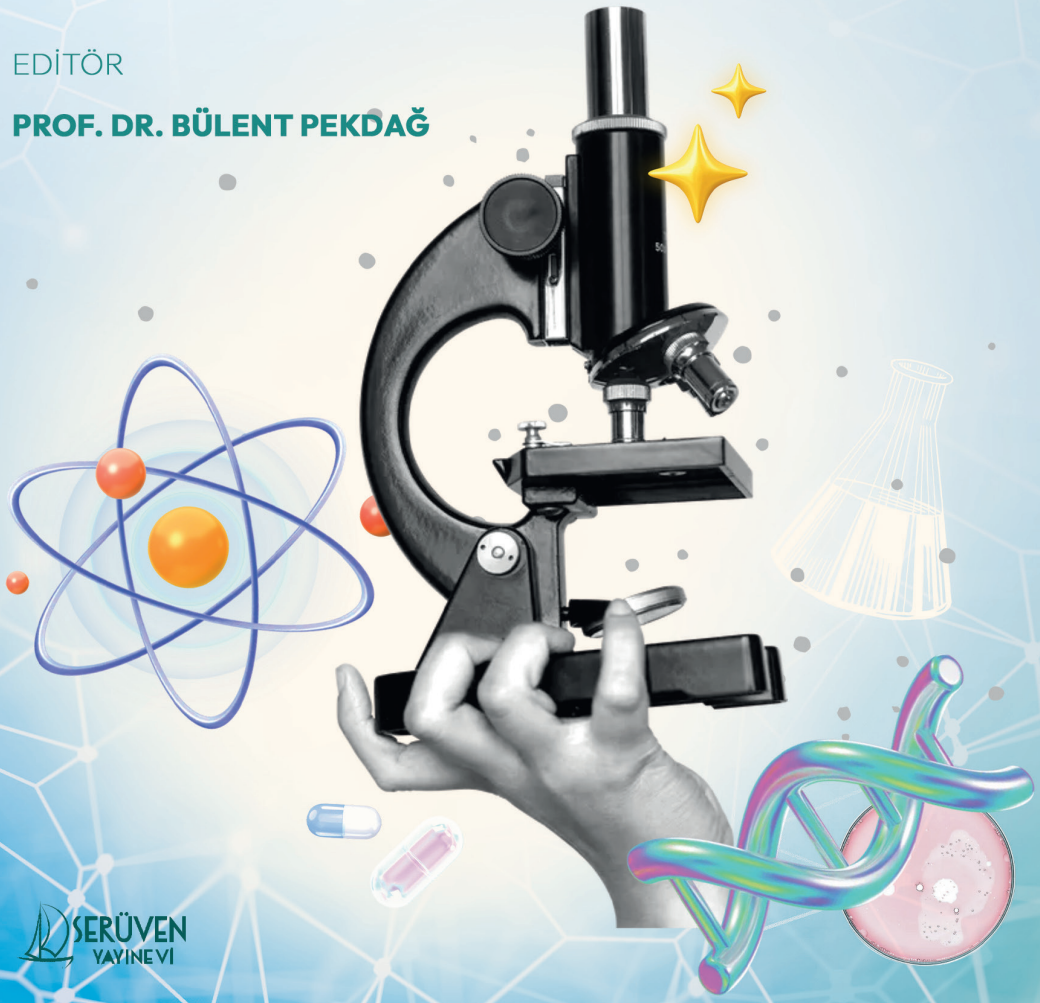
EKİM 2025

FEN BİLGİSİ VE MATEMATİK EĞİTİMİ

ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

EDİTÖR

PROF. DR. BÜLENT PEKDAĞ



SERÜVEN YAYINEVİ

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

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

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2025

ISBN • 978-625-5749-05-5

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.
The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing
Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
Telefon / Phone: 05437675765
web: www.seruvenyayinevi.com
e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume
Sertifika / Certificate No: 47083

FEN BİLGİSİ VE MATEMATİK EĞİTİMİ

ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

EKİM 2025

EDİTÖR **PROF. DR. BÜLENT PEKDAĞ**

SERÜVEN
YAYINEVİ

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1
MEB-BİLSEM OKULLARINDA 7. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME BECERİLERİNİN İNCELENMESİ

Ali ERASLAN ***1***

Onur Ensar TURHAN **1**

BÖLÜM 2
PANDEMİ DÖNEMİNDE UZAKTAN EĞİTİMLE İŞLENEN LABORATUVAR DERSLERİ ÜZERİNE KİMYA EĞİTİMİ PROGRAMI ÖĞRETİM ELEMANLARININ GÖRÜŞLERİ

Aysel AYDIN KOCAEREN ***25***

Selin DENERİ ***25***

BÖLÜM 3
KİMYA EĞİTİMİNDE GÜNCEL KONULAR VE YENİ EĞİLİMLER

Engin MEYDAN ***39***

BÖLÜM 4
BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİNİN FEN BİLİMLERİ DERSİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Kelimetullah GEÇER ***57***

Ayşe KESKİN GEÇER ***57***

BÖLÜM 5
MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN YAPAY ZEKÂ FARKINDALIK DÜZEYLERİ

Nazlı Can KALE ***71***

Serdal BALTACI ***71***

BÖLÜM 6
FEN EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANIMI
Furkan SOKU ***91***
Selin YILDIZ ***91***
Fikriye KIRBAĞ ZENGİN ***91***

BÖLÜM 7
FEN VE KİMYA EĞİTİMİNDE 21. YÜZYILIN PEDAGOJİK ANAHTARI: SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME
Engin MEYDAN ***113***

Bölüm
1

MEB-BİLSEM OKULLARINDA 7. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME BECERİLERİNİN İNCELENMESİ[1]

Ali ERASLAN[2]
Onur Ensar TURHAN[3]

1 Bu çalışma yazarların *'Meb-Bilsem okullarında 7. sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi'* başlıklı tezinden üretilmiştir.

2 Prof. Dr., Ondokuzmayıs Üniversitesi, Eğitim Fak., İlköğretim Matematik Eğitimi ABD. ORCID: 0000-0003-4006-9363
3 Y. Lisans Öğr., Ondokuzmayıs Üniversitesi, Eğitim Fak.
ORCID: 0000-0001-6141-4088

GİRİŞ

Son yıllarda bilim ve teknolojide yaşanan hızlı dönüşüm, toplumların eğitim ve öğretim alanındaki yaklaşım ve uygulamalarını da doğrudan etkilemektedir. Tüm bu değişim ve gelişmeler doğrultusunda eğitimin rolü dönüşmekte ve çağın ihtiyaçlarına uygun biçimde yeniden şekillendirilmektedir. Bu bağlamda analitik düşünme yetkinliğine sahip, karşılaştığı problemlere yaratıcı ve etkili çözümler üretebilen bireyler yetiştirmek, günümüz eğitim anlayışının temel hedeflerinden biri haline gelmiştir (English ve Watters, 2004). Bu kapsamda Eğitimsel Değerlendirme Servisi (Educational Testing Service- ETS, 2007) günümüzün hızla değişen, dijitalleşen ve küreselleşen dünyasında bireylerin başarılı olabilmesi için gerekli olan bilişsel, sosyal-duygusal ve teknolojik becerileri 21. yüzyıl öğrenme becerileri adı altında şu şekilde belirtmiştir: (a) bilginin toplanması ya da hatırlanması, (b) bilgilerin düzenlenmesi ve kontrol edilmesi, (c) bilginin kalitesi, uygunluğu ve kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi ve (d) mevcut kaynaklardan yararlanarak doğru bilginin oluşturulması. Bu beceriler üç ana kategori altında toplanmıştır:

1) *Öğrenme ve yenilik becerileri*: eleştirel düşünme ile problem çözme, iletişim kurma ve iş birliği yapma, yaratıcılık ve yenilik üretme,

2) *Dijital okuryazarlık becerileri*: bilgi okuryazarlığı, medya okuryazarlığı ve bilgi ile iletişim teknolojilerine yönelik okuryazarlık,

3) *Kariyer ve yaşam becerileri*: esneklik ve uyum yetisi, inisiyatif alma ve öz yönlendirme, kültürlerarası ve sosyal etkileşim, üretkenlik ve sorumluluk alma.

Her ne kadar ülkeler bireyleri 21. yüzyıla hazırlama gerekliliği konusunda ortak bir anlayışa sahip olsalar da bu becerilerin nasıl değerlendirilebileceğine dair oldukça sınırlı bilgi bulunmaktadır (Handajani ve diğ., 2018). 21. yüzyıl becerilerinin kazanımı yalnızca bilgi sahibi olmayı değil aynı zamanda günlük yaşamda karşılaşılan durumlar ve problemler karşısında öğrenilen bilgilerin uygulanmasını da gerektirir. Dolayısıyla bireylerden hem kuramsal bilgiye sahip olmaları hem de bu bilgiyi gerçek yaşam içinde kullanabilmeleri beklenmektedir (Şahin, 2019). Bu kapsamda Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) tarafından üç yılda bir uygulanan Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) 15 yaş grubundaki öğrencilerinin modern toplumda yer edinebilmeleri için gerekli olan temel bilgi ve becerilere ne düzeyde sahip olduklarını ölçmeyi hedefleyen bir tür izleme araştırması uygulamaktadır (MEB, 2023). Bu araştırma aracılığıyla öğrencilerin karmaşık problemleri çözme düzeyleri, eleştirel düşünme becerileri ve etkili iletişim kurma yetkinlikleri belirlenmektedir. Elde edilen sonuçlar eğitim sistemlerinin öğrencileri gerçek yaşamda karşılaşabilecekleri güçlüklerle başa

çıkmaya ve gelecekte başarılı bireyler olmaya nasıl ve ne ölçüde hazırladığına dair değerlendirmelere olanak tanımaktadır (MEB, 2023).

Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM)

Toplumların uygarlık düzeyini belirleyen başlıca unsurlardan biri bireye ve eğitime atfettikleri değerdir. Nitelikli insan kaynağını en değerli zenginlik unsuru olarak gören toplumlar bu kaynağı en etkili biçimde değerlendirme yollarını aramaktadır. Bu doğrultudaki çabaların önemli bir bölümü *özel yetenekli bireylerin* erken dönemde tanılanmasına ve bu bireylerin potansiyellerini en üst düzeye çıkarabilecek bir eğitim süreciyle desteklenmesine yönelmektedir (İğci, 2023). *Özel yetenekli bireyler* akranlarına kıyasla öğrenme hızları yüksek olan; yaratıcılık, sanat ve liderlik gibi alanlarda öne çıkan; özel akademik yeteneğe ve soyut düşünme becerisine sahip, ilgi alanlarında bağımsız hareket etmeyi seven ve yüksek düzeyde performans gösterebilen kişilerdir (MEB, 2024a). Bu bireylerin potansiyellerinin doğru biçimde yönlendirilmesi yalnızca bireysel gelişimleri açısından değil aynı zamanda toplumsal kalkınma açısından da kritik bir öneme sahiptir. Özel yetenek erken yaşlarda gözlemlenebilen ve uygun çevresel koşullar sağlandığında gelişimi desteklenebilen bir özelliktir (Yıldırım, 2024). Bu bireylerin rastlantılara ya da şansa bırakılmaksızın topluma katkı sağlayan bireyler olarak yetiştirilebilmesi için erken dönemde tanılanmaları ve yeteneklerine uygun eğitim olanaklarına erişmeleri gerekmektedir (Akarsu, 2001).

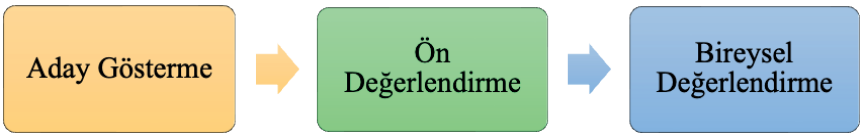
Bu çerçevede pek çok ülkede özel yetenekli bireylerin eğitimi için çeşitli modeller ve uygulamalar geliştirilmiştir. Türkiye'de bu alanda öne çıkan yapılardan biri Bilim ve Sanat Merkezleri'dir (BİLSEM). Söz konusu merkezler genel zihinsel yetenek, resim ve müzik gibi alanlarda özel yetenekli olarak tanılanan öğrencilerin potansiyellerini fark etmelerini, mevcut kapasitelerini geliştirmelerini ve bu yeteneklerini performansa dönüştürmelerini amaçlamaktadır. BİLSEM'ler, öğrencilerin ilkokuldan lise son sınıfa kadar sürdürdükleri örgün eğitim süreçlerini aksatmadan destekleyici eğitim hizmeti sunan özel eğitim kurumlarıdır (Çitil ve diğ., 2018). Bu merkezlerin öncelikli hedefi özel yetenekli bireylerin bilişsel, sosyal, fiziksel ve duygusal özelliklerini saptayarak bu doğrultuda bir eğitim sunmaktır. Bu eğitim aracılığıyla bilgi, teknoloji ve yaratıcı çözümler üretebilen, insanlığın ilerlemesine katkı sağlayan, araştırmacı, özgünlük odaklı, etik ve estetik değerlere sahip geleceğin liderlerini, bilim insanlarını, sanatçılarını ve sporcularını yetiştirmek ve bu doğrultuda özel yeteneklilere yönelik yeni bir eğitim felsefesi geliştirerek toplumda bu konuda farkındalık yaratmaktır (Bilgiç ve diğ., 2021).

Bu kurumlarda öğrencilerin ilgi alanları gözetilerek ders dışı zamanlarda yaratıcı yazarlık, yabancı dil, düşünce eğitimi, güzel sanatlar, akıl ve zekâ oyunları, mekatronik, liderlik, drama, havacılık, astronomi ve uzay bilimleri, yenilenebilir enerji, arkeoloji, şehir kültürü gibi çeşitli alanlarda zenginleştirilmiş

programlar sunulmaktadır. Türkiye genelinde faaliyet gösteren 394 merkezde genel zihinsel yetenek alanında 88.362, görsel sanatlar alanında 8.877 ve müzik alanında 7.185 olmak üzere toplam 104.424 özel yetenekli öğrenci eğitim almaktadır (MEB, 2024a).

BİLSEM-Öğrenci Tanılama Süreci

BİLSEM'lere öğrenci kabul süreci üç aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar aday gösterme süreci, ön değerlendirme uygulaması ve bireysel değerlendirme uygulaması şeklindedir.



Aday gösterme aşaması öğrencinin kayıtlı olduğu okulda sınıf öğretmenlerinin başlattığı bir süreçtir. Birinci, ikinci ve üçüncü sınıf öğretmenleri akranlarına kıyasla genel zihinsel, resim veya müzik yetenekleriyle öne çıkan öğrenciler için gözlem formu doldurarak adayları belirler. Ardından okul müdürünün başkanlığında, müdür yardımcıları, rehber öğretmen/psikolojik danışman ve ilgili sınıf öğretmenlerinden oluşan bir komisyon öğretmenlerin doldurduğu formları detaylı şekilde inceleyerek aday gösterilecek öğrencileri kesinleştirir. Bu aşamada onaylanan öğrenciler bir sonraki ön değerlendirme sürecine yönlendirilir (MEB, 2024b). *Ön değerlendirme* aşamasında İl Millî Eğitim Müdürlüğü bünyesinde il millî eğitim müdürü veya yardımcısının başkanlığında özel eğitim ve rehberlik hizmetlerinden sorumlu şube müdürü ile BİLSEM ve RAM müdürlerinin de yer aldığı 4-7 kişilik bir komisyon belirlenen okullarda ve kurumlarda elektronik ortamda tablet bilgisayarlar üzerinden yürütülen ön değerlendirme uygulamalarını yönetir. Uygulamalar tamamlandıktan sonra Bakanlıkça belirlenen puanları geçen öğrenciler yetenek alanlarına göre bir sonraki aşama olan bireysel değerlendirme uygulamalarına alınır (MEB, 2024b).

Genel zihinsel yetenek alanındaki *bireysel değerlendirme* uygulamaları Rehberlik ve Araştırma Merkezleri'nde (RAM), resim ve müzik yetenek alanlarındaki *bireysel değerlendirme* uygulamalar ise BİLSEM de yürütülmektedir. Bireysel değerlendirme aşamasında genel zihinsel yetenek alanı için psikometrik ölçme araçlarından Bakanlıkça belirlenen test bataryaları kullanılmaktadır (MEB, 2024b). Bu değerlendirme sırasında öğrencilerin zihinsel potansiyellerini daha ayrıntılı bir şekilde analiz etmek amacıyla Bakanlık tarafından belirlenen zekâ ölçekleri uygulanır (Yıldırım, 2024). Resim ve müzik yetenek alanlarındaki değerlendirmeler ise Bakanlık tarafından tanımlanan ölçütler doğrultusunda gerçekleştirilir (MEB, 2024b). Resim alanında öğrencilerin yaratıcı düşünme, kompozisyon

becerileri ve teknik yeterlilikleri; müzik alanında ise işitme, ritim duygusu ve seslendirme gibi yetenekleri detaylı bir şekilde değerlendirilir (Yıldırım, 2024). Bu aşamaları başarıyla tamamlayan ve özel yetenekli olarak tanılanan öğrenciler örgün eğitime devam ettikleri okulların kayıt bölgelerinde bulunan BİLSEM'lerde eğitim alma hakkı kazanırlar (MEB, 2024b).

BİLSEM-Eğitim Programları

BİLSEM'lerde yürütülen eğitim ve öğretim faaliyetleri öğrencilerin yeteneklerini tanımalarını, geliştirmelerini ve bu yetenekleri etkili bir şekilde kullanmalarını desteklemeyi amaçlayan beş temel programdan oluşmaktadır. Bu programlar Uyum Programı, Destek Eğitim Programı, Bireysel Yetenekleri Fark Ettirme Programı (BYF), Özel Yetenekleri Geliştirme Programı (ÖYG) ve Proje Üretimi ve Yönetimi Programı şeklindedir (MEB, 2024c). BİLSEM'de yürütülen bu eğitim-öğretim programları ilgili sınıf ve branş öğretmenlerinin rehberliğinde, öğrenci merkezli, disiplinler arası ve bireysel öğrenmeye uygun bir yapıda hazırlanmaktadır. Programlar öğrencilerin ilgi, yetenek ve potansiyellerine göre farklılaştırılıp zenginleştirilebilmektedir. Amaç öğrencilerin problem çözme, karar verme ve yaratıcılık gibi üst düzey zihinsel, sosyal, kişisel ve akademik becerileri, ileriki yaşamlarında kullanabilecekleri şekilde kazanmalarını sağlamaktır (MEB, 2024c). Bu programların planlama, uygulama ve değerlendirme aşamaları; öğrencilerin yaparak yaşayarak öğrenen, gerçek yaşam problemlerine çözüm üreten, yaratıcı düşünebilen, çevresi ile iletişim kurabilen, bilimsel araştırma ve buluş yapabilen bireyler olarak yetiştirilmelerini sağlayacak şekilde yürütülmektedir (MEB, 2024c).

Matematiksel Modelleme ve Özel Yetenekli Öğrenciler

Özel yetenekli birey yaşıtlarına göre daha hızlı öğrenen, yaratıcılık, sanat ve liderlik alanlarında akranlarından önde olan, özel akademik yeteneğe sahip, soyut fikirleri anlayabilen, ilgi alanlarında bağımsız hareket etmeyi seven ve yüksek düzeyde performans gösteren kişi olarak tanımlanmaktadır (MEB, 2024a). Bu doğrultuda özel yetenekli öğrencilerin bilişsel ve yaratıcı potansiyellerini en iyi şekilde ortaya çıkarabilmeleri için matematik eğitimi kritik bir önem taşımaktadır. Bilim ve Sanat Merkezlerinde matematik öğretimi, özel yetenekli öğrencilere yönelik olarak daha derinlemesine ve yaratıcı öğrenme fırsatları sunacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu kapsamda öğrencilerin bireysel yeteneklerini en üst düzeye çıkaracak etkinliklerle çalışmaları hedeflenmekte ve bilimsel düşünceler ışığında problemlere çözüm üretebilen ve yeni fikirler geliştirebilen lider, yaratıcı bireyler yetiştirmek esas alınmaktadır (Kargın, 2024). Bu kapsamda matematik öğretiminde kullanılan yaklaşımlar öğrencilerin, analitik düşünme, problem çözme ve yaratıcı becerilerin gelişimini desteklemeyi amaçlamaktadır. Özel yetenekli öğrencilerin sahip oldukları potansiyeli en verimli şekilde kullanabilmeleri ve

bu potansiyeli daha ileri taşıyabilmeleri için onlara uygun etkinlikler sunulması gerekmektedir (Kargın, 2024). Geleneksel yöntemler ve klasik problem çözme etkinlikleri, öğrencilerin matematiksel bilgisini günlük yaşama taşıma ya da üst düzey düşünme becerilerini geliştirmede kimi zaman yetersiz kalabilmektedir (Mousoulides ve diğ., 2006). Bu çerçevede matematiksel modellemenin özel yetenekli öğrencilerin eğitiminde önemli bir rol oynayabilir. Matematiksel modelleme, gerçek yaşamdan alınan bir problem durumu üzerinden bireyin analiz, sentez ve yorumlama gibi üst düzey bilişsel becerileri kazanmasına ve kullanmasına olanak tanıyan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Swetz ve Hartzler, 1991). Bu tanımdan hareketle modelleme etkinlikleri özel yetenekli öğrencilerin matematiksel düşünme süreçlerini derinleştiren bir araç olarak ele alınabilir. Matematiksel modelleme etkinlikleri sorgulama, eleştirel düşünme ve problem çözme süreçlerini bir araya getiren bir yaklaşım sunmaktadır. Bu etkinliklerde öğrenciler, gerçek yaşam durumlarından elde ettikleri verileri matematiksel bir çerçevede yeniden yapılandırarak süreç boyunca karşılaştıkları zorluklar doğrultusunda çözümler üretirler (Şengil Akar, 2023). Model oluşturma etkinliklerinin hedefi öğrencilerin, matematiksel düşünceleri ve süreçleri kavramsallaştırmada yararlı olabilecek modelleri geliştirmelerine imkân sağlayarak onların problem durumuyla ilgili anlayışlarını yansıtmalarına yardım etmektir (Lesh ve Doerr, 2003).

Bu anlayış doğrultusunda matematik eğitimi alanında tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de matematiksel modellemeye yönelik çalışmalar büyük ilgi görmektedir (Ozulu, 2021; Şahin ve Bedir, 2024; Sağıroğlu, 2018; Şahin ve Eraslan, 2017a, 2017b; Kertil, 2008; Şahin ve Eraslan, 2019; Doruk, 2010; Şahin ve Eraslan, 2016a, 2016b, 2016c; Dedebaş, 2017; Eraslan ve Şahin, 2018; Duman, 2019; Eraslan ve Şahin, 2024; Kalaycı, 2017). Buna karşın Bilsem gibi *özel yetenekli öğrencilere* yönelik bu alanda gerçekleştirilen araştırmalar oldukça sınırlıdır. Özel yetenekli öğrencilere yönelik olarak yalnızca Şengil Akar'ın (2017) model oluşturma etkinlikleri aracılığıyla öğrencilerin bireysel ve grup hâlinde matematiksel yaratıcılıklarını incelemeye yönelik bir çalışmasına ulaşılmıştır. Ancak bu araştırmada da öğrencilerin modelleme süreçleri doğrudan incelenmemiştir. Alan yazındaki bu boşluğu doldurmak amacıyla yapılan bu çalışma BİLSEM'de öğrenim gören 7. sınıf öğrencilerinin model oluşturma süreçleri incelenmekte ve eğer varsa bu süreçlerde karşılaştıkları güçlükleri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Böylelikle ilk kez özel yetenekli öğrencilerin doğrudan matematiksel modelleme becerilerine hakkında daha zengin ve derinlikli bir bilgi sağlanmış olacaktır.

YÖNTEM

Bu çalışma MEB-BİLSEM 7. sınıf öğrencilerinin model oluşturma süreçlerinin incelenmesi ve varsa bu süreçte öğrencilerin karşılaştıkları zorlukları belirlemeyi amaçlayan nitel bir çalışmadır. Araştırmanın deseni

en genel anlamda bir grup veya olayı kendi sınırları içerisinde derinlemesine inceleme ve analiz etme olarak tanımlanan *durum (case study)* çalışmasıdır. Durum çalışması bir veya birkaç durumu kendi sınırları içinde (ortam, zaman, vb.) bütüncül olarak analiz etme yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Bu araştırma da özel olarak bir BİLSEM okulunun bir şubesindeki sekiz öğrencinin iki ayrı odak grup içinde incelenerek karşılaştırılmasını içeren çoklu durum çalışması kullanılmıştır.

