

21. YÜZYILDA FEN VE MATEMATİK EĞİTİMİNE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR: KURAMDAN UYGULAMAYA

Editör
Prof. Dr. Mustafa YAĞCI



Dr. Öğr. Üyesi Ömer YILAYAZ
Arş. Gör. Dr. Şeyma AKSAKAL TAŞKIRAN
Dr. Atiye AYYILDIZ ALTINBAŞ
Dr. Mehmet Ali PINAR

ISBN 978-625-5923-87-5
Ankara -2025

**21. YÜZYILDA FEN VE MATEMATİK
EĞİTİMİNE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR:
KURAMDAN UYGULAMAYA**

EDİTÖR

Prof. Dr. Mustafa YAĞCI
ORCID ID: 0000-0003-2911-3909

YAZARLAR

Dr. Öğr. Üyesi Ömer YILAYAZ¹

Arş. Gör. Dr. Şeyma AKSAKAL TAŞKIRAN²

Dr. Atiye AYYILDIZ ALTINBAŞ³

Dr. Mehmet Ali PINAR⁴

¹Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi
Bölümü, Elazığ, Türkiye
oyilayaz@firat.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-1600-6987

²Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi
Bölümü, Elazığ, Türkiye
s.aksakal@firat.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-8452-3690

³Milli Eğitim Bakanlığı, Konya, Türkiye, Matematik Eğitimi,
atiyea42@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-7411-9838

⁴Milli Eğitim Bakanlığı, Mersin, Türkiye
malipinar82@hotmail.com
ORCID ID: 0000-0002-7209-1998

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16876723>



Copyright © 2025 by UBAK publishing house

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by

any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. UBAK International Academy of Sciences Association Publishing House®

(The Licence Number of Pubicator: 2018/42945)

E mail: ubakyayinevi@gmail.com

www.ubakyayinevi.org

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

UBAK Publishing House – 2025©

ISBN: 978-625-5923-87-5

August / 2025

Ankara / Turkey

ÖNSÖZ

21. yüzyılın eğitim anlayışı, yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı olmayan, öğrencilerin anlam inşa etmesine, sorgulamasına, üretmesine ve toplumsal sorunlara duyarlılık geliştirmesine zemin hazırlayan bir dönüşümden geçmektedir. Bu dönüşüm, özellikle fen ve matematik eğitiminde daha derin, kapsayıcı ve eleştirel bir yaklaşımı gerekli kılmaktadır. Elinizdeki kitap, bu ihtiyaca yanıt vermek üzere üç güçlü bölümle şekillenen, özgün ve çok yönlü bir katkı sunmaktadır.

İlk bölümde, sorgulayıcı öğretim anlayışı fen eğitiminin temel taşı olarak ele alınmakta; yapılandırılmış, rehberlikli ve açık uçlu sorgulama türleri ayrıntılı biçimde tanımlanmakta, öğrenme çıktılarındaki etkileri hem teorik hem de uygulamalı örneklerle desteklenmektedir. Sorgulamaya dayalı öğretimin öğretmen yeterliklerinden değerlendirme araçlarına kadar uzanan kapsamlı bir analizini sunan bu bölüm, günümüz eğitiminde yapılandırmacı öğrenme anlayışına dayalı yeni bir paradigma önerisidir.

İkinci bölüm, fen bilimlerinden farklı olarak lineer cebir gibi soyut bir alanda yaşanan öğrenme zorluklarını odağına almakta ve bu zorlukların üstesinden gelmek için geliştirilen probleme dayalı ve senaryo temelli öğretim yaklaşımlarını örnek olaylarla aktarmaktadır. Vektör uzayı, lineer bağımlılık ve germe gibi temel kavramların kavramsal ilişkilendirilmesi, öğrencilerin derin öğrenmesini ve kalıcı kavram gelişimini destekleyecek biçimde modellenmiştir.

Üçüncü ve son bölüm ise fen eğitiminde giderek artan önemiyle dikkat çeken sosyobilimsel konular (SBK) çerçevesinde; genetiği değiştirilmiş organizmalar, yapay zekâ, iklim değişikliği, tamamlayıcı tıp gibi bilim-toplum ilişkisini merkezine alan güncel konuların öğretimde nasıl kullanılabileceğini kapsamlı bir biçimde irdelemektedir. Bu bölüm, öğrencilerin bilimsel okuryazarlık, etik muhakeme ve toplumsal farkındalık gibi üst düzey becerilerle donatılması gerektiğine vurgu yaparak eğitimin toplumsal işlevini yeniden tanımlamaktadır.

Bu kitap, kuramsal çerçeveleri uygulamaya taşıyan, disiplinler arası geçişleri cesaretlendiren ve öğretme-öğrenme süreçlerine yeni yollar açan kapsamlı bir kaynak olarak tasarlanmıştır. Araştırmacılar, öğretmenler, öğretmen adayları ve eğitim politikası geliştiricileri için değerli bir başvuru niteliği taşımaktadır.

Fen ve matematik eğitimine ilgi duyan tüm okurlarımıza, bu kitabın ufuk açıcı katkılar sunmasını temenni eder; bölümleri büyük bir titizlikle hazırlayan değerli yazarlarımıza teşekkür ederim.

15/08/2025

Prof. Dr. Mustafa YAĞCI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ 4

BÖLÜM 1

FEN EĞİTİMİNDE SORGULAYICI ÖĞRETİMİ.....(8-32)

Şeyma AKSAKAL TAŞKIRAN

Ömer YILAYAZ

BÖLÜM 2

LİNEER CEBİR DERSİNİN TEMEL KAVRAMLARININ
ÖĞRENİMİNE VE ÖĞRETİMİNE İLİŞKİN ZORLUKLAR VE
ZORLUKLARIN GİDERİLMESİNE YÖNELİK
ETKİNLİKLER.....(33-52)

Atiye AYYILDIZ ALTINBAŞ

BÖLÜM 3

FEN EĞİTİMİNDE DİSİPLİNLERARASI BİR YAKLAŞIM:
SOSYOBİLİMSEL KONULAR.....(53-80)

Mehmet Ali PINAR

BÖLÜM 1

FEN EĞİTİMİNDE SORGULAYICI ÖĞRETİM

Arş. Gör. Dr. Şeyma AKSAKAL TAŞKIRAN

Dr. Öğr. Üyesi Ömer YILAYAZ

GİRİŞ

Günümüzde, hem dünyada hem de ülkemizdeki eğitim-öğretim ortamlarında geleneksel yaklaşımlardan uzaklaşma süreci hızla devam etmektedir. Geçmişte öğretmen, bilgiyi aktaran tek otorite olarak sınıfın merkezinde yer alırken; öğrenciler çoğunlukla pasif bir şekilde bilgiyi dinleyen, ezberleyen ve uygulayan konumda bulunmaktaydı. Ancak çağdaş eğitim anlayışıyla birlikte bu durum değişmeye başlamış, öğrenciyi merkeze alan, öğretmeni ise öğrenme sürecinde rehber, kolaylaştırıcı ve yönlendirici bir pozisyonda konumlandıran yeni öğretim uygulamaları yaygınlık kazanmıştır. Bu modern yaklaşımlar, yalnızca öğrenciyi merkeze almakla sınırlı kalmayıp hem öğrencinin hem de öğretmenin bilgiye aktif olarak ulaşmasını, bilgiyi sorgulamasını ve yapılandırarak kalıcı öğrenmeye dönüştürmesini hedeflemektedir (Aksakal, 2020).

İçinde bulunduğumuz Bilim ve Teknoloji Çağı'nda, insan beyninin işleyişine dair araştırmaların artması, öğrenme süreçlerinin nasıl işlediğine ilişkin bilinmeyenlerin giderek aydınlatılması ve insan davranışlarının altında yatan nedenlerin daha iyi anlaşılması, eğitim yaklaşımlarında köklü değişimlere yol açmaktadır (Şen & Erişen,

2002). Bu gelişmeler, bireylerin yalnızca bilgiye ulaşan değil, aynı zamanda bilgiyi üreten, yorumlayan ve etkili biçimde kullanabilen aktif bireyler olarak yetişmesini gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla, küresel ölçekte rekabet edebilen, yenilikçi düşünebilen ve sürdürülebilir çözümler üretebilen nesiller yetiştirmek, her toplum için öncelikli bir hedef hâline gelmiştir. Bu bağlamda, öğrencilerin fen bilimleri eğitimiyle erken yaşlardan itibaren donatılması, yalnızca akademik başarı açısından değil; aynı zamanda bilimsel okuryazarlık, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve yaşam boyu öğrenme becerilerinin gelişimi açısından da büyük önem taşımaktadır (Arslan, 2005).

1. Fen Eğitimi

Fen, sadece doğada gerçekleşen olayları ve olguları tanımlamakla kalmaz; aynı zamanda bireylerin sorgulama yapmalarını, mantıklı düşüncelerini ve deneysel verilere dayalı çıkarımlarda bulunmalarını da teşvik eder. Bilimsel süreçler; hipotez oluşturma, gözlem yapma, hipotezi test etme, bilgiye ulaşma ve elde edilen bilgileri analiz ederek yorumlama gibi aşamaları içerir. Bu yönüyle fen, doğal dünyayı sistematik ve düzenli biçimde inceleyen bir süreçtir ve bu süreç sonucunda elde edilen bilgiler, bütüncül bir yapı oluşturur (MEB, 2008).

Günümüzde fen öğretiminde yapılandırmacı yaklaşım, STEM eğitimi, sorgulayıcı öğrenme ve dijital araçların entegrasyonu gibi eğilimler öne çıkmaktadır (Bybee, 2013; Lederman & Lederman, 2023). Özellikle fen okuryazarlığını artırmaya yönelik öğretim stratejileri, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirerek onları bilgiye ulaşan ve bilgiyi kullanan bireyler haline getirmeyi

amaçlamaktadır (OECD, 2023). Ayrıca, kapsayıcı ve adil fen eğitimi anlayışıyla farklı öğrenme ihtiyaçlarına sahip öğrenciler için evrensel tasarım ilkeleri daha fazla önem kazanmaktadır (Tan & Barton, 2022).

2. Sorgulayıcı Öğretim

Ulusal Fen Eğitimi Standartları'nın yazarlarına göre sorgulama temelli yaklaşımlar üç ana başlıkta sınıflandırılmaktadır: sorgulayarak öğrenme, bilimsel sorgulama ve sorgulayıcı öğretimdir (Anderson, 2002).

Sorgulayıcı öğretim, öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerini aktif biçimde kullanmalarını sağlayan ve öğrenmeyi keşfetmeye dayalı bir yaklaşımdır. Bu yöntem, öğrencilere soru sorma, araştırma yapma, kanıt toplama ve sonuç çıkarma gibi beceriler kazandırmayı amaçlar (Pedaste vd, 2015). Sorgulamaya dayalı öğretim yaklaşımında bireyler, çevrelerinde gerçekleşen olayları araştırabilir, bu olaylara ilişkin açıklamalarda bulunabilir, çeşitli düşünceler ileri sürebilir ve öne sürdükleri bu düşünceleri kanıtlara dayandırarak savunabilirler (Hofstein & Lunetta, 2004).

Sorgulayıcı öğretim sürecinde bireyler, sorular yönelterek, gözlemler yaparak ve mevcut bilgi kaynaklarını inceleyerek araştırmalarını planlarlar; ardından deneysel veriler aracılığıyla önceden bilinen bilgileri yeniden değerlendirir, veri toplar, bu verileri analiz eder ve yorumlarlar. Bu süreçte çeşitli araç ve gereçlerden de yararlanırlar (Chang & Mao, 1999; NRC, 1996).

Ayrıca sorgulayıcı eğitim bazı temellere ve yaklaşımlara dayanmaktadır; Sokrates'e göre öğretmenin asıl görevi, öğrencilerin öğrenme sürecine yalnızca alışılmış bir rutin olarak değil, konuyu

derinlemesine anlayıp kavrayarak katılım göstermelerini sağlamaktır. Yani öğretme-öğrenme süreci, yalnızca karşılıklı bir bilgi alışverişi değil; aynı zamanda öğretmenin, öğrenciyi belirlenen hedeflere ulaşmaya yönlendirdiği bir etkileşim sürecidir (Babadoğan & Gürkan, 2002).

Aktif öğrenme ve sorgulayıcı düşünme süreci, bireyin bir nesne ile ilgili bilgi edinmeye yönelik merakıyla başlar. Tanımadığımız bir nesneyle karşılaştığımızda, onun ne olduğu, nasıl yapıldığı, hangi amaçla kullanıldığı gibi sorular aklımıza gelir. Bu sorulara yanıt aramak için nesneyi incelemeye, test etmeye ve benzerleriyle karşılaştırarak hakkında bilgi toplamaya çalışırız. Bazen de nesneyle ilgili yeni varsayımlar geliştiririz. Gözlem yapmak, deneyler gerçekleştirmek ve sonuçlar çıkarmak gibi bu süreçlerin tamamı sorgulama sürecinin bir parçasıdır. Bu tür etkinliklerin nihai amacı ise, zihnimizde oluşan bilgileri anlamlandırmak ve onları belirli bir yapıya oturtmaktır (Davis, 2005).

Sorgulayıcı öğretim, yapılandırmacı (constructivist) öğrenme kuramına dayanmaktadır; bu kurama göre öğrenme, öğrencinin bilgiyi kendi deneyimleri ve önceki bilgileriyle aktif olarak inşa etmesiyle gerçekleşir. Bu yaklaşımda öğrenci pasif bilgi alıcısı değil, bilgiyi yapılandıran aktiftir (Fosnot, 2013; Duschl & Bybee, 2014).

Sorgulayıcı öğretim 3 aşamada değerlendirilebilir. Bunlar; yapılandırılmış, rehberlikle ve açık uçlu sorgulayıcı öğretimidir.

2.1. Yapılandırılmış Sorgulayıcı Öğretim (Guided Inquiry)

Bu düzeyde öğretmen, öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif olmasını sağlamakla birlikte, süreci büyük ölçüde kontrol eder. Öğrenciler problem sorar, ancak hipotez oluşturma ve deney tasarlama gibi aşamalarda öğretmenin rehberliğine ihtiyaç duyarlar. Yapılandırılmış sorgulayıcı öğretimin özellikleri şunlardır;

- Öğrenciler sorular üretir.
- Öğretmen deneyin nasıl yapılacağı konusunda yönlendirir.
- Veri toplama ve analiz süreçlerinde destek verilir.
- Öğrenme hedefleri önceden belirlenmiştir.

Örnek: Öğrencilere bir deney problemi verilir, hipotezleri birlikte oluşturulur ve deney adımları öğretmen tarafından sunulur.

