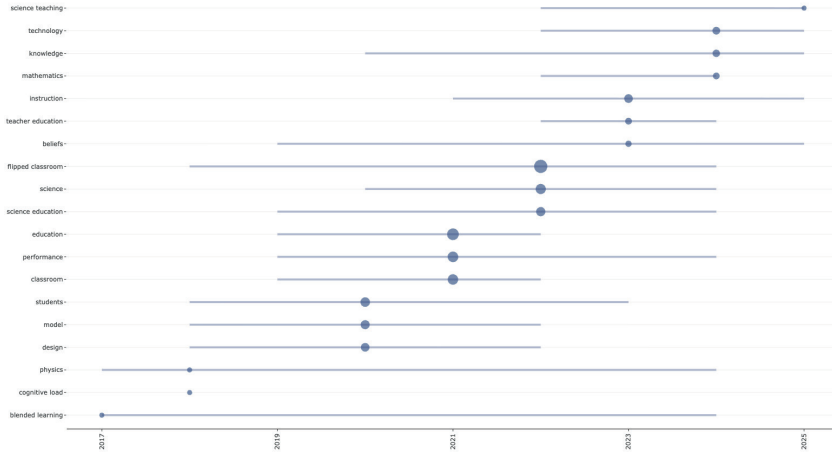


Şekil 15. Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Anahtar Kelime Birlikte Oluşma Ağı

Şekil 15’deki birlikte oluşma ağı incelendiğinde, “flipped classroom” kavramının ağıın merkezinde yer aldığı ve en yüksek görünürlüğe sahip anahtar kelime olduğu görülmektedir. Ayrıca ağda, “education”, “performance”, “science”, “students” ve “classroom” gibi kavramlarında öne çıktığı görülmektedir. “Flipped classroom” etrafında yoğunlaşan küme, ters yüz sınıf modelinin fen eğitimi, öğretim, öğrenme ve öğrenci değişkenleriyle birlikte ele alındığını göstermektedir. “Education” ve “performance” kavramlarının etrafında yoğunlaşan küme ise çalışmaların akademik başarı, aktif öğrenme, motivasyon ve öğrenme çıktıları gibi değişkenlere odaklandığını ortaya koymaktadır. Ayrıca “classroom”, “flipped learning”, “perceptions” gibi kavramların yer aldığı küme, ters yüz öğrenme modelinin sınıf içi uygulandığı, öğrenci başarısı ve algısı üzerindeki etkileriyle ilişkili bir araştırma eğilimine işaret etmektedir.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında Trend Konu/Temalar

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarına ait veri setinde yer alan trend konu/temaların yıllara göre dağılımı aşağıdaki Şekil 16’da verilmiştir.

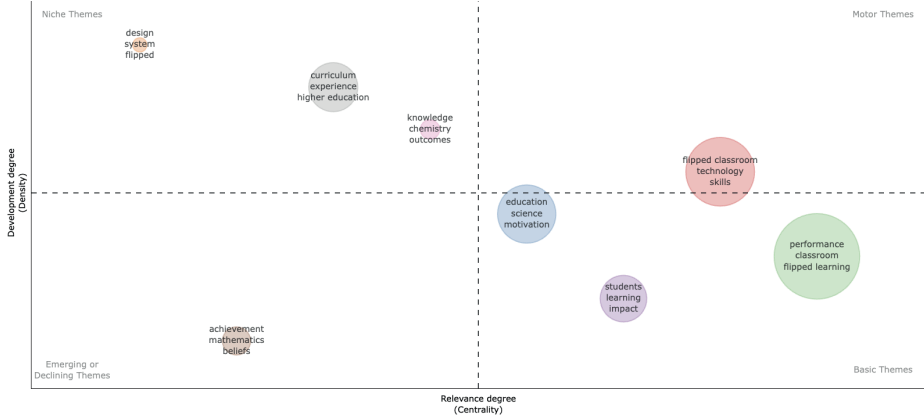


Şekil 16: Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarında Trend Konuların Yıllara Göre Dağılımı

Şekil 16 incelendiğinde, trend konu başlıklarının belirlenmesinde 2017-2025 yılları arasında yayımlanan araştırmalar için toplamda 19 trend konunun ortaya çıktığı görülmektedir. Grafikteki noktalar konuya ilişkin yapılmış yayın sayısını temsil etmektedir. Grafikte en küçük nokta beş frekansını, en büyük nokta ise 51 frekansını temsil etmektedir. İlk dönemlerde blended learning, cognitive load, physics, design, model ve students gibi kavramların öne çıktığı görülmekte ve özellikle blended learning kavramının 2017 yılından itibaren uzun bir zaman dilimine yayıldığı dikkat çekmektedir. 2021 yılında classroom, education ve performance kavramlarının belirginleştiği görülmektedir. Yakın dönemlerde ise science, science education ve özellikle flipped classroom kavramlarının daha görünür hale gelmesi, ters yüz öğrenmenin fen eğitimi literatüründe önemli bir araştırma konusu haline geldiğine işaret etmektedir. Son yıllarda ise science teaching, technology, knowledge, mathematics, instruction ve teacher education kavramlarının öne çıktığı görülmektedir.

Fen Eğitiminde Ters Yüz Öğrenme Araştırmalarının Tematik Haritası

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarına ait veri setinde yer alan çalışmaların tematik haritasına ilişkin bilgiler Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 17: Tematik Harita

Şekil 17 incelendiğinde, tematik haritada temaların çalışmalardaki yoğunluk durumu ve merkezîyet durumu görülmektedir. Niş tema alanındaki kavramlar; “design”, “system”, “flipped”, “curriculum”, “experience”, “higher education”, “knowledge”, “chemistry” ve “outcomes” dir. Motor tema alanındaki kavramlar; “flipped classroom”, “technology” ve “skills” dir. Ortaya çıkan ya da azalan tema alanındaki kavramlar; “achievement”, “mathematics” ve “beliefs” dir. Son olarak temel tema alanındaki kavramlar; “performance”, “classroom”, “flipped learning” kelimelerinin büyük bir baloncuk ile temsil edilmesi, bu temanın alanda yaygın biçimde çalışıldığını ancak kendi iç gelişmişlik düzeyinin motor temalara göre daha sınırlı olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Web of science veri tabanında fen eğitiminde ters yüz öğrenme araştırmalarının zaman içerisinde dalgalandığı, ancak genel olarak artış eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. 2020 sonrasında çalışmaların ivme kazandığı, 2021 ve 2025 yıllarında önemli artışlar gösterdiği ve araştırmacıların bu öğretim yaklaşımına yönelik ilgisinin giderek arttığı söylenebilir. Bu bulgu, ters yüz öğrenmenin fen eğitimi literatüründe güncel ve gelişimini sürdüren bir araştırma alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

Yayın sayıları ile dergilerin etki düzeyleri birlikte değerlendirildiğinde, fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarının belirli dergilerde yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle “Journal of Science Education and Technology”, “Education Sciences” ve “Interactive Learning Environments” dergilerinin hem yayın sayılarının hem de h indeksleri bakımından ilk sıralarda yer almaktadır. Bu durum söz konusu dergilerin hem alanın en üretken yayın kaynakları olduğunu hem de yayımlamış oldukları çalışmaların araştırmacılar tarafından fazla sayıda atıf aldığına işaret etmektedir. Ayrıca, makalelerin

özellikle fen eğitimi, eğitim teknolojileri ve öğrenme ortamları odaklı dergilerde yoğunlaştığı söylenebilir. Bu durum, incelenen çalışmaların hem fen eğitimi alanıyla hem de teknoloji destekli öğrenme yaklaşımlarıyla yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanının gelişiminde özellikle Gonzalez- Gomez D., Jeong J.S. ve Canada-Canada F. yazarlarının hem yayın sayıları hem atıf performansları hem de zaman içerisindeki üretkenlikleri birlikte değerlendirildiğinde alandaki en etkili araştırmacılar olarak ön plana çıktıklarını söylemek mümkündür. Yani diğer bir deyişle yazarların yayın üretkenliği ile atıf performansları arasında büyük ölçüde paralellik olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, özellikle bu üç yazarın fen eğitiminde ters yüz öğrenme literatürünün oluşumunda ve gelişiminde belirleyici bir rol oynadıkları ve alanın çekirdek araştırmacıları olduğunu söylemek mümkündür.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme araştırmalarının hem yazar ülkelerine göre üretim hem de en fazla atıf yapılan ülkeler birlikte değerlendirildiğinde, belirli ülkelerde yoğunluğun olduğu görülmektedir. Özellikle ABD, Çin, İspanya ve Türkiye alanın en üretken ve en etkili ülkeleri olarak öne çıkmaktadır. Şekil 9, yayınların sorumlu yazarın ülkesine göre dağılımını göstermektedir. Buna göre en fazla yayına sahip ülke ABD olup, onu sırasıyla Çin, İspanya ve Türkiye takip etmektedir. ABD'nin açık ara önde olması, ters yüz öğrenme yaklaşımının ortaya çıkışı ve yaygınlaşmasında bu ülkenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Çin ve İspanya'nın da yüksek yayın sayılarıyla dikkat çekmesi, bu ülkelerde teknoloji destekli öğretim yaklaşımlarına yönelik araştırma ilgisinin güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye'nin dördüncü sırada yer alması ise fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunun ülkemizde de önemli bir araştırma alanı hâline geldiğinin bir kanıtı olarak değerlendirilebilir. Grafikte yer alan MCP ve SCP dağılımları incelendiğinde, yayınların büyük bölümünün tek ülke iş birlikleriyle gerçekleştirildiği görülmektedir. Bununla birlikte ABD, Çin, İspanya, Malezya ve Suudi Arabistan gibi ülkelerde uluslararası ortak yazarlıkla yürütülen çalışmaların da bulunduğu görülmektedir. Özellikle ABD ve Çin'in hem yüksek yayın üretkenliğine hem de uluslararası iş birliklerine sahip olması, bu ülkelerin alanın küresel araştırma ağındaki merkezi konumunu göstermektedir. Şekil 10 ise ülkelerin aldığı toplam atıf sayılarını göstermektedir. ABD (562 atıf) ilk sırada yer almakta, onu Çin (537 atıf) ve İspanya (488 atıf) takip etmektedir. Bu sonuç, söz konusu ülkelerin yalnızca yüksek sayıda yayın üretmediğini, aynı zamanda yayımladıkları çalışmaların bilimsel açıdan etkili olduğunu göstermektedir. Dikkat çekici bir diğer bulgu ise Türkiye'nin 436 atıf ile dördüncü sırada yer almasıdır. Türkiye'nin yayın sayısı bakımından üst sıralarda yer almasının yanı sıra yüksek atıf performansı göstermesi, ülkede yürütülen ters yüz öğrenme araştırmalarının uluslararası literatürde görünürlük kazandığını ortaya koymaktadır.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme konusunda en çok makale üreten kurumlara bakıldığında; 26 yayın ile diğer kurumlardan açık ara önde olan “University of Extremadura” dikkat çekmektedir. Bu kurumun ön planda olması şaşırtıcı değildir. Çünkü, González-Gómez, Jeong ve Cañada-Cañada gibi araştırmacılar uzun yıllar boyunca “University of Extremadura” kurumunda yürütmüş oldukları fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmaları ile alana önemli katkılar sağlamışlardır. University of Extremadura’yı “National Taiwan University of Science and Technology”, “University of Mississippi” ve “University of Texas Austin” kurumları takip etmektedir. Bu bulgular çalışmaların özellikle Amerika ve Tayvan merkezli üniversitelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Alanda küresel olarak en çok atıf alan yazarlara bakıldığında ise Chang S.C. (2018) tarafından *Computers & Education* dergisinde yayımlanan çalışmanın 246 atıf ile zirvede yer aldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmayı Seery M.K. (2015) tarafından *Chemistry Education Research and Practice* dergisinde yayımlanan ve 231 atıf alan çalışma ile Arici F. (2019) tarafından *Computers & Education* dergisinde yayımlanan ve 230 atıf alan çalışma takip etmektedir. Ayrıca Gonzalez-Gomez D. (2016)’ in *Journal of Science Education and Technology* dergisinde yayımlanan ve 170 atıf alarak alana katkı sağlayan çalışması da dikkat çekmektedir.

Anahtar kelime analizi ile kelime bulutu birlikte değerlendirildiğinde, anahtar kelime analizindeki frekansların kelime bulutu görseli ile desteklendiği görülmektedir. “Flipped classroom” kelimesinin frekansı en yüksek iken, bu kavramı “education, performance, classroom, science, students, achievement ve science education” gibi kavramlar takip etmiştir. Bu durum, alanda çalışma yapan araştırmacıların büyük ölçüde akademik başarı, öğrenme performansı, sınıf uygulamaları ve fen eğitimi bağlamında yürütüldüğünün bir göstergesi olabilir. Ayrıca motivasyon, algı, tasarım, öğretmen eğitimi gibi kavramların da görünür olması, çalışmalarda yalnızca bilişsel çıktılara değil aynı zamanda duyuşsal çıktılara ve öğretim tasarımına da odaklanıldığını göstermektedir. Anahtar kelimeler arasındaki kavramsal ilişkilerin daha görünür hale geldiği birlikte oluşum ağı incelendiğinde, flipped classroom kavramının en büyük düğüm olduğu ve science, students, learning, technology, knowledge ve teaching gibi kavramlar ile güçlü bağlantılar kurduğu dikkat çekmektedir. İkinci kümenin education ve performance kavramlarının etrafında şekillenmekle birlikte akademik başarı, motivasyon, öğrenme performansı ve öğrenme çıktılarıyla ilişkili olduğu görülmektedir. Üçüncü küme ise science education, classroom, achievement, flipped learning ve perceptions kavramlarını barındırmaktadır. Genel olarak iki şekil birlikte değerlendirildiğinde ise fen eğitiminde ters yüz öğrenme araştırmalarının çoğunlukla; öğrenci başarısı, performansı, algısı, motivasyonu, teknoloji entegrasyonu ve sınıf içi öğrenme süreçlerine odaklandığını göstermektedir. Ayrıca düşük frekanslarda olan; self-efficacy, teacher education, active learning ve inquiry

gibi kavramların alan içerisinde gelişmekte olan kavramlar olabileceği düşünülmektedir.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme araştırmalarında trend konuların yıllara göre dağılımı incelendiğinde, araştırmaların başlangıçta harmanlanmış öğrenme ve öğretim tasarımı ekseninde şekillendiği, ardından ise öğrenci başarısı ve öğrenme performansına odaklandığı, son yıllarda ise teknoloji entegrasyonu, öğretmen eğitimi ve fen öğretimi bağlamında daha uzmanlaşmış araştırma konularına yöneldiği söylenebilir. Bu bulgu, alanın zaman içerisinde kavramsal ve tematik açıdan çeşitlenerek olgunlaştığını göstermektedir.

Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmalarında öne çıkan temalar, yoğunluk ve merkezilik olmak üzere iki ölçüte göre motor temalar, niş temalar, temel temalar ve ortaya çıkan/gerileyen temalar olmak üzere dört bölgede de incelenmektedir. Motor tema, hem yüksek yoğunluk hemde yüksek merkezilik düzeyine sahiptir. Dolayısıyla ters yüz öğrenme çalışmalarında teknoloji kullanımı ve beceri gelişiminin alanın gelişimine yön veren, iyi bir şekilde yapılandırılmış ve olgunlaşmış araştırma konuları olduğuna işaret etmektedir. Temel tema, düşük yoğunluk yüksek merkezilik düzeyine sahiptir. Bu bölümde performance, classroom ve flipped learning kavramlarının büyük bir baloncukla gösterilmesi, araştırmaların büyük bir kısmının öğrenci performansı, sınıf uygulamaları ve ters yüz öğrenme üzerine odaklanıldığını göstermektedir. Student, learning ve impact kavramlarının bulunduğu küme, araştırmaların öğrenci öğrenmesi ve öğrenme çıktıları üzerindeki etkileri incelediğini göstermektedir. Son olarak haritanın merkezine yakın olan education, science ve motivation kavramlarının olduğu küme ise alanla güçlü ilişkiler kurmasına rağmen gelişim düzeyi açısından orta seviyede görünmektedir. Bu durum bu kavramların sıklıkla çalışıldığına ancak henüz tam anlamı ile uzmanlaşmış bir araştırma teması haline gelmediğini düşündürmektedir. Niş tema, yüksek yoğunluk, düşük merkezilik düzeyine sahiptir. Fen eğitiminde ters yüz öğrenme çalışmaları kapsamında niş tema da 3 farklı küme mevcuttur. Bu bölümde bulunan kavramlar kendi içlerinde gelişmiş ve aynı zamanda belirli bir araştırma olgunluğuna erişmiş olmalarına rağmen alanın genel yapısı ile olan bağlantıları görece daha sınırlı kalmıştır. Son olarak ortaya çıkan/gerileyen tema ise hem düşük yoğunluk hem de düşük merkezilik düzeyine sahiptir. Bu tema da yer alan kavramlar alanda yeni gelişmekte olan bir araştırma alanını temsil edebileceği gibi literatürde henüz sınırlı düzeyde çalışıldığını da temsil edebilmektedir. Achievement, mathematics ve beliefs bu temanın içerisinde kümelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında WoS veri tabanında belirli kriterler baz alınarak bibliyometrik analiz yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı dönem henüz 2026 yılının ilk yarısı olmasından dolayı çalışmalar tamamlanmadığı için 2026 yılı kapsamında yapılan makaleler araştırmaya dahil edilmemiştir. Fen eğitiminde ters yüz öğrenme alanında

yapılan bibliyometrik analiz bulgularından yola çıkılarak birtakım önerilerde bulunulmuştur. Bunlar:

- Literatürde çoğunlukla akademik başarı ve performans değişkenlerinin araştırıldığı görülmektedir. Bu alanda çalışmayı planlayan araştırmacıların bilimsel süreç becerileri, yaratıcılık, 21. yüzyıl becerileri, öz düzenleme, üst düzey düşünme becerisi ve dijital yeterlilik gibi farklı değişkenleri de incelemeleri önerilebilir.

- Bulgular sonucunda genel olarak araştırmacıların uluslararası iş birliklerinin sınırlı düzeyde olduğu görülmektedir. Hem farklı ülkelerdeki uygulamaların karşılaştırılmasına hem de alanın küresel ölçekte gelişmesine katkı sağlamak amacıyla uluslararası iş birliklerinin artması önerilebilir.

- Çalışmalarda örneklem grubunun çoğunlukla yükseköğretim düzeyinde olduğu görülmektedir. K-12 düzeyindeki öğrenciler ile çalışmaların yapılması alanyazına önemli katkılar sağlayabilir.

- Bu çalışma kapsamında veri tabanı olarak yalnızca WoS kullanılmıştır. Gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda Scopus, ERIC ve Dimensions gibi farklı veri tabanları kullanılarak alanın gelişimi daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Abeysekera, L., & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934336>
- Academy of Active Learning Arts and Sciences. (2018). *Updated definition of flipped learning*. Erişim adresi: <http://aalasinternational.org/updateddefinition-of-flipped-learning>
- Anjass, E., Hamed, C., & Aguaded-Ramírez, E. M. (2025). The effectiveness of using the flipped classroom in science education for ninth-grade students. *Journal of Technology and Science Education*, 15(1), 78-90. <https://doi.org/10.3926/jotse.2842>
- Arteaga, D., Chavarro Córdoba, M., & Gomez-Delgado, D. C. (2024). The flipped classroom as a pedagogical approach for stereochemistry learning in an undergraduate course. *Journal of Chemical Education*, 102(1), 452-462. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00893>
- Baker, J. W. (2000, Nisan). The “classroom flip”: Using web course management tools to become the guide by the side. *Selected papers from the 11th international conference on college teaching and learning* içinde (Cilt 9, No. 1, ss. 9-17).
- Bergmann, J., & Sams, A. (2023). *Flip your classroom, revised edition: Reach every student in every class every day*. Arlington, VA: International Society for Technology in Education.
- Beriş, E. (2023). *Fen bilimleri eğitiminde ters yüz öğrenme modelinin 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, bilimsel süreç becerilerine ve üst biliş yönelimli sınıf çevresine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Chitiyo, G., Stratton, E., Mathende, A. M., & Davis, K. M. (2020). Evaluating flipped versus face-to-face classrooms in middle school on science achievement and student perceptions. *Contemporary Educational Technology*, 11(1), 131-142. <https://doi.org/10.30935/cet.646888>
- Clarivate. (t.y.). Erişim adresi: <https://clarivate.com/>
- Cormier, C., & Voisard, B. (2018). Flipped classroom in organic chemistry has significant effect on students' grades. *Frontiers in ICT*, 4, 30. <https://doi.org/10.3389/fict.2017.00030>
- Davies, R. S., Dean, D. L., & Ball, N. (2013). Flipping the classroom and instructional technology integration in a college-level information systems spreadsheet course. *Educational Technology Research and Development*, 61(4), 563-580. <https://doi.org/10.1007/s11423-013-9305-6>
- Devrim, A. (2023). *Kuvvet ve enerji ünitesinde uygulanan ters yüz öğrenme modelinin ortaokul öğrencilerinin akademik başarı, öğrenme sorumlulukları ve görüşlerine etkisinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Kafkas Üniversitesi, Kars.
- Eliau, S. M., & Hamaidi, D. A. H. (2018). The effect of using flipped classroom strategy

- on the academic achievement of fourth grade students in Jordan. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 13(2), 110-125. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i02.7816>
- Evci, M. (2022). *Fen bilimleri dersi öğretiminde ters yüz sınıf modelinin öğrencinin akademik başarısına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Finkenberg, F., & Trefzger, T. (2019, Ağustos). Flipped classroom in secondary school physics education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012015>
- Fulton, K. (2012). Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning. *Learning & Leading with Technology*, 39(8), 12-17.
- Garfield, E. (1979). Is citation analysis a legitimate evaluation tool? *Scientometrics*, 1(4), 359-375. <https://doi.org/10.1007/bf02019306>
- Güneş, M. (2025). *Ters yüz öğrenme modelinin 7. sınıf öğrencilerinin fen eğitimine yönelik motivasyonuna ve dijital okuryazarlığına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Gürelî Kıvrak, M. (2023). *Fen öğretiminde ters yüz eğitim modelinin 4. sınıf öğrencilerinin tutum ve başarılarına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Kaya, E. (2023). *Ters yüz sınıf modeline dayalı öğretimin ilkökul 4. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersi başarı ve tutumlarına etkisi* (Doktora tezi). İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., & Getman, J. (2014). The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles. *The Internet and Higher Education*, 22, 37-50. <https://doi.org/10.1016/j.ihe-duc.2014.04.003>
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers & Education*, 100, 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.006>
- Lam, C. P., & Siew, N. M. (2024). Flipped classroom in science education: Correlating student experience with attitudes. *Problems of Education in the 21st Century*, 82(5), 672-687.
- Li, N., Verma, H., Skevi, A., Zufferey, G., Blom, J., & Dillenbourg, P. (2014). Watching MOOCs together: Investigating co-located MOOC study groups. *Distance Education*, 35(2), 217-233. <https://doi.org/10.1080/01587919.2014.917708>
- Mohamud, Z. A., Farah, M. A., Osman, L. A., Mohamed, M. A., & Mohamud, I. H. (2025). Mapping the evolution of leadership in higher education: A bibliometric analysis. *Cogent Education*, 12(1), 2554957. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2554957>
- Nsabayeze, E., Habimana, O., Nzabalirwa, W., & Niyonzima, F. N. (2025). Optimizing pedagogical strategies in organic chemistry: Examining students' conceptual mastery and perspectives on the use of multimedia-supported flipped class-

- room approach in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 102(4), 1546-1554. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01444>
- Pablo-Lerchundi, I., Núñez-del-Río, C., Jiménez-Rivero, A., Sastre-Merino, S., Míguez-Souto, A., & Martín-Núñez, J. L. (2023). Factors affecting students' perception of flipped learning over time in a teacher training program. *Heliyon*, 9(11), e21318. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21318>
- Sams, A., & Bergmann, J. (2013). Flip your students' learning. *Educational Leadership*, 70(6), 16-20.
- Talbert, R. (2012). Inverted classroom. *Colleagues*, 9(1), 7.
- Tanrıverdi, A. (2024). 4. sınıf öğrencilerinin yer kabuğu ve dünya'mızın hareketleri ünitesini ters yüz öğrenme modeli (flipped classroom) ile öğrenmelerinin akademik başarılarına etkisi (Yüksek lisans tezi). Giresun Üniversitesi, Giresun.
- Tomory, A., & Watson, S. (2015). Flipped classrooms for advanced science courses. *Journal of Science Education and Technology*, 24. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9570-8>
- Tucker, B. (2012). The flipped classroom. *Education Next*, 12(1), 82-83.
- Turan Yılmaz, A. (2023). Ters yüz öğrenmenin ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin iş ve enerji konusunda başarılarına etkisi ve öğrencilerin modele yönelik görüşleri (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Uçaş, Ü. G. (2023). Oyunlaştırılmış ters yüz öğrenme modelinin ilkökul öğrencilerinin eleştirel düşünme eğilimlerine, problem çözme becerilerine ve fen öğrenme motivasyonlarına etkisinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Verim, S. (2022). Fen dersinde basınç ünitesinin ters yüz öğrenme yöntemiyle işlenişinin öğrencilerin başarı ve tutumlarına etkisi (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Yerlikaya, E. (2025). İlkokul dördüncü sınıfta uygulanan ters yüz öğrenme modelinin öğrencilerin akademik başarı, dijital okuryazarlık ve problem çözme becerilerine etkisinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi, Tez No. 976982). Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Ağrı.
- Yu, L., Li, Y., Lan, Y., & Zheng, H. (2023). Impacts of the flipped classroom on student performance and problem solving skills in secondary school chemistry courses. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(3), 1025-1034. <https://doi.org/10.1039/D2RP00339B>
- Yurtlu, S. (2018). Fen eğitiminde ters yüz sınıf modelinin öğrenci başarısına ve görüşlerine etkisinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Muş Alparslan Üniversitesi, Muş.



FEN EĞİTİMİNDE MODELE DAYALI ÖĞRETİMİN KRONOLOJİK ANALİZİ VE GÜNCEL EĞİLİMLER

Hülya GÜNGÖR¹
İbrahim ÜNAL²

¹ Dr., Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü/İnönü Üniversitesi,
ORCID: 0000-0003-3589-887X

² Prof. Dr. , Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü/İnönü Üniversitesi,
ORCID: 0000-0001-8497-4459

Bilimsel bilginin doğasını anlamak, öğrencilerin soyut olguları zihninde somutlaştırmasını ve bilim insanı gibi akıl yürütme becerisi geliştirmesini sağlamak, fen eğitiminin temel amaçları arasında yer almaktadır. Bu amaca hizmet eden en dinamik ve çağdaş yaklaşımlardan biri olan Modele Dayalı Öğretim (MDÖ), öğrencileri yalnızca bilginin tüketicisi değil, aynı zamanda bilginin aktif yapılandırıcıları konumuna getirmektedir. Bu bölümde fen eğitiminde MDÖ'nün kavramsal temelleri, kuramsal altyapısı ve tarihsel gelişim süreci ele alınmıştır. Bu kapsamda öncelikle bilimsel bir temsil aracı olarak model kavramı tanımlanmış, fen bilimlerinin karmaşık yapısını anlaşılır hâle getiren model türleri sınıflandırılmış ve zihinsel süreçlerin dışa yansıtılmasını ifade eden modelleme süreci kuramsal bir çerçevede açıklanmıştır. Ardından, soyut kavramların yoğunlukta olduğu fen disiplinlerinde anlamlı öğrenmeyi desteklemek, bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerini derinleştirmek açısından model kullanımının pedagojik önemi ve işlevleri tartışılmıştır.