Araştırma Grubu

Araştırma Karadeniz bölgesinin bir büyük şehrin sınırları içerisinde yer alan Millî Eğitim Bakanlığına bağlı bir Bilim ve Sanat Merkezinde (MEB-BİLSEM) gerçekleştirilmiştir. Bu okul seçiminde amaçlı örnekleme yöntemlerinden *kolay ulaşılabilir örneklem* (*convenience sampling*) yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın gerçekleştirildiği Bilim ve Sanat Merkezinde yaklaşık 900 öğrenci öğrenim görmektedir. Toplam 31 öğretmenin görev yaptığı merkezde bu öğretmenlerden birisi ilköğretim matematik öğretmeni olup ortaokul öğrencilerine matematik atölyesinde eğitim vermektedir. Matematik atölyesinde katılan 7. sınıf öğrencilerinin toplam mevcudu 39 olup beş şubeden oluşmaktadır. Araştırmanın katılımcıları, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında matematik atölyesine katılan beş şube arasından *ölçüt örnekleme* yöntemiyle seçilen bir şubeden oluşmaktadır. Bu şubenin araştırma grubu olarak belirlenmesinde aşağıdaki ölçütler kullanılmıştır:

1) Öğrencilerin güncel Özel Yetenekleri Geliştirme (ÖYG) programı kapsamında eğitim-öğretim faaliyetlerine devam ediyor olmaları,

2) Sınıf mevcudunun grup çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülmesine elverişli olması,

3) Öğrencilerin araştırmaya gönüllü olarak katılım göstermeleri ve iletişime açık olmaları,

4) Sorumluluk bilinci gelişmiş bireyler olmaları

Ön Çalışmalar ve Uygulama Süreci

Araştırmanın yapılabilmesi için daha önce modelleme deneyimi olmayan sekiz öğrenciye her hafta ve iki ders saati (80 dakika) boyunca düzenli olarak ön uygulama yapılmıştır. Öğrenciler ile araştırmacı arasında güvene dayalı bir iletişimin oluşması amacıyla araştırmacı ön uygulamalar öncesinde iki haftalık bir süreçte derslere katılarak öğrencilerle birlikte etkinliklerde aktif şekilde yer almıştır. Devamında öğrencilere model oluşturma etkinlikleri nedir, neden önemlidir ve bu süreçte grup çalışmalarının rolü hakkında bilgi vermek amacıyla bir sunum gerçekleştirilmiştir. Sunumda ayrıca öğrencilerle matematiğin günlük hayat ile ilişkisi üzerine tartışılmış, özel örnekler veril-

miş ve rutin matematik problemlerinden farkı vurgulanmıştır. Ön uygulamada öğrencilerden dört kişiden oluşan iki grup oluşturmaları istenmiştir. Ön uygulama süreci boyunca araştırmacı öğrencilere yönlendirme olmaksızın sadece rehberlik yapmıştır. Ayrıca tüm bu süreçte atölye öğretmeni de sınıfta gözlemci olarak bulunmuş ve sürece herhangi bir müdahalede bulunmamıştır. Etkinliklerin gerçekleştirilmesi esnasında öğrencilerin gereksinim duyabileceği düşünülen kâğıt, kalem, cetvel, hesap makinesi gibi materyaller öğretmen masası üzerinde hazır bulundurulmuştur. Dört hafta boyunca öğrencilere farklı model oluşturma etkinlikleri uygulanmış ve üzerinde beraberce çalışmaları istenmiştir. Etkinlikler aracılığıyla öğrencilerin veri tablolarını okuyabilme, verileri toplama ve analiz etme, uygun biçimlerde temsil edebilme, analiz edilen veriler doğrultusunda yazılı rapor oluşturabilme, grupla iş birliği içerisinde çalışabilme ve sürecin sonunda geliştirdikleri modelleri yazılı ve sözlü olarak diğer gruplarla paylaşabilme becerilerini geliştirmeleri amaçlanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Ön çalışmanın ardından asıl uygulamada Lesh ve Lehrer (2000) tarafından geliştirilen ve Eraslan ve Şahin (2023) tarafından Türkçeye uyarlanan *Yaz İşi Problemi* kullanılmıştır. Yaz İşi Problemi geleneksel problemlerin aksine öğrencilerin farklı çözüm yolları üzerinde çalışarak farklı sonuçlara ulaşabileceği rutin olmayan bir model oluşturma etkinliğidir. Bu modelleme etkinliğinde birbirinden bağımsız iki değişken olan *çalışma süresi* ve *kazanılan paraya* ait üç ayrı zaman dilimindeki müşteri yoğunluk düzeyleri ve bu düzeylere göre dokuz satış elemanının performansları bulunmaktadır.

Veri Toplama Yöntemi

Bu araştırmada veriler *odak grup görüşmeleri* yardımıyla toplanmıştır. Odak grup görüşmesi bir grubun belirli bir konu üzerindeki tartışmalarını, süreç içerisindeki çeşitli bakış açılarını ve düşünme süreçlerini gözlemleme olanağı sağlar (Glesne, 2013). Odak grup görüşmeleri birebir yapılan görüşmelerin aksine, öğrencilerin hem kendi düşüncelerini ifade etmelerine hem de grubun diğer üyelerinin düşüncelerini öğrenme ve geliştirme fırsatına sahip olmalarını sağlar. Bu süreç katılımcılara diğer bakış açılarını değerlendirme olanağı sunarak, farklı ve yeni verilere ulaşılmasına olanak tanır (Patton, 2002).

Verilerin Analizi

Bu araştırmada veriler odak grup görüşmesiyle toplanarak öğrencilerin *Yaz İşi Problemine* ilişkin çözümü sırasında ortaya koydukları matematiksel düşünceler, modeller, çözüm önerileri ve yazılı cevapları betimsel analiz yöntemiyle çözümlenmiştir. Betimsel analizde elde edilen veriler daha

önceden belirlenen temalara göre özetlenir ve yorumlanır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Veriler araştırma sorularının ortaya koyduğu temalara göre düzenlenebileceği gibi görüşme ve gözlem süreçlerinde kullanılan sorular ya da boyutlar ele alınarak da sunulabilir.

Geçerlik ve Güvenirlik

Bilimsel araştırmalarda sonuçların inandırıcılığı en temel ölçütlerden biri olarak kabul edilmektedir. *Geçerlik* **ve** *güvenirlik* bu açıdan araştırmalarda en yaygın olarak kullanılan iki ölçüttür. Lincoln ve Guba (1985) nicel araştırmalarda geleneksel olarak kabul gören geçerlik ve güvenirlik kavramlarını nitel araştırmaların doğasına uygun olabileceğini düşündükleri alternatif kavramlarla yapmaktadırlar (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Yapılan bu araştırmada güvenirlik ve geçerlik uzun süreli etkileşim, derin odaklı veri toplama, üçgenleme (triangulation), uzman incelemesi ve ayrıntılı betimleme yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Birinci Odak Gruba İlişkin Bulgular

Birinci odak grup çalışmasında yer alan öğrencilerin Yaz işi Problemi üzerinde çalışırken tartışma ve yazılı işlemler yoluyla ortaya koydukları modelleme süreçleri gerçekleştiği sırada aşağıda sunulmuştur. Grup içinde yer alan öğrencilere gerçek olmayan Aslı, Aleyna, Dilan ve Esin isimleri verilmiştir.

Model Oluşturma Süreçleri

Problemi Anlama ⟷ Model Oluşturma

Gruba Yaz İşi problemi ile veri tablosu verilmiş ve üzerinde çalışmaları istenmiştir. Öğrenciler etkinlik kağıtlarını sessizce okuyup veri tablosunu inceledikten sonra aralarında aşağıdaki şekilde bir konuşma gerçekleşmiştir.

Esin: *Ortalama alalım mı? Geçen yapmıştık ya? Şunların (tablodaki kişilerin çalışma saatlerini ve kazançlarını göstererek)*

Aleyna: *Ben şunu anlamadım. Çok yoğun 12 buçuk, orta yoğun 15 (Gizem'in haziran ayındaki çalışma saatleri)*

Dilan: *Ner[e]den karşılaştırabiliriz?*

Esin: *Ortalamalarını*

Dilan: *Hayır, ner(e)den. Yani, önce çalışma süreleri mi yoksa kazançlarını mı?*

Esin: *Fark etmez bence*

Aleyna: *O zaman şöyle yapalım, bunların (kişilerin kazançlarını göstererek) ortalamasını alalım, bunların (kişilerin çalışma sürelerini göstererek) ortalamasını alalım.*

Yukarıda Esin *ortalama alma* yöntemini uygulayabilmek için arkadaşlarının fikirlerine başvurmaktadır. Öğrenciler etkinlikte belirtilmiş olan tam zamanlı ve yarı zamanlı olarak çalışabilecek satış elemanlarını birbiriyle karşılaştırmak için verilerin ortalamasına ihtiyaç duyulduklarını belirleyip önce satış elemanlarının *kazançlarının* ardından da *çalışma sürelerinin* ortalamasının hesaplamaları gerektiğini belirlemişlerdir.

Model oluşturma

Öğrenciler satış elemanlarının *aylık çalışma sürelerini* ve *kazanç miktarlarını* yoğunluk düzeylerine göre toplayıp liste yaptıktan sonra kişilerin performanslarını analiz etmek için model oluşturma sürecine geçmişlerdir. Bu kısımda gruptaki öğrencilerden Esin'in daha önceki süreçlerde yapmış olduğu tam zamanlı çalışan listesindeki kişiler dikkate alınmamış olup süreç aşağıdaki şekilde yeniden başlamıştır:

Esin: *Bunları 6 kişilik yap[a]ca[ğı]z, 9 kişi var*

Aleyna: *Eee şimdi n[e] [y]ap[a]ca[ğı]z?*

Esin: *3 kişiyi el[eye]ice[ği]z*

Esin: *Önce elesek mi kimleri almayalım?*

Dilan: *Bence şimdi Ayten'e pek bi[r] ihtiyacımız yok gibimsi*

Aleyna: *Ama bak çok yoğunda 75 saat çalışmış*

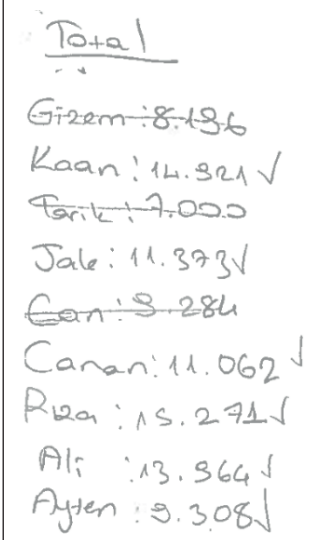
Esin: *Parası da fena değil*

Dilan: *Ee hangisini el[eye]ice[ği]z o zaman? Kalmıyo[r] ki*

Gruptaki öğrencilerden Esin dokuz kişi olan satış elemanlarını altı kişi yapmak için *"Önce elesek mi kimleri almayalım?"* şeklindeki ifadesiyle üç kişiyi elemeyi önermiştir. Bunun üzerine Dilan çalışan listesinde bulunan Ayten'i eleme düşüncesini arkadaşlarıyla paylaşmıştır. Diğer öğrenciler Ayten'in çalışma süresine ve kazandığı para miktarına dikkat çekerek itirazda bulunmasının ardından satış elemanlarını eleme konusunda sorun yaşayan öğrenciler bu eleme bölümünü geçiştirip *tam zamanlı* ve *yarı zamanlı* kavramları üzerine yeniden tartışmaya başlamışlardır.

Matematik Kullanımı

Tam zamanlı ve *yarı-zamanlı* satış elemanlarını belirlemek amacıyla kullanılması gereken verilerin satış elemanlarının *toplam kazançları* olduğunu belirleyen öğrencilerin toplam kazançları hesaplamaya yönelik konuşmaları aşağıdaki şekilde gelişmiştir.

Aslı: *2117 artı 3270 (Gizem'in farklı yoğunluklardaki toplam kazançları)* **Aleyna:** *Ben sana söylerim. 3270, 2749 (Gizem'in farklı yoğunluklardaki toplam kazançları)* **Dilan:** *8196 (Gizem'in farklı yoğunluklardaki toplam kazançlarının toplamı)* **Aleyna:** *9586, 3740, 1595 (Kaan'ın farklı yoğunluklardaki toplam kazançları)* **Dilan:** *14921 (Kaan'ın farklı yoğunluklardaki toplam kazançlarının toplamı)* **Aleyna:** *3498, 2277, 1225 (Tarık'ın farklı yoğunluklardaki toplam kazançları)* **Dilan:** *7000 (Tarık'ın farklı yoğunluklardaki toplam kazançlarının toplamı)* **Aleyna:** *4669, 4132, 2572 (Jale'nin farklı yoğunluklardaki toplam kazançları) ...*	

Öğrenciler yukarıdaki alıntılarda satış elemanlarının toplam kazançlarını belirlerken Dilan hesap makinesi yardımıyla sayıları toplama işlemini gerçekleştirmiş, Aleyna ise toplanması gereken sayıları Dilan'a sesli olarak okumuştur. Aslı ise elde edilen verilerle yeni bir liste oluşturmuştur. Öğrencilerin bu kısımda hesaplamış oldukları satış elemanlarının toplam kazançlarını gösteren liste yukarıdaki tabloda gösterilmiştir.

Sonucu Açıklama

Sonucu açıklama sürecine başlayan öğrenciler mektup taslağı hakkında konuşurken hiçbir gruba dahil edilmeyen satış elemanlarının üzerini çizmiş (Gizem, Tarık ve Can) ve belirledikleri *tam ve yarı zamanlı* satış elemanlarını aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir.

Esin: *Bence de mektuba geçelim artık* **Aslı:** *Elenenleri de yazmama gerek var mı? Yok bence* **Aleyna:** *Direkt üstünü çiz* **Esin:** *Ne diyoruz? Sayın Levent Bey dedim. Neyle başlayalım?* **Aslı:** *Zaman da bakmamıza gerek var mı?* **Esin:** *Para daha önemli gibi* **Aslı:** *Bizden istenen şey zaten en çok para kazanan elemanı almak bence para yeter?* **Esin:** *Tekrar okuyalım alt tarafı…* **Aleyna:** *Kazandığı para miktarı..(soru yönergesini yeniden okuyarak)*	Full Time Rıza Kaan Ali Part Time Canan Jale. Ayten

İkinci Odak Gruba İlişkin Bulgular

İkinci odak grup çalışmasında yer alan öğrencilerin *Yaz işi Problemi* üzerinde çalışırken yapılan tartışma ve yazılı işlemleri gerçekleştiği sırada aşağıda sunulmuştur. Grup içinde yer alan öğrencilere gerçek olmayan Cem, Kenan, Samet ve Yunus isimleri verilmiştir.

Model Oluşturma Süreçleri

Problemi Anlama

Öğrenciler kendilerine verilen model oluşturma etkinliğinde bulunan soru yönergesini ve veri tablosunu okuduktan sonra Yunus süreci araştırmacıya bir soru sorarak aşağıdaki gibi başlatmıştır:

Yunus: *Hocam bu çok yoğun, orta yoğun, düşük yoğun ne?*

Araştırmacı: *Müşteri yoğunluğu*

Yunus: *Hee. Günlük mü maaş alıyo[r] bunlar? (Samet bilmiyorum anlamında kafa salladı) 3 ay karşılaştır[a]ca[ğı]z (soruyu incelerken mırıldandı)*

Samet: *Part time, full time neye göre şe[y] yap[a]ca[ğı]z. Part time kaç saat oluyo[r], full time kaç saat oluyo[r]?*

Kenan: *6 tane şey al[a]cak her[h]alde, 6 tane eleman al[a]cak. 3'ü tam gün çalış[a]cak*

Yunus: *Ee hocam bu çalışanların ıı fiyatlar şey, dükkâna kazandırdığı fiyatlar mı yoksa ödenen fiyatlar mı? Kişiye ödenen fiyatlar mı?*

Araştırmacı: *Hayır bunlar çalışanın getirdiği getiriler, yani dükkânın kazancı aslında bunlar*

Yunus: *58 saat çalışmış (tabloyu incelerken Rıza'nın ağustos ayındaki orta yoğunda çalıştığı saati mırıldandı)*

Yukarıda öğrencilerin öncelikle etkinlikte yer alan temel kavramları anlamlandırmaya çalıştıkları görülmektedir. Bu aşamada Yunus'un etkinlikte yer alan yoğunluk düzeylerini anlamlandıramadığı ve problemde yer alan *toplam kazançları* ifadesini *"dükkâna kazandırdığı fiyatlar mı yoksa… kişiye ödenen fiyatlar mı?"* şeklinde sorular sorarak araştırmacıdan destek almaya çalışmaktadır.

Model oluşturma ⟷ Problemi Anlama

Gruptaki öğrencilerin problem metnini ve tablodaki verileri inceledikleri sırada Yunus bir model geliştirmek amacıyla süreci aşağıdaki gibi başlatmış ve aralarında şu şekilde bir tartışma gelişmiştir:

Yunus: *Şimdi şey mi yapalım? En çok kazandıranları full time a mı koyalım?*

Kenan: *En az saatle en yüksek kazandıranları. Mesela bur[a]da en yüksek kazandıran kim?*

Yunus: *Ya da…*

Kenan: *2200 Rıza. Rıza 26 buçuk çalışmış (Rıza'nın haziran ayındaki verileri). Çok çalışarak, çok almış, az çalışıp daha fazla para getirenler daha iyi oluyo[r]*

Bu kısımda Yunus *kazançları yüksek* olan satış elemanlarının *tam zamanlı* olarak çalışması gerektiğini savunurken Kenan ise bu görüşe katılmamış ve satış elemanlarından *kısa sürede yüksek kazanca* sahip olanlarının *tam zamanlı* olarak çalışması gerektiğini savunmuştur. Ayrıca durumu açıklamak amacıyla satış elemanlarından Rıza'yı örnek göstermiştir.

Matematik Kullanımı

Öğrenciler bu kısımda matematiksel işlemleri gerçekleştirirken başlangıçta kâğıt ve kalem kullanmayı tercih etmiş sürecin devamında ise akıllı telefonlarında bulunan hesap makinesinden faydalanmışlardır. Aşağıda öğrencilerin yapmış oldukları görev dağılımı ve matematiksel işlemlere yer verilmiştir.

Samet: *Tamam 4 kişiyiz, 9 kişi var, herkes 2 kişi yapsın. Son bir taneyi de yaparız işte boş ver. Görev dağılımını yapıyorum*

Samet: *Bak tamam mı? Bekle bekle bekle bekle. Şimdi. Şimdi Gizem ve Kenan bende, tamam mı? Gizem ve Kaan bende*

Cem: *Tarık ve Jale'yi bana ver*

Samet: *Tamam. Tarık ve Jale, Cem'de. Yunus da, Can ve Canan. Rıza'yla Ali'yi de şeye veri[e]ce[ği]z... başka kim var?*

Samet: *Kenan'a ver[e]ce[ği]z tabi ki de. Tamam Rıza ve Ali'de Kenan'da. Eee Ayten'[i] de hallederiz, boş verin Ayten'i. Şimdi*

Yukarıda alıntılarda Samet'in matematiksel işlemleri yapmak amacıyla oluşturmuş olduğu görev dağılımı yer almaktadır. Her bir öğrenci *iki satış elemanının* verilerini hesaplamakla sorumlu olup tek kalan Ayten'in verilerinin hesabı ise sona bırakılmıştır. Devamında aylık bazda tablonun nasıl oluşturulacağı grup üyeleri arasında aşağıdaki şekilde tartışılmıştır:

Samet: *Şimdi bunları oranl[aya]ıca[ğı]z bak . 12 buçuk saat çalışmış, bu kadar kazanmış. 15 saat çalışmış bu kadar kazanmış. 9 saat çalışmış, bu kadar kazanmış. Ama bu, bu kada[r] çalışmış, bu kadar kazanmış.*

Yunus: *Ama bak şu var. Orta… Çok yoğun, orta yoğun, düşük yoğunluk var.*

Samet: *Tamam onlara göre de ayır[a]ca[ğı]z*

Yunus: *Onlar[ı]a. Nası[l] ayır[a]ca[ğı]z?*

Samet: *Ayırırız…şimdi. Gizem. Gizem ve Kaan'ı yap[a]ca[ktı]m d[eğ]i[l] mi ben?...* *Bu senin kâğıdın, sana verdiğimiz iki tane Can ve Canan var ya.*

Yunus: *Tamam onu yapıyo[ru]m*

Samet: *Can ve Canan'ı tablo şeklinde çok yoğunda ne kadar, orta yoğunda ne kadar… Temmuzda, haziranda, ağustos[ta] ne kadar diye tablolaştırarak böyle yaz. Zaten 2 tane var sığar. Sende kendine bir tane kâğıt al. Aynı şekilde sende kendininkini… Aynı bunun gibi tablo yap. Ama oranları kullanarak ve sadece sana verilen Rıza ve Ali'yi kullanarak tamam mı?*

Yukarıda Samet yapılması gereken matematiksel işlemler hakkında diğer grup üyelerine açıklama yapmış ve tablodaki *yoğunluk düzeylerini* çok-orta-düşük olmak üzere ve aylık bazda ayrı ayrı hesaplamaları gerektiğini ifade etmiştir.

Sonucu Açıklama

Modelleme sürecinin tamamlanmasının ardından öğrencilerin sonucu açıklama aşamasına yönelik gerçekleştirdikleri tartışma aşağıdaki şekilde gelişmiştir:

Kenan: *Şey, Levent Bey. Sevgili Levent Bey yaz*

Yunus: *Ne, ne yazdın? Biz kararımızı şu şekilde verdik. Öncelikle bütün işçilerin haziran, temmuz, ağustos ayları ve çok, orta, düşük yoğunluklarda bir saatte elde ettikleri gelirleri hesapladık.*

Cem: *Çok yoğunda başarılı olanları full time a*

Yunus: *Nası[l] hesapladığımızı yapm[aya]ıcak mıyız?*

Cem: *Düşük ve orta yoğunlukta başarılı olanları da part time a aldık yaz…*

Yunus: *En iyi 6 kişiyi bulduk önce. Ya 3 kişiyi eledik aralarından. Sonra bu ıı 6 kişiyi de en iyi olan, en iyi üçü full time sonrakileri part time a koymadık mı ben mi yanlış hatılıyo[ru]m?*

Cem: *Evet, öyle yaptık. Çok yoğun ortalamaları iyi olanları koyduk özellikle full time a…*

Yukarıdaki ifadelerde *tam zamanlı* ve *yarı zamanlı* olarak belirlenen satış elemanlarının hangi kriterlere göre değerlendirip seçildiği açıklanmıştır. Öğrenciler *çok yoğun* dönemlerdeki ortalama *kazanç miktarı* en fazla olan kişileri *tam zamanlı* satış elemanı olarak belirlemişlerdir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada öğrenciler dörder kişilik iki ayrı grup halinde *Yaz İşi Problemi* üzerinde beraber çalışmışlar ve bu süreçte problemi anlama, model oluşturma, matematik kullanımı ve sonucu açıklama aşamalarında bazı güçlükler yaşadıkları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda her iki gruptaki öğrencilerin de *problemi anlama basamağında* etkinliği yüzeysel bir şekilde ele aldıkları ve problemi tam olarak kavramadan hızlıca çözüme ulaşmaya çalıştıkları tespit edilmiştir. Bu durumu Niss ve Blum (2020) birçok öğrencinin müfredatta yer alan rutin problemlerden dolayı dikkatli bir şekilde okumak ve anlamak için çaba sarfetmeden de matematikte başarılı olunabileceklerine inanmalarına bağlamaktadırlar. Bu bağlamda öğrenciler istenen doğru cevabı bulmak için kavramın matematiksel anlamını öğrenmeye yönelik bir çaba göstermeksizin yalnızca en son öğrendikleri yöntemleri uygulamanın yeterli olduğunu düşünmekte, karşılarına çıkan benzer rutin problemlerde *yerine koyma metodu* ile bağlamı göz ardı ederek metinde çözüme ulaşmalarını sağlayacak verileri çıkartıp tanıdık oldukları çözüm şemasına göre işlem yapma eğilimindedirler (Reusser ve Stebler, 1997; Verschaffel ve diğ., 2010; Verschaffel ve diğ., 1997). Verschaffel ve diğerleri (2010) rutin problemlerle çalışmanın öğrencilerin gerçek yaşamla bağlantılı matematiksel düşünme ve matematiksel modelleme becerilerinin gelişimini sınırladığını belirtmiştir. *Problemi anlama basamağı* kapsamında birinci

grup öğrencileri etkinlikte ve veri tablosunda yer alan kavramları grup içinde tartışmadan hızlıca çözüme ulaşmak amacıyla model oluşturma basamağına geçerken, ikinci grup ise bu kavramlar için önce araştırmacıdan yardım istemiş daha sonra da kendi aralarında tartışarak problemi anlamaya çalışmışlardır. Benzer bir sonucu üniversiteye bağlı vakıf kolejindeki ilkokul 4. sınıf öğrencileriyle çalışan Şahin'de (2014) araştırmasında belirlemiş; öğrencilerin problemde anlamadıkları noktaları doğrudan araştırmacıya yönelttiklerini belirtmiş ve bu durumun nedenini öğretmen merkezli ve rekabetçi bir eğitim sisteminin sonucu olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bir devlet okulunun orta sosyo-ekonomik düzeydeki 8. sınıf öğrenciyle çalışan Duman'da (2019) benzer sonuçlara ulaşmış ve bu davranışın öğrencilerin çoktan seçmeli testlere dayalı sınav odaklı bir eğitim sistemi içerisinde yer almalarından kaynaklandığını ve bu nedenle ulaştıkları sonuçların doğruluğunu öğretmene onaylatma eğiliminden kaynaklandığını ifade etmiştir.