Avantajları: Öğrenciler sorgulama becerilerini geliştirirken hata yapma riski minimize edilir (Hmelo-Silver, vd. 2007).

Öğrenciler öğretmenin uyarılarını dikkate alarak yaptıkları uygulamada bir sonuca varmaya çalışırlar (Erdoğan, 2005). Bu öğrenme yaklaşımı, öğrencilerde üst düzey becerilerin gelişmesinde önemli rol oynar. Böylelikle yaşam boyu öğrenen bireyler yetişir (Tatar, 2006).

2.2. Rehberlikli Sorgulayıcı Öğretim

Rehberlikli sorgulayıcı araştırma yaklaşımında öğretmen, çeşitli roller üstlenir. Öncelikle çalışmanın başlangıcında süreci yönlendirecek tanıtıcı sorular hazırlar. Ardından, öğrencilerin keşif yapmalarını sağlayacak materyalleri sunar. Öğrencilerin ele alacakları soruyu

zihinsel olarak yapılandırmalarına yardımcı olur. Etkinlik sürecini gözlemleyip değerlendirir ve öğrencilerin keşfettikleri bilgileri dikkatle dinleyerek süreci destekler (Tatar, 2006).

Bu düzeyde öğrenciler belirli bir problem veya soru çerçevesinde araştırma yapar. Öğretmen, süreci kısmen kontrol eder; örneğin, deney tasarımı ve veri toplama için yönergeler verir ancak öğrenciler çözüm yollarını kendileri keşfeder. Rehberlikli sorgulayıcının özellikleri şunlardır;

- Problemler öğretmen tarafından belirlenir.
- Öğrenciler hipotezlerini ve deneylerini planlar.
- Öğrenciler veri toplar ve analiz eder.

Örnek: Öğrenciler, öğretmenin verdiği soruya göre hipotez kurar, deney planını yapar ve sonuçları yorumlar.

Avantajları: Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri artar ve sorumlulukları artar (Edelson vd, 1999).

2.3. Açık Uçlu Sorgulayıcı Öğretim (Open Inquiry)

Açık sorgulamada öğrenciler kendi sorularını oluşturur, hipotez kurar, deney tasarlar ve veri toplar. Öğretmen rehberlik eder ancak sürecin yönetimi büyük ölçüde öğrencilerin kontrolündedir. Özellikleri şunlardır;

- Öğrenciler kendi araştırma sorularını belirler.
- Hipotez oluşturma, deney tasarımı, veri toplama ve analiz tamamen öğrenciler tarafından yapılır.
- Öğretmen rehberlik ve danışmanlık sağlar.

Örnek: Öğrenciler ilgi duydukları bir fen konusunu seçerek bağımsız bir proje yürütür.

Avantajları: Yaratıcılık, problem çözme ve bağımsız öğrenme becerileri gelişir (Blanchard vd, 2010).

3. Sorgulayıcı Öğretimin Bileşenleri

Sorgulayıcı öğretimin bileşenleri şu şekilde sıralanmıştır;

- **Soru Oluşturma (Questioning):** Sorgulayıcı öğretimin ilk adımı, öğrencilerin merak ettikleri konularla ilgili açık uçlu ve araştırmaya dayalı sorular geliştirmeleridir (Pedaste vd, 2015).
- **Kavramsallaştırma ve Hipotez Kurma:** Öğrenciler sorular doğrultusunda temel kavramları netleştirir ve bu kavramlara ilişkin test edilebilir hipotezler geliştirirler (Pedaste vd, 2015).
- **Gözlem ve Araştırma Yapma (Investigation):** Bell ve diğerleri (2010), bu basamağı 'soru sorma ve yönlendirme' olarak ele almış ve öğrencilerin ilgisini çeken bilimsel olaylar üzerinde gözlem ve inceleme yaptıkları bir süreç olarak tanımlamışlardır.
- **Veri Analizi ve Yorumlama:** Toplanan veriler bilimsel yöntemlerle analiz edilir, sonuçlar çıkarılır ve elde edilen bulgular anlamlı bir şekilde yorumlanır (Ramaila, 2024).
- **Kanıt Dayalı Açıklama ve Tartışma:** Öğrenciler, elde ettikleri veriler doğrultusunda açıklamalar yapar ve düşüncelerini gerekçelendirerek savunurlar (Pedaste vd, 2015).
- **Yansıma ve İletişim:** Araştırma süreci boyunca ve sonunda öğrenciler, yaptıkları çalışmalarını değerlendirir, edindikleri

bilgileri başkalarıyla paylaşır ve bilimsel iletişim becerilerini geliştirirler (Lazonder & Harmsen, 2016).

Tablo 1. Sorgulayıcı Öğretiminin Bileşenleri

Bileşen	Açıklama	Örnek Faaliyet
Soru Sorma (Sorgulama)	Öğrencilerin merak ettikleri soruları belirlemesi ve probleme yönelik soru geliştirmesi.	"Neden su donarken genişir?" sorusunu formüle etmek (Pedaste vd, 2015).
Hipotez Kurma	Sorulara yönelik test edilebilir tahminlerde bulunma.	Suyun donarken genişeyeceği hipotezini oluşturmak (Lazonder & Harmsen, 2016).
Planlama ve Deney Tasarımı	Hipotezin test edileceği deneyin tasarlanması ve uygun ölçme araçlarının seçimi (Harms, 2004).	Planlama, hipotezin test edileceği deneyin tasarlanmasını ve hipotezin geçerliliğini değerlendirmek amacıyla uygun ölçme araçlarının seçimini içermektedir (Harms, 2004). Bu aşamada, öğrencilerin sorulara yanıt bulmak için stratejiler geliştirmeleri ve bu stratejilerin, cevaplara ulaşmanın ilk adımı olarak görülmesi söz konusudur (Davis, 2005).
Veri Toplama	Deney veya gözlem yoluyla bilgi ve veri edinme.	Deney sırasında sıcaklık ve hacim değişimini ölçmek (Ramaila, 2024)

Veri Analizi ve Yorumlama	Toplanan verileri grafik veya tablolarla analiz edip sonuçları değerlendirme.	Suyun donma sürecinde genleşme olup olmadığını grafiklerle göstermek (Pedaste vd, 2015)
Sonuçların Paylaşılması	Elde edilen verilerin, modellerin hem teorik hem de deneysel olarak karşılaştırılması.	Araştırmalardan elde edilen verilerin ve modellerin, mevcut teoriler ve diğer deneylerle karşılaştırılarak değerlendirilmesi ve bu doğrultuda sonuçlara ulaşılmasıdır. Aynı zamanda, öğrencilerin kendi araştırmalarından elde ettikleri bulguları yansıtmasıdır (Harms, 2004).
Yansıtma ve Değerlendirme	Öğrenme sürecini ve sonuçları eleştirel biçimde değerlendirme.	Deneydeki hata kaynaklarını ve öğrenilenleri tartışmak (Lazonder & Harmsen, 2016).

4. Sorgulayıcı Öğretimin Öğrenme Çıktıları Üzerindeki Etkileri

Sorgulayıcı öğretim, fen eğitiminde öğrencilerin sadece bilgi edinmesini değil, aynı zamanda bilimsel düşünme becerileri, problem çözme yetenekleri ve eleştirel düşünmede olduğu gibi üst düzey olan bilişsel becerilerin gelişimini hedefler (Bransford, vd, 2000). Bu yaklaşım, öğrencilerin öğrenme çıktılarında olumlu etkiler yaratmakta, öğrenmenin kalıcılığını ve derinliğini artırmaktadır (Hmelo-Silver, vd, 2007).

4.1. Bilişsel Gelişim

Sorgulayıcı öğretim, öğrencilerin bilgiyi anlamlandırmalarını sağlar ve onları aktif öğrenmeye teşvik eder. Bu süreçte, öğrenciler hipotez kurar, deneyler tasarlar, veri toplar ve analiz ederler. Bu aktif süreç, öğrenmenin üst bilişsel düzeylere (analiz, sentez, değerlendirme) taşınmasına olanak verir (Chi, 2009).

4.2. Motivasyon ve Tutum

Araştırmalar, sorgulayıcı öğretim yöntemlerinin öğrencilerin fene olan ilgilerini olumlu şekilde etkilediğini göstermektedir. Öğrenciler, kendi sorularını keşfetme ve yanıt arama imkânı buldukça derse olan ilgileri artar (Schunk, vd, 2008).

4.3. Eleştirel Düşünme Becerileri ve Problem Çözme

Sorgulayıcı öğretim, problem çözme becerilerini ve eleştirel düşünmeyi geliştiren zengin öğrenme ortamları sunar. Öğrenciler, gerçek dünya problemlerini sorgulama yoluyla ele alarak analitik düşünme becerilerini güçlendirirler (Lai, 2011).

4.4. Kalıcı Öğrenme ve Bilgi Transferi

Sorgulama temelli öğrenme, bilgilerin kısa süreli hafızadan uzun süreli hafızaya aktarımını kolaylaştırır ve farklı durumlarda bilginin uygulanabilirliğini artırır (Bransford, vd, 2000).

5. Sorgulayıcı Öğretimin Ölçme ve Değerlendirme Boyutu

Fen eğitiminde sorgulayıcı öğretim yaklaşımı, öğrencilerin bilgi edinme süreçlerinin yanı sıra, süreç boyunca sergiledikleri beceri ve tutumların da ölçülmesini zorunlu kılar. Geleneksel sınav yöntemleri,

sorgulayıcı öğrenmenin karmaşıklığını ve derinliğini yeterince yansıtamayabilir. Bu nedenle ölçme ve değerlendirme süreçlerinin de sorgulamaya dayalı, bütüncül ve çok boyutlu olması gerekmektedir (Black & Wiliam, 1998).

5.1. Sorgulayıcı Öğretimde Ölçme ve Değerlendirme Yaklaşımları

Sorgulayıcı fen eğitiminde kullanılan başlıca ölçme ve değerlendirme yöntemleri şunlardır:

- **Performansa Dayalı Değerlendirme:** Öğrencilerin deney tasarlama, veri toplama, analiz yapma gibi süreçlerdeki becerilerinin değerlendirilmesi (McMillan & Hellsten, 2010).
- **Portfolyo Değerlendirmesi:** Öğrencilerin süreç boyunca oluşturdukları bilimsel günlükler, raporlar ve yansıtıcı yazılarla gelişimlerinin izlenmesi (Paulson, 1991).
- **Öz-Değerlendirme ve Akran Değerlendirmesi:** Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini ve arkadaşlarının çalışmalarını değerlendirmesi, eleştirel düşünmeyi geliştirir (Topping, 2009).
- **Rubrikler:** Değerlendirme ölçütlerinin önceden tanımlanması ve şeffaflığı artırması açısından önemlidir (Andrade, 2005).

6. Sorgulayıcı Öğretimde Öğretmen Yeterlikleri ve Karşılaşılan Güçlükler

Sorgulayıcı fen öğretimi, öğretmenlerin yalnızca içerik bilgisini değil; aynı zamanda pedagojik, teknolojik ve metodolojik yeterliklerini

de gerektirir. Bu yeterliklerin eksikliği, etkili sorgulayıcı öğretim süreçlerinin önünde ciddi bir engel oluşturmaktadır (Crawford, 2000).

6.1. Öğretmen Yeterlikleri

Sorgulayıcı öğretim stratejilerinin etkili biçimde uygulanabilmesi için öğretmenlerin şu alanlarda yeterlik göstermesi gerekmektedir:

- **Alan Bilgisi:** Öğretmenlerin bilimsel kavramları derinlemesine bilmesi ve öğrencilerin sorularına güvenilir cevaplar verebilmesi gerekir.
- **Pedagojik Bilgi:** Sorgulama temelli öğrenmenin gerektirdiği öğrenci merkezli yaklaşımları, işbirlikli öğrenmeyi ve farklılaştırılmış öğretimi planlayabilmelidirler.
- **Bilimsel Süreç Becerileri:** Hipotez kurma, veri toplama, deney tasarlama ve analiz etme gibi becerileri uygulama ve modelleme kapasitesine sahip olmalıdırlar.
- **Sınıf Yönetimi:** Açık uçlu öğrenme süreçlerini yönetebilecek esnekliği ve öğrenci yönelimli sınıf ortamlarını teşvik etme becerisi gerekir.
- **Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPACK):** Dijital araçları pedagojik amaçlar doğrultusunda etkili kullanabilme becerisi kritik önemdedir (Mishra & Koehler, 2006).

6.2. Karşılaşılan Güçlükler

Edelson ve arkadaşları (1999), sorgulamaya dayalı öğrenmenin etkili biçimde uygulanmasını zorlaştıran beş temel unsur üzerinde durmuştur. Bunlar;

- **Motivasyon:** Sorgulayıcı öğrenme sürecinde öğrencilerin yeterli motivasyona sahip olmaları, anlamlı öğrenmeye katılımlarını büyük ölçüde belirler. Yeterince motive olmayan öğrenciler, ya sorgulama etkinliklerine hiç katılmayabilir ya da bu etkinliklere, öğrenmeyi desteklemeyen ve ilgisiz bir şekilde dahil olabilirler (Güven & Sarı, 2013).
- **Yeterlik Eksikliği:** Özellikle yeni başlayan öğretmenlerde sorgulama yöntemlerine ilişkin bilgi ve deneyim eksikliği gözlenmektedir (Crawford, 2007; Wallace & Kang, 2004).
- **Öğrenci Direnci:** Öğrenciler, aktif öğrenmeye alışkın olmadıklarında başlangıçta direnç gösterebilir (DiBiase & McDonald, 2015; Kuhn & Dean, 2005).
- **Değerlendirme Zorlukları:** Açık uçlu, süreç odaklı öğrenme çıktılarının değerlendirilmesi öğretmenler için karmaşık hale gelebilir (Flick & Lederman, 2004).

7. Fen Eğitiminde Sorgulayıcı Öğretimle İlgili Literatür

Alan yazında araştırmacılar geleneksel yöntemlerin yerine sorgulayıcı öğretimi kullanmışlardır ve yaptıkları araştırmalarda öğrencilerdeki akademik başarının; sorgulayıcı öğretim sayesinde geleneksel yönteme karşı anlamlı oranda arttığını bulmuşlardır (Blanchard vd., 2010; Altunsoy, 2008; Arslan, 2007; Akpullukçu, 2011; Gençtürk & Türkmen, 2007; Kaya, 2009; Göksu, 2011; Öz, 2015; Kula, 2009). Çeliksöz (2012), alan yazında sorgulamaya dayalı öğretimin farklı aşamalarıyla çalışmış ve öğrencilerin farklı sorgulayıcı öğretim düzeylerindeki başarılarını karşılaştırmıştır. Literatürdeki

bulguya dayanarak sorgulayıcı öğretimde kullanılan aşamanın öğrenci başarısında etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Dayı (2018) yaptığı çalışmada; fen bilgisi öğretmenlerinin sorgulamaya dayalı öğretim hakkındaki düşüncelerini ve bu yöntemi derslerinde uygulama düzeylerini incelemiştir. Bazı öğretmenlerin; öğrencilerin bu uygulamayı yaparak el becerisi, bilgiyi yordama, yorumlama, sonuç çıkarabilme özelliklerini artırdıklarını söylediklerini vurgulamışlardır. Bazıları ise bilgiye kendilerinin ulaştığını söylemişlerdir.