Kavramsal altyapının ardından MDÖ'nün sınıf içi uygulamalardaki yansımaları ve gelişimi kronolojik bir perspektifle sunulmuştur. Bu bağlamda, teknolojinin eğitim ortamlarına yeni entegre olduğu ve üç boyutlu dijital öğrenme ortamlarının ilk örneklerinin ortaya çıktığı “Erken Dönem Uygulamaları ve Bilgisayar Destekli Modellemenin Doğuşu (2000–2009)” dönemi ele alınarak sürecin tarihsel temelleri incelenmiştir. Devamında, yaklaşımın sorgulama temelli ve işbirlikli öğrenme yaklaşımlarıyla bütünleştiği, model dönüşüm süreçlerinin daha sistematik biçimde ele alındığı “Yapılandırmacı Entegrasyon ve Sorgulama Temelli Ortamlar (2010–2020)” dönemi değerlendirilmiştir. Son olarak ise günümüz eğitim ekosisteminde yapay zekâ, sanal ve artırılmış gerçeklik, hesaplamalı düşünme ve oyun tabanlı modelleme yaklaşımlarının fen sınıflarını nasıl dönüştürdüğünü ortaya koyan “Son Yıllardaki Güncel Yaklaşımlar, Dijitalleşme ve Yenilikçi Araçlar (2021–2026)” dönemi güncel literatür ışığında ele alınmıştır. Bu bölümün, fen eğitiminde modelleme süreçlerinin geçmişi, günümüzü ve geleceğine ilişkin bütüncül bir bakış sunarak araştırmacılara ve uygulayıcılara yol gösterici olması amaçlanmaktadır.

Modelin Tanımı ve Model Çeşitleri

Model, bir nesnenin, olayın, sürecin veya fikrin, söz konusu varlığın açıklamasını sağlamak amacıyla üretilen basitleştirilmiş temsili olarak tanımlanabilir. Morgan ve Morrison (1999)'ın da vurguladığı gibi, modeller genellikle Dünya'nın belirli bir yönünü, Dünya hakkındaki teorilerimizin belirli bir yönünü veya her ikisini birden temsil eder. Ingham ve Gilbert (1991) ise daha genel bir tanım sunarak, “Model, dikkati sistemin belirli kısımlarına yoğunlaştıran, sistemin basitleştirilmiş bir temsidir” ifadesini kullanmıştır. Bu kapsamda modeller; fiziksel nesneleri (örneğin gezegenler), olayları (örneğin Ay tutulması), süreçleri (örneğin su döngüsü) ve soyut kavramları (ör-

neğin enerji dönüşümü) temsil etmek üzere yapılandırılır. Gilbert ve Boulter (1998)'a göre model, teorinin soyutlamaları ile deneyin somut eylemleri arasında bir araçtır. Henze ve Van Driel (2011), "Model bilimsel olguları anlamak, açıklamak ve bu anlayışı aktarmak için kullanılan araçlardır" şeklinde ifade etmiştir.

Modeller, öğrencilerin tahminlerde bulunmasına ve bilimsel olguları açıklamasına olanak sağlaması açısından oldukça faydalıdır (Treagust vd., 2002). Araştırmalar, öğrencilerin derslerinde bilimsel içeriği öğrenmelerine yardımcı olmak için model kullanmanın önemine işaret etmektedir (Passmore vd., 2014). Fen eğitiminde öğrenciler bilimsel bilginin nasıl elde edildiğini öğrenmek için akıl yürütürler (Hodson, 2014). Modele dayalı muhakeme anlamlılığı teşvik etmek için güçlü bir pedagojik araçtır (Werner vd., 2019). Greca ve Moreira (2002), öğrencilerin dünyayı anlamak için mevcut bilgilerine ve geçmiş deneyimlerine dayanarak içsel temsiller veya modeller oluşturmalarını belirtmektedir. Öğrencilerin bilimde bilimin doğasını anlamaları ve bilimsel okuryazarlıklarını geliştirmeleri için modellerin kullanımı, temel öğrenme hedeflerinden biri olarak görülmektedir (Next Generation Science Standards Lead States, 2013). Çünkü modeller öğrencilerin fen anlayışının görsel temsilini sağlamaktadır.

Fen eğitiminde farklı türde modeller bulunmaktadır. Modeller alanda farklı farklı kategori edilmektedir. Örneğin Gilbert (2011), modelleri iki türde sınıflandırır: Çeşitli alanlarda bilim ve öğrenmenin temelini oluşturan kişisel modeller (zihinsel modeller), bilim ve bilim öğretiminde önemli olan ifade edilmiş modeller (fiziksel modeller, analog modeller, planlar, matematiksel modeller, bilgisayar simülasyonları). Zihinsel modeller kişisel bilişsel temsillerdir ve bu bilişsel temsiller iletişim yoluyla dışa vurulduğunda, eğitimciler tarafından bazen model olarak adlandırılırlar (Greca & Moreira, 2000). Bunları kategorize etmek için onları farklı kılan şeylerin ne olduğuna bakılması gerekir. Bu nedenle kavramsal ve zihinsel modeller arasındaki fark net bir şekilde ifade edilmelidir. Kavramsal modeller, sistemlerin anlaşılmasına veya öğretilmesine yönelik araçlar olarak tasarlanmıştır. Buna ek olarak kavramsal modeller, kesin, eksiksiz ve bilginin anlaşılmasını veya öğretilmesini kolaylaştırmak için özel olarak oluşturulan ve paylaşılan bilimsel bilgiyle tutarlı, sosyal olarak yapılandırılmış dış temsillerdir (Greace & Moreira, 2000). Öte yandan zihinsel modeller, insanların gerçekte kafalarında olan ve onların eşyaları kullanmalarına rehberlik eden şeylerdir (Norman, 1983).

Modellerin fen eğitimindeki rollerini ve türlerini tanımlamak kolay değildir, çünkü modeller çok çeşitli ontolojik statülere sahip olabilmektedir (Gilbert, 2011). Bu durum, modellerin yalnızca tek bir biçimde ele alınmayacağını; bireysel düşünme süreçlerinden bilimsel toplulukların uzlaşılarına, eğitimsel amaçlardan tarihsel gelişimlere kadar farklı düzeylerde işlev gördüğünü göstermektedir. Bu çerçevede, fen eğitimi alan yazınında modeller;

bireysel, sosyal, bilimsel ve pedagojik bağlamlara göre çeşitli türlerde sınıflandırılmaktadır. Aşağıda, bu model türlerine ilişkin açıklamalara yer verilmiştir:

- *Zihinsel model*, bir bireyin tek başına ya da bir grup içinde oluşturduğu özel ve kişisel bir temsildir. Örneğin tüm kimya öğrencilerinin bir tür “atom”, tüm biyoloji öğrencilerinin bir “virüs”, tüm fizik öğrencilerinin bir “elektrik akımı” gibi zihinsel modeli olmalıdır. Doğası gereği, zihinsel bir model başkaları tarafından erişilemez.

- *İfade edilmiş model*, zihinde oluşturulan bir modelin, iletişim yoluyla dışa vurularak paylaşılabılır hale gelmiş versiyonudur.

- *Konsensüs model*, herhangi bir sosyal grup, örneğin bir okul sınıfının ortak ifade edilen bir model üzerinde anlaşmasına denir.

- *Bilimsel model*, bilim insanlarından özel bir grup uzlaşmış bir model üzerinde çalışınca meydana gelmektedir. Örneğin bir atomun Schrödinger modeli, yarı iletkenlerdeki bir p-n bağlantısı, AIDS virüsü.

- *Tarihsel model*, geçerliğini yitirmiş bir bilimsel model olarak adlandırılmaktadır. Örneğin Bohr atom modeli.

- *Müfredat modelleri*, bilimsel ve tarihsel modellerin basitleştirilmiş versiyonlarının öğrenmeye yardımcı olmak için üretilen modelleridir.

- *Öğretim modelleri*, müfredat modellerinin öğrenilmesini desteklemek için özel olarak geliştirilmiş modellerdir.

Modelleme

Modelleme bilimsel düşünmenin ve çalışmanın özüdür (Harrison & Treagust, 2000). Aynı zamanda bilimsel bilginin üretilmesi, değerlendirilmesi ve yayılmasında önemli bir süreçtir (Gilbert vd., 2000).

Modelleme, yeni nesil bilim standartlarındaki yedi bilim ve mühendislik uygulamasından biridir ve uluslararası fen eğitimi reformunun temel önceliğidir (Gilbert & Justi, 2016). Yeni nesil bilim standartları öğrencilerin fiziksel ve zihinsel modelleri tanımlamasını, karşılaştırmasını ve birbirinden ayırmasını önermektedir. Öğrencilerin ayrıca doğal ve tasarlanmış dünyada bir süreci, miktarı, göreceli ölçekleri veya kalıpları göstermek için bir model geliştirmeyi ve kullanmayı öğrenmesi gerekmektedir. Yeni nesil bilim standartlarına göre 3. ve 5. sınıf düzeylerinde bilimsel modelleme, öğrencilerin bir modeli geliştirmek, gözden geçirmek ve kullanmak için akranlarıyla birlikte çalıştıkları işbirlikçi bir uygulamanın geliştirilmesini önerir. Bu nedenle bilimsel modelleme uluslararası düzeyde de ilkökul sınıflarından itibaren temel bir öğretme ve öğrenme uygulamasıdır. Araştırmalar, modele dayalı öğretme ve öğrenmenin fizik, yaşam ve yer bilimleri için temel fen öğrenme ortamlarında etkili olabileceğini göstermiştir (Acher vd., 2007; Baumfalk

vd., 2019; Cisterna vd., 2013; Forbes vd., 2015; Louca & Zacharia, 2015; Manz, 2012; Schwarz vd., 2009).

Öğrencilerin modelleme yapmalarını sağlamanın fen eğitimi için birçok potansiyel faydası vardır. Model oluşturma ve modele dayalı akıl yürütme hem insan bilişinin hem de bilimsel sorgulamanın temel bileşenleridir. Bu nedenle öğrenciler, kendi içselleştirilmiş zihinsel modellerini temsil edebilecek dışsallaştırılmış bilimsel modeller oluşturma, test etme, gözden geçirme ve kullanma sürecine dâhil edilmelidir (Schwarz & White, 2003).

Pedagojik açıdan modelleme, fen kavramlarının yapılandırılması ve kullanılmasına yönelik içsel bir süreç hizmet ettiği için pek çok deneyimin harekete geçirilmesini sağlar (Lopes & Costa, 2007). Öğretmenlerin bilimsel olguları açıklamalarına ve öğrencilerin de bu olguları anlamalarına yardımcı olur (Treagust vd., 2002). Modelleme sınıflarındaki öğrenciler yaparak öğrenmeyi deneyimlerken, aynı zamanda doğal dünya hakkında öğrenmenin heyecanını yaşarlar ve bu da temsiller yoluyla anlam oluşturma ve temsiller inşa etme ile sonuçlanır. Chamizo (2013)'ya göre bu temsiller, modeller ve modelleme, tanımlanmış bir bağlamda onları tanımlayan kişi tarafından anlam kazanır. Bunlar çevrenin ya da bilinmeyenin anlamlandırılmasına yardımcı olur bu da temsilleri önemli ve değerli kılar. Lehrer ve Schauble (2010), model veya modelleme kullanmanın, görmenin özel koşullarını oluşturarak olgu veya nesnenin temel bileşenlerini vurgulamaya yardımcı olduğunu vurgulamaktadır. Bir başka deyişle, modeller ve modelleme bilimsel bilginin oluşturulmasına yardımcı olur. Örneğin, atomların öğretiminde ilk olarak atomların varlığına değil, maddenin makroskopik özelliklerini açıklamak için bir atom modelinin geçerliliğine odaklanılır (Albanese & Vicentini, 1997). Bu nedenle, modele dayalı fen öğretiminde modeller ve modelleme, bilginin üretilmesinde (gerekçelendirilmesinde ve oluşturulmasında) önemli rollere sahiptir (Tapio, 2007). Öğrenciler modelleme yetkinliğinin kazanılması da dâhil olmak üzere bilim insanları topluluğu ile tutarlı bir model anlayışına sahip olduklarında bilimin amaçları tatmin edici bir şekilde gerçekleştirilebilir. Sonuç olarak modelleme yetkinliğini uygulamak bilimsel okuryazarlığın önemli bir parçası olarak görülmektedir (Gilbert & Justi, 2016; Louca & Zacharia, 2015; Nicolaou & Constantinou, 2014).

Modellemeye Dayalı Öğretimin Fen Derslerinde Uygulanması

Modellemeye dayalı öğretim yaklaşımları, fen bilimleri eğitiminde kavramsal anlama, bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerini derinleştirmek amacıyla kritik bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, mevcut fen müfredatlarının önemli bir kısmının öğrencilere kendi modellerini üretme ve test etme fırsatlarını sınırlı düzeyde sunduğuna ilişkin bulgular mevcuttur (Justi, 2001; Justi & Gilbert, 2002). Bu durum, modellemeye dayalı öğrenme süreçlerinin öğretim ortamlarına daha bütüncül bir şekilde entegre edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Model kullanmayı öğrenme aşaması, öğrencilerin bir olgunun belirli yönlerini temsil eden modelleri tanımlarını ve bu modelleri farklı bağlamlarda uygulamalarını hedefler. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, öğrencilerin bilgi transferi ve kavramsal yapılandırma becerilerini geliştirmektedir. Örneğin, Arnold ve Millar (1996), ısı, sıcaklık ve termal denge kavramlarını öğretmek amacıyla çeşitli modellerin kullanıldığı bir öğretim süreci tasarlamış, öğrencilerin öğrendikleri modelleri farklı durumlara uyarlayarak bilimsel kavrayışlarını derinleştirmelerini sağlamıştır. Benzer şekilde Halloun (1996, 1998), öğrencilerin fizik problemlerini bilimsel modeller aracılığıyla çözme yetkinliklerini geliştiren uygulamalar gerçekleştirmiştir.