Ayrıca her iki grup da *Yaz İşi Probleminde* bulunan *tam zamanlı* ve *yarı zamanlı* kavramlarını anlamlandırmakta güçlük yaşamıştır. Problemde geçen *full time (tam zamanlı)* ve *part-time (yarı zamanlı)* çalışma biçimlerinin ülkemizdeki çalışma hayatında kullanım alanının oldukça kısıtlı olması ve bunların günlük hayatta bilinen vardiyalı çalışma sisteminden de tamamen farklı olması öğrencilerin problemde geçen bu kavramları anlamlandırmalarını zorlaştırmıştır. Bir başka deyişle öğrencilerin problemi günlük yaşam deneyimleriyle ilişkilendirmelerini güçleştirmiştir. Özellikle bu yaş grubundaki öğrencilerin çalışma hayatına dair gözlem veya deneyim fırsatlarının sınırlı olması da bu tür kavramları anlamlandırmalarını zorlaştırabilmektedir. Dolayısıyla problemde yer alan full time (tam zamanlı) ve part-time (yarı zamanlı) kavramlarını tam olarak anlamlandıramayan öğrenciler problemi yalınlaştıramamışlar ve verilen sayısal veriler üzerinde doğrudan matematiksel hesaplamalar yapmaya yönelmişlerdir.

Model oluşturma aşamasında öğrenciler veri tablosunda bulunan satış elemanlarının karşılaştırılması üzerine bir model geliştirmeye çalışmışlardır. Bu kapsamda birinci grup veri tablosunda bulunan *çalışma sürelerini* göz ardı ederek toplam kazanç miktarları üzerinden kişileri karşılaştırarak bir model oluşturmuştur. Benzer şekilde bir devlet okulunda öğrenim gören ilk ve son sınıf orta okul öğrencilerinin model oluşturma becerilerini inceleyen Aydoğan (2023), son sınıf öğrencilerinin tabloda yer alan tüm verileri kullandığını ancak ilk sınıf öğrencilerinin ise sürecin uzamasından ve hızlıca sonuca ulaşma isteği nedeniyle verilerin tamamını kullanmadıklarını belirtmişlerdir. Bu durum özellikle küçük yaştaki öğrencilerin soyutlamadan ziyade doğrudan deneyimlerine dayalı olarak hareket etme eğiliminde olmalarından kaynaklanmakta yani modelin bir yönüne odaklanıldığında diğer yönlerin göz ardı edilmesine yol açabilmektedir (Lesh ve Caylor, 2007). İkinci grupta yer alan öğrenciler ise *model oluşturma aşamasında*

veri tablosundaki kazanç miktarlarını çalışma sürelerine oranlayarak *saatlik kazanç* miktarlarını bulmuş daha sonra satış elemanlarının *farklı yoğunluk* düzeylerindeki saatlik kazanç miktarlarının ortalaması üzerinden bir model geliştirmeye çalışmışlardır. Tam zamanlı çalışacak satış elemanlarını belirlerken öğrenciler kişilerin özellikle *çok yoğun* dönemlerde görev alacağı düşüncesinden hareketle bu dönemlere ait *saatlik kazanç* verilerini dikkate alırken kalan satış elemanlarının belirlenmesinde ise *genel saatlik kazanç* verilerini inceleyerek bu doğrultuda bir model oluşturmuşlardır. Öğrencilerin var olan verileri yeniden organize ederek yalınlaştırması durumu benzer şekilde English ve Watson'ın (2018) bir devlet okulunda altıncı sınıf öğrencileriyle yürüttükleri çalışmada da vurgulanmıştır.

Her iki grup da oluşturdukları modellerde karşılaştırma yöntemini temel alsalar da kullanmış oldukları nicel veriler ve dayandırdıkları temel kavramlar bakımından ortaya çıkan modeller farklılık göstermektedir. Öğrencilerin model oluşturma sürecinde mevcut geliştirdikleri modellerin verilen problem durumu için yeterli olmadığını düşündükleri ve bu nedenle çözüm arayışlarını sürdürerek sürekli yeni matematiksel modeller geliştirmeye çalıştıkları tespit edilmiştir. Benzer şekilde English (2006), Duman (2019) ve Oral'ın (2023) çalışmalarında da ortaokul seviyesi öğrencilerinin model oluşturma aşamasında zorlandıklarını ve bu süreçte modellerini sık sık revize ederek yeni modeller geliştirdiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca her iki öğrenci grubu da *tam zamanlı* ve *yarı zamanlı* çalışacak satış elemanlarını belirlemeye yönelik model geliştirirken tam zamanlı ve yarı zamanlı kavramlarını anlamlandırmakta zorlanmış, günlük hayat ile ilişkilendirememiş dolayısıyla da genellenebilir etkili bir model ortaya koyamamışlardır. Schukajlow ve Krug'ın (2013) çalışmasında da öğrencilerin problemde yer alan bazı terimlerin anlaşılmasında güçlükler yaşandığını belirterek bu durumun öğrenciler için belirsizlik yarattığını ve model geliştirmelerini güçleştirdiğini belirtmiştir.

Matematik kullanımı aşamasında birinci grup öğrencilerinin geliştirdikleri modele uygun olarak toplama ve sıralama işlemlerini kullandıkları saptanmıştır. Ancak öğrenciler bu sıralama işlemini sezgisel olarak gerçekleştirmiş ve sürece ilişkin herhangi bir işlem yapmamışlardır. Ayrıca toplama işlemlerinde yer alan bazı hesaplamaları zihinden bazılarını da hesap makinesinden yararlanarak gerçekleştirildikleri belirlenmiştir. Hesaplamalar sırasında satış elemanlarından birinin orta yoğunluk düzeyindeki toplam çalışma süresi hatalı olarak hesaplanmıştır. İkinci grup öğrencileri de *matematik kullanımı* aşamasında geliştirdikleri modele uygun olarak yazılı işlemler ve hesap makinesi aracılığıyla hesaplama işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Öğrencilerin bu süreçte toplama, bölme ve sıralama işlemlerinden faydalandıkları saptanmıştır. Ayrıca hatalı sonuçların ortaya çıkmasını önlemek amacıyla birbirlerini sürekli uyardıkları gözlemlenmiştir. Sıralama işlemi ise

birinci gruptaki öğrencilerde olduğu gibi sezgisel yollarla gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada öğrenciler geliştirdikleri farklı modeller doğrultusunda gerekli matematiksel işlemleri gerçekleştirerek süreci tamamlamışlar fakat bu işlemleri genellenebilir bir model oluşturmaktan ziyade doğrudan sonuca ulaşmaya yönelik gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin matematiksel temsil ve ifadeleri açıklamaya çalışırken kendilerini ifade etmekte zorlandıkları bu durumdan dolayı da sık sık sayılar üzerinden örnek vererek kendilerini ifade etmeye çalıştıkları da ulaşılan sonuçlar arasında yer almaktadır.

Her iki öğrenci grubu da modelleme sürecin sonunda mektup yazarak *sonucu açıklama basamağını* tamamlamıştır. Mektup yazım süreci tüm öğrencilerin görüşlerinin alındığı ve ortak katkı sağladığı iş birliği ortamında tamamlanmıştır. Hazırlanan yazılı raporun öğrencilerin geliştirdikleri model hakkında bilgi vermekten ziyade yapılan matematiksel işlemler ve bunların sonuçları hakkında bilgi vermeye yönelik olduğu saptanmıştır. Hatta bazı kısımları hatalı ifade ettikleri de ulaşılan sonuçlar arasındadır. Benzer şekilde Maaß'da (2006) 7. sınıf öğrencilerinden bazılarının modelleme sürecini çok kısa açıkladığını hatta bazı öğrencilerin de sadece hesaplamalara yönelik açıklamalarda bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca birinci odak grubunun hazırladığı yazılı raporda öğrencilerin model oluşturma sürecinde göz ardı ettiği çalışma süresine ait verilerinin de yer aldığı hesaplamalara dair bilgi verildiği tespit edilmiştir. Her iki grup açısından *sonucu açıklama* basamağında öğrencilerin oluşturulan modellerin doğruluğu test etmedikleri ve genellenebilirliği konusunda yazılı veya sözlü bir açıklamada bulunmadıkları belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin ortaya konulan modelin doğruluğunu test etme sürecinde zorlanmaktan ziyade bu süreçten kaçındıkları gözlemlenmiştir. Bu durum öğrencilerin çözümün doğruluğunu yalnızca öğretmenin sorumluluğu altında görmesinden kaynaklanabilmektedir (Blum ve Ferri, 2009; Niss ve Blum, 2020).

Ortaya çıkan genel sonuçlar doğrultusunda BİLSEM okullarında Bireysel Yetenekleri Destekleme Programı kapsamında eğitim gören ve özel yetenekli oldukları uzmanlar tarafından teyit edilen öğrencilerin de model oluşturma süreçlerinde çeşitli güçlükler yaşadıkları tespit edilmiştir. Öğrencilerin problemde yer alan temel kavramları anlamlandırmada ve tablo biçiminde sunulan bilgileri okuma ile yorumlama konusunda zorlandıkları dolayısıyla modelleme sürecinin ilk basamağı olan problemi anlama aşamasında güçlük yaşadıkları saptanmıştır. Buna ek olarak öğrencilerin beklenen matematiksel ilişkileri kurma konusunda zorluklar yaşadıkları da ulaşılan sonuçlar arasında yer almaktadır. Benzer sonuçlar Oral (2023), Blum ve Ferri (2009) ile Sol, Gimenez ve Rosich'nin (2011) yürüttükleri çalışmalarda da ortaya konmuş; söz konusu araştırmalarda öğrencilerin modelleme sürecinde problemi anlama ve yapılandırma ile matematiksel ilişkileri keşfetme aşamalarında güçlük çektikleri ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra öğrencilerin model oluşturma

sürecinde en çok zorlandıkları alanın mevcut problemi ve geliştirdikleri modeli günlük yaşamla ilişkilendirmekte olduğu tespit edilmiştir. Özellikle problem metninde model için kritik bir öneme sahip olan *tam zamanlı* ve *yarı zamanlı* çalışma kavramlarını yeterince anlamlandıramadıkları fakat bu kavramlara ilişkin eksik bir anlayışa rağmen model geliştirmeye devam ettikleri belirlenmiştir. Modelleme sürecinde grup olarak yeni ve özgün modeller ortaya koymaktan ziyade daha çok mevcut modellerini geliştirmeye yönelik çalışmışlardır. Tüm bu sonuçlara ek olarak öğrencilerin matematiksel ifadeleri ve temsilleri açıklamada ayrıca geliştirdikleri modelleri ifade etme sürecinde de zorlandıkları ulaşılan sonuçlar arasında yer almaktadır.

Öğrenciler çalışma süreci boyunca genel olarak iş birliği içinde çalışmış ve birbirlerinin görüşlerini almaya özen göstermişlerdir. Ancak bazı durumlarda bireysel olarak dile getirilen fikirler grup içinde yeterince karşılık bulmamış; öğrenciler arkadaşlarını ikna edemedikleri için zamanla bu fikirlerinden vazgeçmişlerdir. Bu durum grup içi karar alma süreçlerinde baskın görüşlerin öne çıkmasına ve tüm fikirlerin eşit düzeyde değerlendirilmediği sonucunu ortaya koymaktadır. Bilim ve Sanat Merkezlerine farklı okullardan gelen öğrencilerin birbirlerini tanımaması, geldikleri okullarında bireyselliğin baskın olması ve aralarındaki rekabet ortamı da grup etkileşimlerini sınırlayan faktörler arasında gösterilebilir. BİLSEM'lerde uygulanan bireyselleştirilmiş eğitim yaklaşımları öğrencilerin bireysel yeteneklerinin gelişimlerini desteklerken diğer taraftan grup içi etkileşim fırsatlarının kısıtlanmasına neden olabilmektedir. Oysa BİLSEM'lerde yürütülen *Destek Eğitimi Programı* kapsamında; iletişim, iş birliği, grupla çalışma, öğrenmeyi öğrenme, problem çözme, bilimsel araştırma, girişimcilik, eleştirel ve yaratıcı düşünme, etkili karar verme, teknoloji okuryazarlığı, sosyal sorumluluk ve kaynakları etkin kullanma gibi becerilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir (MEB, 2024c).

Bilim ve Sanat Merkezleri standart sınıf düzenine kıyasla daha esnek bir yapıda bireysel ve grup çalışmalarına uygun modüler ve hareketli masa-sandalye sistemleri ile tasarlanmıştır. Ancak Çetin ve Doğan (2018) bazı BİLSEM merkezlerinde fiziki yetersizlikler bulunduğunu hatta bazı merkezlerin kendilerine ait binalarının dahi olmadığını ve materyal eksiklikleri nedeniyle bu kurumların işlevlerini tam anlamıyla yerine getiremediklerini belirtmiştir. Benzer şekilde yapılan bu araştırmanın yürütüldüğü BİLSEM'de de fiziki ortamın tam olarak hazır olmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada BİLSEM 7. sınıf öğrencilerinin karşılaştığı güçlüklerin ortadan kaldırılması amacıyla aşağıda bazı öneriler sunulmuştur: *Problemi anlama basamağında* öğrenciler problemi tam olarak anlamadan hızlı bir şekilde çözüm üretmeye çalışmaktadırlar. Bu durumun önüne geçebilmek

için MEB-BİLSEM bünyesinde yürütülen *Destek Eğitimi Programı* kapsamında öğrencilerin doğrudan işlem yaparak sonuca ulaşmalarını teşvik eden rutin problemlerden ziyade kavramsal anlama ve sorgulamayı destekleyecek matematiksel modelleme içeren etkinliklere yer verilmelidir. Bu süreçte odak grup çalışmaları yapılarak atölye öğretmenlerinin öğrencilere doğrudan açıklama yapmak yerine rehberlik rolünü üstlenerek, öğrencilerin kavramları kendi gruplarında rahatça sorgulamalarına ve tartışarak anlamlandırmalarına destek sağlanmalıdır.

Model oluşturma basamağında öğrencilerin farklı varsayımlar üretme noktasında zorluklar yaşadığı tespit edilmiştir. *Destek Eğitimi Programı* kapsamında öğrencilerin birlikte uyumlu çalışarak yeni fikirler üretmelerine, farklı modeller geliştirmelerine, oluşturdukları modelleri revize etmelerine ve karşılaştırarak en etkili veya en verimli modele karar vermelerine yönelik etkinlikler yaptırmak bu becerilerin gelişimine önemli katkılar sağlayabilir. Bu çerçevede BİLSEM okullarındaki matematik atölyelerinde her hafta düzenli olarak model oluşturma etkinlikleri planlanabilir. Ayrıca bu konuda *yapay zekâ teknolojilerinden* faydalanılarak etkili modelleme etkinlik senaryoları oluşturma, gerçekçi ve çok boyutlu varsayımlar üretme, senaryoya uygun farklı modeller geliştirme ve alternatif çözüm yolları üreterek sonuçlarını revize etmelerine yönelik teknoloji destekli grup çalışmaları yaptırılabilir. *Sonucu açıklama basamağında* öğrencilerin hem kendilerini hem de oluşturdukları modeli ifade etmede zorlandıkları tespit edilmiştir. Bu durumu önleyebilmek adına modelleme etkinlikleriyle birlikte sunulacak yarı yapılandırılmış mektup taslaklarının öğrencilerin bu aşamadaki düşünme süreçlerini daha net bir şekilde ifade etmelerine yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Akarsu, F. (2001). *Üstün yetenekli çocuklar: Aileler ve sorunları*. Eduser Yayınları.

Aydoğan, M. (2023). *Ortaokul ilk ve son sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinin incelenmesi* [Yüksel lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Bilgiç, N., Taştan, A., Kurukaya, G., Kaya, K., Avanoğlu, O., & Topal, T. (2021). *Özel yetenekli bireylerin eğitimi strateji ve uygulama kılavuzu*. Millî Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Blum, W., & Ferri, B. R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt. *Journal of mathematical modelling and application*, *1*(1), 45-58.

Çetin, A., & Doğan, A. (2018). Bilim ve sanat merkezlerinde görev yapan matematik öğretmenlerinin karşılaştıkları sorunlar. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 19*(4), 615-641. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.370355

Çitil, M., Böyük, Ş., Onat, R., Koçer, M., Bakan, M., Kaçmaz, N. Karaburcak, S., & Tatar, V. (2018). *Özel yetenekli çocuğum var.* Millî Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Dedebaş, E. (2017). *Beşinci sınıf öğrencilerinin davranışları ve zorlukları, model ortaya koyma faaliyetlerinin çoklu uygulanması yoluyla incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Doruk, B. K. (2010). *Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi* (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Duman, Y. (2019). *8. Sınıf öğrencilerinin akademik başarı düzeylerine göre model oluşturma süreçlerinin incelenmesi: Atatürk anıtı problemi* [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Educational Testing Service. (2007). *Digital transformation: A literacy framework for ICT literacy*. Educational Testing Service.

English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school. *Educational Studies in Mathematics, 63*(3), 303-323. https://doi.org/10.1007/s10649-005-9013-1

English, L. D., & Watson, J. (2018). Modelling with authentic data in sixth grade. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM), 50*, 103-115. https://doi.org/10.1007/s11858-017-0896-y

English, L. D., & Watters, J. (2004). Mathematical modelling with young children. *28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, 2*, 335-342.

Eraslan, A., & Şahin, N. (2023). *İlkokul ve ortaokulda etkinlik örnekleriyle matematiksel modelleme*. Ankara: Pegem Akademi.

Eraslan, A., & Şahin, N. (2024). Matematik öğretiminde modelleme döngülerinin gelişimi ve Singapur örneği. Pekdağ, B. (Ed.), *Fen ve Matematik eğitimi alanında uluslararası akademik çalışmalar* (ss.19-32). Ankara: Serüven yayınevi.

Glesne, C. (2013). *Nitel araştırmaya giriş* (A. Ersoy & P. Yalçınoğlu, Çev.). Anı Yayıncılık.

Handajani, S., Pratiwi, H. & Mardiyana, M. (2018). The 21st century skills with model eliciting activities on linear program. *Journal of Physics: Conference Series,1008*(1), 1-7.

İğci, G. (2023). *Bilim ve Sanat Merkezi öğretmenlerinin eğitim gereksinimlerinin belirlenmesi ve mesleki gelişim programı tasarısı* [Doktora tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Kalaycı, Ö. (2017). *Ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin bilişsel ve üst bilişsel matematiksel modelleme yeterliliklerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Kargın, T. (2024). BİLSEM matematik öğretiminde probleme dayalı eğitim ve matematiksel modellemeye dayalı eğitim. In A. Toker, S. Çakmak, & E. Yabaş (Eds.), *Matematik öğretiminde güncel yaklaşımlar* (pp. 203-223). İksad Yayınevi.

Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi.* Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Lesh, R., & Caylor, B. (2007). Introduction to the special issue: Modeling as application versus modeling as a way to create mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning, 12*, 173-194. https://doi.org/10.1007/s10758-007-9121-3

Lesh, R., & Doerr, H. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching and learning. In R. A. Lesh & H. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: A models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving* (pp. 3-34). Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R., & Lehrer, R. (2000). Iterative refinement cycles for videotape analyses of conceptual change. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 665-708). Lawrence Erlbaum Associates.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.

Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM)*, *38*(2), 113-142. https://doi.org/10.1007/BF02655885

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2023). *PISA 2022 Türkiye ön raporu. https://pisa.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_03/21120745_26152640_pisa2022_rapor.pdf*

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024a). *Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu (Ocak-Aralık 2023)*. Millî Eğitim Bakanlığı, Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024b). *Bilim ve Sanat Merkezleri öğrenci tanılama ve yerleştirme kılavuzu (2024-2025)*. Millî Eğitim Bakanlığı, Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024c). *Bilim ve Sanat Merkezleri yönergesi*. https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2022_12/06214921_BIYLIYM_VE_SANAT_MERKEZLERIY_YOYNERGESIY.pdf

Mousoulides, N. (2007). *A modeling perspective in the teaching and learning of mathematical problem solving* [Doctoral dissertation, University of Cyprus].

Niss, M., & Blum, W. (2020). *The learning and teaching of mathematical modelling*. Routledge.

Oral, N. (2023). *Sosyo-ekonomik seviyesi düşük ortaokul son sınıf öğrencilerinin matematiksel model becerilerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Ozulu, Y. E. (2021). *Ortaokul 7. Ve 8. Sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme yeterliklerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Patton, M. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Sage Publications.

Reusser, R., & Stebler, R. (1997). Every word problem has a solution: The suspension of reality and sense-making in the culture of school mathematics. *Learning and Instruction, 7,* 309-328.

Sağıroğlu, D. (2018). *Matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme yöntemine yönelik etkinlik oluşturma ve uygulama süreçlerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Schukajlow, S., & Krug, A. (2013). Considering multiple solutions for modelling problems: Design and first results from the MultiMa-Project. In G. Stillman, G. Kaiser, W. Blum, & J. Brown (Eds.), *Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice* (pp. 331-340). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6540-5_18

Sol, M., Giménez, J., & Rosich, N. (2011). Project modelling routes in 12-16-year-old pupils. In G. Kaiser, W. Blum, R. B. Ferri, & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modelling: The 14th ICMTA study* (pp. 231-240). Springer.

Swetz, F., & Hartzler, J. (Eds.). (1991). *Mathematical modeling in the secondary school curriculum*. National Council of Teachers of Mathematics.

Şahin, N. (2014). *İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin model oluşturma etkinlikleri üzerindeki düşünme süreçleri* [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Şahin, N. (2019). *İlkokul 4. sınıf öğrencilerinin bilişsel modelleme yeterliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi* [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Şahin, N. ve Bedir, F.N. (2024). Sürdürülebilir Kalkınma Eğitimi Kapsamında 7. Sınıf Öğrencilerine Sürdürülebilir Matematiksel Modelleme Etkinliklerinin Uygulanması. *Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,8,* 423-456.

Şahin, N. ve Eraslan, A. (2016a). İlkokul Öğrencilerinin Modelleme Süreçleri: Suç Problemi. *Eğitim ve Bilim,* 41 (183), 47–67.

Şahin, N. ve Eraslan, A. (2016b). Ortaokul Öğrencilerin Modelleme Deneyimleri: Kağıttan Uçak Yapma Yarışması Problemi. *Eğitim, Bilim ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 33-44.

Şahin, N., & Eraslan, A. (2016c). Challenges of 4th-year middle-school students in the process of mathematical modeling: Summer Job Problem. *Research Highlights in Education and Science,* 1(1), 103-111.

Şahin, N., & Eraslan, A. (2017a). Fourth-Grade Primary School Students' Thought Processes and Challenges Encountered during the Butter Beans Problem. *Educational Sciences: Theory and Practice* 17 (1), 105-127.

Şahin, N. ve Eraslan, A. (2017b). Ortaokul 3. Sınıf Öğrencilerinin Okuma Yarışması Problemi Üzerinde Bilişsel Modelleme Yeterlikleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi,* 11(2), 19-51.

Şahin, N. ve Eraslan, A. (2018). İlkokulda Model Oluşturma Etkinlikleri Nasıl Uygulanmalı? *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi,* 4 (1), 99-117

Şahin, N. ve Eraslan, A. (2019). Ortaokul Matematik Öğretmeni Adaylarının Matematik Uygulamaları Dersinde Modelleme Etkinliklerinin Kullanılmasına Yönelik Görüşleri. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, *10*(2), 373–393.

Şengil Akar, Ş. (2017). *Üstün yetenekli öğrencilerin matematiksel yaratıcılıklarının matematiksel modelleme etkinlikleri sürecinde incelenmesi* [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Şengil Akar, Ş. (2023). *Matematiksel modelleme etkinlikleri ve matematiksel yaratıcılığın desteklenmesi*. Pegem Akademi.

Verschaffel, L., De Corte, E., & Borghart, I. (1997). Pre-service teachers' conceptions and beliefs about the role of real-world knowledge in mathematical modelling of school word problems. *Learning and Instruction*, *7*(4), 339-359.

Verschaffel, L., Van Dooren, W., Greer, B., & Mukhopadhyay, S. (2010). Reconceptualising word problems as exercises in mathematical modeling. *Journal für Mathematik-Didaktik, 31*(1), 9-29.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık

Yıldırım, G. (2024). Özel yetenekliler ve BİLSEM eğitim modeli. In A. Toker, S. Çakmak, & E. Yabaş (Eds.), *Sivas BİLSEM'de bilim* (pp. 3–17). İksad Yayınevi.

Bölüm
2

PANDEMİ DÖNEMİNDE UZAKTAN EĞİTİMLE İŞLENEN LABORATUVAR DERSLERİ ÜZERİNE KİMYA EĞİTİMİ PROGRAMI ÖĞRETİM ELEMANLARININ GÖRÜŞLERİ

Aysel AYDIN KOCAEREN[1]
Selin DENERİ[2]

1 Doç. Dr, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi ABD, aysel.kocaeren@comu.edu.tr,
ORCID No: 0000-0003-4113-0517.
2 karabacak.sln@gmail.com, ORCID No: 0009-0007-7196-2273.
Not: Bu çalışma, Doç. Dr. Aysel AYDIN KOCAEREN danışmanlığında "Pandemi Döneminde Uzaktan Eğitimle İşlenen Laboratuvar Dersleri Üzerine Kimya Öğretmen Adayları ve Öğretim Elemanları Görüşlerinin Belirlenmesi" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. İlgili tez, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı' nın tez merkezinde 892690 numaralı künye ile yer almaktadır.