Aksakal (2020) yaptığı çalışmada; fen bilgisi öğretmen adaylarının sorgulayıcı öğretimle akademik başarılarının arttığı sonucuna ulaşmıştır.

Sorgulama temelli öğrenme, öğrencilerde fen bilimlerine ilişkin olumlu tutumun artmasına katkı sağlar. Özellikle ortaokul düzeyinde uygulanan sorgulayıcı öğretim, fen derslerine karşı motivasyonu artırmaktadır (Doğan & Yılmaz, 2022; Kızılgün & Köseoğlu, 2020). Öğretmenlerin sorgulayıcı öğretim hakkındaki bilgi ve pedagojik yeterlikleri, uygulamanın etkililiğinde belirleyici rol oynamaktadır. Öğretmenlerin bu yaklaşıma ilişkin hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi, başarıyı artırmaktadır (Banchi & Bell, 2008).

Sorgulayıcı öğretim uygulamaları, öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini ve problem çözme yetilerini geliştirmektedir. Eleştirel düşünme ve yaratıcı düşünme gibi becerilerde artış gözlenmiştir (Pedaste vd, 2015; Antonio & Prudente, 2023).

Teknoloji destekli sorgulayıcı öğretim, özellikle dijital araçlar kullanıldığında öğrencilerin ilgisini çekmekte ve etkileşimi

artırmaktadır. Bilimsel araştırma süreçlerinin simülasyonlarla desteklenmesi öğrenmeyi güçlendirmektedir (Linn vd, 2018; Koyunlu Ünlü & Dökme, 2020). Sorgulama temelli fen öğretimi, öğrencilerin bilim insanlarının nasıl çalıştığını anlamalarına yardımcı olur ve bilimsel epistemoloji geliştirmelerini sağlar. Öğrenciler bilimsel bilginin doğasına dair daha gelişmiş anlayışlar kazanmaktadır (Lederman & Lederman, 2019; Sandoval, 2005).

8. Sonuçlar

Sorgulayıcı öğretim modeli, fen eğitiminin yalnızca bilgi aktarımı ile sınırlı olmayan, öğrenciyi merkeze alan ve onları aktif öğrenen bireyler haline getirmeyi hedefleyen çağdaş bir yaklaşımdır. Bu öğretim modeliyle öğrenciler, bilimsel süreç becerilerini geliştirme, problem çözme keşfetme ve bilimsel düşüncüyü günlük yaşantılarına entegre etme fırsatı bulurlar. Ayrıca, öğrencilerin bilimsel okuryazarlıkları artmakta; kavramsal anlamaları, analitik düşünme becerileri ve işbirliği içinde çalışma yetkinlikleri desteklenmektedir.

Sorgulayıcı öğretimin uygulamaya geçirilmesinde öğretmenin rolü belirleyicidir. Etkin bir sorgulayıcı öğretim süreci, öğretmenin pedagojik içerik bilgisine, sınıf içi rehberlik yetkinliğine ve ölçme-değerlendirme becerilerine bağlıdır. Ancak öğretmenlerin bu süreçte karşılaştığı en temel sorunlar arasında zaman yetersizliği, materyal eksikliği, öğrenci heterojenliği ve değerlendirme araçlarının sınırlılığı yer almaktadır. Bu güçlüklerin aşılabilmesi için öğretmenlerin sürekli mesleki gelişim programlarına erişimi sağlanmalı, uygulama odaklı eğitimlerle desteklenmeleri gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Aidoo, B. (2023). Teachers' perspectives on implementing inquiry-based science teaching. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(1), 18.
- Akpullukçu, S. (2011). *Fen ve teknoloji dersinde araştırmaya dayalı öğrenme ortamının öğrencilerin akademik başarı, hatırd tutma düzeyi ve tutumlarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Aksakal, Ş. (2020). *Sorgulayıcı öğrenme yönteminin öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerine, başarılarına, akademik ve öğretmen özyeterliklerine etkisi* [Yayımlanmış doktora tezi]. Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Altunsoy, S. (2008). *Ortaöğretim biyoloji öğretiminde araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine, akademik başarılarına ve tutumlarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Antonio, R., & Prudente, M. S. (2023). Effects of inquiry-based approaches on students' higher-order thinking skills in science: A meta-analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(2), 452–470.

- Arslan, A. (2007). *Fen eğitiminde araştırmaya dayalı öğretim yönteminin kavramsal öğrenmeye etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arslan, C. (2005). *Eğitimde reform*.
<http://mimas.politics.ankara.edu.tr/aksoy/reform/erlist05b.html>
(Erişim tarihi: 15 Ağustos 2019)
- Babadoğan, C., & Gürkan, T. (2002). Sorgulayıcı öğretme stratejisinin akademik başarıya etkisi. *Eğitim Bilimleri ve Uygulama*, 1(2), 147–160.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science & Children*, 46(2),.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349–377.
<https://doi.org/10.1080/09500690802582241>
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616.

- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. National Science Teachers Association Press.
- Chang, C. Y., & Mao, S. L. (1999). Comparison of Taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction. *The Journal of Educational Research*, 92(6), 340–346.
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613–642.
- Crawford, B. A. (2021). Supporting prospective teachers' engagement in scientific inquiry. *International Journal of Science Education*, 43(5), 673–695.
- Çeliksöz, M. (2012). *Farklı düzeylerdeki sorgulayıcı-araştırmaya dayalı öğretim yöntemlerinin ilköğretim öğrencilerinin başarı, tutum, bilimsel süreç becerisi ve bilgi kalıcılıklarına etkileri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Davis, S. A. (2005). *Inquiry-based learning templates for creating online educational paths* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Texas A&M University.

- Dayı, N. (2018). *Fen bilgisi öğretmenlerinin sorgulayıcı öğretime yönelik görüşleri ve sınıf içi uygulama düzeyleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- DiBiase, W., & McDonald, J. R. (2015). Science teacher attitudes toward inquiry-based teaching and learning. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 88(2), 29–38.
- Doğan, N., & Yılmaz, A. (2022). Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımının öğrenci başarısı ve fen tutumuna etkisi. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 18(1), 33–50.
- Duschl, R. A., & Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 1–9.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3–4), 391–450.
- Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2004). *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Kluwer Academic Publishers.
- Fosnot, C. T. (2013). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice* (2nd ed.). Teachers College Press.

- Gençtürk, H. A., & Türkmen, L. (2007). İlköğretim 4. sınıf fen bilgisi dersinde sorgulama yöntemi ve etkinliği üzerine bir çalışma. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(1), 277–292.
- Göksu, V. (2011). *Sorgulayıcı araştırmaya dayalı laboratuvar yöntemlerinin fen ve teknoloji öğretmen adaylarının başarı, kavram yanılgısı ve epistemolojik inançları üzerine etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güven, G., & Sarı, U. (2013). *Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına uygun etkileşimli tahta destekli modern fizik öğretiminin öğrencilerin akademik başarı ve motivasyonlarına etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Harms, W. F. (2004). Information and meaning in evolutionary processes. Cambridge University, Press.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28–54.
- Kaya, B. (2009). *Araştırma temelli öğretim ve bilimsel tartışma yönteminin ilköğretim öğrencilerinin asitler ve bazlar konusunu öğrenmesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması* (Yayımlanmamış

- yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kızılgün, Y., & Köseoğlu, F. (2020). Fen eğitimi bağlamında sorgulayıcı öğretimin etkileri: Derleme çalışması. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 16(3), 310–325.
- Koyunlu Ünlü, Z., & Dökme, İ. (2020). The Effect of Technology-Supported Inquiry-Based Learning in Science Education: Action Research. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 6(2), 120-133. <https://doi.org/10.21891/jeseh.632375>
- Kuhn, D., & Dean, D., Jr. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16(11), 866–870.
- Kula, Ş. G. (2009). *Araştırmaya dayalı fen öğrenmenin öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, başarıları, kavram öğrenmeleri ve tutumlarına etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lai, E. R. (2011). *Critical thinking: A literature review*. Pearson's Research Reports.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning of nature of scientific knowledge and scientific inquiry: Building capacity through systematic research-based professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737–762.

- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (Eds.). (2023). *Handbook of Research on Science Education: Volume III*. Routledge.
- Linn, M. C., McElhaney, K. W., Gerard, L. F., & Matuk, C. (2018). *Inquiry learning and opportunities for technology*.
- McMillan, J. H., & Hellsten, L. (2010). *Classroom assessment: Principles and practice for effective standards-based instruction*. Pearson Education Canada.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2008). *Fen ve teknoloji 4-5. sınıflar öğretim programı ve kılavuzu*. <http://ttkb.meb.gov.tr/öğretmen/> (Erişim tarihi: 18.11.2018)
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.
- Öz, R. (2015). *Araştırma ve sorgulamaya dayalı etkinliklerle desteklenmiş bilim merkezi uygulamalarının 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, bilimsel okuryazarlıklarına ve sorgulayıcı düşünme becerilerine etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Paulson, F. L. (1991). What makes a portfolio a portfolio? *Educational Leadership*, 48(5), 60–63.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based

- learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Ramaila, S. (2024). Systematic review of inquiry-based learning: Assessing impact and best practices in education. *F1000Research*, 13, 1045.
- Sandoval, W.A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2008). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (3rd ed.). Pearson.
- Şen, H. S., & Erişen, Y. (2002). Öğretmen yetiştiren kurumlarda öğretim elemanlarının etkili öğretmenlik özellikleri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 99–116.
- Tan, E., & Barton, A. C. (2022). *Equity and justice in science education: Toward inclusive and transformative teaching*. Harvard Education Press.
- Tatar, N. (2006). *İlköğretim fen eğitiminde araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımının bilimsel süreç becerilerine, akademik başarıya ve tutuma etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Topping, K. (2009). Peer assessment. *Theory into Practice*, 48(1), 20–27.
- Uluçınar Sağır, Ş., & Sezginsoy Şeker, B. (2023). Fen öğretiminde sorgulayıcı öğretimin etkileri: Üst düzey düşünme becerileri üzerine bir inceleme. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 43(2), 211–229.

Wallace, C. S., & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936–960.

BÖLÜM 2

LİNEER CEBİR DERSİNİN TEMEL KAVRAMLARININ ÖĞRENİMİNE VE ÖĞRETİMİNE İLİŞKİN ZORLUKLAR VE ZORLUKLARIN GİDERİLMESİNE YÖNELİK ETKİNLİKLER

Dr. Atiye AYYILDIZ ALTINBAŞ

GİRİŞ

Lineer cebir öğretimi

Lineer cebir dersi analiz, analitik geometri, istatistik alt alanlarının yanı sıra alan dışında mühendislik, fizik, kimya (Oyabu, 2023) ve ekonomi gibi alanlarda kullanılan kavramlardan oluşmaktadır. Bu ders, üniversitelerin mühendislik ve fen bilimleri gibi bazı bölümlerinde temel dersler arasında yer almakta olup, uygulama alanları bağlamında her geçen gün daha çok önem kazanmaktadır (Stewart vd., 2019). Diğer taraftan, lineer cebir dersinin, soyut ve formal matematiğe geçişteki fonksiyonu (Harel, 1989) ve teorik düşünme ile karşı karşıya kalınan ilk ders olması (Sierpinski 2000) önem arz etmektedir. Bu durum dikkate alındığında, cebirin bir alt alanı olan lineer cebir kavramlarının anlaşılması genel anlamda matematiksel anlamının gelişimine de katkı sağlayabilir. Öğretim üyeleri ise farklı disiplinler ve uygulama alanları için bu denli öneme sahip lineer cebir dersinin öğretilmesinde zorluklar yaşandığını ifade etmektedir (Kobal, 2018). Bunun yanı sıra, öğrencilerin de bu dersi anlamakta zorlandıklarına ilişkin görüşler

ortaya konmaktadır (Hillel & Sierpinska, 1994; Kobal, 2018). Öğretim üyelerinin bu dersin öğretiminin zorluğuna ilişkin görüşleri, daha çok lineer cebirin doğası ile ilgilidir. Başka bir deyişle, lineer cebirin soyut yapısı, kavramlarının öğretiminde ve genelleştirilmesinde (Love vd., 2015) zorluklar yaşanmasına neden olmaktadır (Aydın, 2007). Bununla birlikte, lineer cebir derslerine ilişkin öğretim sürecinin nasıl tasarlanacağı çok fazla bilinmemektedir (Dorier & Sierpinska, 2001). Bu sorunların yanı sıra, öğrenilen bilgilerin genelleştirilmesinde ve diğer bilgilerle ilişkilendirilmesinde yaşanan formalizm sorununa (Aydın, 2007) dikkat çekilmektedir. Bahsi geçen zorlukları ortadan kaldırmak için lineer cebirin öğretimine uygun öğretim yaklaşımlarının belirlenmesi ve bu öğretim yaklaşımlarının lisans öğrenimine ve öğretimine entegre edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan, lineer cebir dersinin öğretim sürecinde, yaygın olarak formalizmin uygulanması dikkat çekicidir. Buna karşılık son yıllarda yapılan araştırmalar formalizme dayalı öğretim yaklaşımının formal tanımı oluşturmada yetersiz kaldığını (Wawro vd., 2012; Cárcamo vd., 2018) ortaya koymaktadır. Lineer cebir dersinde, bu yaklaşıma göre daha etkili öğretim yöntem ve yaklaşımlarının belirlenmesine ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Sorgulamaya dayalı öğretim (Dorier, 2023), probleme dayalı öğretim (Altieri & Schirmer, 2019; Ayyıldız-Altınbaş, 2021), aktif öğrenme (STEM) (Freeman vd., 2014), takım tabanlı öğrenme (Nanes, 2014) yaklaşımları bunlardan bazılarıdır. Yapılan araştırmalarda genel anlamda, öğrencinin aktif olduğu ve derin anlamayı sağlayabilecek öğrenme ortamlarının sağlanması gerektiğine işaret edilmektedir (Altieri ve Schirmer, 2019; Trigueros, 2019).