Model revizyonu öğrenme aşaması ise, öğrencilerin mevcut modeller üzerinde değişiklik yaparak bunları yeni bağlamlara adapte etmelerini ve modellerin açıklayıcılığını artırmalarını hedefler. Stewart ve diğerleri (1992) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, öğrenciler olguları gözlemleyerek oluşturdukları ilk modelleri, akran eleştirileri doğrultusunda revize etmiş ve daha geçerli açıklamalara ulaşmıştır. Frederiksen ve diğerleri (1999) ise öğrencilerin elektrik kavramlarına ilişkin bilişsel gelişimlerini desteklemek amacıyla bilgisayar destekli modelleme süreçleri tasarlamış ve daha yüksek düzeyde soyutlama ve kavramsal karmaşıklık içeren modellere geçişlerini sağlamıştır.

Bunun yanı sıra, modeli yeniden yapılandırma aşaması, öğrencilerin yalnızca var olan modelleri anlamakla kalmayıp, aynı zamanda eksik ya da parçalı bilgilerden yola çıkarak yeni modeller geliştirmelerini amaçlar. Barab ve diğerleri (2000)'nin çalışmasında, öğrenciler sanal gerçeklik tabanlı modelleme araçlarını kullanarak Güneş sistemi dinamiklerini yeniden yapılandırmış ve böylelikle bilimsel model üretim sürecine aktif bir biçimde katılmışlardır. Bu yaklaşım, düşünce deneyleri ve simülasyonlarla desteklenen sistematik bir öğrenme süreci içinde, öğrencilerin bilimsel modelleme yetkinliklerini ve kavramsal esnekliklerini artırmıştır.

Sonuç olarak, modellemeye dayalı öğretim uygulamaları, öğrencilerin bilgiye yalnızca tüketici olarak değil, üretici olarak da katılmalarını teşvik etmektedir. Bu süreç, bilgi yapılandırma, eleştirel değerlendirme ve yeni durumlara uyarlama becerilerini geliştirerek fen eğitiminde daha derin ve kalıcı öğrenme deneyimlerinin oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

Fen eğitimi literatüründe, soyut ve mikroskobik/makroskobik olguların anlaşılmasında modele dayalı öğretim yaklaşımları uzun yıllardır kritik bir rol oynamaktadır. Geçmişten günümüze uzanan süreç incelendiğinde, MDÖ uygulamalarının somut ve statik model kullanımlarından, zamanla bilgisayar destekli dinamik simülasyonlara, sorgulama temelli süreçlere ve son yıllarda yapay zekâ araçları, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik (VR) ile oyunlaştırma tabanlı dijital araçlara doğru evrildiği görülmektedir. Bu dönüşüm; öğrencilerin ve öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarını, bilimsel süreç

becerilerini ve uzamsal düşünme yeteneklerini geliştirmeyi odak noktasına almıştır.

Erken Dönem Uygulamaları ve Bilgisayar Destekli Modellemenin Doğuşu (2000-2009)

2000’li yılların başından itibaren modele dayalı öğretim (MDÖ) yaklaşımı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin eğitim ortamlarına giderek daha fazla entegre edilmesiyle birlikte yeni bir boyut kazanmış ve üç boyutlu (3B) dijital öğrenme ortamlarına taşınmaya başlamıştır. Bu dönüşüm, öğrencilerin yalnızca hazır modelleri inceleyen bireyler olmaktan çıkarak kendi modellerini oluşturan ve test eden aktif bilgi üreticilerine dönüşmelerine olanak sağlamıştır.

Bu dönemin öncü çalışmalarından biri olan Barab ve diğerleri (2000), “Sanal Güneş Sistemi Projesi” kapsamında üniversite düzeyindeki astronomi öğretiminde bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme araçlarından yararlanmıştır. Öğrencilerin kendi modellerini aktif olarak inşa ettiği öğretim sürecinde; tohum, temel, zenginleştirme ve öğrenci üretimi sorulardan oluşan dört aşamalı bir sorgulama dizisi izlenmiştir. Araştırma bulguları, üç boyutlu modellemenin kavramsal anlamayı derinleştiren ve modeller ile gerçeklik arasındaki ilişkilerin kurulmasını kolaylaştıran etkili bir araç olduğunu ortaya koymuştur.

Bilgisayar destekli yazılımların fen sınıflarında kullanılmaya başlanması, öğrencilerin statik görseller yerine dinamik süreç modelleriyle etkileşim kurabilmelerinin önünü açmıştır. Dönemin en etkili yazılımlarından biri olan *Model-It* aracılığıyla fen eğitiminde önemli bir dönüşüm gerçekleştiren Schwarz ve White (2005), öğrencilerin kuvvet ve hareket gibi fiziksel olguları anlamlandırmaları amacıyla bilgisayar tabanlı dinamik süreç modelleri geliştirmelerini sağlamıştır. Araştırmacılar, bilgisayar destekli modellemenin yalnızca bir ürün ortaya koyma süreci olmadığını, aynı zamanda öğrencilerin modellerin sınırlarını fark ettikleri epistemik ve üstbilişsel bir modelleme sürecini de içerdiğini vurgulamışlardır.

Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmalar da bilgisayar destekli modellemenin fen öğretimine katkılarını ortaya koymaktadır. Akpınar (2006), ilköğretim 6. sınıf fen bilgisi dersinde soyut kavramlar içeren “Durgun Elektrik” konusunun öğretimine yönelik olarak yapılandırmacı kurama dayalı etkileşimli bir eğitim yazılımı geliştirmiş ve bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin başarıları ile tutumları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçları, bilgisayar modellemeleri kullanan deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubuna göre fen kavramlarını daha doğru yapılandırdıklarını, akademik başarılarında ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığında anlamlı düzeyde daha yüksek gelişim gösterdiklerini ortaya koymuştur.

Benzer şekilde, Küçüközer ve arkadaşları (2009) tarafından yürütülen araştırmada, temel astronomi kavramlarının Tahmin Et-Gözle-Açıkla stratejisine dayalı üç boyutlu bilgisayar modellemeleri ve gözlemler aracılığıyla öğretilmesinin 6. sınıf öğrencilerinin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, üç boyutlu bilgisayar modellemeleriyle desteklenen öğretimin öğrencilerin astronomi konularına ilişkin kavramsal yanılgılarını gidermede, bilimsel kavramsal değişimi gerçekleştirmede ve kalıcı öğrenmeyi sağlamada anlamlı derecede etkili olduğunu göstermiştir.

Yapılandırmacı Entegrasyon ve Sorgulama Temelli Ortamlar (2010-2020)

2010'lu yıllarla birlikte MDÖ, sorgulama temelli öğrenme ve işbirlikli öğrenme modelleriyle daha sık harmanlanmaya başlamıştır. Bilal ve Erol (2012), yükseköğretim düzeyinde Genel Fizik II dersi elektrik konularında yürüttükleri yarı deneysel çalışmada, model tabanlı öğretimin geleneksel yöntemle kıyasla akademik başarı ve kavramsal anlama üzerinde belirgin bir üstünlüğü olduğunu raporlamıştır. MDÖ'nün sorgulama süreçleriyle doğrudan bütünleştirildiği bir diğer çalışmada Ogan-Bekiroğlu ve Arslan (2014), fizik öğretmen adaylarıyla "Model Tabanlı Sorgulama (MTS)" uygulamasının etkilerini ampirik olarak incelemiştir. Araştırma, MTS ortamında çalışan deney grubunun; değişkenleri tanımlama ve hipotez kurmanın yanı sıra, işlemsel tanımlar yapma, veri ve grafik yorumlama gibi üst düzey bilimsel süreç becerilerinde kontrol grubuna göre çok daha kapsamlı bir gelişim sergilediğini ortaya koymuştur.

2010'ların sonuna doğru, öğrencilerin zihinsel modellerinin değişim mekanizmalarına ve model dönüşüm süreçlerine olan ilgi artmıştır. Türk ve Kalkan (2018), 7. sınıf öğrencileriyle yürüttükleri nitel eylem araştırmasında, mevsimlerin oluşumu konusunu uygulamalı modeller (Dünya-Güneş, eksen eğimli ve yörünge eğimi modelleri) üzerinden işlemiştir. Çalışma, model dönüşüm sürecinin sadece yeni bilgi eklemekle değil, önceki zihinsel modellerin bilinçli bir şekilde sorgulanıp yeniden yapılandırılmasıyla gerçekleştiğini; bu sürecin öğrencilerin mekânsal düşünme ve nedensel ilişkilendirme becerilerini geliştirdiğini göstermiştir.

Aynı dönemde MDÖ'nün öğretmen görüşleri ve farklı öğretim modelleriyle uyumu da test edilmiştir. Yılmaz ve Ünal (2020), ortaokul düzeyinde "Dünya ve Evren" alanı için özgün bir Güneş, Dünya ve Ay modeli tasarlamış ve fen bilimleri öğretmenlerinin bu modele ilişkin olumlu görüşlerini betimsel olarak ortaya koymuştur. Zorlu ve Sezek (2020) ise, 6 ve 7. sınıf düzeyinde işbirlikli öğrenme modelleri (birlikte öğrenme ve grup araştırması) ile MDÖ'yü birlikte uygulamıştır. Yarı deneysel araştırma bulguları, MDÖ'nün işbirlikli öğrenme süreçlerine olumlu katkı sağladığını, öğrencilerin modül testlerinde ve bilimsel süreç becerilerinde daha yüksek başarı gösterdiklerini

ortaya koyarak, fen eğitiminde bu iki yaklaşımın bir arada kullanılmasını önermiştir.

Son Yıllardaki Güncel Yaklaşımlar, Dijitalleşme ve Yenilikçi Araçlar (2021-2026)

Son yıllarda fen eğitimi literatürü, MDÖ'nün akademik başarıya etkilerini teyit etmeye devam ederken, bir yandan da öğrencilerin epistemolojik algılarına, mevcut müfredatların yetersizliklerine ve özellikle sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR), yapay zekâ (AI) gibi güncel modelleme araçlarına odaklanmaktadır.

Lui ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada, lisans öğrencilerinin sanal gerçeklik (VR) simülasyonları aracılığıyla fen bilimlerinde model tabanlı akıl yürütme süreçleri incelenmiştir. Katılımcıların modelin en çok fonksiyonunu, ardından yapısını ve davranışını inceledikleri tespit edilen araştırmada; öğrencilerin model bileşenlerini plansız gözlem yaparak derinlemesine sorgulamalar yaptıkları ve durumlar arası karşılaştırmalarla modelin fonksiyonunu kavradıkları belirlenmiştir.

Sivri ve Eroğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, 6. sınıf fen bilgisi dersi sistemler ünitesinde modellemenin artırılmış gerçeklik teknikleri ile kullanımının öğrencilerin akademik başarısı, motivasyonu ve derse olan ilgi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Üç farklı grupta yürütülen yarı deneysel araştırma sonucunda, fen eğitiminde modelleme tekniği ve AR kullanımının, öğrencilerin fen dersine yönelik akademik başarılarını, motivasyonlarını ve ilgi düzeylerini istatistiksel olarak anlamlı derecede artırdığı tespit edilmiştir.

Baba, Zorlu ve Zorlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, 6. sınıf fen bilgisi dersi "Güneş Sistemi ve Tutulmalar" ünitesinde modelleme ve artırılmış gerçeklik tabanlı öğretimin öğrencilerin akademik başarısı, 21. yüzyıl becerileri ve AR uygulamalarına yönelik tutumları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yarı deneysel yöntemle yürütülen üç haftalık uygulama sonucunda, fen eğitiminde modelleme ve artırılmış gerçeklik kullanımının öğrencilerin öğrenmesini pozitif yönde etkileyerek başarılarını artırdığı, 21. yüzyıl becerilerini geliştirdiği ve AR uygulamalarına karşı olumlu bir tutum sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Teknolojik gelişmelerin astronomi eğitimine yansımaları da bu dönemde dikkat çekmektedir. Kim ve Yoon (2024), ilköğretim öğretmen adaylarının astronomi öğretiminde uzamsal düşünmeyi destekleyen VR materyalleri geliştirme süreçlerini (360° kameralar ve *Kuula* çevrimiçi sanal tur platformu kullanarak) incelemiştir. Çalışma, VR teknolojisinin astronomi gibi soyut ve devasa boyutlardaki konuların görselleştirilmesinde ve uzamsal düşünmenin desteklenmesinde son derece güçlü bir araç olduğunu kanıtlamıştır.

Kurniawan ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan sistematik literatür incelemesinde, artırılmış gerçekliğin (AR) fen eğitiminde, özellikle de fizik öğreniminde öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirmedeki potansiyeli incelenmiştir. Scopus veri tabanındaki 46 makalenin analizi sonucunda; AR entegrasyonunun öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini önemli ölçüde artırdığı, ayrıca buluş yoluyla öğrenme, probleme dayalı ve araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme modelleriyle birlikte kullanıldığında öğrenmeyi daha anlamlı kılarak öğrenci katılımını yükselttiği belirlenmiştir.