1. GİRİŞ

Çin' in Wuhan kentinde baş gösteren ve sonrasında tüm dünyaya hızla yayılıp etkisi altına alan Covid 19 salgını Türkiye' de 2020 yılının Mart'ında görülmeye başlanmıştır. Salgını kontrol altına almak için öncelikle devlet kurumları arasında tedbirler alınmış ve uzaktan çalışma konusu gündeme gelmiştir. Bu durumdan ve süreçten en çok etkilenen kurumlardan biri de eğitim öğretim yapan kurumlar olmuştur (Çetin ve Akduman, 2022). Çok zaman geçmeden hızlı bir şekilde tedbir alınarak eğitimin uzaktan devam etmesi kararı alınmıştır.

Pandemi süreci ve sonrası genel olarak uzaktan eğitim derslerinin etkililiği konusunda yapılan çalışmalara bakıldığında, daha çok teorik derslerde uygulanabilirliğinin yüksek olduğu görülmektedir. Kimya laboratuvar derslerinin pandemi süreci boyunca uygulamasında karşılaşılan sorunların öğretmen ve öğrenciler açısından olumsuzlukların belirlenmesinin, bundan sonra yapılacak bilimsel çalışmalara yardımcı olması ve öğretim metot ve yöntemlerinin çevrim içi öğretim ortamlarına uyarlanıp öğrencilerin uyumlarının sağlanması ve derslerin çevrim içi olarak entegre edilmesinin kolaylaştırılması açısından önemlidir.

Ayaz (2021) tarafından yapılan çalışma, pandemi döneminin 2019-2020 eğitim öğretim yılının bahar döneminde fen bilimleri dersi için öğretmenlerin ve ebeveynlerin görüşlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bu çalışmanın örneklemi, Türkiye' nin çeşitli illerinden katılan 35 öğretmen ve 172 ebeveynden oluşmaktadır. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden fenomelojik desen kullanılırken veriler ise açık uçlu yarı yapılandırılmış anket formu ile toplanmış, toplanan veriler ise içerik analizi ile analiz edilmiştir. Alınan verilere göre çalışmadaki tüm katılımcıların EBA kullandığı ayrıca derslere ilave olarak Zoom, Whatsapp ve Youtube gibi uygulamalardan da yararlanıldığı ifade edilmiştir. Gelişen teknoloji sayesinde uzaktan eğitim imkânı sağlayan platformlar, fen bilimleri gibi günlük yaşamla iç içe olan disiplinlerden yararlanılarak geliştirilmelidir. Çalışma sonunda, "Bilgilerin okul dışına aktarılarak günlük hayata transferi gerçekleştirilmeli ve bilgilerin daha etkili şekilde kullanılması sağlanmalıdır." sonucuna ulaşılmıştır (Ayaz, 2021). Akıncı ve Pişkin Tunç tarafından gerçekleştirilen uzaktan eğitim uygulamalarında matematik öğretmen adaylarının karşılaştıkları sorunlar ele alınmış ve çalışmaya matematik öğretmenliği birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflardan toplam 148 kişi katılmıştır. Nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması ile yürütülmüş çalışmada, veriler açık uçlu iki soruluk anketten oluşan bir form ile toplanmış ve verilerin analizinde ise içerik analizi kullanılmıştır. Katılımcılar sorulara bilgisayar katılımı ile çevrim içi olarak cevap vermiştir. Toplanan veri sonuçlarına göre katılımcılar, çoğunlukla yaşanılan sorunlar olarak teknolojik yetersizlik, alt yapı ile ilgili aksak-

lıklar, öğrenme eksiklikleri, gözetimsiz yapılan sınavlar ve teknoloji kaynaklı sorunlar olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca öğretmenlerin bu durum ile ilgili önerileri; materyal, teknolojik alt yapı ve psikolojik destek gerekliliğine ihtiyaç duyulduğu bununla beraber öğrencilerde öz disiplin sorunu ve ders işleme araçlarının aktif kullanımını sağlama, uzaktan eğitim gibi kazanımlara da dikkat edilmesi gerektiğine vurgu yapılmıştır (Akıncı ve Pişkin Tunç, 2021). Adak ve Koç pandemi sürecinde uygulanan uzaktan eğitimde bilişim teknolojileri öğretmenlerinin deneyimlerini ortaya çıkarmak için yaptığı çalışmada devlet ve özel okullarda görev yapmakta olan 20 öğretmen ile çevrim içi olarak görüşme yapmıştır. Bu 4 araştırma nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması ile yapılmıştır. Veriler yarı yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmış olup verilerin analizinde ise içerik analizi kullanılmıştır. Veri sonuçlarına göre çoğu teknoloji öğretmeni meslektaşlarını uzaktan eğitim ve web 2.0 araçları ile bilgilendirme çalışmaları yaptıkları ve süreçte yaşanılan problemler ile ilgili olarak internet alt yapı sorunları, öğrencilerin uzaktan eğitime olan yaklaşımları ve teknolojik araçlara ulaşım konusunda olduğu tespit edilmiştir (Adak ve Koç, 2022). Birhan ve Doğru tarafından yapılan çalışmanın amacı, uzaktan eğitim aracılığıyla gerçekleştirilen fen bilimleri dersinin etkililiğine ilişkin öğretmen görüşlerinin incelenmesidir. Nitel ve nicel iki farklı yöntem içeren karma tekniğin kullanıldığı bu çalışmada, 130 öğretmen nicel boyutuna ve 5 öğretmen de nitel boyutuna örneklem olmuştur. Nicel kısmında anket formu çevrimiçi olarak uygulanmış, nitel kısımda ise yarı yapılandırılmış görüşme formu ile veriler toplanmıştır. Veriler, istatiksel olarak içerik analizi ile analiz edilmiştir. Toplanan veri sonuçlarına göre çevrim içi yapılan derslerin eğitim öğretimde fırsat eşitsizliğinden kaynaklı derse katılımların az olduğu alt yapı yetersizliği ve online derslerde etkileşim yetersizliğinden dolayı yüz yüze eğitim kadar etkili olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan online eğitimin yüz yüze eğitime entegre edilerek yapılmasının daha faydalı olacağı önerisinde bulunulmuş ve fen bilimleri derslerinin yüz yüze eğitimdeki gibi verimli geçmediği sonucuna varılmıştır (Birhan ve Doğru, 2022). Bakioğlu ve Çevik (2020) tarafından Covid 19 salgını döneminde yapılan çalışma, Fen Bilgisi öğretmenlerinin mesleki kazanım ve sorunlarının incelenmesini kapsamaktadır. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden olgu bilimi (fenomenoloji) deseni kullanılmış olup Doğu Anadolu bölgesinde görev yapan 10 fen bilgisi öğretmeni ile çalışılmıştır. Veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış mülakat formu ile katılımcılarla zoom üzerinden görüşmeler yapılmış ve toplanan veriler, betimsel ve içerik analizi ile çözümlenmiştir. Pandemi süresince kullanılan programlar ve bilgisayar yazılımları öğrencilerin mesleki gelişimlerine katkı sağlayarak etkili bir şekilde kullanmaya katkı sağladıklarını ifade etmişlerdir. Literatürde görüldüğü gibi bu çalışmada da öğrencilerin bilgisayar ve internet gibi eğitim araçlarına ulaşmada zorluk ve öğrencilerin derslere girmede ise isteksizlik yaşadığını, bununla birlikte motivasyon düşüklüğünün olduğu belirtilmiştir (Bakioğlu ve Çevik,

2020). 5 Arslan ve Şumuer' in çalışmasında, Covid 19 pandemisi döneminde öğretmenlerin sanal sınıflardaki derslerde yaşadıkları sınıf yönetimi sorunlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Karma araştırma yöntemlerinden yakınsayan desenin kullanıldığı araştırmada, farklı kademelerde görev yapan 381 katılımcı ile nicel ve nitel olarak hazırlanan kapalı ve açık uçlu soruların bulunduğu form ile çevrim içi görüşmeler yapılmıştır. Kapalı uçlu soruların analizinde betimsel istatistiklerden, açık uçlu sorunların analizinde ise içerik analizinden yararlanılmıştır. Veri sonuçlarına göre pandemi sürecinde yaşanılan sorunlar; bilgisayar, donanım, yazılım, plan ve program etkinlikleri ile birlikte öğretimin değerlendirilmesi olmuştur. Ayrıca dış ortam gürültüsü, internet bağlantısı, güvenlik, gizlilik, ders süresinin kısa olması, derse erişim ve ses iletimi gibi daha birçok sorun ile karşılaşılmıştır. Sonuç olarak uzaktan eğitim derslerinde öğrencilerde disiplin sorunları, ders işleme sürelerinin yetersizliği, öğrenme zorluğu, öğrenci değerlendirmede yaşanılan sorunlar ile beraber birçok fiziksel ortam sorunlarının yaşandığı da belirtilmiştir (Arslan ve Şumuer, 2020).

2. TEZ ÇALIŞMASI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1. Problem Cümlesi

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda çalışmanın problem cümlesi "Pandemi süresince kimya laboratuvar dersini yürüten öğretim elemanlarının uygulamalı olan dersler hakkındaki görüşleri nedir?" şeklindedir.

2.2. Araştırmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, pandemi süresince yürütülen uzaktan eğitim uygulamalarına devam eden öğretim elemanlarının kimya laboratuvar derslerine ilişkin görüşlerini değerlendirmektir. Çalışma kapsamında pandemi sürecinin hızlı bir şekilde ilerlemesi yüz yüze eğitime hızlı bir şekilde ara verilerek uygulamalı ilerleyen derslerin yürütülmesi sürecinde bazı önlemlerin alınması konusunda eksikliklerin olduğu ve bu eksikliklerin nasıl ve ne şekilde giderildiği hakkında bilgi almak hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda öğretim elemanlarına hazırlanan sorular üzerinden yanıtlar aranmıştır.

2.3. Araştırmanın Önemi

Pandemi dönemi ile birlikte eğitim kurumları uzaktan eğitime geçmiştir. Bu nedenle içinde bulunulan durumun eksiklerini belirlemek ve ilerleyen zamanda benzer durumun ortaya çıkması durumunda uzaktan eğitimin özellikle aksayan konularda ve onlardan en az şekilde etkilenmek için bu tür araştırmalar önemli hale gelmiştir. Uzaktan eğitim sürecinde özellikle laboratuvarda işlenmesi gereken derslerin uygulamalı şekilde yürütülememesi öğretim elemanları açısından ne gibi olumsuzluk ve dezavantaj ortaya çıkardığı konusunun açıklığa kavuşturulması amaçlanmıştır. Öğretim elemanla-

rının yine bu süreçte ders anlatımında yaşadıkları sorun ve sıkıntıların belirlenmesi, yaşanılan bu sorunlara çözümlerin araştırılarak bu çözümlerin neler olabileceği konularında değerlendirmeler yapılmak istenmiştir. İleride benzer durumla karşılaşılması halinde tedbirli ve çözüm odaklı uygulamalı ders işleme yöntemi belirleyebilmek için bu tez çalışması, literatüre sağladığı önemi ve gerekliliği ortaya koymaktadır.

2.4. Varsayımlar

Araştırmaya katılan kimya öğretim elemanlarının görüşme esnasında yöneltilen sorulara düşüncelerini rahatça beyan ettikleri ve çalışmaya içtenlikle katılım sağladıkları varsayılmaktadır.

2.5. Sınırlılıklar

Tez kapsamında yürütülen araştırma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü'nde uygulamalı olarak yürütülen ve laboratuvar derslerine giren öğretim elemanları ile sınırlıdır.

2.6. Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada, 2020 yılında yaşanılan Covid-19 pandemisi sebebi ile ülkemizde zorunlu olarak geçiş yapılan uzaktan eğitim uygulamalarında kimya öğretmen adayları ve öğretim elemanlarının karşılaştıkları sorunları, çözüm önerilerini ve deneyimlerini anlamak amacıyla nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması örneği kullanılmıştır. Durum çalışmasında amaç, belirli bir çalışma grubundakilerle güncel durumla ilgili (covid-19) ayrıntılı bir şekilde durumun sebep ve sonuçlarına göre detaylı bir çalışma yapılmasına dayanır.

2.7. Araştırmanın Örneklemi

Çalışmanın örneklemini Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi'ndeki Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü' nde görev yapan öğretim elemanları oluşturmaktadır. Örneklem seçiminde amaçlı örnekleme yöntemi kullanılarak belirli öğretim elemanları seçilmiştir. Çalışma grubunu 4 öğretim elemanı oluşturmaktadır. Öğretim elemanları gönüllülük esasına dayanarak araştırmaya hız ve pratiklik kazandırmak amacıyla çalışma kapsamına alınmıştır.

2.8. Veri Toplama Aracı

Covid-19 döneminde kimya laboratuvar derslerinde öğretim elemanlarının uzaktan eğitimde karşılaştıkları sorunları belirlemek amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme formu oluşturulmuştur. Görüşme formu öğretim elamanları için 9 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Görüşme formunda yer alan ilk üç soru katılımcılara ait betimsel özellikler hakkındadır. Katılımcılar ile görüşmeler yüz

yüze yapılmış olup elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Ayrıca görüşme formu üç uzman onayına sunulmuştur. Formlara gerekli düzeltmeler ve eklemeler yapılarak geçerlilik (kapsam) ve güvenirliği sağlandıktan sonra katılımcılar, formda yer alan sorulara olumlu-olumsuz görüşlerini samimi ve yansız olarak cevap vermeleri hususunda bilgilendirilmişlerdir. Görüşme formunun güvenirliği Miles ve Huberma'nın Güvenirlik=görüş birliği/(görüşbirliği+görüş ayrılığı)*100 ile hesaplanmıştır. Bu eşitliğe göre hesaplanan görüşme formlarının güvenirlik testi %100 olarak hesaplanmıştır (Miles ve Huberman, 1994).

2.9. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi

Öğretim elemanlarının kimya laboratuvar derslerinde yaşadıkları olumlu- olumsuz durumlar ile ilgili verdikleri cevaplar, nitel analiz yöntemi olan içerik analizi metodu kullanılarak değerlendirilmiştir. Toplanan verileri en iyi tanımlayan kavramları ortaya çıkartarak araştırmacının ulaşmayı amaçladığı sonuçla bağlantı kurmak da içerik analizinin bir parçasıdır. Bu doğrultuda veriler kategoriler halinde düzenlenerek kod ve temalar oluşturulmuş, böylece okuyucu için daha anlaşılır hale getirilmiştir. Daha sonra kodların frekans değerleri hesaplanarak sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Böylelikle analizin son kısmı olan ve katılımcıların düşüncelerini özetleyen tablolar da yorumlanarak bulgular tamamlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasının çalışma grubunu, 2021-2022 eğitim öğretim yılının bahar döneminde öğretim faaliyetine katılan fen ve kimya eğitimi alanındaki öğretim elemanları oluşturmaktadır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü'nde görev yapan ve çalışmaya dahil olan 4 öğretim elemanına ait demografik özellikler Tablo 1' de verilmiştir.

Soru 1-2: Cinsiyet-Laboratuvar Dersinin Adı?

Tablo 1. *Soru 1 ve 2 için Katılımcıların Verdikleri Cevaplardan Elde Edilen Demografik Özellikler*

	Kız	**Erkek**
	4	**-**
Laboratuvar dersi adı		
Genel kimya	**1**	
Analitik kimya	**1**	
Fen laboratuvarı	**2**	
Organik kimya	**1**	

**Bir öğretim elemanı yürüttüğü laboratuvar dersi için birden fazla tanım kullanmıştır.*

Soru 3: Laboratuvar dersini hangi öğretim yöntemi ile işlediniz?

Tablo 2. *Soru 3 için Katılımcıların Verdikleri Cevapların Analiz Sonuçları*

Tema	Frekans
Deney yöntemi	2
Ödevlendirme	2
Sunum/video	1
Laboratuvar tekniği	1
Yüz yüze de olduğu gibi	1

**Bir öğretim elemanı açıklamasında birden fazla tanım kullanmıştır.*

Bu soruda öğretim elemanlarının pandemi sürecinde derslerinde hangi öğretim yöntemlerini kullandıkları sorulmuştur. Verilen cevaplar doğrultusunda kullanılan öğretim yöntemleri temalar oluşturularak Tablo 2' ye yerleştirilmiştir. Laboratuvar derslerinde deney yöntemi, sunum, video, ödevlendirme gibi birçok yöntem kullanılmıştır.

Soru 4: Kimya eğitimi alanında laboratuvar dersleri uygulamalı bir ders olduğu için bu süreçte öğrencileri derse nasıl dahil ettiniz?

Tablo 3. *Soru 4 için Katılımcıların Verdikleri Cevapların Analiz Sonuçları*

Tema	Frekans
Ödevlendirme/araştırma yapması	1
Sorular sorma	2
Öğrencilerinin deney yapması	2
STEM deneyleri	1
Kamera açma	1
Rapor yazma	1

**Bir öğretim elemanı açıklamasında birden fazla tanım kullanmıştır.*

Tablo 3 incelendiğinde öğretim elemanlarının pandemi sürecinde online olarak işlenen laboratuvar derslerine öğrencileri nasıl dahil ettikleri sorulmuştur. Bu süreçte yapılan derslerde öğrencileri derslere dahil etme durumları 6 tema başlığı altında toplanmıştır. Ders sorumlusu hocalarımızla gerçekleştirdiğimiz görüşmelerde bazı öğretim elemanlarının derslerini yüz yüze eğitim sürecinde olduğu gibi malzemelerini temin edip kamera açık bir şekilde sorular sorarak aktif olarak derslerini işlediklerini belirtmişlerdir. Bu şekilde deneysel uygulama içeren derslerin gayet güzel geçtiğini ifade etmişlerdir, bazı öğretim elemanlarının ise derslerde daha çok kendisinin anlatıcı konumda olduğunu, ödevlendirme, rapor yazma gibi yöntemler kullanarak derslerin işlendiğini belirtmiştir. Ayrıca STEM deneyleri ile evdeki atık malzemelerle deneylerin yapıldığı ya da daha basit olan süzme-ayırma

gibi deneylerin öğrenciler tarafından yapılarak ders süresince öğrencilerin aktif tutulmaya çalışıldığı görülmektedir. Online dersler kapsamında verilen cevaplar doğrultusunda öğrenciler, bazı deneylerde aktif olabiliyorken bazı deneylerde ise pasif izleyici konumunda kalmak zorunda olduğunu ve ders sorumlusu hocanın anlatımıyla derslere dahil edilmeye çalışıldığı görüşü bildirilmiştir.

Soru 5: Pandemi sürecinde gerçekleştirdiğimiz laboratuvar dersi işleme konusundaki olumlu/olumsuz görüşleriniz nelerdir?

Tablo 4. *Soru 5 için Katılımcıların Verdikleri Cevapların Analiz Sonuçları*

	Tema	Frekans
Olumlu	Laboratuvar malzemesine bağlı kalınmaması (fen lab.)	1
	Deneyi yapan öğrencinin aktif kalması	1
	Araştırma yapmanın artması	1
Olumsuz	İlginin az olması	1
	Yüz yüze olmaması	3
	Malzeme eksikliği	1
	Tartışmaya/derse katılmama	1
	Deneyleri öğrencinin yapmaması	2

**Bir öğretmen açıklamasında birden fazla tanım kullanmıştır.*

Tablo 4 incelendiğinde pandemi dönemindeki kimya ve fen derslerine ait laboratuvarların online derslerine giren öğretim elemanlarına sürecin olumlu ve olumsuz yanları ile ilgili görüşleri sorulmuştur. Verilen cevaplar sekiz tema başlığı altında toplanıp tablolaştırılmıştır. Sonuçlara bakıldığında online laboratuvar derslerinin olumsuz kısımlarının daha çok olduğu, derslerin kesinlikle yüz yüze yapılması gerektiği, öğrencilerin aktif olmadıkları için ilgilerinin düştüğü ve malzeme temini gibi sorunların yaşandığı belirtilmiştir. Ayrıca bazı öğretim elemanlarının derslerde uyguladıkları yöntemlerden biri olan seçilen öğrencinin deneye hazırlıklı gelmesi durumunda ise sadece o öğrencinin aktif kalması diğerlerinin tartışmaya ve sorulan sorulara katılmada isteksiz oldukları gözlemlenmiştir. Fen laboratuvar dersine giren diğer bir öğretim elemanı ise bu durumun zorunlu bir süreç olduğundan dolayı zorlanacağını düşünse de derslerin tahmininden daha iyi geçtiği fen laboratuvar derslerinde malzeme temini kısmında pek sıkıntı yaşanılmadığını ama kimya laboratuvar dersleri için aynı şeyi söyleyemeyeceğini ifade etmiştir.

Soru 6: Pandemi sürecinde laboratuvar dersini işlerken ne gibi zorluklar yaşadınız?

Tablo 5. *Soru 6 için Katılımcıların Verdikleri Cevapların Analiz Sonuçları*

Tema	Frekans
Devamsızlık sorunu	**1**
İlgi eksikliği	**1**
İnternet/bilgisayar ulaşımı	**1**
Malzeme temini	**4**
Alternatif deney tercihi	**1**
Kalıcılığın azalması	**1**

**Bir öğretmen açıklamasında birden fazla tanım kullanmıştır.*

Tablo 5 incelendiğinde öğretim elemanlarına pandemi sürecinde laboratuvar derslerinde yaşadıkları zorluklar sorulmuş verilen cevaplar doğrultusunda temalar oluşturularak tabloya yerleştirilmiştir. Öğretim elemanlarının laboratuvar derslerinde en çok yaşadığı zorluklardan biri malzeme temini olduğu bu yüzden her deneyin yapılamadığı onun yerine alternatif deneyleri tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bunun dışında derslerin online olması nedeni ile öğrencilerin derse devamlılığın zorunlu olmaması, öğrencilerin ilgilerinin az olması ve derse ilgi-dikkat dağılması gibi sorunların olduğu ve ders kalıcılığının azalması gibi sıkıntıların yaşandığı görülmektedir. Derslerin uzaktan eğitim şeklinde olması nedeniyle her öğrenci internet ve bilgisayar ulaşımına ihtiyaç duymakta olup bu durumdan mahrum kalan öğrencilerin olduğu ifade edilmiştir.

Soru 7: Çevrim içi/online veya uzaktan eğitim ile verilen laboratuvar derslerini yeterli buluyor musunuz? (Yeterli bulmuyorsanız nedenini açıklayınız.)

Soru 7 de uzaktan eğitim şeklinde yapılan laboratuvar derslerin yeterliliği hakkındaki soru öğretim elemanlarına yönetilmiştir. Bütün ders sorumlusu hocalar, derslerin yeterli olmadığını kesinlikle yüz yüze yapılması gerektiğini vurgulayarak söze başlamışlardır. Bilgisayar karşısında yapılan deneylerin daha çok gösteri deneyi olduğu, ne kadar çok uygulama yapılırsa yapılsın seyredilerek yapılan bir laboratuvar dersi olmaması gerektiğini, deneylerin bizzat yaparak yaşayarak öğrenilebileceğini ve yemek yapmak gibi televizyondan seyrederek öğrenilemeyeceğini ifade etmiştir. Derslerin sözel kısımları için yeterli olduğunu düşünen hocalarımız uygulama kısımları için etkili olmadığını düşünmektedirler. Bir diğer hocamız ise var olan şartlar altında yapılan derslerin yeterli olduğunu hatta bu süreçte online yapılan dersler arasında öğrencilerin en eğlenceli geçen derslerinin olduğunu belirtiklerini söylemiştir.

Soru 8: Çevrim içi/ online veya uzaktan eğitim ile verilen laboratuvar derslerinin işlenmesinde ne gibi eksiklikler var?

Tablo 6. *Soru 8 için Katılımcıların Verdikleri Cevapların Analiz Sonuçları*

Tema	Frekans
Normal derslerdeki gibi dönüt alınmaması	**1**
Araç gereç eksikliği	**1**
Deney türü/çeşit belirleme sorun	**1**
Öğrenci derse katılımı/tartışma/sonuç çıkarma	**1**
Günlük yaşama uygulamada	**1**
İnternet videolarının İngilizce olması	**1**
İnternet deney videolarının yeterli olmaması	**1**

**Bir öğretmen açıklamasında birden fazla tanım kullanmıştır.*

Tablo 6 incelendiğinde çevrim içi laboratuvar derslerinin işlenmesindeki eksiklikler yedi tema başlığı altında toplanmıştır. Bu süreçte en büyük eksikliğin öğrencileri derse adapte etmede yeterli donanıma sahip olunmadığı ve derslerde yetersiz kalındığı görülmektedir. İnternette olan deney videolarının İngilizce olması öğrencilerin anlamakta zorlanması ya da yeterli deney videoları olmaması, online derslerde yapılacak deney türü ve çeşidi belirlemede kısıtlı olunması derslerde eksikliklere yol açmıştır. Ayrıca yapılabilecek deneylerde de her öğrencinin araç-gereç temin etmesinde yine eksikliklerin olduğu ve yapılan deneylerin de günlük hayata geçirilmesinde yetersiz kalındığı belirtilmiştir.