Probleme dayalı öğretim yaklaşımında, karmaşık bir probleme eğitmenin rehberliğinde öncelikle bireysel olarak çözüm aranmaktadır. Dolayısıyla, bu öğretim yaklaşımında, öğrenen sürece aktif olarak katılmaktadır. Lineer cebir dersine ilişkin derin anlamının sağlanabileceği (Altieri & Schirmer, 2019) öğrencinin aktif katılımını gerektiren öğretim yaklaşımlarından biri de probleme dayalı öğretim yaklaşımıdır. Diğer taraftan, Harel (2000) tarafından bu dersin öğretimine ilişkin birtakım pedagojik prensipler ve ilkeler sunulmuştur.

Lineer cebir öğretiminde pedagojik prensipler ve ilkeler

Piaget (1977)'in kavram gelişimine ilişkin teorisinden etkilenilerek, lineer cebir dersinin öğretiminde temel alınması gereken üç ilke ortaya konmuştur (Harel, 2000). Bu ilkeler: somutluk, gereksinim ve genellenebilirlik ilkeleridir (Harel, 2000). Bunlardan somutluk ilkesi ile “öğrencilerin matematiksel bir yapıyı, o yapının belirli bir modelinden soyutlayabilmeleri için bu modelin öğelerinin öğrencinin gözünde kavramsal varlıklar olması” gerektiği ifade edilmektedir. Gereksinim ilkesi ile “öğrencilerin kendilerine öğretilmesi amaçlanan bilgiyi ihtiyaç görmesi (entelektüel anlamda) gerektiği” vurgulanmaktadır. Son olarak, “genellenebilirlik” ilkesi ile “öğretimin somut bir model içindeki öğretim etkinliklerinin, kavramların genelleştirilebilirliğine izin vermesi ve teşvik etmesi gerektiği” vurgulanmaktadır. Probleme dayalı öğretim yaklaşımının Harel'in (2000) ilkelerini sağladığı ve bu yaklaşımla soyut yapıdaki kavramların somut bir biçimde modellenilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bu öğretim biçimiyle, öğretilecek kavramın ne işe yaradığı ve

kullanım alanları hususunda öğrenenlerin merakı giderilebilir. Dolayısıyla probleme dayalı öğretimin, öğrenenlerin lineer cebir dersini bir ihtiyaç olarak görebilmesi açısından fonksiyonel olabileceği düşünülmektedir.

Lineer cebir öğretiminde problemler

Lineer cebir ders kitaplarının giriş bölümünde daha çok lineer denklem sistemi kavramının yer aldığı (Anton, 2010; Lay, 2003) ve bu kavramdan vektör denklemlerine geçişte öğrencilerin zorluklar yaşadığı bilinmektedir (Larson, & Zandieh, 2012). Lineer bağımlılık ve germe kavramlarını, lineer denklem sistemi kavramından başlayarak formal anlamda geliştirme de, bu zorluklar arasındadır (Wawro vd., 2012). Diğer taraftan öğrencilerin öğrenmede zorluk yaşamalarının bir diğer nedeni, lineer cebir dersinin hayatlarına katacağı değeri bilmemeleridir (Domínguez-García, vd., 2016). Probleme dayalı öğretim sürecinin, vektör kavramından başlayarak bilinenden bilinmeye tasarlama sürecinin öğretimi kolaylaştırdığı ve formal akıl yürütme yollarının gelişimini teşvik ettiği bilinmektedir (Wawro vd., 2012). Dolayısıyla, formalizme dayalı öğretim yerine, kolaydan zora bir probleme çözüm arayışı içinde öğretim tasarımı öğretimi kolaylaştırabilir. Buna dayalı olarak, cebirsel düşünmenin sağlanması için nicel ilişkilerin gösterilmesinde, problemlerin kullanılması ve gerçek hayatta karşılan farklı durumların ayırt edilmesi gerekmektedir (NCTM, 2000). Probleme çözüm arayışına dayalı olarak tasarlanan öğretim sürecine aktif katılan öğrencilerin, üst düzey becerilerinin gelişimi (Cárcamo vd., 2016) ve derin anlaması (Trigueros, 2019;

Cárcamo-Bahamonde vd., 2017) sağlanabilmektedir. Bu öğretim sürecinde öğrencilerin, yaşadıkları zorluklara rağmen, yüksek motivasyona sahip olmaları (Trigueros & Possani, 2013) dikkat çekicidir.

Lineer cebir dersinin içeriği

Lineer cebir dersinin öğretim sürecinde; matris, determinant, vektör uzayı konularının yanı sıra lineer/doğrusal denklem sistemi, lineer/doğrusal dönüşüm, izomorfî, öz değer, öz vektör, kuadratik form, Euclid uzayı ve üniter uzay konuları anlatılmaktadır. Bunlardan vektör uzayı konusunun içeriği; lineer birleşim, lineer bağımlılık, lineer bağımsızlık, germe, rank ve taban-boyut kavramlarından oluşmaktadır. Bu kavramlardan lineer birleşim, lineer bağımsızlık ve germe, diğer lineer cebir kavramları (taban, lineer denklem sistemleri, lineer dönüşümler vb.) için temel teşkil etmektedir (Turgut, 2018). Bununla birlikte, sezgisel bilişten soyut bilişe geçişte kolaylık sağlamak ve öğrenci anlayışını derinleştirmek için temel lineer cebir kavramlarının öğreniminin gerekliliğine dikkat çekilmektedir (Kobal, 2018). İlgili alan yazında, germe ve lineer bağımlılık/bağımsızlık kavramlarının teorik düşünme için temel kavramlar olduğu ifade edilmektedir (Turgut, 2018). Buna bağlı olarak, lineer cebiri öğrenmek için bu kavramları öğrenmenin gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Stewart & Thomas, 2010; Turgut, 2018). Bu temel kavramların kendi içinde (işlem, aksiyom ve yapılar arasında) ve kavramlar arasında çoklu ilişkiler bulunmaktadır (Dogan, 2019). Lineer bağımlılık/bağımsızlık kavramının anlaşılması ikili işlem, sıfır vektörü ve vektör uzayı

aksiyomları alt yapılarının (özellikle iki işlemi birleştiren aksiyomların) anlaşılmasına (Parraguez & Oktaç, 2010) bağlıdır. Bu durum, kavramların kendi içindeki ilişkilere örnek gösterilebilir. Diğer taraftan germe kavramının anlaşılması, lineer birleşim ve lineer bağımsızlık kavramlarının anlaşılmasına bağlıdır. Bu bağlantı ise kavramlar arasındaki ilişkilere örnektir.

Bu bölümde, lineer birleşim, lineer bağımsızlık ve germe kavramlarının tanımı ve bu kavramlara ilişkin yaşanan zorluklar ve kavram yanılgıları verildikten sonra etkinlikler sunulacaktır. Probleme dayalı öğretimin olumlu etkileri dikkate alınarak geliştirilen etkinlikler; lineer birleşim, lineer bağımsızlık ve germe kavramlarının öğretim sürecinde kullanılabilecek senaryolardan oluşmaktadır.

Lineer cebirin temel kavramlarına ilişkin tanımlar

Bu bölümde dikkate alınan temel lineer cebir kavramlarının tanımları aşağıdaki biçimdedir:

Lineer birleşim: V, K cismi üzerinde tanımlanmış bir vektör uzayı ve bu uzaydan alınan n vektör; $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ olsun. $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ sabitleri K cisminin elemanları olmak üzere $u = a_1u_1 + a_2u_2 + a_3u_3 + \dots + a_nu_n$ lineer toplamı, V vektör uzayının elemanlarından biridir. Bu $u \in V$ vektörüne, $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ vektörlerinin lineer birleşimi/kombinasyonu denir (Solak vd., 2005).

Lineer bağımlılık: K , bir cisim ve V , K cismi üzerinde vektörler kümesi olsun. $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ V 'nin farklı vektörleri olmak üzere $a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + \dots + a_n v_n = 0$ olacak biçimde K 'nın hepsi birden sıfır olmayan, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ elemanları varsa $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ vektörlerine lineer bağımlıdır denir (Solak vd., 2005).

Lineer bağımsızlık: Lineer bağımlı olmayan vektörlere de lineer bağımsız vektörler denir. Yani $a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + \dots + a_n v_n = 0$ ifadesi sadece $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ elemanlarının herbirinin sıfıra eşit olduğu durum için sağlanıyorsa $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ vektörlerine lineer bağımsızdır denir (Solak vd., 2005).

Germe : $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$, V vektör uzayının belli vektörleri olsun. Bu vektörlerin bütün lineer birleşimlerinden oluşan vektörlerin kümesine $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ vektörlerinin gerdiği uzay denir ve $ger(u_1, u_2, u_3, \dots, u_n)$ ile gösterilir (Solak vd., 2005).

Lineer cebir dersine ilişkin kullanılan ders kitaplarında/kaynaklarda germe kavramı, bu bölümde olduğu gibi lineer birleşim kavramına bağlı olarak tanımlanmaktadır (Gerami vd., 2024). Bu durum, germe kavramının anlaşılması için lineer birleşim kavramının anlaşılmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Lineer cebirin temel kavramlarına ilişkin yaşanan zorluklar ve kavram yanılgıları

Vektörlerin lineer bağımlı olup olmadığının incelenmesinde ve vektörlerin gerdiği uzayın (denklem çözümünün yorumuna dayalı

çözümün) bulunmasında zorluklar yaşanmaktadır (Açıkyıldız, 2019). Alan yazında bu zorlukların yanı sıra iki vektörün lineer birleşiminin, bu iki vektörün toplamından elde edildiğine ilişkin yanlışlıklara dikkat çekilmektedir (Aytekin & Kiymaz, 2019; Caglayan, 2019). İki boyutlu uzaydan alınan (3,4) ve (4,5) vektörlerinin lineer birleşiminin yalnızca (7,9) vektöründen (bu iki vektörün toplamından) oluştuğuna ilişkin yanlış anlama, bu duruma örnek gösterilebilir. Buna karşılık, (3,4) ve (4,5) vektörlerinin lineer birleşiminden (7,9) vektörünün yanı sıra (1,1), (1,2), (10,13),...sonsuz sayıda vektör elde edilmektedir. Ayrıca, bileşen sayısına bağlı olarak iki bileşenden oluşan tek vektörün iki boyutlu $\mathbb{R}^2$ uzayını gerdiğine ilişkin düşünceler germe kavramına ilişkin yanlışlıklar arasındadır (Aytekin & Kiymaz, 2019). İki boyutlu uzaydan alınan (1,2) vektörünün $\mathbb{R}^2$ 'yi gerdiğine ilişkin yanlış düşünceler bu duruma örnektir. Paralel olarak, üç bileşenden oluşan herhangi iki vektörün üç boyutlu $\mathbb{R}^3$ uzayını gerdiğine ilişkin düşünceler germe kavramına ilişkin diğer yanlışlıklardandır (Aytekin & Kiymaz, 2019). Bununla birlikte, lineer bağımsızlık ve germe kavramlarına ilişkin sembollerin kullanımında ve yorumlanmasında zorluklar yaşanmaktadır (Açıkyıldız, 2019).

Lineer birleşim, lineer bağımsızlık ve germe kavramlarına ilişkin zorlukları giderici etkinlik örnekleri

Öğrencilerin yaşadığı zorlukları gidermek için doğrudan anlatım yeterli değildir. Öğrencilerin öğrenim hayatının önceki yıllarında öğrendiği bilgiler (ön öğrenme ile ilişkilendirme) ile ilişkilendirilmeden, bilginin doğrudan aktarılması anlamlı öğrenme

bakımından yeterli olmayabilir. Kavramların, diğer matematiksel kavramlar ile (kavramlararası ilişkilendirme) ilişkilendirmeden aktarılması da anlamının eksik olmasına neden olabilir. Genel anlamda matematik alanında, özelde lineer cebir alanında kavramlar arası ilişkilendirmenin yanı sıra (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2009) gerçek hayatla ilişkilendirmenin önemi yadsınamaz. Senaryo temelli öğretim yaklaşımı ile bu ilişkilendirme biçimleri sağlanabilir. Bu öğretim yaklaşımında formal bilgi somut bir biçimde modellenmekte ve etkili problem çözme becerilerinin gelişimi (Hmelo-Silver, 2004) sağlanmaktadır.

Yukarıda bahsi geçen olumlu etkilerinden dolayı bu bölümde, senaryo temelli öğretim yaklaşımı dikkate alınarak iki etkinlik geliştirilmiştir. Disiplinler arası alanda geniş uygulamaları olan lineer cebirin, disiplinler arası alanın yanı sıra gerçek hayatla ilişkilendirilmesi de önemlidir. Dolayısıyla, Harel'in somutluk ve gereklilik ilkeleri dikkate alınarak Etkinlik1 ve Etkinlik 2 tasarlanmıştır. Bu iki etkinlik, dikkat çekici senaryolar temelinde başlamaktadır. Bahsi geçen senaryoları okuyan öğrenciler kavramın kullanıldığı alanlara ilişkin bilgi edinebilmektedir. Böylece öğrencilerin, problemin çözüm sürecinde bu kavramların öğrenilmesinin gerekli olduğunu hissetmesi amaçlanmaktadır. Bununla birlikte, Harel'in (2000) genellenebilirlik ilkesi dikkate alınarak, dört oturumdan oluşan ikinci etkinliğin son oturumunda, elde edilen bilgilerin genellenmesi istenmiştir. "Seyahat planı" başlıklı aşağıdaki Etkinlik 1'de, germe kavramının öğretimindeki önemi dikkate alınarak öncelikle lineer birleşim kavramı somut olarak modellenmiştir.

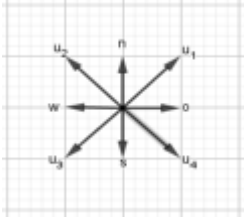
Etkinlik 1: Seyahat planı

Marmara denizinde bulunan adalara deniz ile ulaşım sağlanabilmektedir. O başlangıç noktası olarak alınan iskeleden başlamak ve A, B, C, D ve E isimli beş küçük adaya uğradıktan sonra son durak olarak büyük adaya ulaşmak üzere güneybirlik birçok gezi düzenlenmektedir. İskeleden hareket ettikten sonra aşağıdaki rotaların tamamında doğrusal hareketle büyük adaya ulaşmak üzere bir gezi planlanmaktadır. Bu planlamaya göre;

- kuzey yönünde 3 km hareket sonucunda A adasına,
- kuzeydoğu yönünde $5\sqrt{2}$ km hareket sonucunda B adasına,
- güneydoğu yönünde $3\sqrt{2}$ km hareket sonucunda C adasına,
- güneybatı yönünde $4\sqrt{2}$ km hareket sonucunda D adasına,
- güneydoğu yönünde $2\sqrt{2}$ km hareket sonucunda E adasına ve
- kuzeydoğu yönünde $6\sqrt{2}$ km hareket sonucunda son durak olan büyük adaya ulaşılmaktadır.