Eğitsel teknolojilerdeki yenilikler yalnızca dijital ortamlarla sınırlı kalmamış, oyun tabanlı modelleme uygulamaları da öğrenme süreçlerine entegre edilmiştir. Cheng ve Yeh (2025), ilkökul öğrencilerinin astronomi kavramlarını soyut bulmalarından kaynaklanan öğrenme güçlüklerini gidermek amacıyla “Solar System Traveler (SST)” adlı model tabanlı bir kutu oyunu geliştirmiştir. Karma yöntemle incelenen bu güncel araç; öğrencilerin gezegenlerin yapılarını tanımlama, karşılaştırma ve bütünleştirme düzeylerinde anlamlı gelişim sağlamış, öğrenme motivasyonlarını ve eğlenme düzeylerini artırmıştır.

Son yıllarda yapay zekâ teknolojilerinin modele dayalı öğretim süreçlerine entegrasyonu da dikkat çekici bir araştırma alanı hâline gelmiştir. Park ve Paik (2026) tarafından yapılan çalışmada, Kimya öğretmenlerinin metalik bağ konusundaki modelleme bilgilerini güçlendirmek amacıyla, model tabanlı öğrenme ile 5E öğrenme döngüsünü birleştiren yapay zekâ destekli bir öğretmen eğitim programı tasarlanmış ve uygulanmıştır. Süreçte öğretmenlerin metalik bağ modellerinin sınırlılıklarını fark ederek üretken yapay zekâ ile diyalojik etkileşimler yoluyla yeni eğitsel modeller geliştirmeleri sağlanmıştır. Araştırma sonucunda; fen eğitiminde yapay zekâ destekli bu modelleme yaklaşımının, öğretmenlerin modelleri sabit bir bilgi olarak görmek yerine esnek, sorgulayıcı ve revize edilebilir araçlar olarak anlamalarını sağladığı ve üst-modelleme bilgi düzeylerini nesnelci bir anlayıştan öznelci/gelişmiş bir anlayışa doğru anlamlı derecede dönüştürdüğü tespit edilmiştir.

Benzer şekilde Sotiropoulos (2026), lise ve üniversite başlangıç seviyesindeki öğrencilerin yapay zekâ araçları yardımıyla etkileşimli simülasyonlar oluşturmalarını sağlayan pedagojik bir çerçeve tanıtmıştır. Bu çerçeve, öğrencileri pasif alıcılar yerine aktif birer model oluşturucu olarak konumlandırarak fizik kavramlarını ezberlemek yerine derinlemesine öğrenmelerini amaçlamaktadır. Üç aşamadan oluşan bu pedagojik modelde öğrenciler kendi modellerini kurmakta, kavramsal çıkarımlarını teorik verilerle test etmekte ve öğretmen-AI rehberliğinde diyagramlar tasarlayarak hatalarını ayıklamaktadırlar. Yapılan örnek olay çalışması da öğrencilerin bu modelleme süreci sayesinde basit idealleştirilmiş problemlerden karmaşık fizik problemlerine başarıyla geçiş yapabildiklerini ortaya koymuştur.

Sonuç ve Sentez

Fen eğitiminde modele dayalı öğretim (MDÖ), 2000’li yıllardan itibaren yapılandırmacı öğrenme anlayışıyla birlikte gelişerek öğrencilerin pasif bilgi alıcısı olmaktan çıkıp model oluşturan ve test eden aktif öğrenenlere dönüşmesini sağlamıştır. Bu erken dönemde bilgisayar destekli modelleme ve 3B görselleştirme araçları, özellikle soyut kavramların öğretiminde kavramsal anlamayı destekleyen önemli bir yenilik olarak öne çıkmıştır (Barab vd., 2000; Schwarz & White, 2005). Türkiye’de yapılan çalışmalar da bu yaklaşımın akademik başarı ve kavramsal değişim üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymuştur (Akpınar, 2006; Küçüközer vd., 2009). 2010’lu yıllarda MDÖ, sorgulama temelli ve işbirlikli öğrenme yaklaşımlarıyla bütünleşerek modelleme sürecini bir bilimsel düşünme aracı hâline getirmiştir. Bu dönemde öğrencilerin hipotez kurma, veri analizi ve model revizyonu gibi üst düzey becerilerinin geliştiği görülmüştür (Bilal & Erol, 2012; Ogan-Bekiroğlu & Arslan, 2014). Ayrıca model dönüşüm süreçlerinin kavramsal değişimi desteklediği vurgulanmıştır (Türk & Kalkan, 2018; Zorlu & Sezek, 2020). 2020’li yıllarda ise MDÖ, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve yapay zekâ (AI) gibi dijital teknolojilerle daha etkileşimli ve deneyimsel bir yapıya dönüşmüştür. Bu teknolojiler öğrencilerin modelleme süreçlerine daha aktif katılımını sağlayarak öğrenmeyi derinleştirmiştir (Lui vd., 2021; Park & Paik, 2026; Sivri & Eroğlu, 2022).

Genel olarak değerlendirildiğinde, fen eğitiminde modele dayalı öğretim yaklaşımının teknolojiyle birlikte evrilmesine rağmen temel felsefesini koruduğu söylenebilir. Bu yaklaşım, öğrencilerin bilimsel bilgiye ilişkin daha derin bir anlayış geliştirmelerini, kavramsal yanılgılarını gidermelerini, bilimsel süreç becerilerini güçlendirmelerini ve bilim insanlarının bilgi üretim süreçlerine benzer deneyimler yaşamalarını sağlamaktadır. Günümüzde ise yapay zekâ, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik gibi yenilikçi araçların entegrasyonu ile modele dayalı öğretim, öğrencileri yalnızca model kullanan bireyler değil, aynı zamanda modelleri eleştirel biçimde değerlendiren, dönüştüren ve yeniden üreten aktif bilgi üreticileri olarak yetiştirmeyi amaçlayan bütüncül bir öğrenme yaklaşımına dönüşmüştür.

KAYNAKÇA

- Acher, A., Arcà, M., & Puig, N. S. (2007). Modelling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, 91(3), 398–418. <https://doi.org/10.1002/sce.20196>.
- Albanese, A., & Vicentini, M. (1997) Why do we believe that an atom is colourless? Reflections about the teaching of the particle model. *Science and Education*, 6(3), 251- 261. <https://doi.org/10.1023/A:1017933500475>.
- Akpınar, E. (2006). *Fen öğretiminde soyut kavramların yapılandırılmasında bilgisayar desteği: Yaşamımızı yönlendiren elektrik ünitesi* [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Arnold, M., & Millar, R. (1996). Learning the scientific ‘story’: A case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education*, 80(3), 249–281. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199606\)80:3%3C249::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199606)80:3%3C249::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-E).
- Baba, A., Zorlu, Y., & Zorlu, F. (2022). Investigation of the effectiveness of augmented reality and modelling based teaching in “solar system and eclipses” unit. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 9(2), 283-298. <https://doi.org/10.33200/ijcer.1040095>.
- Barab, S.A., Hay, K.E., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual solar system project: Building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719–756. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200009\)37:7%3C719::AID-TEA6%3E3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200009)37:7%3C719::AID-TEA6%3E3.0.CO;2-V).
- Baumfalk, B., Bhattacharya, D., Vo, T., Forbes, C. T., Zangori, L., & Schwarz, C. (2019). Impact of model-based curriculum and instruction on 3rd-grade students’ scientific explanations for the hydrosphere. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), 570–597. <https://doi.org/10.1002/tea.21514>.
- Bilal, E., & Erol, M. (2012). Effect of teaching via modeling on achievement and conceptual understanding concerning electricity. *Journal of Baltic Science Education*, 11(3), 236-247. <http://oaji.net/articles/2014/987-1419168282.pdf>.
- Chamizo, J. A. (2013) A new definition of models and modeling in chemistry’s teaching. *Science & Education*, 22:1613-1632. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9407-7>
- Cheng, P. H., & Yeh, T. K. (2025). The solar system traveler: A model-based board game to advance primary student interest, knowledge, and learning in astronomy. *Research in Science Education*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10296-4>.
- Cisterna, D., Williams, M., & Merritt, J. (2013). Students’ understanding of cells and heredity: Patterns of understanding in the context of a curriculum implementation in fifth and seventh grades. *The American Biology Teacher*, 75(3), 178–184. <https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.3.6>

- Forbes, C. T., Vo, T., Zangori, L., & Schwarz, C. (2015). Supporting students' scientific modeling when learning about the water cycle. *Science and Children*, 53(2), 42–49. https://doi.org/10.2505/4/sc15_053_02_42.
- Frederiksen, J. R., White, B. Y., & Gutwill, J. (1999). Dynamic mental models in learning science: The importance of constructing derivational links among models. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 806–836. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7%3C806::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7%3C806::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-2).
- Gilbert J. K., & Boulter C. J. (1998), Learning science through models and modeling. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*, (pp. 53-66), Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, S. W. (2011). *Model Based Science Teaching*. NSTA Press.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Vol. 9). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3>.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/095006900289976>.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106–121. <https://doi.org/10.1002/sce.10013>.
- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019–1041. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199611\)33:9%3C1019::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:9%3C1019::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-I).
- Halloun, I. (1998). Schematic concepts for schematic models of the real world: The Newtonian concept of force. *Science Education*, 82(2), 241–263. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199804\)82:2%3C239::AID-SCE7%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199804)82:2%3C239::AID-SCE7%3E3.0.CO;2-F).
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>.
- Henze, I., & van Driel, J. H. (2011). Science teachers' knowledge about learning and teaching models and modelling in public understanding of science. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *Models and modelling: Cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 239–261). Springer.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>.
- Ingham, A.M. & Gilbert, J.K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026. <https://doi.org/10.1080/0950069910130206>.
- Justi, R. (2001). *Teachers' views about models and modelling in science education*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in

Science Teaching (NARST), St. Louis, MO.

- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>.
- Kim, J. U., & Yoon, H. G. (2024). Exploring pre-service elementary teachers' technological pedagogical content knowledge in developing and using virtual reality materials reflecting spatial thinking in astronomy class. *Journal of Science Education and Technology*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10157-1>.
- Kurniawan, A., Jumadi, J., Kuswanto, H., & Syar, N. I. (2024). The 21st century education: A systematic literature review of transforming learning methods to foster critical thinking skills through augmented reality in science learning. *Jurnal Eduscience*, 11(3), 601-622.
- Küçüközer, H., Korkusuz, M. E., Küçüközer, H. A., & Yürümezoğlu, K. (2009). The effect of 3D computer modeling and observation-based instruction on the conceptual change regarding basic concepts of astronomy in elementary school students. *Astronomy Education Review*, 8(1), 010104.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2010). What kind of explanation is a model? In M. Stein & L. Kucan (Eds.), *Instructional explanations in the disciplines* (pp. 27–46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0594-9_2.
- Lui, M., Chong, K. A., Mullally, M., & McEwen, R. (2021). Model-Based Reasoning with Immersive VR Simulations: Patterns of Use Grounded in Time and 3D Space. In de Vries, E., Hod, Y., & Ahn, J. (Eds.), *Proceedings of the 15th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2021*. (pp. 402-409). Bochum, Germany: International Society of the Learning Sciences.
- Lopes, J. B., & Costa, N. (2007). The evaluation of modelling competences: Difficulties and potentials for the learning of the sciences. *International Journal of Science Education*, 29(7), 811-851. <https://doi.org/10.1080/09500690600855385>.
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2015). Examining learning through modeling in K–6 science education. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 192–215. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9533-5>.
- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modelling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96(6), 1071–1105. <https://doi.org/10.1002/sce.21030>.
- Morgan, M. S., & Morrison, M. (Eds.). (1999). *Models as mediators: Perspectives on natural and social science* (No. 52). Cambridge University Press.
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press. <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>.
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13:52-73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001>.

- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7-14). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Ogan-Bekiroglu, F., & Arslan, A. (2014). Examination of the effects of model-based inquiry on students' outcomes: Scientific process skills and conceptual knowledge. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 141, 1187 – 1191. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.202>.
- Park, J., & Paik, S. H. (2026). An AI-supported modeling approach for teaching metal bonding: design and implementation of a teacher education program integrating model-based learning and the 5E learning cycle. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/D6RP00139D>
- Passmore, C., Gouvea, J. S., & Giere, R. (2014). Models in science and in learning science: Focusing scientific practice on sense-making. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1171–1202). Springer.
- Schwarz, C., & White, B. (2003). Developing a model-centered approach to science education. https://msu.edu/~cschwarz/C&I_Schwarz_White_final.pdf.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). *Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of the nature of models*. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205. https://doi.org/10.1207/s1532690xc2302_1
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modelling: Making scientific modelling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>.
- Sivri, Ş. N., & Eroğlu, E. (2022). The impact of using model and augmented reality technology on students' science achievement, motivation, and interest levels. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 9(3), 633-648. <https://doi.org/10.33200/ijcer.1123204>
- Sotiropoulos, D. (2026). Student-Created Generative Artificial Intelligence (GenAI) Physics Simulations: A Build, Refine and Learn (BRaL) Framework for Conceptual Understanding. In *Harnessing Generative Artificial Intelligence for Science Education* (pp. 33-68). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2913-0.ch002>
- Stewart, J., Hafner, R., Johnson, S., & Finkel, E. (1992). Science as model building: Computers and high-school genetics. *Educational Psychologist*, 27(3), 317–336. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2703_4
- Tapio, I. K. (2007). Models and modeling in physics education: A critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science & Education*, 16:751-773. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9000-7>.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368. <https://doi.org/10.1080/09500690110066485>.

- Türk, C., & Kalkan, H. (2018). Teaching seasons with hands-on models: model transformation. *Research in Science & Technological Education*, 36(3), 324-352. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1401532>.
- Werner, S., Förtsch, C., Boone, W., Von Kotzebue, L., & Neuhaus, B. J. (2019). Investigating how German biology teachers use three-dimensional physical models in classroom instruction: a video study. *Research in Science Education*, 49(2), 437-463. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9624-4>.
- Yılmaz, Ü. R., & Ünal, C. (2020). Ortaokul düzeyinde Güneş, Dünya ve Ay modelinin geliştirilmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(2), 806-819. <https://dx.doi.org/10.17240/aibuefd.2020..-527615>.
- Zorlu, Y., & Sezek, F. (2020). An investigation of the effect of students' academic achievement and science process skills application together with cooperative learning model and the modeling based teaching method in teaching science courses. *International Journal of Progressive Education*, 16(4), 135-157.