Soru 9: İlerleyen süreçte tekrar çevrim içi/ online/ uzaktan eğitime dönüş yapılsa kimya alanında uygulamalı gerçekleştirilmesi gereken laboratuvar dersleri için ne gibi çözüm önerileriniz olur?

Bu soru için ders sorumlusu hocalarımız aşağıdaki şu görüşü bildirmişlerdir.

STEAM deneylerinin kullanılması bu süreç için uygun olabilir fakat, üzerinde uzun süre çalışmak gerekmektedir. Konuyla ilgili araştırma yapma ve farklı bilgiler edinme durumları söz konusu olduğundan pandemi sürecinde uzaktan eğitim için uygulanabileceği önerilmiştir. Diğer bir öğretim elemanı ise laboratuvara öğrencilerin ders sorumlusu ile girmesi gerektiği ve bu durumlar için sanal laboratuvar uygulamalarının kullanılabilir olması gerektiğini söylemiştir. Fakat, diğer taraftan deneyi gerçek ortamda yapmak öğrencinin el becerisini geliştirmesi farklı şeyleri deneme isteği uyandırması ve kendine olan güvenin artmasına sebep olduğu için dersin online olsa

da öğrencinin bizzat elinde olan imkanlarla deneyler yapması gerektiğini belirtmiştir. Bu gibi pandemi durumlarının tekrar yaşanılması halinde hem araç-gereç temini hem de gerçek laboratuvar ortamı oluşturmak adına öğretim elemanlarının bizzat laboratuvarda dersle ilgili deneyleri yapmaları gerektiği ifade edilmiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Covid-19 pandemisinin başlaması ile tüm dünyada ve ülkede eğitim ve öğretimde uzaktan (online) eğitime geçiş yapılmıştır. Bu hızlı geçiş ile birlikte yüz yüze olan bütün dersler bilgisayar ortamına taşınmış ve bir süre bu şekilde devam etmiştir. Böylece her düzeydeki öğrencilerin eğitim almalarına devam edilmiş ve derslerden uzak kalmaması sağlanmış, imkanlar doğrultusunda dersler online olarak işlenmiştir. Benzer şekilde kimya laboratuvar dersleri de bu süreçte online olarak devam etmiş ve derslerde yaşanılan olumlu/ olumsuz durumlar bu çalışma ile öğretim elemanlarının görüşlerine başvurularak belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda sonuçlar tartışılmıştır.

Online eğitimle ilgili olarak laboratuvarda yapılabilecek çoğu uygulamanın sadece öğrenci ve öğretim elemanı desteği ile ilerlemesinin zor olduğu anlaşılmaktadır. Öğretmen-öğrenci ya da öğrenci-öğrenci arasındaki iletişimin minimum seviyede olduğu bu dönemde motivasyon eksikliği, belirsizlik gibi etmenler de ders kalitesi ve verimini fazlasıyla düşürmektedir. Bu da aslında derslerde öğrenciler ve öğretmenler arasındaki etkileşimin, hareketliliğin ya da ortak yaşantının öğrenme süreçlerindeki önemini bizlere göstermektedir.

Katılımcıların verdikleri cevaplar analiz edildiğinde elde edilen bulguların olumsuz etkilerinin olumlu etkilerden daha fazla ve geçerli olduğundan dolayı uygulamalı derslerin yüz yüze yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Online derslerde her deneyin yapılamaması sorunu karşısında uzaktan eğitim ile gerçekleşen derslerde uygun deneylerin tercih edilmesi sonucuna varılmıştır.

İnternette çoğu deney videosunun İngilizce olması ve bu videoların öğrenciler tarafından anlaşılmadığından dolayı derslerde yapılması planlanan deneylerin ders sorumlusu tarafından deneyin aşamaları ile yapılarak ve eş zamanlı video kayıt altına alınarak öğrenci erişimine açık bir şekilde sunulabilir.

İlerleyen zamanlarda herhangi bir nedenden (deprem, salgın vs.) dolayı online eğitim süreci ile tekrar karşılaşıldığında öğrencilerin hem malzeme temini hem de gerçek bir laboratuvar ortamında olabilmeleri için okullarda belli kurallar dahilinde uygulamalı dersleri veya deneyleri gerçekleştirebilecekleri bireysel ortamlar oluşturulabilir.

Ülkemizde uzaktan eğitimde karşılaşılabilecek olumsuz durumlarda uygulamalı dersler için daha gerçekçi, öğrencilerin kendini laboratuvar ortamında hissedebilecekleri, arttırılmış gerçeklik veya sanal laboratuvar programları yaygınlaştırılmalıdır. Bu konuda mevcut programlar üzerinden öğretim elemanlarına hizmet içi eğitim verilerek onlara uygulamalı çalışmalar yapma fırsatı verilmelidir.

Öğrencilerin deneyleri, bireysel yapabilecekleri gibi öğretim elemanları ile birlikte gerçekleştirebileceği laboratuvar derslerinde etkileşimin daha fazla olması sebebi ile verimlilik oranının artacağı ve yararlı olacağı ön görülmektedir.

Yeşiloğlu ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada elde ettikleri veriler doğrultusunda kimya laboratuvarı ile ilgili uzaktan eğitim uygulamalarında öğretim yapanlar için teknoloji kullanımı hakkında girişimlerde bulunulduğunu video, simülasyon, PowerPoint gibi teknolojik uygulamalara yer verildiğini belirtmişlerdir. Katılımcıların %21' i bu uygulamaların yeteriz olduğunu %4' ü ise deney videolarının anlaşılmadığını belirtmişlerdir (Yeşiloğlu vd., 2021).

Çalışma sonunda, öğretim elemanlarının teknoloji odaklı öğretim metotlarına uygun materyaller tasarlayarak özellikle uygulamalı dersler olan laboratuvar dersleri için kolay anlaşılabilir ve ulaşılabilir, kullanımını açık ve uygun adımlarla tarif eden deneyler kurgulayarak öğrencilerin veya ihtiyaç duyanların istifadesine sunulması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Adak, M. M. ve Koç, M. (2022). COVID-19 pandemisi döneminde uygulanan uzaktan eğitim sürecinde bilişim teknolojileri öğretmenlerinin deneyimleri. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 8(1), 30-45.

Akıncı, M. ve Pişkin Tunç, M. (2021). Uzaktan eğitim uygulamalarında matematik öğretmen adaylarının karşılaştıkları sorunlar ve çözüm önerileri, Ekev Akademi Dergisi, 85, 359-376.

Arslan, Y. ve Şumuer, E. (2020). Covid-19 döneminde sanal sınıflarda öğretmenlerin karşılaştıkları sınıf yönetimi sorunları. Milli Eğitim Dergisi, 49(1), 201-230.

Ayaz, E. (2021). İlkokul fen bilimleri dersinin pandemi dönemi uzaktan eğitimine ilişkin öğretmen ve ebeveyn görüşlerinin incelenmesi. Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 34(1), 298- 342.

Bakioğlu, B. ve Çevik, M. (2020). Covid-19 pandemisi sürecinde fen bilimleri öğretmenlerinin uzaktan eğitime ilişkin görüşleri. Turkish Studies, 15(4), 109-129.

Birhan, H. ve Doğru, M. (2022). Uzaktan eğitim aracılığıyla gerçekleştirilen fen bilimleri dersinin etkililiğine ilişkin öğretmen görüşleri. Anadolu Öğretmen Dergisi, 6(1), 121- 147.

Çetin, S. ve Akduman, D. (2022). Covid-19 pandemi dönemi uzaktan eğitim sürecine ilişkin öğretmen ve öğrenci görüşleri. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi, 55(1), 119-145.

Miles, M. B. ve Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis: An expanded Sourcebook. (2nd ed). Thousand Oaks, CA: Sage.

Yeşiloğlu, S. N., Gençer, S., Ekici, F. ve Işık, B. (2021). Examining pre-service teachers' views about online chemistry laboratory learning experiences amid the covid-19 pandemic. Journal of Turkish Science Education, Covid-19 Special Issue, 108-124.

Bölüm
3

KİMYA EĞİTİMİNDE GÜNCEL KONULAR VE YENİ EĞİLİMLER

Engin MEYDAN[1]

1 Doç. Dr. Engin MEYDAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
0000-0002-1860-1715

Giriş

21. yüzyılda kimya eğitimi, yalnızca geleneksel laboratuvar-ders yaklaşımlarından öteye geçerek dijital teknolojiler, yapay zekâ, sanal/karma laboratuvar ortamları, sürdürülebilirlik odaklı eğitim ve öğrenci-merkezli yaklaşımlar gibi pek çok yeniliği içine almaktadır. Bu dönüşüm, hem öğretim yöntemlerinde hem de öğrenme süreçlerinde önemli paradigmaları değiştirmektedir.

Özellikle son yıllarda, yapay zekâ destekli öğrenme araçları kimya eğitiminin odak noktalarından biri hâline gelmiştir. Örneğin, ChatGPT ve Bing Chat gibi generatif yapay zekâ uygulamalarının, kimya öğrenme sürecinde "düşünme aracı" (agent-to-think-with) olarak kullanılabileceği üzerine yapılan çalışmalar, öğrencilerin kavramsal anlama, problem çözme becerisi ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri açısından önemli potansiyeller sunmaktadır (dos Santos, 2023). Buna paralel olarak, soyut kimya kavramlarını somutlaştırmak için sanal gerçeklik (VR) ve etkileşimli simülasyonlar giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, kuantum kimya temelli modellemelerle gerçek zamanlı etkileşim imkânı veren VR uygulamaları, öğrencilere moleküler düzeyde olayları deneyimleme fırsatı tanıyarak soyut kavramların öğrenilmesini kolaylaştırabilir (Weymuth & Reiher, 2020).

Bir diğer güncel tema, sürdürülebilirlik ve yeşil kimya ilkelerinin kimya derslerine entegrasyonudur. Çevresel kaygıların artmasıyla birlikte, öğrencilerin kimya bilgisini yalnızca teorik düzeyde değil, aynı zamanda doğa ve toplumla ilişkili bağlamlarda kullanabilmeleri beklenmektedir. Bu çerçevede, kimya derslerinde atık azaltma, enerji verimliliği ve çevreci deney tasarımları gibi unsurlar giderek önem kazanmaktadır. Ayrıca, disiplinlerarası yaklaşımlar ve STEM entegrasyonu, kimya eğitiminde sık rastlanan bir eğilimdir. Fizik, biyoloji, matematik, bilgisayar bilimleri ve sanat ile kimyanın kesiştiği projeler sayesinde öğrencilerin gerçek dünya problemleriyle bağlantı kurarak öğrenme motivasyonları artmaktadır. Özellikle biyokimya, malzeme kimyası, nanoteknoloji gibi alanların derslerle harmanlanması, öğrenciyi daha aktif öğrenme süreçlerine yönlendirmektedir.

Bu yeniliklerin uygulanmasında, öğretim programları ve değerlendirme yöntemleri de gözden geçirilmelidir. Geleneksel sınav ve test odaklı değerlendirmeler yerine alternatif yöntemler; örneğin performans değerlendirmeleri, portfolyolar, öğrenci projeleri, kavram haritaları ve öğrenme analizleri ön plana çıkmaktadır. Bu değerlendirme yaklaşımları, öğrencilerin süreç odaklı öğrenmesini teşvik eder. Elbette bu dönüşüm sürecinde öğretmen eğitimi çok kritik bir rol oynar. Öğretmenlerin pedagojik alan bilgisi, teknoloji kullanımı becerileri ve yenilikçi yaklaşımları benimseme kapasiteleri, bu yeni yön-

temlerin başarıyla sınıfa taşınmasını belirler. Ayrıca, öğretmenler arasındaki paylaşım, işbirliği ve sürekli profesyonel gelişim, kimya eğitimindeki güncel temaların kalıcı hale gelmesini sağlar (Ho, Chen ve Clark, 2025).

Sonuç olarak, kimya eğitiminde dijitalleşme, yapay zekâ, sürdürülebilirlik, disiplinlerarası yaklaşım ve öğrenme-öğretme süreçlerinde paradigmaları zorlayan değerlendirme sistemleri; güncel araştırma ve uygulama eksenlerini oluşturmaktadır. Bu çalışma, bu trendleri daha derinlemesine inceleyerek, kimya eğitimi araştırmaları ve uygulamaları arasında köprü kurmayı amaçlamaktadır.

1.Yapay Zekâ ve Dijital Teknolojiler

21. yüzyılın dijital dönüşümü, kimya eğitimini derinden etkilemektedir. Özellikle yapay zekâ (YZ) uygulamaları, kimya öğretiminde yeni öğrenme deneyimleri yaratmakta ve geleneksel öğretim yöntemlerinin sınırlarını zorlamaktadır. ChatGPT, Bing Chat ve benzeri büyük dil modelleri, öğrencilerin kimyasal kavramları anlamalarında "düşünme aracı" (agent-to-think-with) olarak kullanılabilmektedir (dos Santos, 2023). Bu teknolojiler, öğrencilere kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunarken öğretmenlere de sınıf içi uygulamalarda rehberlik imkânı vermektedir.

YZ'nin kimya eğitimine en önemli katkılarından biri, kavram yanılgılarının giderilmesi ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesidir. Öğrenciler, yapay zekâ destekli akıllı öğretim sistemleri aracılığıyla anında geri bildirim alabilmekte ve kendi öğrenme hızlarına göre ilerleyebilmektedir. Ayrıca, öğrenme analitiği ve veri madenciliği tabanlı yazılımlar sayesinde öğrencilerin öğrenme süreçleri ayrıntılı olarak izlenebilmekte ve öğretmenler, öğrencilerin eksik olduğu noktaları belirleyerek derslerini uyarlayabilmektedir (Holmes & Olsen, 2022).

Bunun yanı sıra dijital teknolojiler, sanal laboratuvarlar ve simülasyon tabanlı uygulamalar aracılığıyla öğrencilerin deneysel becerilerini geliştirmektedir. Fiziksel laboratuvarların imkânlarının sınırlı olduğu durumlarda, sanal deneyler öğrencilere güvenli, düşük maliyetli ve tekrar edilebilir öğrenme ortamları sunar. Bu uygulamalar, özellikle tehlikeli kimyasal reaksiyonların öğretiminde önemli avantajlar sağlamaktadır. YZ'nin eğitimde kullanımıyla ilgili bazı sınırlılıklar da göz ardı edilmemelidir. Öğrencilerin yapay zekâya aşırı bağımlılık geliştirme riski, akademik dürüstlük sorunları ve etik kaygılar bu tartışmaların merkezindedir (Luckin, 2017). Ayrıca, yapay zekâ sistemlerinin şeffaflığı ve güvenilirliği konusunda da tartışmalar sürmektedir. Bununla birlikte, doğru pedagojik rehberlik ve etik kullanım çerçevesinde yapay zekânın kimya eğitiminde güçlü bir dönüşüm yaratma potansiyeli bulunmaktadır.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve dijital teknolojiler, kimya eğitiminde hem öğrencilerin öğrenme süreçlerini destekleyen hem de öğretmenlerin öğretim stratejilerini dönüştüren güçlü araçlardır. Gelecekte bu teknolojilerin, kişiselleştirilmiş öğrenme, öngörücü analizler ve sanal deneylerle daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, kimya öğretim programlarının yapay zekâ ve dijital araçları pedagojik bağlamda nasıl bütünleştireceği, alanın güncel araştırma sorularından biri olarak önemini korumaktadır.

2. Sanal / Artırılmış Gerçeklik ve Simülasyonlar

Kimya eğitiminin en temel sorunlarından biri, öğrencilerin soyut kavramları (örneğin atomik yapı, moleküler orbitaller, kimyasal bağlar veya reaksiyon mekanizmaları) anlamada yaşadığı güçlüklerdir. Öğrenciler, doğrudan gözlemlenemeyen bu olguları zihinsel modeller aracılığıyla kavramaya çalışır. Ancak yalnızca geleneksel ders anlatımı veya iki boyutlu görseller, bu kavramların içselleştirilmesinde yetersiz kalabilmektedir. Bu noktada sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve etkileşimli simülasyon teknolojileri önemli fırsatlar sunmaktadır.

VR uygulamaları, öğrencilerin üç boyutlu moleküler yapıları incelemesine, reaksiyon süreçlerini adım adım gözlemlemesine ve atomik düzeyde etkileşimleri deneyimlemesine olanak tanır (Weymuth & Reiher, 2020). AR tabanlı sistemler ise, gerçek laboratuvar ortamına sanal elementler ekleyerek hibrit bir öğrenme deneyimi sağlar. Örneğin, öğrenciler akıllı cihazlar aracılığıyla molekülleri sınıf ortamında üç boyutlu hologram olarak görebilmekte ve onlarla etkileşime geçebilmektedir (Akçayır & Akçayır, 2017). Buna ek olarak, sanal laboratuvarlar ve simülasyonlar, deneysel malzemelerin yetersizliği, yüksek maliyetler veya güvenlik sorunları nedeniyle yapılamayan deneylerin öğrencilere ulaştırılmasında kritik rol oynar. Sanal laboratuvar yazılımları, öğrencilerin farklı değişkenleri manipüle ederek deneyler tasarlamasına olanak sağlar; bu da onların bilimsel süreç becerilerini geliştirmektedir. Özellikle tehlikeli kimyasal reaksiyonların güvenli şekilde öğrenilmesi, bu teknolojilerin en büyük avantajlarından biridir. Ayrıca VR/AR teknolojilerinin öğrencilerin motivasyon ve ilgisini artırdığı da araştırmalarla ortaya konmuştur. Etkileşimli ve görsel açıdan zengin ortamlar, öğrencilerin dikkatini çekmekte ve öğrenme sürecini daha eğlenceli hâle getirmektedir (Merchant et al., 2014). Öğrencilerin kendi hızlarında keşif yapabilmeleri, öğrenmeyi bireyselleştirmekte ve farklı öğrenme stillerine hitap etmektedir.

Bununla birlikte, VR ve AR uygulamalarının eğitimde kullanımına yönelik bazı sınırlılıklar vardır. Öncelikle bu teknolojilerin yüksek maliyeti ve gerekli donanımın her okulda bulunamaması önemli bir engeldir. Ayrıca öğretmenlerin bu araçları etkin kullanabilmesi için pedagojik ve teknolojik eğitimden geçmesi gerekmektedir. Son olarak, VR ortamlarında öğrencilerin

gerçek laboratuvar deneyimlerinden kopma riski de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle en ideal yaklaşım, VR/AR teknolojilerini geleneksel laboratuvar uygulamalarıyla tamamlayıcı şekilde kullanmaktır (Bailenson, 2018).

Sonuç olarak, sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, kimya eğitiminde soyut kavramların anlaşılmasını kolaylaştıran, güvenli ve motive edici öğrenme ortamları sunan güçlü araçlardır. Gelecekte bu teknolojilerin daha erişilebilir ve yaygın hâle gelmesiyle birlikte, kimya eğitiminin pedagojik yapısında köklü değişiklikler yaşanması beklenmektedir.

3. Sanal ve Artırılmış Gerçeklik ile Simülasyonlar

Son yıllarda sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve simülasyon tabanlı öğrenme araçları, kimya eğitiminde yenilikçi öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Bu teknolojiler, öğrencilerin soyut kimyasal kavramları görselleştirmesine, moleküler yapıları üç boyutlu olarak incelemesine ve laboratuvar ortamlarında daha güvenli öğrenme süreçleri geliştirmesine olanak tanımaktadır. Özellikle kimyanın mikroskobik doğası düşünüldüğünde, VR ve AR uygulamaları öğrencilerin "görünmeyeni görmelerini" sağlaması bakımından pedagojik açıdan büyük değer taşır (Merchant et al., 2014).

Sanal laboratuvarlar, kimya deneylerini gerçek laboratuvar maliyetleri ve riskleri olmadan gerçekleştirme imkânı verir. Örneğin, tehlikeli kimyasal reaksiyonlar veya pahalı ekipman gerektiren deneyler VR tabanlı simülasyonlarda güvenli bir biçimde uygulanabilir. Bu yaklaşım, öğrencilerin deneysel tasarım, hata analizi ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunur (Makransky vd., 2019). Ayrıca, AR teknolojileriyle öğrenciler tablet ya da akıllı telefon aracılığıyla molekül yapılarını üç boyutlu modeller olarak inceleyebilir ve bu yapıları gerçek çevreye entegre edilmiş biçimde gözlemleyebilir (Cai et al., 2014). Bu teknolojiler, öğrenci motivasyonunu artırma açısından da oldukça etkilidir. Çalışmalar, VR ve AR uygulamalarının öğrencilerin derse katılımını, kavramsal anlama düzeylerini ve öğrenme kalıcılığını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur (Bailenson, 2018). Özellikle kimya derslerinde zorlayıcı konular olan moleküler orbital teorisi, üç boyutlu stereokimya ve reaksiyon mekanizmaları, simülasyon tabanlı görselleştirmeler sayesinde daha anlaşılır hale gelmektedir

Bununla birlikte, VR ve AR uygulamalarının eğitimde kullanımına yönelik bazı sınırlılıklar da vardır. Teknolojik altyapı eksiklikleri, donanım maliyetleri ve öğretmenlerin bu araçları pedagojik bağlama entegre etme konusundaki yeterlilikleri uygulamada karşılaşılan zorluklardır (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Ayrıca, bazı araştırmalar VR ortamlarının fazla gerçekçi olması durumunda bilişsel yükü artırabileceğini ve öğrencilerin dikkatini dağıtabileceğini vurgulamaktadır (Makransky et al., 2019).

Sonuç olarak, sanal ve artırılmış gerçeklik ile simülasyon tabanlı uygulamalar, kimya eğitiminde güçlü bir tamamlayıcı araç olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler, özellikle karmaşık kimyasal süreçlerin görselleştirilmesi ve güvenli laboratuvar deneyimlerinin sağlanması bakımından önemli fırsatlar sunmaktadır. Gelecek araştırmaların, bu araçların pedagojik entegrasyonunu kolaylaştıracak stratejilere ve öğretmen eğitimine odaklanması, kimya eğitiminin niteliğini artırmada kritik rol oynayacaktır.

4. Yeşil Kimya ve Sürdürülebilirlik

Küresel ölçekte çevresel sorunların artması, kimya eğitiminde yeşil kimya ve sürdürülebilirlik konularını ön plana çıkarmaktadır. Yeşil kimya, Paul Anastas ve John Warner tarafından ortaya konulan 12 ilkeye dayanmakta olup; atıkların azaltılması, yenilenebilir kaynakların kullanımı, enerji verimliliği ve toksik maddelerin önlenmesi gibi uygulamaları kapsamaktadır (Anastas & Warner, 1998). Bu yaklaşım, yalnızca endüstriyel üretim süreçlerinde değil, aynı zamanda kimya öğretiminde öğrencilerin çevresel bilinç geliştirmesi açısından da kritik bir rol oynamaktadır.

Kimya eğitimi bağlamında yeşil kimya, öğrencilerin **sorumlu bilim insanı** kimliği kazanmalarına katkıda bulunmaktadır. Derslerde sürdürülebilirlik odaklı örnek olay çalışmaları, yeşil sentez deneyleri ve geri dönüşüm projeleri ile öğrencilerin çevresel sorunlara duyarlılığı artırılmaktadır. Örneğin, laboratuvar uygulamalarında tehlikeli çözücüler yerine su bazlı çözücülerin kullanımı veya düşük enerji gerektiren reaksiyonların tercih edilmesi, öğrencilerin hem çevre dostu hem de güvenli yöntemleri deneyimlemesini sağlar (Burmeister & Eilks, 2013). Ayrıca, sürdürülebilirlik eğitimi yalnızca kimyasal süreçlerle sınırlı değildir; ekonomi, toplum ve çevre arasındaki dengeyi anlamayı da gerektirir. Bu nedenle kimya derslerinde disiplinlerarası yaklaşımların öne çıkması önemlidir. Çevre bilimleri, mühendislik ve politika alanlarından örneklerle desteklenen ders içerikleri, öğrencilerin kimyanın küresel sorunların çözümündeki rolünü kavramalarını kolaylaştırır (Mahaffy et al., 2018).

Öğrenci merkezli öğretim yöntemleri de yeşil kimya eğitiminde etkili sonuçlar vermektedir. Sorgulamaya dayalı öğrenme, proje tabanlı öğrenme ve işbirlikçi grup çalışmaları, öğrencilerin hem teorik hem de pratik düzeyde sürdürülebilirlik ilkelerini içselleştirmelerine yardımcı olmaktadır (Eilks & Hofstein, 2014). Bunun yanında, üniversitelerde yeşil kimya temalı öğrenci kulüpleri ve topluluk etkinlikleri, formal eğitimi tamamlayıcı rol oynamaktadır. Bununla birlikte, yeşil kimya ve sürdürülebilirlik uygulamalarının eğitimde yaygınlaşmasının önünde bazı zorluklar da bulunmaktadır. Özellikle öğretim programlarının yoğunluğu, sınırlı laboratuvar altyapısı ve öğretmenlerin bu alandaki pedagojik yeterlilikleri uygulamayı zorlaştıran faktör-

lerdir (Burmeister & Eilks, 2013). Ancak, uluslararası ölçekte yürütülen projeler, açık erişimli yeşil kimya kaynaklarının artışı ve çevrimiçi platformlarda paylaşılan laboratuvar protokolleri bu engelleri aşmayı kolaylaştırmaktadır.