Tur şirketi bu rotanın görselini temsil eden bir broşür bastırmayı hedeflemektedir.

- 1) Broşüre basılması hedeflenen bu rota, iki boyutlu uzayda görsel olarak nasıl temsil edilebilir?
- 2) Planlamaya ilişkin bilgileri yukarıda verilen seyahat sonucunda, ulaşılması hedeflenen büyük adanın konumunu nasıl ifade edersiniz?
- 3) Aşağıda gösterildiği üzere; $\vec{n}$, $(0,1)$ vektörünü; $\vec{w}$, $(-1,0)$ vektörünü; $\vec{s}$, $(0,-1)$ vektörünü; $\vec{o}$, $(1,0)$ vektörünü; $\vec{u}_1$, $(1,1)$ vektörünü; $\vec{u}_2$, $(-1,1)$ vektörünü; $\vec{u}_3$, $(-1,-1)$ vektörünü ve $\vec{u}_4$, $(1,-1)$ vektörünü temsil etmek üzere, bu $\vec{n}, \vec{w}, \vec{s}, \vec{o}, \vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3, \vec{u}_4$ vektörlerini kullanarak rotanın görselini sunacak bir model nasıl oluşturabilir?



- 4) Tur şirketinin belirlediği rotaya göre yukarıdaki $\vec{n}$, $\vec{w}$, $\vec{s}$, $\vec{o}$, $\vec{u}_1$, $\vec{u}_2$, $\vec{u}_3$, $\vec{u}_4$ vektörlerini kullanarak büyük adanın konumunu nasıl ifade edersiniz?

“Deniz ulaşımı” başlıklı aşağıdaki Etkinlik 2’de, lineer cebirin diğer konularının anlaşılması bağlamında önemi dikkate alınarak lineer bağımsızlık+germe kavramları somut olarak modellenmiştir.

Etkinlik 2: Deniz ulaşımı

1. Oturum

Son yıllarda otonom su araçlarının geliştirilmesine yönelik araştırmalar hız kazanmıştır. Bunlardan Marina isimli insansız deniz aracı hareket etmeden önce park halindeyken makine mühendisinin ayarladığı doğrultuda gidebilmektedir. Bu deniz aracı tek doğrultuda ve sabit hızla hareket etmektedir. O başlangıç noktası olarak alınan iskeleden akıntının olmadığı bir zaman aralığında hareket edecek olan Marina’nın bu iskeleye en kısa mesafede bulunan Yeşil adanın (60, 96) noktasına yük taşınması için bir deneme yapılacaktır.

- Bu noktaya ulaşmak için makine mühendisinin ayarlayacağı doğrultu nasıl olabilir?
- Bahsi geçen noktaya ulaşımı sağlayacak üç farklı doğrultuyu örnek olarak belirtiniz. Bu örneklerle yeşil adaya ulaşımı nasıl modeller siniz?
- (2, 3), (2, 4), (4, 6), (2, 6), (10, 16) ve (15, 24) doğrultularından hangisi/hangileri ile istenen noktaya ulaşım sağlanabilir? Modelleyiniz.

2. Oturum

Deneme süreci başarılı geçen Marina’nın deniz yüzeyindeki noktaların tamamına ulaşımı sağlayabilmek için geliştirilmesine karar verilmiştir. Alınan karar doğrultusunda mühendisler bilgilendirilmiştir. Mühendisler tarafından akıntı, fırtına vb. faktörleri dikkate alarak farklı

doğrultularda hareketin kodlanabildiği bir kumanda ile yönlendirilebilen Deniz Yıldızı isimli insansız deniz aracı üretilmiştir. İlk olarak Yeşil adaya deneme yapılacaktır.

- (2,4) ve (4,6) vektörlerinin kodlandığı insansız deniz aracı (60, 96) noktasına ulaşabilir mi?
- Yeşil adanın (60, 96) noktasına ulaşmak için Deniz Yıldızı'na birden fazla vektör kodlama zorunluluğu var mıdır? Tek vektör kodlanarak ulaşım sağlanabilir mi? Neden?
- Deniz Yıldızı'na 2 vektörün kodlanması şartıyla, deniz yüzeyindeki herhangi bir noktaya ulaşımın mümkün olması için seçilebilecek vektörlerin doğrultuları nasıl olmalıdır?
- Deniz yüzeyindeki herhangi bir noktaya ulaşımın sağlanabilmesi için Deniz Yıldızı'na en az kaç vektörün kodlanması gerekir?
- Deniz yüzeyindeki herhangi bir noktaya ulaşım için Deniz Yıldızı'na kodlanacak vektörlerin sağlaması gereken şartlar neler olabilir?
- Vektörlerde toplama ve skalerle çarpma işlemlerini kullanarak Deniz Yıldızı'na kodlanacak vektörlerin sağlaması gereken şartları nasıl belirlersiniz?
- Vektörlerin lineer bağımlı ve bağımsız olup olmadığının değerlendirilmesinde lineer denklem sistemlerinin çözümünden nasıl yararlanırsınız? Lineer denklem sistemlerinin çözümü ve lineer bağımlılık arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

3. Oturum

Askeri ve ticari alanlarda kullanılabileceği düşünülen deniz araçlarının, insan hayatını riske atmamak ve maliyeti düşürmek amacıyla geliştirilmesi planlanmaktadır. Deniz Yıldızı'nın, deniz yüzeyindeki ve deniz altındaki noktaların tamamına ulaşımı sağlayacak biçimde geliştirilmesine karar verilmiştir. Alınan karar doğrultusunda mühendisler bilgilendirilmiştir. Mühendisler tarafından akıntı, fırtına, hortum vb. faktörler dikkate alınmıştır. Farklı doğrultularda hareketin

kodlanabildiği bir kumanda ile yönlendirilebilen Uzak isimli insansız deniz aracı üretilmiştir.

- Tek vektör kodlanırsa Uzak isimli aracın ulaşımı nasıl olur? Modelleyiniz.
- (1,2,3) ve (2,4,6) vektörleri kodlanırsa Uzak isimli aracın ulaşımı nasıl olur?
- (1,2,3) ve (2,4,5) vektörleri kodlanırsa Uzak isimli aracın ulaşımı nasıl olur?
- Deniz yüzeyindeki ve deniz altındaki noktaların tamamına ulaşım için Uzak isimli araca en az kaç vektörün kodlanması gerekir?
- Deniz yüzeyindeki ve deniz altındaki noktaların tamamına ulaşım için Uzak isimli deniz aracına kodlanacak vektörlerin sayısı ve özellikleri nasıl olmalıdır?

4. Oturum (Genelleme)

Üç oturumun sonuçlarını birleştirip değerlendirerek bazı genellemelere ulaşılır. Bunlardan bazıları; n boyutlu uzayda ($\mathbb{R}^n$ 'de) $(n+1)$ vektörden oluşan bir kümenin lineer (doğrusal) bağımlı olduğu, n boyutlu uzayın ($\mathbb{R}^n$ 'in) lineer bağımsız n vektör kullanılarak gerilebileceği, n boyutlu uzayın herhangi birisinde n 'den fazla lineer (doğrusal) bağımsız vektör bulunamayacağı,...

KAYNAKÇA

- Açıkyıldız, G. (2019). *Vektör uzaylarının öğretime yönelik olarak öğrenme ortamının tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi* (Tez No. 566041) [Doktora tezi, Trabzon Üniversitesi- Trabzon]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Ayyıldız-Altınbaş, A. (2021). *Lineer cebir dersinde çoklu temsil temelli ve probleme dayalı öğretimin öğretmen adaylarının düşünme yapılarına, anlama boyutlarına, akademik başarılarına ve özyeterlik algılarına etkisi* (Tez No. 679864) [Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi-Konya]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Altieri, M., Schirmer, E. (2019). Learning the concept of eigenvalues and eigenvectors: a comparative analysis of achieved concept construction in linear algebra using APOS theory among students from different educational backgrounds. *ZDM Mathematics Education* 51, 1125–1140. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01074-4>
- Anton, H. (2010). *Elementary Linear Algebra*, 10th , Hoboken , NJ : Wiley .
- Aydın, S., (2007). Bazı özel öğretim yöntemlerinin lineer cebir öğrenimine etkileri. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 214-223.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/esosder/issue/6133/82251>

- Aytekin, C., & Kiyamaz, Y. (2019). Teaching linear algebra supported by geogebra visualization environment. *Acta Didactica Napocensia*, 12(2), 75-96. <https://doi.org/10.24193/adn.12.2.7>
- Caglayan, G. (2019). Is it a subspace or not? Making sense of subspaces of vector spaces in a technology-assisted learning environment. *ZDM Mathematics Education*, 51, 1215–1237. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01101-4>
- Cárcamo Bahamonde, A. D., Fortuny Aymemí, J. M., & Gómez i Urgellés, J. V. (2017). Mathematical modelling and the learning trajectory: tools to support the teaching of linear algebra. *International journal of mathematical education in science and technology*, 48(3), 338-352.
- Cárcamo, A., Fortuny, J., & Fuentealba, C. (2018). The emergent models in linear algebra: an example with spanning set and span. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 37(4), 202-217.
- Cárcamo, A., Gómez, V., & Fortuny, J. (2016). Mathematical modelling in engineering: A proposal to introduce linear algebra concepts. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 62–70. <https://doi.org/10.3926/jotse.177>
- Dogan, H. (2019). Some aspects of linear independence schemas. *ZDM Mathematics Education* 51, 1169–1181. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01082-4>.
- Domínguez-García, S., García-Planas, M. I., & Taberna, J. (2016). Mathematical modelling in engineering: an alternative way to teach Linear Algebra. *International Journal of Mathematical*

- Education in Science and Technology*, 47(7), 1076–1086.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1153736>
- Dorier, J.L., & Sierpinska, A. (2001). Research into the teaching and learning of linear algebra. In D. Holton, M. Artigue, U. Kirchgräber, J. Hillel, M. Niss, & A. Schoenfeld (Eds.), *The teaching and learning of mathematics at university level* (pp. 255-273). doi: 10.1007/0-306-47231-7_24
- Dorier, J.L. (2023). Review of the book “Inquiry in university mathematics teaching and learning: the PLATINIUM project”. *J Math Teacher Educ* **26**, 567–572.
<https://doi.org/10.1007/s10857-023-09569-4>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415.
- Gerami, S., Khiu, E., Mesa, V., & Judson, T. (2024). Conceptions of span in linear algebra: from textbook examples to student responses. *Educational Studies in Mathematics*, 116(1), 67-89.
<https://doi.org/10.1007/s10649-024-10306-8>
- Harel, G. (1989). Applying the Principle of Multiple Embodiments in Teaching Linear Algebra: Aspects of Familiarity and Mode of Representation. *School Science and Mathematics*, 89(1), 49-57.
- Harel, G. (2000). Principles of learning and teaching of linear algebra: Old and new observations. In J.L. Dorier (Ed.). *On the Teaching*

- of *Linear Algebra* (pp. 177-189). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hillel, J., & Sierpinska, A. (1994, July 29-August 3). On one persistent mistake in linear algebra. In *The Proceedings of the 18th International Conference for the Psychology of Mathematics Education 18*, (pp. 65-72).
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational psychology review*, 16, 235-266.
<https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kobal, D. (2018). Linear Algebra—A Companion of Advancement in Mathematical Comprehension. In: Stewart, S., Andrews-Larson, C., Berman, A., Zandieh, M. (eds) *Challenges and Strategies in Teaching Linear Algebra*. ICME-13 Monographs. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66811-6_13
- Larson, C. and Zandieh, M. (2012). *Three Interpretations of the Matrix Equation $Ax=b$* Submitted for publication.
- Lay, D. C. (2003). *Linear algebra and its applications*. Pearson Education India.
- Love, B., Hodge, A., Corritore, C., & Ernst, D. C. (2015). Inquiry-based learning and the flipped classroom model. *Primus*, 25(8), 745-762. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1046005>
- Nanes, K. M. (2014). A modified approach to team-based learning in linear algebra courses. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(8), 1208–1219. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2014.920558>

- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2000).
Principals and standards for school mathematics. Reston, Va:
NCTM Publications.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2009). Guiding
principles for mathematics curriculum and assessment.
- Oyabu, M. (2023). Linear Algebra in Chemical Education. *工学教育
研究; KIT progress*, 31, 112-125.
- Parraguez, M., & Oktaç, A. (2010). Construction of the vector space
concept from the viewpoint of APOS theory. *Linear Algebra and
Its Applications*, 432(8), 2112-2124.
doi: 10.1016/j.laa.2009.06.034
- Sierpinska, A. (2000). On some aspects of students "thinking in linear
algebra. In *On the teaching of linear algebra* (pp. 209-246).
Springer, Dordrecht.
- Solak, S., Bozkurt, D., Tören B. (2005). Lineer Cebir Kitabı. Selçuk
Üniversitesi, Konya.
- Stewart, S., & Thomas, M.O. (2010). Student learning of basis, span
and linear independence in linear algebra. *International Journal
of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(2),
173-188. doi: 10.1080/00207390903399620
- Stewart, S., Andrews-Larson, C. & Zandieh, M. (2019). Linear algebra
teaching and learning: themes from recent research and evolving
research priorities. *ZDM Mathematics Education* 51, 1017–1030.
<https://doi.org/10.1007/s11858-019-01104-1>
- Trigueros, M. (2019). The development of a linear algebra schema:
learning as result of the use of a cognitive theory and

- models. *ZDM Mathematics Education* **51**, 1055–1068.
<https://doi.org/10.1007/s11858-019-01064-6>
- Trigueros, M., Possani, E. (2013). Using an economics model for teaching linear algebra. *Linear Algebra and its Applications*, *438*(4), 1779-1792.
DOI 10.1016/j.laa.2011.04.009.
- Turgut, M. (2018). Synergies among students' thinking modes and representation types in linear algebra: employing statistical implicative analysis. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *49*(8), 1181-1202. doi: 10.1080/0020739X.2018.1443221
- Wawro, M., Rasmussen, C. L., Zandieh, M. J., Sweeney, G. F., & Larson, C. (2012). An inquiry-oriented approach to span and linear independence: The case of the magic carpet ride sequence. *Primus*, *22*(8), 577–599.
<https://doi.org/10.1080/10511970.2012.667516>

BÖLÜM 3

FEN EĞİTİMİNDE DİSİPLİNERARASI BİR YAKLAŞIM: SOSYOBİLİMSEL KONULAR

Dr. Mehmet Ali PINAR

GİRİŞ

Günümüzde bilim ve teknolojiye yaşanan hızlı ilerlemeler, bireylerin yalnızca temel bilgileri edinmelerinin yeterli olmadığını; bunun yanı sıra eleştirel düşünme, sorgulama ve bilinçli karar alma gibi çok yönlü beceriler geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu durum, araştırma süreçlerine etkin biçimde katılan, üreten ve sorgulayan bireylerin topluma kazandırılmasına yönelik ihtiyacı da artırmaktadır (Elbahan, Elbahan & Anılan, 2022; Topçu, 2019). Bilim ile toplum arasındaki sürekli ve karşılıklı etkileşim, fen eğitimi bağlamında bilimsel bilginin toplumsal öneme sahip konularla birleştiği bir alanın giderek daha belirgin hâle gelmesine katkı sağlamıştır (Chen & Xiao, 2021; Yun, Shi & Jun, 2022). Bu kesişim noktası, literatürde “sosyobilimsel konular (SBK)” olarak adlandırılmaktadır (Aydın & Mocan, 2019).