BİLİMSEL BİLGİNİN YAPISI, GELİŞİMİ, DEĞERLENDİRİLMESİ VE FEN EĞİTİMİNDEKİ ROLÜ

Nurcan KELEŞ¹

¹ Dr. Öğretim Üyesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dicle Üniversitesi

1. Giriş

Bilimi bir bilgi üretme süreci olarak anlamak gerekmektedir. Bilim, doğal dünyayı anlamaya yönelik en önemli insan etkinliklerinden biridir. İnsanların çevrelerinde meydana gelen olayları açıklama, gözlemledikleri durumlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkarma ve güvenilir bilgiler oluşturma çabası bilimsel araştırmaların temelini oluşturmaktadır. Bilim yalnızca belirli gerçeklerin veya bilgilerin bir araya gelmesinden oluşan durağan bir yapı değildir; aynı zamanda soruların oluşturulduğu, problemlerin tanımlandığı, kanıtların değerlendirildiği, açıklamaların geliştirildiği ve mevcut bilgilerin gerektiğinde yeniden gözden geçirildiği dinamik bir bilgi üretme sürecidir (Chalmers, 1999; Lederman & Lederman, 2019).

Bilimin nasıl işlediğine ilişkin geleneksel yaklaşımlar uzun süre bilimsel etkinliği belirli aşamalardan oluşan doğrusal bir süreç olarak açıklamıştır. Bu anlayışta bilim; gözlem yapma, problem belirleme, hipotez oluşturma, deney gerçekleştirme ve sonuçlara ulaşma gibi aşamalarla tanımlanmıştır. Ancak çağdaş bilim anlayışı, bilimsel araştırmaların her zaman aynı sırayı izleyen tek bir yöntemle yürütülmediğini ortaya koymaktadır. Bilim insanları araştırma sorusunun niteliğine, incelenen olgunun özelliklerine, kullanılan kanıt türlerine ve mevcut teknolojik olanaklara bağlı olarak farklı yöntemlerden yararlanabilmektedir (Gauch, 2003; National Research Council [NRC], 2012).

Bilimsel bilginin oluşumu yalnızca gözlem ve deney sonuçlarının elde edilmesiyle açıklanamaz. Bilim insanları elde edilen kanıtları belirli kuramsal çerçeveler doğrultusunda yorumlar, modeller geliştirir ve alternatif açıklamalar arasında değerlendirme yaparlar. Bu nedenle bilimsel bilgi, yalnızca doğrudan gözlenen gerçeklerin bir toplamı değil; aynı zamanda insan akıl yürütmesi, yaratıcılık, eleştirel değerlendirme ve bilim topluluklarının ortak çalışmaları sonucunda gelişen bir yapıdır (Matthews, 2015; Erduran & Dagher, 2014).

Bilimsel araştırmalarda elde edilen sonuçlar kesin ve değişmez doğrular olarak görülmez. Aksine bilimsel açıklamalar yeni kanıtlarla sınanabilir, geliştirilebilir veya bazı durumlarda yeniden yapılandırılabilir. Bu durum bilimin güvenilirliğini azaltan bir özellik değil, bilimin kendini yenileyebilmesini sağlayan temel mekanizmalardan biridir (Popper, 1963; Kuhn, 1996).

Bilimi anlamak bu nedenle yalnızca bilimsel ürünleri, yani teori, yasa ve modelleri öğrenmek anlamına gelmez. Aynı zamanda bilimsel bilginin hangi süreçlerden geçtiğini, hangi ölçütlerle değerlendirildiğini ve bilim insanlarının nasıl düşündüğünü anlamayı gerektirir (Abd-El-Khalick, 2005). Bu yaklaşım bilimsel okuryazarlığın temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bilimsel okuryazar bireyler yalnızca bilimsel sonuçları takip eden kişiler değil; aynı zamanda bilimsel iddiaları kanıt temelinde değerlendirebilen, bilimsel açıklamalar ile bilimsel görünüm taşıyan ancak yeterli kanıta dayanmayan iddiaları ayırt edebilen bireylerdir (Allchin, 2017; Osborne, 2014).

Özellikle günümüzde sağlık, çevre, teknoloji ve toplumla ilişkili konularda çok sayıda bilgi kaynağı bulunmaktadır. Bu bilgi yoğunluğu içerisinde bireylerin yalnızca bilgiye ulaşması yeterli değildir; bilginin nasıl üretildiğini, hangi kanıtlara dayandığını ve ne ölçüde güvenilir olduğunu değerlendirebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bilimsel düşünme süreçlerini anlamak, çağdaş bilim eğitiminin ve bilimsel okuryazarlığın temel amaçlarından biri hâline gelmiştir (NRC, 2012).

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, bilimsel bilginin nasıl oluşturulduğunu, hangi özelliklere sahip olduğunu ve bilimsel süreçler içerisinde nasıl gelişip değerlendirildiğini açıklamaktır. Bu kapsamda bilimsel bilginin değişebilir yapısı, kanıta dayalı gelişimi, bilimsel açıklamaların değerlendirilmesi ve bilimsel düşünme süreçleri ele alınarak bilimin dinamik yapısının anlaşılması amaçlanmaktadır.

Ayrıca bu bölümde, bilimsel ve bilimsel olmayan açıklamalar arasındaki farkların ortaya konulması ve bilimsel okuryazarlığın temel unsurları üzerinden bireylerin bilimsel iddiaları değerlendirme becerilerinin geliştirilmesine yönelik çıkarımlar sunulmaktadır. Fen eğitimi bağlamında ise öğrencilerin bilimi yalnızca bilgi edinme süreci olarak değil, kanıt kullanma, sorgulama ve açıklama geliştirme süreci olarak anlamalarına katkı sağlayacak yaklaşımlar tartışılmaktadır.

2. Bilimsel Bilginin Özellikleri ve Değişen Yapısı

Bilimsel bilgi, kesin ve değişmez gerçekler bütünü olarak değil; yeni kanıtlar, teknolojik gelişmeler ve farklı açıklama modelleri doğrultusunda sürekli değerlendirilen ve geliştirilen dinamik bir yapı olarak kabul edilmektedir. Bilimsel bilginin değişebilir olması, bilimin güvenilir olmadığı anlamına gelmez. Aksine bilimsel açıklamaların yeni kanıtlar karşısında yeniden incelenebilmesi, bilimin en önemli özelliklerinden biri olan kendini düzeltme mekanizmasını göstermektedir (Popper, 1963; Lederman et al., 2002).

Bilim tarihi incelendiğinde bilimsel bilginin gelişiminin çoğu zaman mevcut açıklamaların yeniden değerlendirilmesiyle gerçekleştiği görülmektedir. Bilim insanları yalnızca yeni bilgiler eklemekle kalmaz; aynı zamanda daha önce kabul edilen açıklamaların sınırlarını belirler, yetersiz kaldığı durumları inceler ve daha kapsamlı teorik modeller geliştirmeye çalışırlar (Kuhn, 1996; Matthews, 2015). Bu nedenle bilimsel ilerleme, basit bir şekilde yanlış bilgilerin doğru bilgilerle değiştirilmesi olarak açıklanamaz. Bilimsel değişim; kanıtların yorumlanmasını, kavramların yeniden yapılandırılmasını ve bilim toplulukları içinde yürütülen tartışmaları içeren karmaşık bir süreçtir (Erduran & Dagher, 2014).

Bilimsel bilginin temel özelliklerinden biri ampirik temele dayanmasıdır. Bilim insanları doğal dünyaya ilişkin açıklamalar geliştirirken gözlemlerden,

deneylerden, ölçümlerden ve çeşitli veri kaynaklarından yararlanırlar. Ancak bilimsel bilgi yalnızca gözlenen olayların doğrudan bir aktarımı değildir. Elde edilen kanıtların anlamlandırılması, belirli teorik çerçeveler ve bilimsel modeller aracılığıyla gerçekleşir. Bu nedenle bilimsel bilgi aynı zamanda yorumlama ve akıl yürütme süreçlerini de içerir (Abd-El-Khalick, 2005; Schwartz et al., 2004).

Bilimsel bilginin bir diğer önemli özelliği ise eleştiriye açık olmasıdır. Bilimsel açıklamalar, bilim toplulukları tarafından sürekli olarak incelenir, tartışılır ve farklı araştırmalar aracılığıyla sınanır. Hakem değerlendirmesi, tekrar çalışmaları ve farklı araştırmacıların elde ettiği sonuçların karşılaştırılması, bilimsel açıklamaların güvenilirliğini artıran süreçlerdir (NRC, 2012; Lederman & Lederman, 2019).

Bilimin değişen yapısını anlamak için teorilerin bilimsel bilgi içindeki rolünü de dikkate almak gerekir. Bilimsel teoriler yalnızca tahminler yapan basit açıklamalar değildir; geniş kapsamlı gözlemleri, deneysel sonuçları ve ilişkileri açıklayan sistemlerdir. Teorilerin zaman içinde geliştirilmesi veya değiştirilmesi, bilimsel sürecin doğal bir parçasıdır. Örneğin fizik, biyoloji ve astronomi alanlarında birçok bilimsel açıklama yeni kanıtlar ve daha gelişmiş araştırma yöntemleri sonucunda yeniden düzenlenmiştir (Chalmers, 1999; Matthews, 2015).

Bununla birlikte bilimsel bilginin değişebilir olması, bilimsel açıklamaların kişisel görüşlere dayandığı anlamına gelmez. Bilimsel bilgiler bireysel inançlardan bağımsız olarak belirli kanıt standartlarına, mantıksal değerlendirmelere ve bilimsel toplulukların ortak inceleme süreçlerine dayanır (McComas, 2020). Bilimsel bilginin gücü, değişmez olmasından değil; yeni kanıtlar karşısında kendini geliştirebilme kapasitesinden kaynaklanmaktadır.

Bu nedenle bilim eğitiminin amaçlarından biri öğrencilerin yalnızca güncel bilimsel bilgileri öğrenmesini sağlamak değil, bilimsel bilginin nasıl oluştuğunu ve neden değişebildiğini anlamalarını desteklemektir. Bilimsel bilginin geçici, kanıta dayalı ve geliştirilebilir yapısını kavrayan bireyler, bilimi daha gerçekçi bir biçimde değerlendirebilir ve bilimsel süreçlere daha bilinçli katılım sağlayabilirler (Lederman & Lederman, 2019).

3. Bilimsel Araştırma Süreci: Geleneksel Bilimsel Yöntemin Ötesinde Bilim Anlayışı

Bilimsel araştırma süreci uzun süre belirli ve değişmez aşamalardan oluşan doğrusal bir yöntem olarak açıklanmıştır. Bu geleneksel anlayışta bilim insanların gözlem yaparak bir problem belirlediği, hipotez geliştirdiği, deneyler gerçekleştirdiği ve elde edilen sonuçlardan genel açıklamalara ulaştığı düşünülmüştür. Böyle bir yaklaşım bilimsel çalışmanın sistematik yönünü vurgulamakla birlikte, bilimsel araştırmaların gerçek doğasını tam olarak yan-

sıtmamaktadır (McComas, 1996; Chalmers, 1999).

Çağdaş bilim anlayışına göre bilimsel araştırmalar tek bir yöntem dizisine indirgenemez. Bilim insanları araştırma probleminin özelliklerine göre farklı yöntemlerden, veri kaynaklarından ve açıklama biçimlerinden yararlanabilirler. Bazı araştırmalar kontrollü deneylere dayanırken, bazıları uzun süreli gözlemler, matematiksel modeller, karşılaştırmalı analizler veya teknolojik araçlarla elde edilen verilere dayanabilir (Gauch, 2003; NRC, 2012). Bu nedenle bilimsel yöntemin temel özelliği belirli aşamaları takip etmekten çok, güvenilir kanıtlar elde etmek, bu kanıtları değerlendirmek ve doğal dünyaya ilişkin açıklamalar geliştirmektir.

Bilimsel keşifler çoğu zaman yalnızca gözlem sonuçlarının toplanmasıyla gerçekleşmez. Bilim insanları mevcut bilgileri kullanarak sorular oluşturur, olası açıklamalar geliştirir ve elde edilen bulguları daha geniş kuramsal çerçeveler içinde yorumlarlar. Bu süreçte yaratıcılık ve bilimsel hayal gücü önemli bir role sahiptir. Örneğin bilim tarihindeki önemli gelişmeler yalnızca yeni verilerin elde edilmesiyle değil, bu verilerin farklı biçimlerde açıklanması ve yeni modeller oluşturulmasıyla ortaya çıkmıştır (Matthews, 2015).

Bilimsel modeller bu süreçte önemli araçlardan biridir. Modeller, doğrudan gözlenemeyen süreçleri açıklamak, karmaşık olayları anlamlandırmak ve gelecekteki durumlara ilişkin tahminler yapmak amacıyla kullanılır. Bir modelin bilimsel değeri, gerçeğin birebir kopyası olmasından değil; gözlemleri açıklama, yeni araştırmalara rehberlik etme ve test edilebilir sonuçlar üretme kapasitesinden kaynaklanır (Erduran & Dagher, 2014).

Bilimsel araştırmalar aynı zamanda bilim topluluklarının ortak çalışmalarını içerir. Bilim insanları geliştirdikleri açıklamaları diğer araştırmacıların değerlendirmesine sunar, eleştiriler doğrultusunda çalışmalarını yeniden düzenler ve daha güçlü açıklamalar oluşturmaya çalışırlar. Bu nedenle bilimsel bilginin güvenilirliği yalnızca bireysel araştırmacıların çalışmalarına değil, bilimsel toplulukların tartışma, değerlendirme ve doğrulama süreçlerine de bağlıdır (Schwartz et al., 2004).