Sonuç olarak, yeşil kimya ve sürdürülebilirlik, kimya eğitiminde sadece bilimsel bilgi aktarımı değil, aynı zamanda değer ve sorumluluk bilinci kazandırmayı amaçlayan bir yaklaşım olarak önem kazanmaktadır. Geleceğin kimyagerlerini ve öğretmenlerini yetiştirirken çevreye duyarlı, etik ve yenilikçi bir bakış açısının kazandırılması, hem eğitim hem de toplum açısından kritik bir gereklilik olarak görülmektedir.

5. STEM ve Disiplinlerarası Yaklaşımlar

Günümüz eğitim anlayışında STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımı, fen eğitiminin en önemli paradigmalarından biri haline gelmiştir. Kimya eğitimi, doğası gereği hem bilimsel teorileri hem de teknolojik ve mühendislik uygulamalarını kapsadığı için STEM'in merkezinde yer almaktadır. STEM eğitimi, öğrencilerin yalnızca kimyasal kavramları öğrenmesini değil, aynı zamanda bu bilgileri gerçek yaşam problemlerine uygulamasını da hedefler (Bybee, 2013).

Kimya derslerinde STEM entegrasyonu, özellikle disiplinlerarası problem çözme odaklıdır. Örneğin, enerji dönüşümü, çevresel kirlilik, ilaç tasarımı veya nanoteknoloji konuları, kimyanın yanı sıra fizik, biyoloji, mühendislik ve matematik bilgilerini de içeren kapsamlı projeler aracılığıyla ele alınabilir (Burrows et al., 2016). Bu yaklaşım, öğrencilerin hem kimyasal kavramları daha iyi anlamalarını hem de farklı disiplinlerden bilgileri bütünleştirerek yenilikçi çözümler geliştirmelerini sağlar.

Araştırmalar, STEM odaklı kimya eğitiminde proje tabanlı öğrenme ve tasarım temelli öğrenm yöntemlerinin etkili olduğunu göstermektedir (English, 2016). Öğrenciler bu yöntemler sayesinde laboratuvar deneylerini mühendislik tasarımlarıyla birleştirmekte, teknolojiyi etkin biçimde kullanmakta ve matematiksel modelleme becerilerini geliştirmektedir. Örneğin, su arıtma sistemleri tasarlamak veya biyobozunur plastik üretmek gibi STEM projeleri, öğrencilerin bilimsel bilgiyi günlük yaşamla ilişkilendirmelerine katkı sunar. Bununla birlikte, STEM ve disiplinlerarası yaklaşımların eğitimde uygulanması bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Öğretmenlerin çoklu disiplinlerde yeterlilik sahibi olması, ders içeriklerinin yoğunluğu ve değerlendirme yöntemlerinin uygunluğu uygulamada sık karşılaşılan engellerdir (Rennie et al., 2012). Ayrıca, öğrencilerin farklı disiplinlerden gelen bilgileri bütünleştirmede zorlandıkları da belirtilmektedir. Bu nedenle, öğretmen eğitiminin güçlendirilmesi ve disiplinlerarası materyallerin geliştirilmesi bu yaklaşımın başarısı için kritik öneme sahiptir.

Kimya eğitiminin STEM bağlamında yeniden konumlandırılması, aynı zamanda 21. yüzyıl becerileri olarak adlandırılan eleştirel düşünme, işbirliği, yaratıcılık ve iletişim becerilerinin geliştirilmesine de katkıda bulunur (Honey et al., 2014). Bu bağlamda, STEM odaklı kimya eğitimi yalnızca bilimsel bilgi üretmeyi değil, aynı zamanda öğrencilerin toplumsal sorunlara çözüm geliştirecek aktif vatandaşlar olmalarını da amaçlar.

Sonuç olarak, STEM ve disiplinlerarası yaklaşımlar, kimya eğitiminde öğrenmeyi daha anlamlı, uygulamalı ve yenilikçi hale getirmektedir. Geleceğin kimya öğretiminde bu yaklaşımların daha geniş ölçekte benimsenmesi, öğrencilerin hem akademik hem de toplumsal yaşamda karşılaşacakları karmaşık problemlere hazırlanmalarını sağlayacaktır.

6. Uzaktan Eğitim ve Hibrit Öğrenme Modelleri

Son yıllarda özellikle COVID-19 pandemisi ile birlikte uzaktan eğitim ve hibrit öğrenme modelleri, kimya eğitiminin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu süreç, dijital platformlar üzerinden derslerin yürütülmesi, sanal laboratuvarların kullanımı ve öğrenci-öğretmen etkileşimlerinin çevrim içi ortama taşınması gibi yenilikleri beraberinde getirmiştir (Dhawan, 2020). Pandemi sonrası dönemde de hibrit öğrenme, yani yüz yüze ve çevrim içi öğrenme bileşenlerinin bir arada kullanıldığı model, kalıcı bir öğretim stratejisi olarak benimsenmektedir.

Uzaktan kimya eğitiminin en büyük avantajlarından biri, erişilebilirlik sağlamasıdır. Öğrenciler internet bağlantısı aracılığıyla farklı coğrafyalardan derslere katılabilmekte, öğretim kaynaklarına kolayca ulaşabilmekte ve çevrim içi platformlarda işbirlikçi etkinlikler gerçekleştirebilmektedir (Hodges et al., 2020). Ayrıca, çevrim içi ders materyalleri, video anlatımlar ve simülasyon tabanlı deneyler, öğrencilerin kendi öğrenme hızlarında ilerlemelerine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, kimya eğitiminin deneysel boyutu uzaktan öğretimde önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Laboratuvar deneylerinin doğrudan çevrim içi ortama aktarılması her zaman mümkün olmadığından, bu açığı kapatmak için sanal laboratuvarlar ve artırılmış gerçeklik uygulamaları devreye girmiştir (Potkonjak et al., 2016). Öğrenciler bu uygulamalar sayesinde temel deneysel süreçleri öğrenebilmekte, hatasız pratikler gerçekleştirebilmekte ve gerçek laboratuvar deneylerine hazırlanabilmektedir.

Hibrit öğrenme modeli ise, uzaktan eğitimin esnekliğini yüz yüze eğitimin etkileşim gücü ile birleştirmektedir. Örneğin, teorik derslerin çevrim içi platformlarda yürütülmesi, deneysel uygulamaların ise laboratuvar ortamında yapılması, hem zaman hem de kaynak açısından verimlilik sağlamaktadır. Ayrıca, hibrit model öğrencilerin çevrim içi ortamda elde ettikleri bilgileri sınıf içi tartışmalarda uygulamalarına imkân vererek etkin öğrenme süreçlerini desteklemektedir. Ancak uzaktan ve hibrit öğrenmenin de sınırlılıkları

vardır. Özellikle internet erişiminde yaşanan eşitsizlikler, öğrencilerin dijital araçlara erişiminde karşılaşılan sorunlar ve öğretmenlerin çevrim içi pedagojik yeterlilikleri sürecin verimliliğini etkileyebilmektedir (Adedoyin & Soykan, 2020). Bu nedenle, öğretmen eğitiminde dijital pedagojinin güçlendirilmesi ve öğrencilere eşit fırsatlar sunacak teknolojik altyapının oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, uzaktan eğitim ve hibrit öğrenme modelleri, kimya eğitiminin geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu modeller, öğrencilere esneklik, erişilebilirlik ve farklı öğrenme yolları sunarken, pedagojik açıdan da kimya öğretiminde yenilikçi uygulamaların önünü açmaktadır. Gelecek araştırmaların, hibrit öğrenme modellerinin laboratuvar uygulamalarıyla nasıl daha etkin bütünleştirileceğine odaklanması, bu alanın gelişimi açısından kritik olacaktır.

7. Bilimsel Okuryazarlık ve Eleştirel Düşünme

Kimya eğitiminin temel amaçlarından biri, öğrencilere yalnızca kimyasal bilgi aktarmak değil, aynı zamanda bilimsel okuryazarlık ve eleştirel düşünme becerilerini kazandırmaktır. Bilimsel okuryazarlık, bireylerin bilimsel kavramları anlayabilmesi, bilimsel süreçleri değerlendirebilmesi ve bu bilgileri günlük yaşamda bilinçli kararlar almak için kullanabilmesi olarak tanımlanır (OECD, 2019). Kimya gibi deneysel temellere dayalı bir disiplin, öğrencilerin hem bilimsel yöntemleri öğrenmelerine hem de eleştirel düşünme alışkanlıkları geliştirmelerine olanak tanır.

Bilimsel okuryazarlığın önemi, toplumların karşı karşıya kaldığı güncel sorunlar bağlamında daha da belirgin hale gelmektedir. İklim değişikliği, gıda güvenliği, enerji kaynakları veya çevresel kirlilik gibi küresel sorunlar, bireylerin bilimsel verileri anlayabilmesini ve bunlara dayalı çözüm önerileri geliştirebilmesini gerektirir (Roberts & Bybee, 2014). Kimya eğitimi bu noktada öğrencilere yalnızca akademik bilgi sunmakla kalmaz, aynı zamanda onları bilimsel temelli kararlar alabilen aktif vatandaşlar olmaya hazırlar.

Eleştirel düşünme, öğrencilerin bilgiyi sorgulama, kanıtları değerlendirme, alternatif açıklamaları tartışma ve mantıklı çıkarımlar yapma becerilerini içerir (Facione, 2011). Kimya derslerinde bu beceriler, özellikle laboratuvar çalışmalarında deney tasarlama, hipotez oluşturma ve sonuçları değerlendirme süreçlerinde gelişmektedir. Ayrıca, sorgulamaya dayalı öğrenme ve argümantasyona dayalı öğretim yöntemleri, öğrencilerin eleştirel düşünme kapasitelerini desteklemektedir (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2007).

Araştırmalar, bilimsel okuryazarlık ile eleştirel düşünmenin birbiriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bilimsel bilgiyi doğru yorumlayabilmek için eleştirel düşünme becerileri gereklidir; aynı şekilde, eleştirel

düşünme sürecinde bilimsel verilerin etkin kullanımı önem taşır. Bu nedenle, kimya eğitimi programlarında bu iki kavramın bütüncül olarak ele alınması, öğrencilerin hem akademik hem de toplumsal yaşamda karşılaşacakları sorunlara daha hazırlıklı olmalarını sağlar. Ancak, bilimsel okuryazarlık ve eleştirel düşünmenin öğretimi bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Geleneksel öğretim yaklaşımlarında ezbere dayalı öğrenmenin ağırlık kazanması, öğrencilerin sorgulama ve değerlendirme becerilerini sınırlayabilmektedir (Laugksch, 2000). Ayrıca, öğretmenlerin eleştirel düşünme odaklı pedagojik yöntemler konusunda yeterli donanıma sahip olmamaları bu sürecin önünde bir engel oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, bilimsel okuryazarlık ve eleştirel düşünme, kimya eğitiminde yalnızca akademik başarıyı değil, aynı zamanda bilinçli, sorumlu ve aktif vatandaşlık becerilerini de geliştirmektedir. Gelecek çalışmalarda, bu becerilerin öğretimini destekleyen öğretim stratejileri, değerlendirme yöntemleri ve öğretmen eğitimi programlarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

8. Duyuşsal Alan, Motivasyon ve Öğrenci Tutumları

Kimya eğitiminin başarısı yalnızca bilişsel becerilerle değil, aynı zamanda öğrencilerin duyuşsal özellikleri, motivasyon düzeyleri ve tutumları ile de yakından ilişkilidir. Duyuşsal alan; ilgi, tutum, değer ve motivasyon gibi öğrenme sürecini etkileyen faktörleri kapsar (Krathwohl et al., 1964). Bu bağlamda, öğrencilerin kimya derslerine yönelik olumlu tutum geliştirmeleri, derse katılım düzeylerini ve öğrenme kalıcılıklarını doğrudan etkilemektedir.

Araştırmalar, öğrencilerin kimya derslerine karşı çoğu zaman zor, soyut ve ezber gerektiren algılara sahip olduklarını göstermektedir (Osborne & Dillon, 2008). Bu algı, motivasyon düşüklüğüne ve ders başarısında gerilemeye neden olabilmektedir. Bu nedenle öğretmenlerin, öğrencilerin ilgisini çekecek yöntemler kullanmaları ve kimyayı günlük yaşamla ilişkilendirmeleri önemlidir. Örneğin, kimyasal kavramların sağlık, çevre ve teknoloji bağlamında sunulması, öğrencilerin derse olan ilgilerini artırabilmektedir (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2011).

Motivasyon, öğrencilerin öğrenme süreçlerini yönlendiren temel bir duyuşsal faktördür. Öz-belirleme kuramına göre, öğrencilerin içsel motivasyonlarının desteklenmesi, kimya öğreniminde daha kalıcı sonuçlar doğurur. Öğretmenlerin öğrencilere özerklik tanıması, işbirlikçi etkinlikler düzenlemesi ve başarıya ulaşabilecekleri öğrenme ortamları yaratması, motivasyonu artırıcı unsurlar arasında yer alır. Ayrıca, geri bildirim ve değerlendirme süreçlerinde yapıcı bir yaklaşım sergilenmesi de öğrencilerin kimyaya yönelik olumlu tutum geliştirmelerine katkıda bulunur.

Duyuşsal alanın önemli bir boyutu da öğrencilerin öz-yeterlik inançlarıdır. Bandura'ya (1997) göre, öğrenciler kendi başarı potansiyellerine inandıklarında öğrenmeye daha fazla çaba gösterirler. Kimya gibi deneysel uygulamaların yoğun olduğu bir disiplinde, öz-yeterliği geliştirmek için öğrencilere basitten karmaşığa doğru ilerleyen laboratuvar etkinlikleri sunmak, onların başarı algılarını güçlendirebilir. Ancak, olumsuz tutumlar ve düşük motivasyon, kimya eğitiminin önünde ciddi engeller oluşturabilir. Bu noktada, öğretmenlerin sınıf içi iklimi düzenlemesi, öğrencilerle olumlu iletişim kurması ve öğrenme ortamında destekleyici bir atmosfer yaratması kritik öneme sahiptir (Tuan et al., 2005). Ayrıca, öğrenci merkezli öğretim stratejilerinin kullanılması, bireysel farklılıkların dikkate alınması ve başarının sadece sınavlarla değil, süreç odaklı olarak değerlendirilmesi, öğrencilerin kimyaya yönelik olumlu yaklaşımlarını artırabilir.

Sonuç olarak, kimya eğitiminde duyuşsal alan, motivasyon ve öğrenci tutumları; bilişsel öğrenme çıktılarının temelini oluşturan, göz ardı edilmemesi gereken boyutlardır. Gelecekte yapılacak araştırmaların, bu faktörlerin nasıl geliştirilebileceğine ve öğretim süreçlerine nasıl entegre edilebileceğine odaklanması, kimya öğretiminin kalitesini artırmada kritik bir rol oynayacaktır.

9. Ölçme-Değerlendirme ve Alternatif Yaklaşımlar

Kimya eğitiminde ölçme ve değerlendirme, öğrencilerin bilgi düzeyini, beceri kazanımlarını ve öğrenme süreçlerini anlamak için kritik bir bileşendir. Geleneksel olarak, sınav ve testler öğrencilerin bilgi düzeyini ölçmekte yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak bu yöntemler, özellikle deneysel ve uygulamalı öğrenmenin yoğun olduğu kimya eğitiminde öğrencilerin becerilerini ve eleştirel düşünme yetilerini yeterince yansıtmayabilir (Black & Wiliam, 1998). Bu nedenle, alternatif değerlendirme yöntemleri giderek önem kazanmaktadır.

Alternatif değerlendirme yaklaşımları, öğrencilerin süreç odaklı öğrenme deneyimlerini ve becerilerini değerlendirmeyi hedefler. Bunlar arasında portfolyo değerlendirmesi, öz değerlendirme, akran değerlendirmesi, performans görevleri ve projeye dayalı değerlendirme yöntemleri yer almaktadır (McMillan, 2018). Örneğin, öğrencilerin bir kimyasal deney tasarlaması, süreci dokümante etmesi ve sonuçlarını raporlaması, sadece teorik bilgilerini değil aynı zamanda problem çözme, analitik düşünme ve bilimsel iletişim becerilerini de ölçmektedir.

Sorgulamaya dayalı öğrenme ve proje tabanlı öğretim yöntemleri, alternatif değerlendirme yaklaşımlarıyla doğal bir uyum içindedir. Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini planlaması, uygulaması ve değerlendirmesi, onların özyönetimli öğrenme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmektedir

(Eilks & Markic, 2011). Ayrıca, akran değerlendirmesi öğrenciler arasında işbirliği ve geri bildirim kültürünü güçlendirerek, öğrenme toplulukları oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Teknoloji destekli değerlendirme yöntemleri de kimya eğitiminde yaygınlaşmaktadır. Öğrencilerin laboratuvar deneylerini çevrim içi platformlar üzerinden paylaşması, simülasyon tabanlı performanslarının değerlendirilmesi ve dijital portfolyoların incelenmesi, öğretmenlerin öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha ayrıntılı ve esnek biçimde takip etmelerini sağlamaktadır (Herman et al., 2018). Bu sayede geleneksel sınavların sınırlılıkları aşılmakta ve ölçme-değerlendirme süreci daha kapsayıcı hâle gelmektedir. Bununla birlikte, alternatif değerlendirme yöntemlerinin uygulanması bazı zorluklar içermektedir. Öğretmenlerin bu yöntemleri planlama ve uygulama konusunda yeterli pedagojik bilgiye sahip olmamaları, değerlendirme kriterlerinin belirsizliği ve süreçlerin daha fazla zaman alması, en sık karşılaşılan engeller arasında yer almaktadır (Gikandi et al., 2011). Bu nedenle, öğretmen eğitimi ve yönergeler ile bu yöntemlerin sistematik bir şekilde entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, kimya eğitiminde ölçme ve değerlendirme süreci, yalnızca öğrencilerin bilgi düzeyini ölçmekle kalmamalı, aynı zamanda beceri gelişimini, süreç odaklı öğrenmeyi ve eleştirel düşünmeyi desteklemelidir. Alternatif değerlendirme yaklaşımları, bu hedeflere ulaşmada etkili araçlar sunmakta ve öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirmektedir. Gelecek araştırmaların, bu yöntemlerin etkinliği ve uygulanabilirliği üzerine odaklanması, kimya eğitiminde değerlendirme süreçlerinin niteliğini artıracaktır.

10. Öğretmen Eğitimi ve Profesyonel Gelişim

Kimya eğitiminin kalitesi, büyük ölçüde öğretmenlerin pedagojik bilgi, alan bilgisi ve profesyonel gelişim düzeyine bağlıdır. Etkili öğretim, yalnızca ders içeriklerini aktarmaktan öte, öğrencilerin bilimsel süreçleri anlamalarını, eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerini ve kimyaya yönelik olumlu tutumlar kazanmalarını gerektirir. Bu nedenle, öğretmen eğitimi ve sürekli mesleki gelişim, kimya eğitiminde merkezi bir rol oynamaktadır (Shulman, 1986).

Öğretmen eğitimi, hem ön lisans ve lisans seviyelerinde sunulan öğretmenlik programlarını hem de meslek hayatı boyunca devam eden profesyonel gelişim etkinliklerini kapsar. Ön lisans ve lisans programları, öğretmen adaylarına alan bilgisi (content knowledge), pedagojik bilgi (pedagogical knowledge) ve pedagojik içerik bilgisi (pedagogical content knowledge, PCK) kazandırmayı hedefler (Grossman, 1990). Kimya eğitimi bağlamında, bu PCK, öğretmenlerin karmaşık kimyasal kavramları öğrenciler için anlaşılır hâle getirmelerini sağlar ve laboratuvar deneylerini pedagojik bir çerçevede sunabilmelerine yardımcı olur.

Profesyonel gelişim programları, öğretmenlerin yenilikçi öğretim yöntemleri, teknoloji entegrasyonu, sorgulamaya dayalı öğrenme ve alternatif değerlendirme yöntemleri gibi alanlarda kendilerini sürekli güncellemelerini sağlar. Araştırmalar, etkili profesyonel gelişim programlarının, öğretmenlerin hem öğretim stratejilerini geliştirdiğini hem de öğrencilerin öğrenme çıktılarında olumlu değişimler yarattığını göstermektedir. Ayrıca, öğretmen toplulukları ve mesleki öğrenme ağları, bilgi paylaşımını ve işbirliğini artırarak profesyonel gelişimi destekler.

Özellikle kimya eğitiminde laboratuvar deneyimlerine yönelik eğitim, öğretmenlerin güvenli, etkili ve yaratıcı deney tasarımları yapabilmesini sağlar. Simülasyonlar ve sanal laboratuvar uygulamaları, öğretmenlerin teknoloji destekli laboratuvar yönetimi becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunur (van Driel et al., 2001). Bu sayede öğretmenler, öğrencilerin hem deneysel hem de bilişsel öğrenmelerini optimize edebilirler. Bununla birlikte, öğretmen eğitimi ve profesyonel gelişim süreçlerinde karşılaşılan bazı zorluklar vardır. Bunlar arasında zaman kısıtlamaları, yetersiz kaynaklar, ekonomik ve altyapısal engeller ve bazı öğretmenlerin yeni pedagojik yaklaşımlara adaptasyonunda yaşanan güçlükler yer almaktadır (OECD, 2019). Bu nedenle, etkili profesyonel gelişim programlarının uzun vadeli, uygulamalı, işbirlikçi ve öğretmen ihtiyaçlarına duyarlı olarak tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, kimya eğitiminin sürdürülebilir başarısı, öğretmenlerin alan bilgisi, pedagojik yetkinlik ve sürekli mesleki gelişim ile doğrudan ilişkilidir. Gelecekte, öğretmen eğitimi programlarının teknoloji entegrasyonu, sorgulamaya dayalı öğrenme, alternatif değerlendirme ve STEM odaklı pedagojik yaklaşımları kapsayacak şekilde geliştirilmesi, kimya eğitiminde kaliteyi artıracak temel stratejilerden biri olacaktır.

Sonuç

Günümüzde kimya eğitimi, yalnızca bilgi aktarımı ile sınırlı kalmayıp, öğrencilerin eleştirel düşünme, bilimsel okuryazarlık, motivasyon, tutum, STEM becerileri ve sürdürülebilirlik bilinci gibi çok boyutlu kazanımlar elde etmesini hedeflemektedir. Eğitimde teknolojik yenilikler, pedagojik yaklaşım çeşitliliği ve öğretmen profesyonelliği, kimya eğitiminin kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

Sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile simülasyonlar, öğrencilerin soyut kimyasal kavramları somutlaştırmalarına ve güvenli laboratuvar ortamında deney yapmalarına olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler, öğrenme motivasyonunu artırmakta, kavramsal anlayışı desteklemekte ve öğrencilerin üç boyutlu düşünme becerilerini geliştirmektedir. Benzer şekilde, yeşil kimya ve sürdürülebilirlik konularının ders içeriklerine entegre edilmesi, öğrencilerin çevresel bilinç ve etik sorumluluk geliştirmelerini sağlayarak, kimya öğ-

renimini toplumsal bağlamla ilişkilendirmektedir.

STEM ve disiplinlerarası yaklaşımlar, öğrencilerin kimya bilgisini matematik, fizik, biyoloji ve mühendislik ile bütünleştirerek problem çözme ve yenilikçi düşünme yetilerini güçlendirmektedir. Bu tür disiplinlerarası projeler, öğrencilerin öğrenmeyi günlük yaşam problemleri ile ilişkilendirmelerine ve 21. yüzyıl becerilerini kazanmalarına katkıda bulunur. Uzaktan eğitim ve hibrit öğrenme modelleri ise, esneklik ve erişilebilirlik sağlayarak kimya öğretiminde pedagojik çeşitliliği artırmaktadır. Bu modeller, sanal laboratuvarlar ve çevrim içi değerlendirme araçları ile birleştirildiğinde, öğrenme süreçlerini hem daha kapsayıcı hem de daha etkili hâle getirmektedir.

Öğrencilerin kimya derslerine yönelik duyuşsal alanları, motivasyonları ve tutumları, öğrenme süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Pozitif tutum ve yüksek motivasyon, öğrenme başarısını artırmakta ve öğrencilerin karmaşık kimyasal kavramları anlamalarını kolaylaştırmaktadır. Bilimsel okuryazarlık ve eleştirel düşünme becerileri ise öğrencilerin bilimsel kanıtları değerlendirmelerini ve bilinçli kararlar almalarını sağlamaktadır.

Ölçme-değerlendirme süreçlerinde geleneksel sınavların ötesine geçilerek, portfolyo, performans değerlendirmesi ve akran değerlendirmesi gibi alternatif yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yöntemler, öğrencilerin hem sürece dayalı hem de bilişsel ve duyuşsal kazanımlarını ölçmeye olanak tanır. Son olarak, öğretmen eğitimi ve profesyonel gelişim programları, bu pedagojik ve teknolojik yeniliklerin etkin bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Öğretmenlerin alan bilgisi, pedagojik içerik bilgisi ve sürekli mesleki gelişim düzeyi, eğitim kalitesini doğrudan etkilemektedir.