SBK, toplumsal ilgi uyandıran, bilimsel temellere dayalı ve çoğunlukla tek bir doğru cevabı bulunmayan karmaşık, tartışmaya açık meseleleri ifade eder (Sadler, 2004; Ratcliffe & Grace, 2003). Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO), klonlama ve nükleer enerji gibi konular, etik ve toplumsal boyutları nedeniyle bilim insanları arasında bile farklı görüşlerin ortaya çıkmasına neden olan başlıca SBK

örnekleridir (Sadler & Zeidler, 2005; Carson & Dawson, 2016; Topçu, 2019). SBK'nın en ayırt edici yönü, yalnızca bilimsel bilgiyi değil; aynı zamanda toplumsal yaşamda alınacak kritik kararları ve değer yargılarını da kapsamasıdır (Ratcliffe & Grace, 2003; Zeidler vd., 2005).

Son dönem araştırmaları, SBK temelli öğretimin eğitim sürecine çok boyutlu katkılar sunduğunu göstermektedir. Bu yaklaşım; öğrencilerin fen bilimleriyle ilgili kavramları daha anlamlı ve derin biçimde öğrenmelerine (Dawson & Venville, 2010; Klosterman & Sadler, 2010; Wongsri & Nuangchalerm, 2010), eleştirel düşünme ve argümantasyon becerilerini geliştirmelerine (Dawson & Venville, 2010; Georgiou vd., 2020; Topçu & Atabey, 2017; Khishfe, 2022) ve bilimin doğasına ilişkin farkındalıklarını artırmalarına katkıda bulunur (Abd-El-Khalick, 2003; Eastwood vd., 2012; Leung, 2022). Ayrıca, fen derslerine karşı olumlu tutum geliştirmelerine de aracılık etmektedir (Lee & Erdogan, 2007; Subiantoro, 2017).

Bilimsel okuryazarlık yalnızca bilgi sahibi olmayı değil, aynı zamanda bilimle ilişkili toplumsal ve bireysel konularda bilinçli ve etik temelli kararlar alabilmeyi de içerir (Sadler, 2004; Zeidler, 2001). Bu bağlamda SBK; bireylerin farklı bakış açılarını anlamalarını, toplumsal meseleleri bilimsel temelde tartışabilmelerini ve bilinçli vatandaşlar olarak toplumsal yaşama etkin katılımlarını destekleyen güçlü bir öğretim aracıdır (Zeidler vd., 2005; Zeidler & Nichols, 2009). SBK'nın eğitim sürecinde yer alması, öğrencilerin bilimsel bilgi ile günlük yaşamları arasında bağ kurmalarına ve gerçek hayattaki karmaşık

problemlere çözüm üretme kapasitelerini geliştirmelerine yardımcı olur (Sadler, 2004; Simonneaux, 2008).

Türkiye’de SBK, 2013 yılında İlköğretim Fen ve Teknoloji Programı’na dâhil edilerek, salt bilgi aktarımının ötesine geçen; sorgulama, tartışma ve çok yönlü düşünmeyi temel alan bir öğretim anlayışının önemi daha görünür hâle getirilmiştir (MEB, 2013). Ancak bu yaklaşımın etkili biçimde uygulanabilmesi, öğretmenlerin güçlü alan bilgisine sahip olmalarını, öğrenci merkezli ve etik temelli tartışma ortamları kurabilmelerini ve süreci tarafsız biçimde yöneten bir kolaylaştırıcı rolü üstlenmelerini gerektirir (Hiğde & Aktamış, 2017; Tezel & Günister, 2018; Karisan & Zeidler, 2017; Gumpert, 2019).

Özetle, SBK yalnızca bilimsel okuryazarlığın gelişimini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda bireylerin toplumsal yaşamda sorumluluk bilinciyle ve bilinçli şekilde karar almalarına katkı sunar. Bu nedenle, SBK’nın fen eğitimi programlarında anlamlı ve sistematik biçimde yer alması; çağdaş dünyanın karmaşık toplumsal sorunlarına duyarlı, eleştirel düşünebilen ve bilinçli bireylerin yetiştirilmesi açısından vazgeçilmez bir gerekliliktir (Sadler, 2004; Zeidler, 2014).

Tarihsel Perspektiften Sosyobilimsel Konular

20. yüzyılın sonlarına doğru, bilim, teknoloji ve toplum arasındaki karşılıklı etkileşimde yaşanan dönüşüm, fen öğretiminde de önemli değişimlere neden olmuştur. Bu süreçte, bilimin yalnızca kendi disiplinine özgü bir bakış açısıyla ele alınmasının yetersiz kaldığı; bunun yerine, teknolojik, çevresel ve toplumsal bağlamlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiği düşüncesi giderek daha fazla kabul

görmüştür (Topçu, 2008; Tezel & Günister, 2018). Bu paradigmatik değişim, fen eğitiminin daha kapsayıcı ve bütüncül yaklaşımlar doğrultusunda yeniden yapılandırılmasına zemin hazırlamıştır.

Bu kapsamda geliştirilen ilk yaklaşımlardan biri, 1980’li yıllarda Kanada’da ortaya çıkan Bilim-Teknoloji-Toplum (BTT) hareketidir. BTT modeli, bilimin sadece teorik bilgi aktarımıyla sınırlı kalmaması gerektiğini; bunun yerine bilimsel bilgilerin sosyal ve teknolojik bağlamda işlenerek öğrenciler açısından daha anlamlı hâle getirilmesini savunmuştur (Yager, 1998). Ancak bu yaklaşım, her ne kadar bilimsel ve teknolojik gelişmelerin toplumsal etkilerine dikkat çekmiş olsa da öğrencilerin günlük yaşantılarındaki deneyimleri merkeze almakta ve öğretim sürecine etik boyutları dâhil etme konusunda sınırlılıklar taşımıştır (Zeidler vd., 2005).

Bu sınırlılıkları aşmak amacıyla geliştirilen Bilim-Teknoloji-Toplum ve Çevre (BTTÇ) yaklaşımı, özellikle etik tartışmalara ve toplumda gündem oluşturan bilimsel meselelere daha çok odaklanmıştır. Ancak bu yaklaşımın da öğretimsel uygulamalarda derinlik kazanamadığı ve sınıf içi pratiklerde yeterince etkili olamadığı yönünde eleştirilerle karşılaştığı bilinmektedir (Zeidler vd., 2005). Ayrıca bazı fen eğitimi uzmanları, BTT ve BTTÇ yaklaşımları arasında belirgin bir fark bulunmadığını ileri sürmüştür.

Bu tartışmaların ışığında geliştirilen SBK yaklaşımı, öğrencilerin bilimi yalnızca soyut bilgi olarak değil; aynı zamanda toplumsal ve bireysel yaşamla ilişkilendirilen, değerlere dayalı bir anlayışla ele almalarını hedeflemiştir. SBK kavramı, ilk kez 1980’lerde akademik yazında yer almış olsa da (Fleming, 1986), güçlü pedagojik

temeller üzerine inşa edilmiş, öğrencilerin hem ahlaki hem de bilişsel gelişimlerini desteklemeyi amaçlayan bir eğitim yaklaşımı olarak esas kimliğine 2000’li yıllarda kavuşmuştur (Zeidler, 2014).

Türkiye’de SBK yaklaşımının etkisi, 2013 yılında uygulamaya konulan Milli Eğitim Bakanlığı Fen ve Teknoloji öğretim programında açık biçimde görülmektedir. Programın temel vizyonu, fen okuryazarlığı yüksek bireyler yetiştirmeyi amaçlamış; öğrencilere bilimin teknoloji ve toplumla karşılıklı ilişkisini anlama becerisi kazandırılması hedeflenmiştir (MEB, 2013). SBK, FTTÇ öğrenme alanı içerisinde özel bir alt başlık olarak programa dahil edilmiş ve hem 2013 hem de 2018 programlarında, öğrencilerin bilimsel düşünme ve değerlendirme becerilerinin geliştirilmesinde SBK’nın kritik rolüne dikkat çekilmiştir (MEB, 2013; MEB, 2018).

Fen Bilimleri Eğitiminde Sosyobilimsel Konulara Güncel Bir Yaklaşım

Günümüzde bilgi ve teknoloji alanlarında yaşanan hızlı gelişmeler, bireylerin bu dönüşüme ayak uydurabilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle fen bilimleri derslerinin işlevi yalnızca kuramsal bilgi aktarmakla sınırlı kalmamış; öğrencileri karmaşık ve çok boyutlu toplumsal problemlere hazırlamak, çözüm üretme kapasitelerini geliştirmek gibi daha geniş bir eğitimsel misyona evrilmiştir (Albe, 2008; Walker & Zeidler, 2007; Kolstø, 2006).

SBK öğretiminin temel hedefi, bireylerin toplumsal konularda bilinçli ve tutarlı kararlar alabilmelerini, bilimsel verileri kullanarak alternatif çözümler üretebilmelerini ve karşılaştıkları problemleri

eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirebilmelerini desteklemektir (Wu & Tsai, 2011; Simonneaux, 2008). Türkiye’deki fen öğretim programlarında da bu doğrultuda, öğrencilerin bilimsel akıl yürütme, değerlendirme ve karar verme becerilerinin geliştirilmesine, bilginin doğasının anlaşılmasına ve bilimsel bilginin gündelik yaşam sorunlarına uygulanabilirliğine özel önem atfedilmektedir (MEB, 2018).

SBK kapsamındaki konular, genellikle toplumun doğrudan ilgisini çeken; GDO, klonlama ve nükleer enerji gibi açık uçlu ve çoğu zaman mutlak bir yanıtı bulunmayan meselelere odaklanmaktadır (Sadler, 2004; Topçu, 2010). Bu tür konular, bilimsel verilere dayansa da içerdiği etik, sosyal ve politik boyutlar nedeniyle çok yönlü değerlendirmelere açık sorun alanları olarak öne çıkmaktadır (Fleming, 1986; Zeidler vd., 2002).

Fen eğitiminde SBK'nın önemi, Fen-Teknoloji-Toplum (FTT) ve Fen-Teknoloji-Toplum-Çevre (FTTÇ) yaklaşımlarının kazandırdığı bakış açılarıyla daha da belirginleşmiştir. Bu yaklaşımlar, öğrencilerin yalnızca akademik bilgi edinmeleriyle yetinmeyip, aynı zamanda yaşadıkları toplumun güncel meseleleriyle yüzleşmelerini ve bu sorunlara yönelik çözüm stratejileri geliştirmelerini hedeflemektedir (Çepni, Bacanak & Küçük, 2003). Eastwood ve arkadaşları (2012) da bir konunun SBK kapsamında değerlendirilebilmesi için hem bilimsel içerikle ilişkilendirilmesi hem de toplumsal anlam taşıması gerektiğini ifade etmektedir.

Bu çerçevede, Tamamlayıcı ve Alternatif Tıp (TAT), GDO, klonlama, nükleer enerji, ekolojik ayak izi ve yapay zekâ (YZ) gibi,

toplumsal etkileri yüksek ve güncelliğini koruyan konular SBK yaklaşımı içerisinde ele alınan örnekler arasında yer almaktadır.

Tamamlayıcı ve Alternatif Tıp (TAT)

TAT, geleneksel ve modern tedavi yöntemlerini kapsayan; bu yaklaşımların tek başına veya konvansiyonel tıpla birlikte kullanılabildiği bütüncül bir sağlık anlayışıdır. Kayne (2009) ve ABD Ulusal Tamamlayıcı ve Alternatif Tıp Merkezi'nin (NCCAM, 2018) tanımlarına göre alternatif tıp, klasik tıbbi yöntemlere bir alternatif sunarken; tamamlayıcı tıp ise bu yöntemleri destekleyici bir nitelik taşımaktadır. Bu uygulamaların bilimsel tıp anlayışıyla iş birliği içinde ve bilimsel temelde kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, yetkin olmayan kişilerce uygulanmaları sağlık açısından ciddi riskler doğurduğundan, yalnızca yasal düzenlemelere uygun şekilde eğitim almış sağlık profesyonelleri tarafından yapılmalıdır (Tekçi, 2017).

TAT, yalnızca biyomedikal bir alan olmayıp, aynı zamanda etik, ekonomik ve kültürel boyutlarıyla da ele alınması gereken çok katmanlı bir sosyobilimsel tartışma alanıdır. Bu karmaşık yapısı, fen eğitiminde öğrencilerin farklı bakış açılarını anlamalarını, eleştirel düşüncelerini ve bilinçli karar alma süreçlerine katılmalarını destekler. Böylece TAT, fen eğitiminde sadece bilimsel bilgi aktarımını değil, aynı zamanda etik muhakeme ve kültürel farkındalık gelişimini de hedefleyen zengin bir pedagojik içerik sunar.

Bu kapsamda, TAT uygulamalarına somut örnek olarak akupunktur ele alınabilir. Kökeni antik dönemlere dayanan ve özellikle Çin başta olmak üzere çeşitli Asya ülkelerinde yaygın olarak kullanılan

akupunktur, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından alternatif tıp yöntemleri arasında kabul edilmiş ve “iğneleme” olarak tanımlanmıştır. Bu yöntemde, vücudun enerji akışını düzenlediği varsayılan meridyenler üzerindeki belirli noktalara iğne, basınç, lazer veya elektro-akupunktur teknikleriyle uyarı uygulanarak iyileşme hedeflenmektedir (Ru-Shu, 1983; WHO, 2002). Uzman kişilerce doğru uygulandığında yan etki riski düşüktür ve çeşitli hastalıkların tedavisinde olumlu etkileri bilimsel çalışmalarla desteklenmiştir. Fen eğitiminde bu tür uygulamalar, öğrencilerin bilimsel verileri analiz etme ve etik ile kültürel perspektiflerden değerlendirme yapma becerilerini geliştirmeleri için önemli pedagojik fırsatlar sunar.