Bilimsel araştırma sürecinin önemli bir özelliği de belirsizliklerle birlikte ilerlemesidir. Bilim insanları her zaman başlangıçta kesin sonuçlara sahip değildir; araştırma süreci boyunca yeni kanıtlar ortaya çıkabilir ve başlangıçtaki açıklamalar değişebilir. Bu durum bilimsel çalışmanın başarısızlığı değil, bilimsel bilginin gelişmesine olanak sağlayan temel bir özelliktir (Lederman & Lederman, 2019).

Dolayısıyla bilimsel yöntemi anlamak, yalnızca belirli basamakları ezberlemek yerine bilim insanlarının nasıl soru sorduğunu, kanıtları nasıl değerlendirdiğini ve açıklamalarını nasıl geliştirdiğini anlamayı gerektirir. Bilimin gerçek yapısını kavrayan bireyler, bilimi yalnızca sonuçlardan oluşan bir alan

olarak değil; sürekli araştırma, sorgulama ve açıklama geliştirme süreci olarak değerlendirilebilirler (Osborne, 2014).

4. Bilimsel Değişimi Açıklayan Yaklaşımlar: Yanlışlanabilirlik, Paradigmalar ve Kavramsal Değişim

Bilimsel bilginin gelişimi, bilim tarihinin ve bilim felsefesinin temel tartışma alanlarından biridir. Bilimsel açıklamaların nasıl ortaya çıktığı, hangi ölçütlerle değerlendirildiği ve zaman içerisinde nasıl değiştiği soruları, bilimin doğasını anlamada önemli bir yere sahiptir. Bilimsel ilerleme yalnızca yeni bilgilerin birikmesiyle gerçekleşen doğrusal bir süreç değildir. Bazen mevcut açıklamalar yeni kanıtları açıklamakta yetersiz kalabilir ve bu durum bilimsel kavramların, teorilerin veya araştırma yaklaşımlarının yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir (Kuhn, 1996; Matthews, 2015).

Bilimsel değişimi açıklamak amacıyla farklı bilim felsefecileri çeşitli yaklaşımlar geliştirmiştir. Bu yaklaşımlar arasında Karl Popper'ın yanlışlanabilirlik yaklaşımı, Thomas Kuhn'un paradigma değişimi görüşü ve kavramsal değişim yaklaşımı bilimsel bilginin gelişimini anlamada önemli katkılar sağlamıştır. Her yaklaşım bilimin nasıl ilerlediğine farklı bir bakış açısı sunmaktadır.

4.1. Popper'ın Yanlışlanabilirlik Yaklaşımı: Eleştirel Test Yoluyla Bilimsel Gelişim

Karl Popper (1963), bilimsel bilginin doğrulanma yoluyla kesinleştiği görüşünü eleştirmiştir. Ona göre bilimsel teoriler ne kadar çok gözlem veya deney tarafından desteklenirse desteklensin, kesin olarak doğrulanamaz. Çünkü gelecekte elde edilecek yeni kanıtlar mevcut bir teorinin sınırlarını gösterebilir. Bu nedenle bilimsel bilginin temel özelliği kesin doğrulanabilirlik değil, yanlışlanabilirliktir (falsification theory'sine dayalı olarak).

Yanlışlanabilirlik yaklaşımına göre bilimsel bir teori, hangi koşullarda yanlış kabul edilebileceğini ortaya koyabilecek biçimde test edilebilir olmalıdır. Başka bir ifadeyle bilimsel açıklamalar yalnızca teoriyi destekleyen kanıtlar aramakla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda açıklamanın geçerliliğini sınayabilecek durumlarla karşılaştırılmalıdır (Popper, 1963).

Popper'ın yaklaşımında bilimsel gelişim, problem belirleme, açıklama geliştirme, bu açıklamaları eleştirel testlerden geçirme ve sonuçlara göre teorileri geliştirme süreci olarak görülmektedir. Bilim insanları teorilerini yalnızca doğrulamaya çalışmaz; aynı zamanda teorilerin hangi koşullarda başarısız olabileceğini araştırırlar. Böylece bilimsel bilgi daha güçlü ve kapsamlı açıklamalara doğru ilerler (Chalmers, 1999).

Bununla birlikte bilimsel değişimi yalnızca teorilerin yanlışlanmasıyla açıklamak yeterli değildir. Bilim tarihinde araştırmacıların mevcut teorileri hemen terk etmediği, bazen teorilerle birlikte kullanılan yöntemleri, ölçümleri

ve yardımcı varsayımları yeniden değerlendirdiği görülmektedir. Bu durum bilimsel değişimin daha karmaşık bir süreç olduğunu göstermektedir (Kuhn, 1996).

4.2. Kuhn'un Paradigma Yaklaşımı ve Bilimsel Devrimler

Thomas Kuhn (1996), bilimsel gelişimi yalnızca bireysel teorilerin test edilmesiyle açıklamak yerine bilim topluluklarının ortak kabul ettiği düşünce sistemlerine odaklanmıştır. Kuhn'a göre bilimsel çalışmalar belirli dönemlerde bir paradigma içerisinde yürütülür. Paradigma; bilim insanlarının kabul ettiği teorileri, araştırma yöntemlerini, problemlerin nasıl ele alınacağını ve bilimsel açıklamaların nasıl değerlendirileceğini belirleyen kapsamlı bir çerçevedir.

Bilimsel araştırmaların büyük bölümü "normal bilim" döneminde gerçekleşir. Bu dönemde bilim insanları mevcut paradigma içerisinde çalışmalar yaparak açıklamaları geliştirmeye, yeni bilgiler üretmeye ve mevcut problemlere çözüm bulmaya çalışırlar (Kuhn, 1996). Ancak zaman içerisinde bazı olaylar veya bulgular mevcut paradigma ile açıklanamaz hâle gelebilir. Bu açıklanamayan durumlar "anomali" olarak adlandırılır.

Anomalilerin artması bilimsel bir krize yol açabilir. Kriz dönemlerinde bilim insanları mevcut açıklamaları sorgulamaya başlar ve alternatif açıklamalar geliştirilir. Eğer yeni açıklama daha kapsamlı ve güçlü bir yapı sunarsa paradigma değişimi gerçekleşebilir. Bu süreç, yalnızca yeni bir teorinin kabul edilmesi değil; aynı zamanda bilim insanlarının dünyayı açıklama biçimlerinin değişmesi anlamına gelir (Kuhn, 1996).

Bilim tarihindeki önemli değişimler bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Örneğin evrenin merkezine ilişkin dünya merkezli anlayıştan güneş merkezli anlayışa geçiş yalnızca yeni gözlemlerin elde edilmesiyle gerçekleşmemiş; bilim insanlarının evrene ilişkin temel düşünme biçimlerinin değişmesini gerektirmiştir (Matthews, 2015).

Kuhn'un yaklaşımı bilimin yalnızca bireysel bilim insanlarının çalışmalarından oluşmadığını, aynı zamanda bilimsel toplulukların sosyal ve tarihsel bağlamlarından etkilenen bir etkinlik olduğunu göstermesi açısından önemlidir (Erduran & Dagher, 2014).

4.3. Bilimde Kavramsal Değişim

Bilimsel değişim yalnızca bilim insanlarının geliştirdiği teorilerde değil, bireylerin bilimsel kavramları öğrenme süreçlerinde de görülmektedir. Kavramsal değişim, mevcut düşünme biçimlerinin yeni bilgiler ve kanıtlar doğrultusunda yeniden yapılandırılması sürecini ifade eder (Posner et al., 1982).

Posner ve arkadaşlarına (1982) göre kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için bireyin mevcut açıklamasından memnun olmaması ve yeni açıklamanın anlaşılır, mantıklı ve kullanışlı olduğunu düşünmesi gerekir. Bu yak-

laşım başlangıçta öğrencilerin bilimsel kavramları öğrenmesini açıklamak amacıyla geliştirilmiş olsa da bilimsel teorilerin gelişim süreçleriyle benzer özellikler taşımaktadır.

Bilim tarihinde birçok bilimsel açıklama benzer bir değişim sürecinden geçmiştir. Örneğin hastalıkların nedenlerine ilişkin açıklamalar zaman içinde değişmiş; mikrop teorisinin gelişmesiyle hastalıkların biyolojik nedenlerine ilişkin daha güçlü açıklamalar geliştirilmiştir (Matthews, 2015).

Fen eğitimi açısından kavramsal değişim yaklaşımı, öğrencilerin bilimsel bilgileri öğrenirken sahip oldukları ön bilgilerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Öğrenciler günlük deneyimleri sonucunda geliştirdikleri bazı açıklamaları bilimsel kanıtlarla karşılaştırarak yeniden yapılandırabilirler (Abd-El-Khalick, 2005).

Sonuç olarak yanlışılanabilirlik (falsification), paradigma değişimi ve kavramsal değişim yaklaşımları bilimin doğrusal ve değişmez bir süreç olmadığını göstermektedir. Bilimsel bilgi; eleştiri, kanıt değerlendirme, yaratıcılık ve açıklamaların sürekli geliştirilmesi yoluyla ilerleyen dinamik bir yapıya sahiptir.

5. Bilim, Sözdebilim ve Bilimsel Bilginin Sınırları

Bilimsel bilginin nasıl üretildiğini anlamanın önemli boyutlarından biri, bilimsel açıklamalar ile bilimsel görünüm taşımasına rağmen bilimsel ölçütleri karşılamayan iddiaları ayırt edebilmektir. Bilim felsefesinde bu konu “bilimin sınırlandırılması problemi” olarak ele alınmaktadır. Bu problem, bilimsel bilgi ile bilim dışı veya sözdebilimsel yaklaşımların hangi özellikler temelinde birbirinden ayrılabilceği sorusuna odaklanmaktadır (Popper, 1963; Hansson, 2021).

Bilim ve sözdebilim arasındaki ayrım her zaman basit ve kesin sınırlarla açıklanamaz. Tarih boyunca bazı araştırma alanları zaman içerisinde bilimsel kabul görmüş, bazı iddialar ise bilimsel yöntemlerle yeterince desteklenmediği için bilimsel alanın dışında değerlendirilmiştir. Bu nedenle temel soru yalnızca bir iddianın doğru veya yanlış olup olmadığı değil; bu iddianın nasıl oluşturulduğu, hangi kanıtlara dayandığı ve nasıl değerlendirildiğidir (Thagard, 1978).

Bilimsel açıklamaları diğer bilgi türlerinden ayıran temel özelliklerden biri, bu açıklamaların deneysel ve gözlemsel kanıtlara dayanmasıdır. Bilimsel iddialar doğal dünyaya ilişkin açıklamalar sunarken sistematik araştırma süreçlerinden geçer. Bu açıklamalar test edilebilir olmalı, elde edilen yeni kanıtlar doğrultusunda değerlendirilmeli ve gerektiğinde değiştirilebilmelidir (Hansson, 2021).

Bilimsel bilginin güvenilirliği yalnızca bilim insanlarının hata yapmamasıyla açıklanamaz. Bilimin güvenilirliği; eleştirel değerlendirme, farklı araştırmacıların incelemeleri, tekrar çalışmaları ve bilim toplulukları içerisinde

yürütülen tartışmalar yoluyla sağlanır. Bir bilimsel açıklama, yalnızca bir araştırmacının görüşü olduğu için değil; çeşitli kanıtlar ve değerlendirme süreçleri sonucunda desteklendiği için bilimsel kabul edilir (NRC, 2012; Lederman & Lederman, 2019).

Sözdebilimsel yaklaşımlar ise çoğu zaman bilimsel kavramları veya bilimsel terminolojiyi kullanmasına rağmen bilimsel araştırmanın temel özelliklerini yeterince taşımaz. Bu tür iddialarda destekleyici örneklerin seçilmesi, çelişkili kanıtların göz ardı edilmesi, test edilemeyen açıklamalar kullanılması veya eleştirilere karşı açıklamaları geliştirmek yerine savunmaya yönelme gibi durumlar görülebilir (Thagard, 1978).

Bununla birlikte bilimsel bilginin zaman içerisinde değişmesi ile sözdebilimsel iddiaların değişime direnç göstermesi birbirinden farklıdır. Bilimsel teoriler yeni kanıtlarla geliştirilebilir veya yeniden düzenlenebilir. Ancak bu değişim, bilimsel sürecin zayıflığı değil; bilimsel bilginin kanıta dayalı olarak kendini geliştirebilme özelliğinin bir sonucudur (Kuhn, 1996).

5.1. Bilimsel ve Bilimsel Olmayan Açıklamalar Arasındaki Farklar

Bilimsel açıklamalar bazı temel özellikleri taşır. Öncelikle bilimsel bir açıklama, incelenen olguya ilişkin açık ve mantıklı bir mekanizma sunmaya çalışır. Ayrıca bu açıklamanın hangi koşullarda desteklenebileceği veya yeniden değerlendirilmesi gerektiği belirlenebilir olmalıdır (Popper, 1963).

Bilimsel açıklamaların temel özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Kanıta dayanma: Bilimsel açıklamalar deneysel ve gözlemsel kanıtlarla desteklenir.
- Test edilebilirlik: Bilimsel iddialar araştırmalar yoluyla sınanabilir.
- Eleştiriye açıklık: Bilimsel açıklamalar farklı araştırmacıların değerlendirmesine açıktır.
- Değişebilirlik: Yeni kanıtlar ortaya çıktığında açıklamalar geliştirilebilir.
- Tutarlılık: Bilimsel bilgiler mevcut bilimsel açıklamalarla ilişkilendirilir (Hansson, 2021).