Tüm bu yaklaşımlar bir araya geldiğinde, modern kimya eğitimi, bilimsel bilgi aktarımını, süreç odaklı öğrenmeyi, teknolojiyi, sürdürülebilirliği ve öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal gelişimini bütüncül biçimde ele alan çok boyutlu bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Gelecekteki araştırmaların, bu yaklaşımların birbirleriyle entegrasyonunu ve öğrenci başarısına etkilerini daha derinlemesine incelemesi, kimya eğitiminde kaliteyi ve etkinliği artıracaktır.

Kaynakça

Adedoyin, O. B., & Soykan, E. (2020). COVID-19 Pandemic and Online Learning: The Challenges and Opportunities. *Interactive Learning Environments*, 1–13.

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.

Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press.

Bailenson, J. N. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do.* W. W. Norton & Company.

Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. Freeman.

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. Assessment in Education: Principles, *Policy & Practice, 5*(1), 7–74.

Burmeister, M., & Eilks, I. (2013). An Understanding of Sustainability and Education for Sustainable Development Among German Student Teachers and Trainee Teachers of Chemistry. *Science Education International, 24*(2), 167–194.

Burrows, A., Mooring, S., & Spencer, J. (2016). STEM Education: Integrating Chemistry into Real-World Problems. *Journal of Chemical Education, 93*(6), 993–1000.

Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.

Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A Case Study of Augmented Reality Simulation System Application in a Chemistry Course. *Computers in Human Behavior,* 37, 31–40.

Chen, X., Zou, D., & Xie, H. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.

Dhawan, S. (2020). Online Learning: A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *Journal of Educational Technology Systems, 49*(1), 5–22.

dos Santos, R. P. (2023). Enhancing Chemistry Learning with ChatGPT and Bing Chat as Agents to Think With: A Comparative Case Study. https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.00709

Eilks, I., & Markic, S. (2011). *Teaching and Learning of Chemistry in a Context-Based and Inquiry-Based Learning Approach*. Springer.

Eilks, I., & Hofstein, A. (2014). *Relevant Chemistry Education – From Theory to Practice.* Sense Publishers.

English, L. D. (2016). STEM Education K-12: Perspectives on Integration. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 3.

Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research.* Springer.

Facione, P. A. (2011). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. Insight Assessment. Laugksch, R. C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education, 84(1), 71–94.*.

Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online Formative Assessment in Higher Education: A Review of the Literature. *Computers & Education, 57*(4), 2333–2351.

Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. Teachers College Press.

Herman, J. L., Osmundson, E., & Silver, C. (2018). *Classroom Assessment for Student Learning: Doing It Right—Using It Well.* Corwin Press.

Ho, K., Chen, A., & Clark, D. B. (2025). Fostering STEM Identity through Storytelling: Links to Belonging, Self-Efficacy, Classroom Climate, and Lab Performance. *Chemistry Education Research and Practice.* DOI: 10.1039/D5RP00230C

Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). *The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning*. Educause Review.

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). High-School Students' Attitudes Toward and Interest in Learning Chemistry. *Educación Química, 22*(2), 90–102.

Holmes, N. G., & Olsen, J. (2022). Artificial Intelligence in Science Education. *Journal of Chemical Education, 99*(12), 4321–4330.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research.* National Academies Press.

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM Learning: A Systematic Review. *Computers & Education*, 123, 109–123.

Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals.* Handbook II: Affective Domain. Longmans.

Luckin, R. (2017). Towards Artificial Intelligence-Based Assessment Systems. *Nature Human Behaviour, 1*(3), 0028.

Mahaffy, P. G., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2018). Reorienting Chemistry Education Through Systems Thinking. *Nature Reviews Chemistry, 2*(4), 1–3.

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding Immersive Virtual Reality to a Science Lab Simulation Causes More Presence but Less Learning. *Learning and Instructio,* 60, 225–236.

McMillan, J. H. (2018). *Classroom Assessment: Principles and Practice for Effective Standards-Based Instruction.* Pearson.

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-analysis. *Computers & Education,* 70, 29–40.

OECD. (2019). PISA 2018 *Assessment and Analytical Framework.* OECD Publishing.

OECD. (2019). *Teachers and School Leaders as Lifelong Learners: Lessons from TALIS 2018*. OECD Publishing.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflection*. Nuffield Foundation.

Pérez-Sanagustín, M., et al. (2021). Augmented Reality in Science Education: A Systematic Review. *Journal of Science Education and Technology, 30*(5), 641–657.

Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual Laboratories for Education in Science, Technology, and Engineering: A Review. *Computers & Education*, 95, 309–327.

Rennie, L. J., Venville, G. J., & Wallace, J. (2012). Integrated STEM Education: What Do We Know About the Teaching and Learning of Interdisciplinary Science, Technology, Engineering and Mathematics? *International Journal of Science Education, 34*(18), 3679–3696.

Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education 2*(545–558). Routledge.

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4–14.

Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H. (2005). The Development of a Questionnaire to Measure Students' Motivation Towards Science Learning. *International Journal of Science Education, 27*(6), 639–654.

van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers' Practical Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(2), 137–158.

Weymuth, T., & Reiher, M. (2020). Immersive Interactive Quantum Mechanics for Teaching and Learning Chemistry. https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.03256.

Bölüm
4

BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİNİN FEN BİLİMLERİ DERSİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Kelimetullah GEÇER[1]
Ayşe KESKİN GEÇER[2]

1 *Kelimetullah GEÇER, Dr. Öğr. Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, 0000-0001-7019-286X.*
2 *Ayşe KESKİN GEÇER, Dr. Öğrt., Milli Eğitim Bakanlığı, Van Tev İfakat Yavuz Ortaokulu, 0000-0002-7426-6915.*

Teknolojik gelişmelerin hız kesmeden ilerlemeye devam ettiği 21. yüzyılda bilgi toplumunda da ilerlemelerin olduğu görülmektedir. Teknoloji ile birlikte bilgi toplumundaki bu ani yenilenmelere bireylerin ayak uydurmakta güçlük çektikleri söylenebilir. Dolayısıyla toplumda önemli bir yere sahip olan bireyler teknoloji ve bilgi toplumundaki gelişmelere uyum sağlayabilmede önemli birtakım beceriler edinmelidirler. Aksi takdirde bu denli hızlı bir gelişmeye ayak uydurmanın daha da güçleşeceği bilinmektedir. Fen bilimleri dersinin teknolojideki ve bilgi toplumundaki gelişmelerle doğrudan ilintili bir ders olduğu düşünüldüğünde bireylerde birtakım beceriler edindirmede önemli bir yere sahip olduğu söylenebilir. Dolayısıyla fen bilimlerinin bilginin doğasına vakıf olabilme, hâlihazırdaki bilgi birikiminin farkında olabilme ve yeni bilgi üretebilme süreci olarak iki grup öğeyi içerdiğini söyleyebiliriz. Bunlar, bilimsel bilgiler ve bilgi edinme yolları olarak sıralanmaktadır.

Bunlardan ilki, fen biliminin içerdiği güvenilir ve geçerli bilgilerden oluşan, olgusal önerme, genelleme, hipotez, teori, ilke ve yasa içermektedir. İkincisi ise, yukarıda belirtilen bilimsel bilgileri edinme yolları olarak ifade edilmektedir. Bunlar, bilimsel tutumlar ile bilimsel süreç becerileri olarak iki grupta değerlendirilebilir (Tan ve Temiz, 2003). Bilimsel tutumlar, fen bilimleriyle uğraşan kişilerde bulunan meraklılık, alçak gönüllülük, pes etmeme, açık fikirlilik, doğruluk, vb. özellikleri ifade etmektedir (Oğuzkan, 1984). Bir diğeri (BSB) ise, bilgiyi elde etmede, problemleri analiz etmede ve sonuçlara yönelik bir model oluşturmada tercih edilen bir düşünme yeteneği olarak bilinmektedir. Yani bunlar, bilim adamlarının yaptıkları çalışmalarda tercih ettikleri beceriler olarak bilinmektedir. Bu bakımdan bilimsel düşünmenin ve bilimsel araştırmanın temelini oluşturan bu önemli beceriler öğrencilere kazandırılarak onların içinde yaşadıkları dünyalarını anlamasına, öğrenmesine katkıda bulunulabilir (Lind, 1998).

Diğer bir değişle bu önemli beceriler (BSB), fen derslerinde öğrenme-anlama güçlüğünü engelleyen, öğrenme faaliyetlerinde öğrenciyi merkeze alan ve sorumluluk bilincini almasını sağlayıp bunu geliştiren, kalıcı bir öğrenmeyi daha üst seviyeye taşıyan bir beceri olarak bilinmektedir. Bunun yanında araştırma yöntem ve tekniklerini edinmelerini sağlayan temel beceriler olarak ta ifade edilebilir (Çepni, Ayaş, Johnson ve Turgut, 1996). Dolaysıyla bu temel beceriler; "*gözlem ve sınıflama yapabilme, ölçebilme, sayı-uzay ilişkileri kurabilme, tahminde bulunabilme, verileri kaydedebilme, sonuç çıkarabilme*" şeklinde sıralanmaktadır (Çepni ve diğ., 1996). Farklı bir literatürde de bu becerilerin: "*gözlem ve sınıflama yapabilme, ölçebilme, sayı ve uzay ilişkilerini kurabilme, önceden kestirebilme, verileri kaydedebilme, verileri kullanabilme ve model oluşturabilme, elde edilen verileri yorumlayabilme, sonuç elde edebilme, değişkenleri belirleyebilme, değişkenleri değiştirebilme ve kontrol edebilme, hipotez kurabilme ve doğrulamaya çalışabilme, deney yapabilme*" olarak belirlendiği görülmektedir (Tan ve Temiz, 2003). Farklı araştırmalarda

aynı amaca hizmet eden farklı başlıkların olduğu görülebilir. Dolaysıyla bu becerilerin çoğunlukla *"Gözlem yapabilme, ölçebilme, sınıflayabilme, verileri kaydedebilme, hipotez kurabilme, verileri kullanıp model oluşturabilme, değişkenleri değiştirebilme ve kontrol edebilme, deney yapabilme"* (Acemioğlu, 2025), başlıkları etrafında toplandığı görülmektedir. Bu temel becerilerin ne anlama geldiklerine sırasıyla bakalım.

Gözlem Yapma

Beş duyu organımızla veya duyu organlarımızın hassasiyetini artıran araç ve gereçlerle objelerin veya olayların incelenmesi şeklinde ifade edilebilir (Arthur, 1993). Bu nesnelerin farkındalığı etkili bir gözlemle olabilmektedir. Etkili bir gözlem sadece bakmak değil, bir amaca yönelik konsantre olarak, sistemli bir şekilde bakmak demektir. Öğrenme ortamlarında öğrencilerin iyi bir gözlemci oldukları bilinmektedir. Okul hayatı öncesinde öğrendikleri birçok şey iyi bir gözlemci olduklarının göstergesidir. Dolayısıyla iyi bir gözlemci olmaları tam anlamıyla biyolojik temele dayandırılabilir. Tüm canlılar hayatta kalabilmek adına tehlikeyi algılamak, yiyecek bulmak ve evin yolunu bilmek, vb. bir takım becerilere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu bağlamda günümüze bakıldığında birçok çocuğun gözlem becerisini hayatta kalmak için kullanmadığı görülse de ilk elden izlenim elde etme meraklarının hâlâ sürdüğü görülmektedir. Çocuklar özellikle bu çağlarda keşfetme becerilerini ortaya koymada tüm duyu organlarını kullanarak gözlem yapmanın anlamını belirlemeye çalışmaktadırlar (Blackrvell ve Hofman 1991). Örneğin, hepimizin ilköğretim döneminde yaptığı bir deneyden söz edecek olursak, "Fasulye tohumlarını (kuru fasulyeleri) yedi gün boyunca ıslak pamuk arasına koyup çimlenmesini gözlemlemeye ve notlar almaya çalışırdık." Dolayısıyla fen bilimleri dersleri doğası gereği yaparak yaşayarak öğrenmeyi hedef aldığından, bir olayın nasıl gerçekleştiğini belirlemede iyi bir gözlemci olmanın bu ders için ne denli önemli olduğu görülmektedir.

Bu önemli beceri, tamamen duyu organlarının uyarılması ile gerçekleşmeyen aynı zamanda zihinsel faaliyetlerin de işe koşulduğu bir aktivite olarak bilinir. Öğrenci veya birey yaptığı gözlem sonuçlarını değerlendirdiğinde bilinen bir araştırma ya da problemin içeriğine yönelik sonuçları yaptığı gözlemle ilgisi olmayanlardan ayırt edebilmeyi öğrenebilmektedir. Dolayısıyla bu durum gözlem yapama beceri açısından önem taşımaktadır (Harlen, 1993).

Sınıflama Yapma

Sınıflama yapmak; objeleri, olayları veya bunları temsil eden bilgileri farklı metotlar ve sistemler kullanarak, benzerlik ve farklılıklarına göre gruplandırma sürecidir (Arthur, 1993). Bu gruplandırma sürecinde öğrenciler yeni öğrendikleri ile önceki öğrendikleri kavram ve bilgiler arasında ilişki kurmaya başlarlar. Gruplama ve sınıflama yapmada belirli bir sistemin ve me-

todun olduğu bilinmektedir. Bu sınıflama ve gnıplamalar, önceden belirlenmiş özellikler kümesine göre yapılmaktadır. Dolayısıyla öğrenciler sınıflama ve gruplama ile karmaşaya düzen getirmektedirler (Çepni ve diğerleri, 1996). Bu şekilde öğrenciler teorik bilgilerini pratiğe dönüştürerek günlük yaşamlarında uygulanabilir hale getirip, bilimsel becerilerini yaşam boyu sürdürebilecekleri sağlam bir temele dayandıracaklardır (Balçın, 2024). Bu becerileri ile öğrenciler bilgileri sistematik bir şekilde düzenlemeyi öğrenirler. Örneğin; Fen bilimleri dersinde canlıları sınıflandırılması, gruplara ayırabilmesi veya elementlerin periyodik tablodaki yerlerini bilip gruplandırmaya çalışması.

Bu bakımdan sınıflama yapma becerisi öğrencilerin öğrencilerin soyut düşünme yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olmakta ve onların bilimsel bilgiyi daha organize bir şekilde anlamalarına katkı sağlamaktadır (Osborne and Dillon, 2010).

Ölçme

Ölçme yapma becerisi, bir niteliğin gözlemlenmesi sonucunda sayı veya sembollerle ifade edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ölçme, kıyaslama ve saymayı içerir. Bir nesnenin, olgunun veya olayın herhangi bir özelliğini belirtmek için yapılır. Ölçme standart veya standart olmayan araçlarla yapılabilir (Aslan, Ertaş Kılıç ve Kılıç, 2016). Yani yapılan niceliksel gözlem geleneksel veya geleneksel olmayan ölçütlerle kıyaslanarak değerlendirilmektedir. Bu türden gözlem, bilinen standart ya da standart olmayan ölçümlerle yorumlandığında anlam kazanmaktadır (Arthur, 1993). Dolayısıyla ölçme en basit düzeyde kıyas yapma ve sayma eylemidir. Doğrusal boyutlar, alan, hacim, zaman, sıcaklık, kütle, vb. ölçülebilen nitelikleri ifade etmek için standart ve standart dışı birimlerin tercih edilmesini kapsamaktadır. Bu bakımdan ölçme deneyim olmadan gelişemez.

Bu beceriye sahip olan öğrenci, cisimlerin birbirlerinden farklı olan özelliklerine (uzunluk, ağırlık, vb.) uygun ölçme araçlarını sıralayarak belirleyebilmektedir. Bazı bilimsel ölçme araçlarını kullanabilmekte, (metre, termometre, vb.) çeşitli birimleri birbirine dönüştürebilmektedir (Çepni ve diğerleri 1996). Örneğin, fen bilimleri dersinde ısı ve sıcaklık ünitesinde öğrencilerin hazırlamış oldukları iki çözeltinin sıcaklık farklılıklarını belirlemek için laboratuvar termometresi kullanarak sıcaklığı ölçmeye veya kaynamakta olan çaydanlıktaki suya ne kadar ısının (joule) verildiğini ve kaynama sıcaklığının süresini belirlemeye çalışması.

Önceden Kestirme (Tahmin Etme)

Bu basamak, eldeki verilerden hareketle gelecekteki olaylar veya var olabilecek şartlar hakkında tahmin yapmaktır. Söz konusu olan bu tahmin becerisi, delillere ve geçmişteki tecrübelere dayalı olduğundan, rasyonel ol-

mayan bir tahminden farklı anlam ifade etmektedir. Bilimsel bir araştırmanın daima önceden bir kestirme işlemi olduğu bilinmektedir. Bu kestirmeyi desteklemek veya çürütmek için veri toplanmalıdır. Bunun için de deney veya gözlemler yapılmaktadır. Bu bakımdan grafikten yararlanarak kestirmede bulunma ise daha üst düzeyde bir aşamayı ifade etmektedir (Esler, 1977). Dolayısıyla bu beceriye sahip olan bir öğrenci; bir probleme yönelik ve kanıtlara uygun tahminlerde bulunabilir, bu kanıtları bir tahminde bulunmada nasıl kullanılacağını bilir, elde ettiği bilgilerden veya gözlemlerdeki kalıplardan hareketle yerinde tahminler yapar ve kanıtları aşan kalıpları genelleştirerek tahminlerde bulunabilir (Harlen and Jelly, 1989; Arslan 2004)

Bu beceriyi farklı bir şekilde ifade edecek olursak; bir probleme yönelik problemin cevabını tahmin etme: Önceden konu ile ilgili bilgimiz var ise hipotez, yok ise sadece günlük deneyimlerimize dayanarak cevap veriyorsak tahminde bulunmuş oluruz denilmektedir. Bir örnekle açıkladığımızda; bir öğrencinin aşağıda belirtilen soru tipine vereceği cevap öğrencinin soruya yönelik belirleyeceği hipotezi ve yapacağı tahmini oluşturmaktadır.

"100 derecede kaynayan suyun kaynama sıcaklığına erişme süresini nasıl düşürebiliriz? Nedenlerini sıralayınız."

Yanıt: ---------- şeklinde cevap oluşturmaları istenebilir. Ya da çoktan seçmeli sorular sorularak bu becerinin gelişmesine öncülük edilebilir (Aktamış, 2007).

Hipotez Kurma

Bilimsel süreç becerilerinin en temel unsurlarından biri olarak bilinir. Burada öğrenciler gözlemlerden ya da var olan bilgilerden ve deneyimlerinden hareket ederek, öngörülerde bulunarak açıklamalar yapabilmektedirler. Farklı bir değişle hipotez, bir problemin çözümü için öngörülen geçici çözüm yolu olarak ifade edilebilir. Öğrencilerin bir problemi çözmek ve buna yönelik açıklamalarda bulunmak üzere ortaya attığı önermeler hipotez (Aydoğdu, 2006) olarak değerlendirilmektedir. Farklı bir çalışmada da (Koslowski, 1996) öğrencilerin gözlemler ve mevcut bilgiler doğrultusunda hareket ederek belirli bir olayın veya durumun sonucuna yönelik tahminlerde bulunma süreci olarak ifade edilmektedir. Yani hipotezin, bir bilimsel problemi çözme yolunda öğrencilere rehberlik eden bir açıklama olduğu düşünülebilir. Bu bakımdan problemi çözme hipotezi deneme olarak da değerlendirilebilir.

Genelde yaratıcılıkla ilgili araştırmacıların yaptıkları çalışmalara bakıldığında, hipotezleri sınama ve problem çözme becerileri üzerinde sıklıkla durdukları görülmektedir (Hoover, 1994). Buradan hareketle hipotezi sınamanın, bilimsel süreç becerilerinin; deneyi tasarlayabilme, ölçme yapabilme, verileri toplayabilme, verileri sunabilme ve değerlendirebilme bileşenlerini

içerdiği ifade edilebilir. Bu beceriye sahip öğrenciler, hipotez kurarak bilimsel sürecin temel yapı taşlarından birini oluştururlar. Ayrıca bilimsel yöntemleri kullanarak analiz yapmayı öğrenirler. Yapılan araştırmalara bakıldığında, hipotez kurma becerisinin, öğrencilerin problemlere yönelik daha sistematik bir düşünme biçimi geliştirmelerine yardımcı olduğunu ortaya koyduğu görülmektedir (Bell, 2011). Dolayısıyla, öğrencilerin bu becerilerini geliştirmeleri onların bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerine önemli ölçüde katkı sağladığı düşünülmektedir. Yani öğrenciler bu becerileri ile bir bilim adamı gibi düşünebilme fırsatını elde etmektedirler.

Bu bakımdan hipotez kurma becerisinin, tahminde bulunma ve geçici çözüm yolu üretme yeteneklerinin dışında; gözlem yapma, mantık yürütme, bilimsel düşünebilme, vb. birçok bilişsel süreci de kapsadığı görülmektedir.

Veriyi Kullanabilme ve Model Oluşturabilme

Bir deney sırasında öğrenciler hem nitel hem de nicel birçok veri elde etmektedirler. Olayların gerçekleşme şekli ve nesneler ile ilgili elde edilen bu veriler, herkesin anlayabildiği bir takım düzenleyici formlarda kaydedilmektedir. Dolayısıyla bu düzenleyici formlar verilerin kullanılmasında kolaylık sağlamaktadır (Hughes ve Wade, 1993). Örneğin; Atom modeli ya da Güneş sistemi modellerini oluşturma, oluşturulan modellerde verilerin nasıl kullanıldığını anlayabilme.

Bu bakımdan verileri kaydetme, bunları kullanabilme ve model oluşturabilmeye yönelik temel atılmaktadır. Örnek verecek olursak; sonrasında çizilecek bir grafik için bir tablonun oluşturulması. Tablo oluşturma, not tutabilme, bir taslak oluşturabilme, kasetçalar kaydı alabilme, fotoğraf çekebilme, bir deneyi rapor haline getirebilme, elde edilen verileri kaydedebilme becerileriyle yönelik davranışlar olarak sıralanabilir (Çepni ve diğerleri, 1996). Örneğin, öğrencinin kinetik enerjinin meydana gelmesindeki temel faktörleri belirleyerek bunu gösterir bir deney düzeneği kurması (Kinetik enerjinin nelere bağlı olarak değiştiğinin belirlenmeye çalışılması). Dolayısıyla bu beceri ile yapılan araştırma ve deney sonucunda çeşitli düzenleyiciler ile kayda alınan veriler kullanılarak olayların gerçekleşmesini gösterebilecek özelliğe sahip bir model oluşturulmaya çalışılmaktadır (Akdeniz, 2016; Aslan vd., 2016; Bağcı Kılıç, 2003; Bağcı Kılıç, 2008; Çepni vd., 1997; Karslı, 2017).

Değişkenleri Değiştirme ve Kontrol Etme

Bu temel beceri, yapılacak bir araştırma ya da deneyde bağımsız ve bağımlı değişkenler ile kontrol değişkenlerini birbirinden ayırarak deneysel koşulları sistemli bir şekilde düzenlemeyi ön görmektedir. Yani bu becerilere sahip bir öğrenci bir değişkeni (*bağımsız değişken*) isteyerek değiştirirken, diğer değişkenleri ise sabit tutarak (*kontrol değişkenleri*) bu değişikliğin sonucunda

meydana gelen etkileri (*bağımlı değişken*) gözlemlemeye çalışmaktadır. Örnek ile somutlaştırmaya çalışırsak, bir bitkinin büyümesini gözlemleyen öğrenci yaptığı bir deneyde sadece ışık miktarını değiştirip, su ve toprak çeşidini sabit tutmaya çalışması bu beceriyi pratiğe dönüştürdüğü anlamı taşımaktadır (Yengi, 2017).

Fen bilimleri dersleri doğası gereği yaparak yaşayarak öğrenmeyi hedeflediğinden dolayı deneysel çalışmalarda bu becerinin ne denli önem taşıdığı görülmektedir. Ayrıca bu becerinin öğrencilerin bilimsel düşünme ve araştırma yeteneklerinin gelişmesinde önemli bir rol oynadığı (Karplus ve Thier, 1967; Padilla, 1990) ifade edilmektedir.

Farklı bir ifade ile bu beceriyi değerlendirecek olursak; değişkenin, yapılan bir deneyde ölçmeye karar verdiğimiz ve bu ölçmeyi etkileyen faktörlere verilen isim olduğu söylenebilir. Bağımsız değişken (Değişen değişken) ise, bir araştırmada değiştirmeye karar verdiğimiz faktördür. Kontrol değişkeni (Sabit değişken), sabit tutmaya karar verdiğimiz faktör iken; bağımlı değişken (Ölçülen değişken) ise, ölçmeye karar verdiğimiz faktör olarak değerlendirilebilir. Örneğin, bu beceriyi ortaya koymak için öğrencilere boyları farklı olan üç mavi üçgen ve kırmızı kare karton verilip bu iki farklı şekle sahip maddelerin ortak ve değişik özelliklerinin neler olduğu sorulabilir. Buna karşılık öğrencilerin, üçgen ve karenin renk ve şekillerinin değişik olduğunu, fakat boylarına bakıldığında bu iki kartonun her ikisinin de küçük, ortanca ve büyük şekle sahip olduklarını ifade ettikleri gözlemlenebilir (Aktamış, 2007).