Bitkisel tedavi, TAT'nın en yaygın uygulamalarından biridir. Kolay ulaşılabilirliği ve maliyet avantajı nedeniyle geniş kesimlerce tercih edilmektedir (Malak vd., 2009). Ancak bazı araştırmalar, ilaç endüstrisinin ekonomik çıkarları nedeniyle bitkisel tedavilere yeterince destek vermediğini ve etkinliklerinin zaman zaman bilinçli şekilde göz ardı edildiğini göstermektedir (Ernst, 2005). Bu durum, fen eğitiminde öğrencilerin bilimsel bilgi ile toplumsal çıkarlar arasındaki gerilimleri sorgulaması için önemli bir örnek oluşturmaktadır. Öğrencilerin bu tartışmalara aktif katılımı, bilgi okuryazarlığını ve bilimsel değerlere dayalı karar verme becerisini güçlendirir.

Sülük tedavisi, hacamat ve ozon uygulaması gibi diğer TAT yöntemleri de tarihsel ve kültürel kökleri olan uygulamalardır. Örneğin, sülük tedavisi, İbn-i Sina gibi hekimlerin önerileri doğrultusunda kanın temizlenmesi ve şifa amacıyla birçok kültürde kullanılmıştır (Singh, 2010). Hacamat, geleneksel İslam tıbbında yaygın bir yöntem olup,

vücutta açılan küçük kesiklerden vakum yoluyla kan alınarak toksinlerin atılması hedeflenir. Ozon tedavisi ise, kandan alınan miktarın oksijen ve ozon karışımıyla zenginleştirilip dolaşıma verilmesine dayanır ve mikrobiyal aktiviteyi azaltıcı, bağışıklık sistemini destekleyici etkileri olduğu düşünülmektedir (Özler, Öter & Korkmaz, 2009; Kutlubay vd., 2010).

Sonuç olarak, TAT uygulamaları fen eğitiminde yalnızca bilimsel kavramların öğretimiyle sınırlı kalmayıp, değerler eğitimi, kültürel bilinç, sağlık okuryazarlığı ve etik muhakeme gibi alanlarla da ilişkilendirilebilecek pedagojik fırsatlar sunar. Bu kapsamda öğrenciler, bilimsel bilgiye dayalı sorgulama becerilerini geliştirirken; farklı sosyal aktörlerin görüşlerini tartışma imkânı bularak demokratik katılım, empati ve toplumsal farkındalık gibi temel beceriler kazanırlar.

Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO)

Son yüzyılda dünya nüfusunun hızla artması, tarımsal üretimin artırılmasını zorunlu kılmıştır. “Yeşil Devrim” ile genetik bilimindeki ilerlemeler, daha verimli bitki ve hayvan türlerinin geliştirilmesine imkân tanımış; makineli tarım, kimyasal gübre ve pestisit kullanımı ile modern sulama sistemlerinin yaygınlaşması özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrasında üretimde büyük artışlar sağlamıştır. Hatta bazı gelişmiş ülkelerde bu durum, üretim fazlasına yol açmıştır (Çetiner, 2005).

Modern biyoteknoloji, gen aktarımının doğal yollarla mümkün olmadığı türler arasında gen transferini mümkün kılarak verimi artıran, raf ömrünü uzatan, besin değerini zenginleştiren ve hastalıklara karşı

dayanıklılığı yükselten organizmalar üretmiştir. Günümüzde ticari GDO'ların büyük bölümü, çiftçilere maliyet avantajı sağlamayı hedefler. Örneğin *Bacillus thuringiensis* (Bt) geninin mısır ve pamuğa aktarılması, bu bitkilerin zararlılara karşı direnç kazanmasını sağlayarak ilaç kullanımını azaltmakta; böylece hem üretim maliyetleri düşmekte hem de çevresel etkiler azalmaktadır (Çetiner, 2005).

GDO'lar, artan gıda talebine yanıt verme potansiyeli nedeniyle önemli bir çözüm olarak görülse de sağlık, çevre, etik ve ekonomi alanlarında ciddi tartışmalara konu olmaktadır (Feigenheimer, 2017). Destekleyenler, GDO'ların besin kalitesini artırması, raf ömrünü uzatması, verimi yükseltmesi ve yenilebilir aşı gibi yenilikçi uygulamalara olanak sağlaması gibi avantajları öne çıkarır. Karşıt görüşler ise genetik müdahalelerin ekosistem üzerindeki uzun vadeli etkileri, olası toksik ve alerjen riskler, biyolojik çeşitliliğe zarar verme ihtimali ile kültürel ve etik kaygılar üzerinde yoğunlaşır (Çelik & Balık, 2007).

Bu çok boyutlu tartışma, GDO'ları yalnızca biyolojik değil; toplumsal, ekonomik, etik ve politik yönleriyle ele alınması gereken tipik bir SBK hâline getirmektedir. Fen eğitimi açısından bu durum, öğrencilere bilimsel verileri analiz etme, farklı paydaşların bakış açılarını değerlendirme ve kanıta dayalı kararlar alma becerilerini geliştirme fırsatı sunar. Örneğin sınıf ortamında, GDO'ların avantaj ve riskleri üzerine yapılacak yapılandırılmış münazaralar ya da problem temelli öğrenme etkinlikleri, öğrencilerin eleştirel düşünme, etik muhakeme ve bilim-toplum ilişkisini kavrama becerilerini pekiştirebilir (Sönmez & Kılınç, 2012).

Klonlama ve Kök Hücre Tedavisi

Kök hücreler, organizmada uzun süre boyunca kendini yenileyebilme ve bölünerek farklı hücre türlerine dönüşebilme özelliğine sahip özel hücrelerdir (Kansu, 2002). Henüz farklılaşmamış yapıda olan bu hücreler, sınırsız bölünme potansiyelleri sayesinde bilim dünyasında, tıp alanında ve biyoteknoloji sektöründe büyük bir ilgi odağı hâline gelmiştir. Yapılan araştırmalar, kök hücrelerin insan sağlığını korumada, hastalıkların tedavisinde ve yaşam kalitesini artırmada önemli fırsatlar sunduğunu ortaya koymaktadır (Huri vd., 2015; Antonica, 2015). Özellikle kanser tedavileri, sinir sistemi rahatsızlıkları, organ yetmezlikleri, romatizmal ve metabolik hastalıklar gibi çok farklı alanlarda umut verici çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır (Thiemen & Palladino, 2013).

Klonlama ise DNA dizileri, genler, hücreler veya bir canlının genetik olarak birebir kopyalarının üretilmesi sürecini ifade eder (Lisker, 2003). “Klon” kelimesi Türkçede “kopya” anlamına gelir ve biyolojide, eşeysiz üreme yoluyla genetik olarak tamamen aynı özelliklere sahip hücre veya organizma topluluklarını tanımlar (Seyalioğlu vd., 2007). Bu terim ilk kez Webber tarafından 1903 yılında, ortak bir atadan eşeysiz üreme sonucu oluşan organizma kolonilerini tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Yılmaz & Uçar, 2006).

Kök hücre ve klonlama teknolojileri çoğu zaman birbirini tamamlayan alanlar olarak değerlendirilir. Kök hücreler, kendilerini yenileyip farklı hücre tiplerine dönüşebilme kapasitesine sahipken; klonlama, bu hücrelerin veya genetik materyallerin birebir kopyalarının

retilmesine olanak tanır (Yılmaz & Uçar, 2006). Bu nedenle, klonlama teknikleri hem temel bilim araştırmalarında hem de yenilikçi tıbbi uygulamalarda biyoteknolojinin önemli araçları arasında yer alır (Saliger, 2005).

Bununla birlikte, klonlama bazı hastalıkların tedavisinde ve organ üretiminde faydalı olabilirken, başarı oranlarının düşük olması, süreçte karşılaşılan saēlık riskleri ve doēan klonlarda görülebilen kimlik sorunları gibi etik tartışmalar da gündemdedir. Ayrıca klonların ticari ürün hâline getirilmesi, organ baēıřı amacıyla üretilmeleri veya biyolojik eřitliliēe olası etkileri, sosyoekonomik eēitsizlikler ve biyogüvenlik konuları bakımından önemli kaygılar doēurmaktadır (Elmusa, 2024). Bu durum, konunun yalnızca bilimsel deēil, aynı zamanda sosyobilimsel bir mesele olduēunu gösterir. Çünkü bu teknolojiler, toplumsal deēerler, adalet, bireysel haklar ve etik ilkeler ile doērudan ilişkilidir.

İklim Deēiřikliēi ve Ekolojik Ayak İzi

İklim deēiřikliēinin tarihsel süreçte farklı nedenlerle ortaya ıktıēı bilinmekle birlikte, sanayileşmenin hız kazanmasıyla birlikte insan kaynaklı faaliyetlerin iklim ve ekosistemler üzerinde yarattıēı tahribat bilimsel verilerle ortaya konmuştur (Legget, 2007). Bu noktada ekolojik ayak izi, yalnızca doēal kaynakların bilinçsiz ve aşırı tüketimini göstermekle kalmaz; aynı zamanda bireysel, toplumsal ve kurumsal kararların çevresel etkilerini somut biçimde ortaya koyar. Günlük yaşam tercihleriyle evre üzerinde bıraktıēımız etkinin farkında olunmaması, mevcut alışkanlıkların sorgulanması gerekliliēini

artırmaktadır. Doğanın taşıma kapasitesini aşmayan, sürdürülebilir bir yaşam tarzı bu nedenle kritik önemdedir (Keleş, 2007).

Ekolojik ayak izi teknik tanımıyla; bir bireyin, toplumun veya teknolojinin gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullandığı biyolojik açıdan verimli kara ve su alanlarının küresel hektar (kha) cinsinden ölçümüdür (Keleş, Uzun & Özsoy, 2008). Bu göstergenin temel bileşenleri arasında Tarım Ayak İzi, Otlak Ayak İzi, Karbon Ayak İzi, Balıkçılık Ayak İzi, Orman Ayak İzi ve İnşaat Ayak İzi gibi unsurlar yer almaktadır (WWF, 2012). Son dönemlerde bu listeye radyoaktif ayak izi ve su ayak izi gibi yeni kategoriler de dahil edilmiştir. Bu çeşitlilik, çevre sorunlarının karmaşıklığını ve bu sorunlara yönelik çözümlerin çok boyutlu yaklaşım gerektirdiğini göstermektedir.

Ekolojik ayak izinin en kritik parçalarından biri olan karbon ayak izi, birey veya toplumların faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının, özellikle karbondioksitin miktarını belirler. Bu ölçüm iki ana kategoriye ayrılır: Birincil karbon emisyonları, fosil yakıt kullanımından doğrudan kaynaklanan CO₂ salınımını içerirken; ikincil karbon emisyonları, kullanılan ürünlerin üretimden bertarafa kadar olan yaşam döngüsünde meydana gelen dolaylı emisyonları kapsamaktadır (Atabey, 2013). Wiedmann ve Minx (2008) karbon ayak izini, bireysel ya da kolektif etkinlikler sonucunda atmosfere yayılan toplam karbondioksit miktarı olarak tanımlamışlardır.

Ekolojik ayak izi, doğal kaynakların aşırı kullanımını göstermekle kalmayıp, bu kullanımın bireylerden kurumlara kadar alınan kararlarla nasıl bağlantılı olduğunu da açıklar. Birçok kişi günlük tercihlerinin çevreye etkisinin farkında değildir. Bu nedenle, fen ve

çevre eğitimine ekolojik ayak izi kavramının dahil edilmesi, öğrencilerin sürdürülebilirlik bilincini geliştirmede önem taşır.

Nükleer enerji ve yenilenebilir enerji politikaları

“Nükleer” terimi, İngilizcedeki “nucleus” (çekirdek) kelimesinden türemiş olup atom çekirdeğiyle ilişkili süreçleri ifade eder (Collins-Metro, 1995). 20. yüzyılın başlarında Rutherford, Hans, Strasman, Oppenheimer ve Einstein gibi bilim insanlarının araştırmalarıyla temelleri atılan nükleer enerji, II. Dünya Savaşı’nda Hiroşima ve Nagazaki’ye atılan bombalarla kamuoyunun gündemine girmiştir (Karabulut, 1999).

20. yüzyılın ortalarından itibaren hızla yaygınlaşan nükleer enerji, sadece elektrik üretiminde değil; aynı zamanda bilimsel araştırmalar, tıbbi uygulamalar, tarımda radyasyon kullanımı, gıda sterilizasyonu ve savunma sanayii gibi birçok alanda da kullanılmaktadır (Çetiner & Sunal, 2008). Sera gazı salınımı yapmaması nedeniyle, küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %8’inin önlenmesine katkıda bulunması, nükleer enerjinin çevresel sürdürülebilirlik açısından taşıdığı potansiyeli ortaya koymaktadır (Yim, 2006).

Bununla beraber, sosyobilimsel perspektiften bakıldığında nükleer enerji, toplumsal fayda ile risk algısının kesiştiği karmaşık bir tartışma alanıdır. Radyoaktif atıkların binlerce yıl boyunca çevre ve insan sağlığı için oluşturduğu tehditler; Çernobil ve Fukuşima gibi kazaların yol açtığı geniş çaplı ekolojik ve sosyoekonomik zararlar, bu teknolojinin toplumdaki güvenilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca,

nükleer tesislerin sabotaj, terör saldırısı ve nükleer malzeme kaçakçılığı gibi güvenlik tehditlerine açık olması, enerji politikalarının yalnızca teknik değil, uluslararası güvenlik ve etik perspektiflerden de ele alınmasını gerektirmektedir (Topal-Namlı & Namlı, 2014). Dolayısıyla, nükleer enerji politikalarında çevresel fayda ile güvenlik riskleri arasında hassas bir denge gözetilmelidir.

Yapay zekâ (YZ) ve robot teknolojilerinin toplumsal etkileri

Yapay zekâ (YZ), sanayi, kamu yönetimi, bilimsel araştırmalar ve gündelik yaşamda giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Arama motorları, öneri algoritmaları, sesli asistanlar, otonom araçlar, ChatGPT gibi üretken yapay zekâ sistemleri ve strateji oyunlarında insanüstü performans gösteren yazılımlar bu çeşitliliğin somut örnekleridir (Kaplan & Haenlein, 2019).