Bu özellikler bilimi diğer bilgi biçimlerinden ayıran temel ölçütlerdir. Ancak bilimsel olmanın yalnızca karmaşık kavramlar kullanmak veya bilimsel terimlere yer vermek anlamına gelmediği unutulmamalıdır. Bir açıklamanın bilimsel kabul edilmesi için bilimsel araştırma süreçleri içinde değerlendirilebilir olması gerekir.

5.2. Astroloji ve Astronomi Örneği

Bilim ve sözdebilim ayrımını açıklamak için astroloji ve astronomi karşılaştırması kullanılabilir. Astronomi, yıldızlar, gezegenler, galaksiler ve evre-

nin yapısını inceleyen bilimsel bir alandır. Astronomik araştırmalar gözlemler, matematiksel modeller ve teorik açıklamalar yoluyla yürütülür. Astronomide geliştirilen modeller yeni gözlemlerle sınanabilir ve gerektiğinde yeniden düzelenebilir (Carroll & Ostlie, 2017).

Astroloji ise gök cisimlerinin konumları ile insanların kişilik özellikleri veya yaşam olayları arasında ilişkiler kurmaya çalışan tarihsel bir uygulamadır. Ancak modern bilimsel değerlendirmeler açısından astrolojik açıklamalar, bu ilişkileri açıklayacak güvenilir mekanizmalar ve test edilebilir kanıtlar sunma konusunda sınırlılıklar taşımaktadır (Dean & Kelly, 2003).

Popper'ın yanlışlanabilirlik yaklaşımı açısından değerlendirildiğinde, bilimsel bir açıklamanın hangi koşullarda yanlışlanabileceğinin açık olması gerekir. Ancak astrolojik yorumlar çoğu zaman çok geniş ve esnek ifadeler içerdiği için farklı sonuçlar aynı açıklama içerisinde değerlendirilebilmektedir. Bu durum, iddiaların bilimsel olarak sınanmasını zorlaştırmaktadır (Thagard, 1978).

Bu örnek, bilimsel ve bilimsel olmayan açıklamalar arasındaki farkın yalnızca kullanılan kavramlarla değil, açıklamaların nasıl oluşturulduğu ve nasıl değerlendirildiğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

5.3. Bilimsel Kanıtların Değerlendirilmesi

Bilimsel düşünme, yalnızca bilimsel bilgileri öğrenmek değil; aynı zamanda bu bilgilerin güvenilirliğini değerlendirebilmeyi gerektirir. Günümüzde sağlık, çevre ve teknoloji alanlarında birçok iddia bilimsel bir görünüm taşıyabilmektedir. Bu nedenle bireylerin bir açıklamayı değerlendirirken “Bu iddia hangi kanıtlara dayanıyor?”, “Nasıl test edilmiştir?” ve “Farklı araştırmalar benzer sonuçlara ulaşmış mıdır?” gibi soruları sorabilmesi önemlidir (Allchin, 2017).

Örneğin sağlık alanındaki bir uygulamanın etkili olduğunu ileri sürmek için yalnızca bireysel deneyimler veya kişisel gözlemler yeterli değildir. Bilimsel değerlendirme için kontrollü araştırmalar, farklı örneklemeler ve bağımsız çalışmalarla elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerekir (Götzsche, 2013).

Bu nedenle bilim ve sözdebilim ayrımı, yalnızca bilim felsefesine ilişkin teorik bir konu değildir. Aynı zamanda bireylerin günlük yaşamlarında karşılaştıkları bilgileri değerlendirebilmeleri ve bilinçli kararlar verebilmeleri açısından temel bir beceridir.

6. Bilimsel Okuryazarlık ve Eleştirel Düşünmenin Önemi

Günümüz bilgi toplumunda bireyler bilimsel içerikli çok sayıda bilgiyle karşılaşmaktadır. Sağlık, çevre, teknoloji, iklim değişikliği ve toplumla ilişkili konularda ortaya çıkan farklı iddialar, bireylerin bilimsel bilgiyi yalnızca öğrenmesini değil; aynı zamanda bu bilgilerin güvenilirliğini değerlendirebil-

mesini de gerekli hâle getirmiştir. Bu nedenle bilimsel okuryazarlık, yalnızca bilimsel kavram ve ilkeleri bilme becerisi olarak değil, bilimsel bilginin nasıl oluşturulduğunu, nasıl değerlendirildiğini ve hangi sınırlar içinde kullanılabilirliğini anlayabilme kapasitesi olarak ele alınmaktadır (Osborne, 2014).

Bilimsel okuryazarlığın temel boyutlarından biri, bilimsel iddiaları kanıt temelinde değerlendirebilmektir. Bireylerin bir bilginin doğru olup olmadığını değerlendirirken yalnızca bilginin içeriğine değil, bu bilginin hangi süreçlerden geçerek oluşturulduğuna da dikkat etmesi gerekir. Bilimsel düşünme; kanıtları inceleme, farklı açıklamaları karşılaştırma, neden-sonuç ilişkilerini sorgulama ve açıklamaların güçlü ve sınırlı yönlerini değerlendirme süreçlerini içerir (Allchin, 2017).

Bilimsel düşünmenin önemli özelliklerinden biri, bireylerin yalnızca kendi görüşlerini destekleyen kanıtlara odaklanmaması, aynı zamanda mevcut açıklamalarla çelişebilecek kanıtları da değerlendirebilmesidir. Bilimsel araştırmalarda bilim insanları geliştirdikleri açıklamaları güçlendirmeye çalışırken aynı zamanda bu açıklamaların sınırlarını ve geçerlilik koşullarını da araştırırlar. Bu eleştirel yaklaşım, bilimsel bilginin daha güvenilir hâle gelmesine katkı sağlar (Popper, 1963).

Günlük yaşamda bireyler çoğu zaman kişisel deneyimlerinden, sezgilerinden veya çevrelerinden edindikleri bilgilerden hareketle karar verebilirler. Ancak bilimsel yaklaşım, kişisel deneyimlerin ötesinde sistematik kanıtların değerlendirilmesini gerektirir. Örneğin bir sağlık uygulamasının etkili olduğu iddiası yalnızca bazı bireylerin olumlu deneyimlerine dayanarak kabul edilemez. Bilimsel değerlendirme için kontrollü çalışmalar, farklı araştırmalar ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerekir (Göttsche, 2013).

Bu bağlamda bilimsel okuryazarlık, bireylerin yalnızca bilimsel bilgileri anlamalarını değil, bilimsel bilginin nasıl üretildiğini kavramalarını da içerir. Bilimin deneysel ve gözlemsel kanıtlara dayalı, eleştiriye açık ve değişebilir bir süreç olduğunu anlayan bireyler, bilimsel iddiaları daha bilinçli değerlendirebilirler (Lederman & Lederman, 2019).

6.1. Fen Eğitimi Açısından Bilimsel Düşünmenin Rolü

Bilimsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi fen eğitiminin temel amaçlarından biridir. Fen eğitimi yalnızca öğrencilerin bilimsel kavramları öğrenmesini sağlamaya yönelik değildir; aynı zamanda öğrencilerin bilimsel bilginin nasıl oluşturulduğunu, nasıl test edildiğini ve nasıl değiştiğini anlamalarını amaçlamaktadır (NRC, 2012).

Öğrenciler günlük yaşamlarında bilimsel kavramlara benzeyen birçok bilgiyle karşılaşmaktadır. Özellikle internet, sosyal medya ve popüler kaynaklar aracılığıyla yayılan bazı açıklamalar bilimsel ifadeler içerebilmekte ancak bilimsel araştırmanın gerektirdiği kanıt standartlarını karşılamayabilmektedir.

Bu nedenle öğrencilerin bilgi kaynaklarını sorgulayabilmesi ve bilimsel açıklamalar ile bilimsel görünüm taşıyan iddiaları ayırt edebilmesi önemlidir (Al-lchin, 2017).

Fen öğretiminde öğrencilerin aşağıdaki soruları sorabilmesi bilimsel düşünmenin geliştiğini gösteren önemli göstergeler arasında yer almaktadır:

- Bu açıklama hangi kanıtlara dayanmaktadır?
- Bu iddia nasıl test edilmiştir?
- Farklı araştırmacılar benzer sonuçlara ulaşmış mıdır?
- Açıklama yeni kanıtlar karşısında değişebilir mi?
- Bu bilgi bilim topluluğu tarafından nasıl değerlendirilmiştir?

Bu tür sorgulamalar öğrencilerin bilimi yalnızca sonuçlardan oluşan bir alan olarak değil; araştırma, kanıt değerlendirme ve açıklama geliştirme süreci olarak görmelerini sağlar ve böylece Bilimin Doğasını (the nature of science) anlamalarını sağlar.(Schwartz et al., 2004).

Bilimin öğrenilmesi aynı zamanda öğrencilerin bilimsel bilginin doğasına ilişkin daha gerçekçi anlayış geliştirmelerine katkı sağlar. Bilimsel teorilerin zaman içinde değişebileceğini, ancak bu değişimin rastlantısal değil kanıtlara dayalı bir süreç olduğunu anlayan öğrenciler, bilime yönelik daha bilinçli ve dengeli bir bakış açısı geliştirebilirler (Abd-El-Khalick, 2005).

7. Sonuç ve Öneriler

Bilim, yalnızca deney sonuçlarının veya bilimsel gerçeklerin bir araya geldiği durağan bir bilgi alanı değildir. Bilim; deneysel ve gözlemsel kanıtlar, teorik açıklamalar, modeller, eleştirel değerlendirme ve bilim topluluklarının etkileşimiyle gelişen karmaşık bir insan etkinliğidir.

Bilimsel bilginin temel özellikleri; kanıta dayanması, test edilebilir olması, eleştiriye açık olması ve yeni kanıtlar doğrultusunda geliştirilebilir olmasıdır. Bilimsel açıklamalar zaman içerisinde değişebilir; ancak bu değişim bilimin güvenilirliğini azaltmaz. Aksine bilimin kendini yenileyebilme ve daha güçlü açıklamalar oluşturabilme kapasitesini gösterir (Kuhn, 1996; Popper, 1963).

Bilimsel değişim; yanlışlanabilirlik yaklaşımında olduğu gibi eleştirel testlerle, paradigma yaklaşımında olduğu gibi daha kapsamlı düşünsel dönüşümlerle ve kavramsal değişim yaklaşımında olduğu gibi mevcut açıklamaların yeniden yapılandırılmasıyla gerçekleşmektedir. Bu süreçler bilimin doğrusal ve mekanik bir etkinlik olmadığını ortaya koymaktadır (Erduran & Dagher, 2014).

Bunun yanında bilim ve sözcükbilim arasındaki ayrımı yapabilmek, günümüz bilgi toplumunda önemli bir beceri hâline gelmiştir. Bireylerin bilimsel

iddiaları değerlendirebilmesi, kanıtları sorgulayabilmesi ve açıklamaların güvenilirliğini analiz edebilmesi bilimsel okuryazarlığın temel göstergelerinden-
dir (Osborne, 2014).

Sonuç olarak bilim eğitiminin temel amacı yalnızca bilimsel bilgiyi aktarmak değil; kanıtları değerlendirebilen, bilimsel düşünme süreçlerini kullanabilen ve bilgiye eleştirel yaklaşabilen bireyler yetiştirmektir. Bilimi bu yönüyle anlamak, bireylerin hem bilimsel gelişmeleri daha doğru değerlendirmelerine hem de bilimle ilişkili toplumsal konularda daha bilinçli kararlar almalarına katkı sağlamaktadır.

Fen eğitimi açısından bilimsel bilginin yapısını, gelişimini ve değerlendirilme süreçlerini anlamak; öğrencilerin bilimi yalnızca hazır bilgiler bütünü olarak değil, kanıta dayalı araştırma ve açıklama geliştirme süreci olarak görmelerini sağlamaktadır. Bu nedenle fen öğretiminde bilimsel kavramların aktarılmasının yanında, öğrencilerin bilim insanlarının nasıl soru oluşturduğu, kanıtları nasıl değerlendirdiği ve bilimsel açıklamaların nasıl değişebildiği konusunda farkındalık geliştirmelerine yönelik etkinliklere yer verilmelidir (Lederman & Lederman, 2019).

Ayrıca öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları bilimsel görünümlü iddiaları değerlendirebilmeleri için eleştirel düşünme, kanıt kullanma ve bilimsel tartışma becerileri desteklenmelidir. Fen derslerinde araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme, modelleme ve gerçek yaşam problemleri üzerinden yürütülen etkinlikler kullanılarak öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerine aktif katılımı sağlanabilir (NRC, 2012; Osborne, 2014).

KAYNAKÇA

- Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15–42.
- Allchin, D. (2017). *Demystifying science: Reclaiming science for sustainable development*. Cham, Switzerland: Springer.
- Carroll, B. W., & Ostlie, D. A. (2017). *An introduction to modern astrophysics* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd ed.). Indianapolis, IN: Hackett Publishing Company.
- Dean, G., & Kelly, I. W. (2003). Is astrology relevant to consciousness and psi? *Journal of Consciousness Studies*, 10, 175–198.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Gauch, H. G. (2003). *Scientific method in practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Götzsche, P. C. (2013). *Deadly medicines and organized crime: How big pharma has corrupted healthcare*. London, UK: Radcliffe Publishing.
- Hansson, S. O. (2021). Science and pseudoscience. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Stanford, CA: Stanford University.
- Kuhn, T. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3rd ed.). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II). New York, NY: Routledge.
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science*. New York, NY: Routledge.
- McComas, W. F. (1996). Ten myths of science: Reexamining what we think about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10–16.
- McComas, W. F. (2020). *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies*. Cham, Switzerland: Springer.

- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. London, UK: Routledge.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in authentic contexts: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645.
- Thagard, P. (1978). Why astrology is a pseudoscience. *Proceedings of the Philosophy of Science Association*, 223–234.