YZ, büyük veri setlerini çok hızlı analiz ederek olası riskleri tespit etme yeteneğine sahiptir. Sosyal medya kullanıcılarının sayısındaki hızlı artış, bu platformların giderek insanlar yerine algoritmalar tarafından yönetilmesine neden olmuştur. Bu durum, teknolojiyi daha etik, bilinçli ve toplumsal sorumluluğu önceleyen bir perspektifle ele alma ihtiyacını ortaya koymuştur (Efe, 2022).

Bulut bilişim, nesnelerin interneti, üç boyutlu yazıcılar ve blokzincir gibi teknolojilerle birleşen YZ; ulaşımdan sağlığa, eğitimden tarıma kadar pek çok alanda yenilikçi çözümler sunmaktadır (WEF, 2015). Otonom araçlar, akıllı şehir altyapıları, artırılmış gerçeklik destekli görme sistemleri ve karar verebilen robotlar bu dönüşümün örnekleridir. Savunma alanında zeki radar sistemleri, askeri robotlar ve

savaş simülasyonları; sivil alanda ise sağlık, hukuk ve eğitim uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır (Öztemel, 2020).

Bununla birlikte, YZ'nin toplumsal riskleri göz ardı edilemez. Teknoloji, iyi niyetli ellerde topluma fayda sağlayabilirken, kötü niyetli ellerde ciddi zararlara yol açabilir. Asıl risk kaynağı, teknolojiyi geliştiren ve yöneten insan faktörüdür. Bu nedenle etik değerleri güçlendiren eğitim programları, etkin denetim sistemleri ve farkındalık çalışmaları kritik öneme sahiptir (Öztemel, 2020).

SONUÇ

Günümüzde bilim, teknoloji ve toplum arasındaki ilişki giderek daha karmaşık bir hâl almış; yalnızca bilgi sahibi olmanın yeterli olmadığı, bireylerin bu bilgiyi toplumsal yaşamda etkili biçimde kullanabilecek istidatlar kazanmalarının zorunlu olduğu bir döneme girilmiştir. Bu bağlamda, SBK, fen öğretiminde salt kuramsal bilgi aktarımının ötesine geçerek; öğrencilerin eleştirel düşünme, sorgulama, tartışma ve bilinçli karar verme gibi üst düzey zihinsel beceriler geliştirmelerine katkıda bulunan güçlü bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Bu kitapta ele alınan GDO, kök hücre ve klonlama, nükleer enerji, ekolojik ayak izi ile tamamlayıcı ve alternatif tıp gibi SBK örnekleri; hem bilimsel temellere dayanan hem de toplumsal ve etik boyutlar içeren, çoğunlukla tek bir doğru cevabı bulunmayan karmaşık meselelere örnek teşkil etmektedir. Bu konuların fen eğitiminde yer alması, yalnızca bilimsel bilgi kazandırmayı değil; aynı zamanda

öğrencilerin toplumsal sorunlarda bilinçli, sorumlu ve çok boyutlu düşünebilen bireyler olarak yetişmelerini hedeflemektedir.

Sonuç olarak, SBK; fen eğitimine disiplinler arası bir perspektif kazandıran ve bireylerin toplumsal yaşamda aktif, bilinçli ve sorumlu roller üstlenmelerini kolaylaştıran etkili bir pedagojik araç niteliğindedir. Bu yaklaşımın fen öğretim programlarına anlamlı ve sistematik biçimde dâhil edilmesi; çağın karmaşık sorunlarına duyarlı, eleştirel düşünebilen ve çözüm odaklı bireylerin yetiştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Böylece bilim, yalnızca teorik bir bilgi alanı olmaktan çıkıp; değer temelli, insan odaklı ve toplumsal problemlere çözüm üreten bir alan hâline gelmektedir.

KAYNAKÇA

- Abd-El-Khalick, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms. In *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 41–61). Springer Netherlands.
- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussion on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67–90.
- Antonica, F. (2015). Generation of functional thyroid from embryonic stem cells. In *Thyroid Diseases in Childhood* (pp. 217–229). Springer.
- Atabey, T. (2013). *Karbon ayak izinin hesaplanması: Diyarbakır örneği* (Yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi.
- Aydın, E., & Mocan, D. K. (2019). Türkiye’de dünden bugüne sosyobilimsel konular: Bir doküman analizi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 3(2), 184–197. <https://doi.org/10.35346/aod.638332>
- Carson, K., & Dawson, V. (2016). A teacher professional development model for teaching socioscientific issues. *Teaching Science*, 62(1), 28–35.
- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, Article 100377. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377>
- Collins-Metro. (1995) English Learner’s Dictionary, Metro Kitap Pazarlama, İstanbul.

- Çelik, V., & Balık, D. T. (2007). Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO). *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 13–23.
- Çepni, S., Bacanak, A., & Küçük, M. (2003). Fen eğitiminin amaçlarında değişen değerler: Fen–Teknoloji–Toplum. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 1(4), 7–29.
- Çetiner, M. A., & Sunal, S. (2008). Dünyada nükleer enerji kullanımı ve yeni yaklaşımlar. *21. Yüzyıl Dergisi*, 6, 193–204.
- Çetiner, S. (2005). Türkiye ve dünyada tarımsal biyoteknoloji ve gıda güvencesi: Sorunlar ve öneriler. *GDO Bilgi Platformu*, Sabancı Üniversitesi.
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40(2), 133–148.
- Eastwood, J. L., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., Lewis, A., Amiri, L., & Applebaum, S. (2012). Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289–2315.
- Efe, A. (2022). The impact of artificial intelligence on social problems and solutions: An analysis on the context of digital divide and exploitation. *Yeni Medya*, 2022(13), 247–264.
<https://doi.org/10.55609/yenimedya.1146586>
- Elbahan, M. H., Elbahan, H., & Anılan, B. (2022). Affective tendencies of science teachers in teaching socioscientific issues. *Mimbar*

- Sekolah Dasar*, 9(2), 303–316. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v9i2.45357>
- Elmusa, F. (2024). Klonlama Uygulamaları ve Biyoetik. *Türkiye Biyoetik Dergisi*, 11(1), 28-38.
- Ernst, E. (2005). The efficacy of herbal medicine—an overview. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 19(4), 405–409.
- Feigenheimer, J. P. (2017). *Perceptions and purchase intentions of genetically modified foods by commercial food buyers* (Doctoral dissertation). Northcentral University.
- Fleming, R. (1986). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part I: Social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 677–687.
- Georgiou, M., Mavrikaki, E., Halkia, K., & Papassideri, I. (2020). Investigating the impact of the duration of engagement in socioscientific issues in developing Greek students' argumentation and informal reasoning skills. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 16–23.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1950944>
- Gumpert, M. A. (2019). *An examination of oral argumentation using socioscientific issues among secondary students with disabilities* (Doctoral dissertation). Old Dominion University.
- Hiğde, E., & Aktamış, H. (2017). Fen bilgisi öğretmen adaylarının argümantasyon temelli fen derslerinin incelenmesi: Eylem araştırması. *Elementary Education Online*, 16(1), 89–113.
- Huri, M., Akel, B. S., Karayazga, S., & Özdemir, E. (2015). Hematopoetik kök hücre nakli yapılan hastalarda nöropsikolojik

- fonksiyonların yaşam kalitesine olan etkisinin incelenmesi. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 3(2), 53–58.
- Kansu, E. (2002). Kök hücreleri ve klonlama. *Avrasya Dosyası*, 8(3), 41–50.
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who’s the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15–25.
- Karabulut, Y. (1999). *Enerji kaynakları*. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: A review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139–152. <https://doi.org/10.18404/ijemst.270186>
- Kayne, S. (2009). *Complementary and alternative medicine*. Pharmaceutical Press.
- Keleş, Ö. (2007). *Sürdürülebilir yaşama yönelik çevre eğitimi aracı olarak ekolojik ayak izinin uygulanması ve değerlendirilmesi* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Keleş, Ö., Uzun, N., & Özsoy, S. (2008). Öğretmen adaylarının ekolojik ayak izlerinin hesaplanması ve değerlendirilmesi. *Ege Eğitim Dergisi*, 9(2), 1–14.
- Khishfe, R. (2022). Nature of science and argumentation instruction in socioscientific and scientific contexts. *International Journal of Science Education*, 44(4), 647–673. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2050488>

- Klosterman, M. L., & Sadler, T. D. (2010). Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017–1043.
- Kolstø, S. D. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90(4), 632–655.
- Kutlubay, Z., Engin, B., Serdaroğlu, S., & Tüzün, Y. (2010). Dermatolojide ozon tedavisi. *Dermatoz*, 1(4), 209–216.
- Lee, M. K., & Erdogan, I. (2007). The effect of science–technology–society teaching on students' attitudes toward science and certain aspects of creativity. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1315–1327.
- Leggett, J. A. (2007). Climate change: Science and policy implications. *CRS Report for Congress*.
- Leung, J. S. C. (2022). A practice-based approach to learning nature of science through socioscientific issues. *Research in Science Education*, 52(1), 259–285.
- Lisker, R. (2003). Ethical and legal issues in therapeutic cloning and the study of stem cells. *Archives of Medical Research*, 34(6), 607–611.
- Malak, A. T., Karayurt, Ö., Demir, E., & Yümer, A. S. (2009). Complementary and alternative medicine in cancer patients: Analysis of influencing factors in Turkey. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 10(6), 1083–1087.

- MEB. (2013). *İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi öğretim programı (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- MEB. (2018). *İlköğretim kurumları fen bilimleri dersi öğretim programı*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- NCCAM. (2018). Complementary, alternative, or integrative health: What's in a name? <https://nccih.nih.gov/health/whatisccam> (Erişim tarihi: 01.07.2025)
- Özler, M., Öter, Ş., & Korkmaz, A. (2009). Ozon gazının tıbbi amaçlı kullanılması. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8(1), 50–64.
- Öztemel, E. (2020). Yapay zekâ ve insanlığın geleceği. *Bilişim Teknolojileri ve İletişim: Birey ve Toplum Güvenliği*, 95–112. <https://doi.org/10.53478/TUBA.2020.011>
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socioscientific issues*. Open University Press.
- Ru-Shu, W. (1983). Acupuncture and moxibustion. R, Bannerman, et al., *Traditional Medicine and Health Care Coverage, WHO, Geneva*.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding SSI: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding SSI: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71–93.

- Saliger, F. (2005). Das Verbot des Reproduktiven Klonens nach dem 1. Zusatzprotokoll zum Menschenrechtsübereinkommen. In *1. Türk Alman Tıp Hukuku Uluslararası Sempozyumu* (ss. 153–159).
- Seyahioğlu, İ., Eraslan, B. Ş., Hot, İ., Demircan, Y. T., & Çetin, G. (2007). Klonlamaya genetik, etik ve hukuksal açıdan yaklaşım. *Adli Tıp Dergisi*, 21(2), 31–45.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. In S. Erduran & M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education* (pp. 179–199). Springer.
- Singh, A. P. (2010). Medicinal leech therapy (hirudotherapy): A brief overview. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 16(4), 213–215.
- Sönmez, A., & Kılınç, A. (2012). Preservice science teachers' self-efficacy beliefs about teaching GM foods: The potential effects of some psychometric factors. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 49–76.
- Subiantoro, A. W. (2017). *Promoting socio-scientific issues-based learning in biology: Indonesian students' and teacher's perceptions and students' informal reasoning* (Doctoral dissertation, Curtin University).
- Tekçi, A. (2017). *Araştırma görevlisi hekimlerin geleneksel, tamamlayıcı ve alternatif tıp uygulamaları ile ilgili bilgi ve tutumları* (Tıpta Uzmanlık Tezi). Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Aile Hekimliği Anabilim Dalı.

- Tezel, Ö., & Günister, B. (2018). Sosyobilimsel konu temelli fen öğretimi üzerine Türkiye’de yapılan çalışmalardan bir derleme. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi*, 3(1), 42–60.
- Thieman, J. W., & Palladino, A. M. (2013). *Biyoteknolojiye giriş* (M. Tekeloğlu, Çev.). Palme.
- Topal Namli, T. H., & Namli, S. S. (2014). Nuclear power in Turkey: Pros and cons. *Journal of WEI Business and Economics*, 3(3), 26–38.
- Topçu, M. S. (2008). *Fen öğretmen adaylarının sosyobilimsel konular hakkındaki kritik düşünme yetenekleri ve bu yetenekleri etkileyen faktörler* (Doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Topçu, M. S. (2010). Development of attitudes towards socioscientific issues scale for undergraduate students. *Evaluation and Research in Education*, 23(1), 51–67.
- Topçu, M. S., & Atabey, N. (2017). Sosyobilimsel konu içerikli alan gezilerinin ilköğretim öğrencilerinin argümantasyon nitelikleri üzerine etkisi. *Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 68–84.
- Topçu, M. S. (2019). *Sosyobilimsel konular ve öğretimi* (3. baskı). Pegem Akademi.
- Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387–1410.
- WEF. (2015). *Deep shift: Technology tipping points and societal impact* (A survey report). World Economic Forum.

- WHO (World Health Organization). (2002). Fact Sheet No. 271. Geneva: WHO.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of carbon footprint. In C. C. Pertsova (Ed.), *Ecological economics research trends* (pp. 1–11). Nova Science Publishers.
- Wongsri, P., & Nuangchalem, P. (2010). Learning outcomes between socioscientific issues-based learning and conventional learning activities. *Journal of Social Science*, 6(2), 240–243.
- Wu, Y., & Tsai, C. C. (2011). High school students' informal reasoning regarding a socio-scientific issue, with relation to scientific epistemological beliefs and cognitive structures. *International Journal of Science Education*, 33(3), 371–400. <https://doi.org/10.1080/09500690903505661>
- WWF. (2012). *Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporu*. World Wide Fund for Nature.
- Yager, R. (1998). STS challenges for accomplishing educational reform: The need for solving learning problems. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 18(5), 315–326.
- Yılmaz, O., & Uçar, M. (2006). Kök hücre çalışmaları ve terapötik klonlama. *Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 16(1), 26–31.
- Yim, M. S. (2006). Nuclear nonproliferation and the future expansion of nuclear power. *Progress in Nuclear Energy*, 48(6), 504–524. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2005.10.003>
- Yun, A., Shi, C., & Jun, B. G. (2022). Dealing with socio-scientific issues in science exhibition: A literature review. *Research in Science Education*, 52(1), 99–110.

- Zeidler, D. L. (2001). Participating in program development: Standard F. In D. Siebert & W. McIntosh (Eds.), *College pathways to the science education standards* (pp. 18–22). National Science Teachers Association Press.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research, and practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 697–726). Routledge.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343–367.

21. YÜZYILDA FEN VE MATEMATİK EĞİTİMİNE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR:
KURAMDAN UYGULAMAYA