Deney Yapma

Öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirecek önemli bir basamaktır. Soyut kavramların laboratuvarlarda somut etkinliklerle desteklenmesi öğrencilerin bilimsel düşünme alışkanlıkları kazanarak kavramları neden sonuç ilişkisi içerisinde daha iyi anlamalarına katkı sağlayacaktır. Bu nedenle fen eğitiminin hedefleri içerisinde öğrencilerin uygulama yetileriyle birlikte bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmektedir (MEB, 2018). Dolayısıyla deney yapmak, "Bir hipotezi test etmek için tasarlanan kontrollü bir aktivitedir." denilebilir. Bir araştırmacı (Hofstein & Lunetta, 2004) şu şekilde tanımlamıştır; "*bilimsel bir hipotezi test etmek için sistematik bir şekilde yapılan işlemler dizisidir.*" Diğer bir değişle, bağımsız değişkeni değiştirerek bağımlı değişkendeki gelişmeleri ölçme aracılığıyla belirlemektir. Bir deney gözlemleri içerir fakat gözlemden daha fazlasıdır. Gözlemci doğal akışta bir müdahalede bulunmazken deneyde gözlemcinin bilinçli müdahalesinden bahsedilir. Deney yapma süreci soru sorma ve bu sorunun çözümü için belirlenen aşamaları içerir. Bir şeye deney denilebilmesi için mutlaka hipotez(ler), bağımsız değişken(ler), bağımlı değişken(ler) içermesi gerekmektedir (Aslan, Ertaş Kılıç ve Kılıç, 2016).

Sonuç olarak fen bilimleri derslerinde deney yapma becerisi, öğrencilerin bilimsel yöntemi uygulamalı olarak öğrenmelerine olanak tanımaktadır. Örneğin, fen dersinde yapılan bir asit-baz titrasyonu deneyinde öğrencilerin deney sürecine aktif olarak katılmaları, onlara bilimsel sürecin dinamiklerini öğretmektedir (Millar et al., 2002). Dolayısıyla yapılan araştırmalar, sıklıkla deney yapma becerisinin öğrencilerin bilimsel süreçleri anlamalarını, becerileri kavrayabilmelerini ve bu süreçlerde aktif olarak rol almalarını sağladığını ifade etmektedirler (Abrahams & Millar, 2008).

Yukarıda sıralanan becerilerden yola çıkarak bilimsel süreç becerilerinin fen bilimleri dersi için önemini özetleyen birkaç paragraf ile ne anlatmak istediğimizi özetlemeye çalışarak konumuzu sonuçlandıralım.

Her bir becerinin özelliklerinden yola çıkarak bilimsel süreç becerilerinin fen bilimleri dersinde, öğrencilere bilimsel bilgiyi doğru ifade edebilmesi, kavramları anlamlandırabilmesi ve düşüncelerini paylaşabilmesi yönüyle yardım ettiğinden fen bilimleri dersi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Dolayısıyla öğrencelerin bu sayede deney, gözlem ve araştırma süreçlerinde sadece verileri toplamadığı, aynı zamanda bunları sözlü ya da yazılı olarak aktarabildiklerini ifade edebiliriz. Bu durum öğrencilerde, hem bilimsel iletişim becerisini hem de kavramsal öğrenmeyi güçlendirmektedir. Çünkü bilimsel bilginin paylaşımı, bireyin kendi öğrenmesini yapılandırmasına ve arkadaşlarıyla iş birliği içinde yeni bilgileri tartışmasına imkân tanımaktadır (Çepni, 2014). Ayrıca bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi (ki bu durum 21. Yüzyıl becerileri ile daha da güçlendirilmiştir), fen bilimleri derslerinde öğrencilerin eleştirel düşünme, tartışma ve bilimsel akıl yürütme yeteneklerini desteklediği bilinmektedir. Öğrencilerin gözlemlerini doğru kavramlarla ifade etmesi, hipotezlerini açık ve anlaşılır biçimde dile getirmesi ve sonuçlarını mantıklı argümanlarla açıklayabilmesi, onların bilimsel okuryazarlık düzeyini artırmaktadır. Bu bakımdan bilimsel süreç becerilerinin, fen öğretiminde hem akademik başarıya hem de günlük yaşamda bilinçli karar vermeye katkı sağlayan temel bir unsur olduğunu (Yore, Bisanz and Hand, 2003) ifade edebiliriz.

Son olarak ifade ettiğimiz becerilerin fen bilimleri dersi açısından öğrencilere neler kattığına yönelik değerlendirme yapacak olursak;

- Öğrenciler bu beceriler ile ezberledikleri bilgiyi aynı zamanda yapılandırarak kullanabilmeyi, bir bilim adamı gibi düşünebilmeyi öğrenmektedirler. Ayrıca fen derslerini bilgi aktarmaktan ziyade kendilerinde bilimsel düşünme biçimini kazandırdığını da fark etmektedirler (Padilla, 1990).

- Öğrenciler günlük yaşamda karşılaştıkları problemleri bilimsel yöntemler kullanarak çözme yeterliliğini fen bilimleri dersinin temel amaçlarından edinmektedirler. Dolayısıyla bu beceriler, öğrencilere

deneysel süreçleri planlayabilmeyi, verileri kaydedebilmeyi ve yorumlayabilmeyi öğreterek onların problem çözme ve eleştirel düşünme yeteneklerini arttırdığı ifade edilebilir. Bu durum, bilimsel süreç becerilerinin fen öğretiminde öğrenci merkezli aktif öğrenme ortamlarını oluşturduğunu ve öğrencilerin bilime yönelik olumlu tutum sergilediklerini belirtmektedir (Çepni ve Ayas, 1997)

- Öğrenciler bu becerilerle fen derslerinde yalnızca bilgiyi almakla kalmayıp, bu bilgiyi sorgulayarak, deneylerle test ederek ve bilimsel açıklamalar üreterek üst düzey düşünme becerilerini de geliştirmiş olurlar. Dolayısıyla öğrenmenin kalıcılığı sağlanıp, öğrencilerin bilimsel okuryazarlık düzeyleri gelişmiş olur (Harlen, 1999).

Ayrıca bilimsel süreç becerilerine sahip olan öğrencilerin sergileyebildikleri davranışlar ise şu şekilde sıralanabilir;

- Bir araştırma sorusu oluşturabilme ve tanımlama,
- Hipotezi açıklayabilme ve formülünü planlayabilme,
- Değişken belirleyebilme,
- Değişkenleri işlemsel olarak ifade edebilme,
- Araştırma tasarlayabilme,
- Tasarlanan araştırmaları uygulayabilme,
- Verileri toplayabilme, analiz edebilme ve yorumlayabilme,
- Elde edilen verilerden sonuçlara ulaşabilme,
- Verilerden elde edilen bulgulara yönelik sözlü ya da yazılı rapor oluşturabilme (Burns, Okey ve Wise, 1985; Carey, Evans, Honda, Jay ve Unger, 1989; NRC, 1996).

Bu bakımdan fen bilimleri dersinin, bireylerin akademik başarılarının yanında günlük yaşamlarında da bilinçli kararlar verebilmelerinde önemli katkılarda bulunduğu ifade edilebilir. Ayrıca yapılan bu çalışmada bilimsel süreç becerileri ile birlikte bu katkının daha üst düzey becerilere nasıl taşındığına hep birlikte tanık olduk.

Yapılan araştırmalarda da bu durum net bir şekilde özetlenmiştir. Şöyle ki; *"Söz konusu becerilerin fen bilimleri dersinde kazandırılması, öğrencilerin bilim okuryazarlığı seviyesini artıran temel unsurlardan biridir. Dolayısıyla bu beceriler, öğrencilerin bilimsel bilgiye ulaşmalarını, bu bilgiyi eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirmelerini ve bilimsel süreçlerin önemini anlamalarını sağ-*

lamaktadır. Bu bakımdan fen bilimleri derslerinde bilimsel süreç becerilerinin etkin bir şekilde kullanılmasının, öğrencilerin yaşam boyu öğrenen bireyler olarak yetişmelerine katkıda bulunduğu ve onların topluma bilimsel bilgiye dayalı kararlar alabilen bireyler olarak katılmalarını sağladığı" ifade edilmektedir (AAAS, 1993; NRC, 2012).

Öte yandan yapılan araştırmalar bilimsel süreç becerilerine yönelik fen bilimleri derslerinde öğrencilerin akademik başarıları arasında olumlu yönde bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır (Helseth, Yeany ve Barstor, 1981; Sittirug, 1997; Şaşmaz ve Tatar, 2006; Aydoğdu ve diğ., 2007; Demir, 2007; Sinan ve Uşak, 2011; Aydoğdu ve Buldur, 2013). Ayrıca bu beceriler yalnızca fen bilimlerine yönelik kavramları öğrenirken değerlendirilmemekte, aynı zamanda farklı öğrenme alanları için de tercih edilen ve değerlendirilen becerilerdir. Dolayısıyla her birey günlük yaşamındaki öğrenmelerini sürdürürken bilimsel süreç becerilerini az ya da çok kullanmaktadır (Bağcı-Kılıç, 2003).

KAYNAKLAR

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. https://doi.org/10.1080/09500690701749305

Acemioğlu, R. (2025). 4. sınıf fen bilimleri ders kitaplarında yer alan beslenme etkinliklerinin öğretim programı ve bilimsel süreç becerileri bağlamında incelenmesi. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 1–10. https://doi.org/10.47479/ihead.1545358

Akdeniz, A. R. (2016). Problem çözme, bilimsel süreç ve proje yönteminin fen eğitiminde kullanımı. S. Çepni (Ed.), *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi* (ss. 222–249). Pegem Akademi.

Aktamış, H. (2007). Fen eğitiminde bilimsel süreç becerilerinin bilimsel yaratıcılığa etkisi: İlköğretim 7. sınıf fizik ünitesi örneği (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1993). *Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press.

Arslan, A. G., & Tertemiz, N. (2004). İlköğretimde bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(4), 479–492.

Arthur, C. (1993). *Teaching science through discovery*. Toronto: Macmillan Publishing Company.

Aslan, S., Kılıç, H. E., & Kılıç, D. (2016). *Bilimsel süreç becerileri*. Pegem Akademi.

Aslan Efe, H., Efe, R., & Yücel, S. (2012). Ortaöğretim biyoloji ders kitaplarında yer alan etkinliklerin bilimsel süreç becerileri açısından analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(24), 1–20.

Aydoğdu, B. (2006). İlköğretim fen bilgisi öğretiminde bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesi (Yayımlanmış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Aydoğdu, B., Yıldız, E., Akpınar, E., & Ergin, Ö. (2007). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini etkileyen etmenlerin incelenmesi. *Çağdaş Eğitim Dergisi*, 32(346), 21–27.

Aydoğdu, B., & Buldur, S. (2013). Sınıf öğretmeni adaylarının bilimsel süreç becerilerinin bazı değişkenler açısından incelenmesi. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, 6(4), 520–534.

Bağcı-Kılıç, G. (2003). Üçüncü Uluslararası Matematik ve Fen Araştırması (TIMSS): Fen öğretimi, bilimsel araştırma ve bilimin doğası. *İlköğretim Online*, 2(1), 42–51.

Bağcı Kılıç, G., Haymana, F., & Bozyılmaz, B. (2008). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programının bilim okuryazarlığı ve bilimsel süreç becerileri açısından analizi. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 33(150), 52–63.

Balçın, M. D. (2024). Fen, mühendislik ve girişimcilik temelli etkinliklerin ortaokul öğrencilerinin mühendisliğin doğası anlayışları, girişimcilik becerileri, kariyer ve yetenek gelişimi öz-yeterliklerine etkisi. (Yayınlanmamış doktora tezi), Marmara Üniversitesi.

Bell, R. L. (2011). The nature of science and scientific inquiry. *The Science Teacher*, 78(6), 31–34.

Blackwell, F., & Hofmann, C. (1991). *Science: Field test edition (High/Scope K–3 curriculum series)*. Ypsilanti, MI: High/Scope Press.

Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skills test (TIPS II). *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169–177.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works: A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(5), 514–529.

Çepni, S. (2014). *Fen ve teknoloji öğretimi*. Pegem Akademi.

Çepni, S., & Ayas, A. (1997). Bilimsel süreç becerileri ve fen eğitimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.

Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D., & Turgut, M. F. (1997). *Fizik öğretimi*. YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi.

Demir. (2007). Sınıf öğretmeni adaylarının bilimsel süreç becerileriyle ilgili yeterliliklerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi bazı değişkenler açısından incelenmesi (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.

Esler, K. (1977). *Teaching elementary science*. Florida Technological University Publication.

Harlen, W. (1993). *Teaching and learning primary science*. Corwin Press.

Harlen, W. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *Assessment in Education*, 6(1), 129–144.

Harlen, W., & Jelly, S. (1989). *Developing science in the primary classroom*. London.

Helseth, E. A., Yeany, R. H., & Barstor, W. (1981). Predicting science achievement of university students on the basis of selected entry characteristics. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Catskills, Ellenville, NY.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.

Hughes, C., & Wade, W. (1993). *Inspirations for investigations in science*. Warwickshire: Scholastic Publication.

Karplus, R., & Thier, H. (1967). *A new look at elementary school science*. Rand McNally.

Karslı, F. (2017). Fen eğitiminde bilimsel süreç becerileri. M. P. Demirci Güler (Ed.), *Fen bilimleri öğretimi* (ss. 29–44). Pegem Akademi.

Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. MIT Press.

Lind, K. (1998). Science process skills: Preparing for the future. Monroe 2–Orleans Board of Cooperative Education Services. http://www.monroe2boces.org/shared/instruct/sciencek6/process.htm

Millar, R., Leach, J., & Osborne, J. (2002). *Improving science education: The contribution of research*. Open University Press.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. MEB Yayıncılık.

MEB Tebliğler Dergisi. (2018, Haziran–Ek). http://tebligler.meb.gov.tr/index.php/tuem

National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. National Academy Press.

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

Oğuzkan, F. (1984). Orta öğretim kurumlarında fen öğretimi ve sorunları. Ö. Peker (Ed.), *Fen öğretimi* (ss. 77–82). Şafak Matbaası.

Osborne, J., & Dillon, J. (2010). *Good practice in science teaching: What research has to say*. McGraw-Hill Education.

Padilla, M. J. (1990). The science process skills. *Research Matters – To the Science Teacher*, (9004).

Sinan, O., & Uşak, M. (2011). Biyoloji öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerinin değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 333–348.

Sittirug, H. (1997). The predictive value of science process skills, attitude towards science, and cognitive development on achievement in a Thai teacher institution (Unpublished doctoral dissertation). University of Missouri, Columbia.

Şaşmaz, F. Ö., & Tatar, N. (2006). The relationships between science process skills and academic achievements of candidate teachers of science in primary education. Paper presented at the Third International Symposium of Teacher Training, May 4–6, Çanakkale, Turkey.

Tan, M., & Temiz, B. K. (2003). İlköğretim fen öğretiminde temel bilimsel süreç becerileri. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 28(127), 18–24.

Yengi, A. (2017). *Fen öğretiminde bilimsel süreç becerileri ve öğretimi*. Pegem Akademi Yayıncılık.

Yore, L., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689–725.

Bölüm
5

MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN YAPAY ZEKÂ FARKINDALIK DÜZEYLERİ

Nazlı Can KALE[1]
Serdal BALTACI[2]

1 Sorumlu Yazar: Nazlı Can KALE, Yüksek Lisans Öğrencisi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Matematik Öğretmeni, Köseli İmam Hatip Ortaokulu, Kırşehir, Türkiye
nazlicankale40@gmail.com ORCID NO: 0009-0007-4196-4331
2 Serdal BALTACI, Doç, Dr, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye,
serdalbaltaci@gmail.com , ORCID ID: 0000-00028652-4467

GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz 21. yüzyıl, teknolojik dönüşümlerin toplumsal yaşamın her alanını yeniden şekillendirdiği bir çağ olarak tanımlanabilmekte ve teknoloji eğitimin her alanında kullanılabilmektedir (Aksoyak, Baltacı ve Ekici, 2025). Bu dönüşümün merkezinde yer alan yapay zekânın (YZ), sadece bir teknoloji olmanın ötesine geçerek; sağlık, ekonomi, sanayi ve savunma gibi kritik sektörlerle birlikte eğitim sistemlerinde de devrimsel değişimlerin temel aktörü haline geldiğini söyleyebiliriz (Osoba ve Welser, 2017). Eğitim bağlamında yapay zekâ, veriye dayalı ve bireyselleştirilmiş öğrenme ortamları tasarlama, öğretim süreçlerini zenginleştirme ve değerlendirme mekanizmalarını otomatikleştirme gibi benzersiz olanaklar sunarak geleneksel eğitim paradigmalarını dönüştürme potansiyeli taşımaktadır. Nitekim, New Media Consortium (NMC) gibi kuruluşlar tarafından hazırlanan raporlar, yapay zekâyı yükseköğretim ve temel eğitim kademelerinde giderek yaygınlaşan en önemli teknolojilerden biri olarak vurgulamaktadır.

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim alanındaki uygulamaları, öğrenme süreçlerini kişiselleştirme, öğrenci performansını analiz ederek anlık geri bildirimler sağlama ve eğitsel karar alma mekanizmalarını destekleme gibi çok yönlü işlevleri kapsamaktadır. Bu teknolojiler, her öğrencinin bireysel öğrenme hızına, ilgi alanlarına ve ihtiyaçlarına göre özel olarak planlanmış interaktif eğitim deneyimleri sunarak öğrenmenin kalıcılığını ve verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir. Popenici ve Kerr (2017) yapay zekâ teknolojilerinin öğrencilerin öğrenme etkileşimlerini ve eğitime yönelik olarak deneyimlerini artırdığını vurgulamaktadırlar. Yapay zekâ tabanlı akıllı öğretim sistemleri, öğretmenlerin rutin ve zaman alıcı görevlerini üstlenerek onlara daha çok pedagojik rehberlik, mentorluk ve öğrencilerle birebir etkileşim için zaman kazandırmayı hedeflemektedir. Bu sayede, yapay zekâ bir rakip değil, öğretmenin öğretim sürecindeki en önemli asistanlarından biri olarak konumlandırılabilir.

Bu teknolojik dönüşümün merkezinde ise öğretmenler yer almaktadır. Çünkü eğitim sistemi genel olarak ele alındığında öğretmen, öğrenci, müfredat ve eğitim alanı olmak üzere dört bileşenden oluştuğunu söyleyebiliriz. Bu bileşenlerin hepsinde ana hedef eğitimin kalitesini artırmaya yönelik olduğu düşünüldüğünde en kritik değişkenin öğretmen olduğunu söyleyebiliriz (Aykaç, 2018). Yapay zekâ destekli eğitim araçlarının ve platformlarının başarısı, büyük ölçüde bu teknolojileri uygulayacak olan öğretmenlerin farkındalıklarına, yetkinliklerine, tutumlarına ve bu yenilikleri benimseme düzeylerine bağlıdır. UNESCO (2021) tarafından da vurgulandığı gibi, yapay zekânın eğitimde etkili ve etik bir şekilde kullanımı, ancak öğretmenlerin bu alandaki farkındalığı ve yetkinliği ile mümkündür. Bu yeni dönemde öğretmenlerin rolü, geleneksel bilgi aktarıcılığından, teknolojiyle bütünleşmiş öğrenme ortamlarını yöneten, veriye dayalı pedagojik kararlar alan ve öğrencilere dijital dünyada etik rehberlik yapan bir kolaylaştırıcıya doğru evirildiğini söyleyebiliriz. Dolayısıyla, öğretmenlerin

yapay zekâ okuryazarlığı, bu dönüşüm sürecine adaptasyonun en kritik bileşenini oluşturmaktadır.

Yapılan araştırmalara bakıldığında yapay zekâ uygulamalarının eğitim ve öğretime yapabileceği katkılarının çok fazla olduğu sonuçlarına ulaşıldığı görülmektedir (Karsenti, 2019; Karsenti, Bugmann ve Gros, 2017; Karsenti, Bugmann ve Parent, 2017). Bunun için öğretmenlerin yapay zekâya yönelik farkındalıklarının artırılarak onların derslerinde daha fazla kullanmalarına yönelik gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu nedenle matematik öğretmenlerinin bu teknolojilere yönelik mevcut farkındalık düzeylerinin derinlemesine incelenmesi hem matematik öğretiminin geleceği hem de etkili öğretmen yetiştirme programlarının tasarlanması açısından stratejik bir önem taşımaktadır. Bu araştırmanın temel motivasyonu, bu alandaki durumu tespit ederek geleceğe yönelik politika ve uygulamalara bilimsel bir zemin oluşturmaktır. Araştırmanın temel amacı, Türkiye'de görev yapan matematik öğretmenlerinin, eğitim süreçlerini dönüştürme potansiyeli taşıyan yapay zekâ teknolojilerine ilişkin farkındalık düzeylerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymak ve bu farkındalığın çeşitli demografik değişkenler açısından nasıl farklılaştığını analiz etmektir. Yapay zekânın eğitimdeki rolünün giderek arttığı günümüzde, bu teknolojilerin en önemli uygulayıcıları olan öğretmenlerin mevcut bilgi seviyelerini, tutumlarını ve bu teknolojiyi pedagojik süreçlerle ilişkilendirme biçimlerini anlamak, geleceğe yönelik eğitim politikalarının ve öğretmen yetiştirme programlarının şekillendirilmesi açısından kritik bir önem taşımaktadır. Bu genel amaç çerçevesinde, araştırmanın problemi "*Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ teknolojilerine yönelik farkındalık düzeyleri nedir?*" olarak belirlenmiştir. Bu problemin alt problemleri ise aşağıdaki gibidir.

1. *Matematik öğretmenlerinin "Öğretmenler İçin Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin geneli ve alt boyutları (Uygulama Bilgisi, İnanç-Tutum, İlişkilendirebilme, Teorik Bilgi) özelindeki farkındalık düzeyleri nasıldır?*

2. *Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeyleri arasında; cinsiyetlerine, yaş gruplarına, mesleki kıdem yıllarına, görev yaptıkları okul türüne (devlet/özel) ve mezun oldukları fakülteye göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık var mıdır?*

YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmanın modeli, araştırmanın katılımcıları, veri toplama araçları ve verilerin toplanma süreci son olarak da toplanan verilerin nasıl çözümlendiğine ilişkin bilgiler sunulmaktadır.

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nicel araştırma desenlerinden betimsel tarama modeli esas alınarak yürütülmüştür. Söz konusu modelin tercih edilmesindeki temel gerekçe; matematik öğretmenlerinin yapay zekâ teknolojilerine yönelik mevcut

farkındalık seviyelerini tespit etmek ve bu seviyelerin çeşitli demografik faktörler açısından nasıl bir dağılım sergilediğini betimlemektir. Karasar'ın (2012) da ifade ettiği gibi, bir evrenin veya örneklemin belirli bir konuya ilişkin özellik ya da tutumlarını tanımlamayı hedefleyen tarama modelleri, bu araştırmanın hedefleriyle tam bir uyum sergilemektedir. Bu bağlamda, mevcut durumun tespiti ve bu durumun belirlenen değişkenler çerçevesinde analiz edilmesi amacına en uygun metodolojik yaklaşım olması nedeniyle betimsel tarama deseninde karar kılınmıştır.

Araştırmanın Katılımcıları

Araştırmanın çalışma grubunu, Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde görev yapan ve kolay örnekleme yöntemiyle ulaşılan iki yüz matematik öğretmeni oluşturmaktadır.

Tablo 1. *Katılımcıların Demografik Özellikleri*

Değişken	Gruplar	Frekans	%
Cinsiyet	Kadın	129	64,5
	Erkek	69	34,5
	Belirtmek İstemiyorum	2	1
	Toplam	200	100
Yaş Grubu	18 - 25	84	42
	26 - 35	50	25
	36 - 45	53	26,5
	46 - 56	13	6,5
	Toplam	200	100
Okul Türü	Devlet Okulu	138	69
	Özel Okul	62	31
	Toplam	200	100
Eğitim Durumu	Lisans	143	71,5
	Yüksek Lisans	50	25
	Doktora	7	3,5
	Toplam	200	100
Kıdem	0 - 5 yıl	103	51,5
	6 - 10 yıl	22	11
	11 - 15 yıl	26	13
	16 - 20 yıl	25	12,5
	21 yıl ve üzeri	24	12
	Toplam	200	100
Mezun Olunan Fakülte	Eğitim Fakültesi	178	89
	Diğer	22	11
	Toplam	200	100

Katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde; grubun %64,5'ini (n=129) kadın, %34,5'ini (n=69) erkek öğretmenlerin oluşturduğu, %1'inin (n=2) ise cinsiyet belirtmediği görülmektedir. Yaş dağılımı açısından en büyük yoğunluk %42 (n=84) ile 18-25 yaş grubundadır; bunu sırasıyla %26,5 (n=53) ile 36-45 yaş, %25 (n=50) ile 26-35 yaş ve %6,5 (n=13) ile 46-56 yaş grupları izlemektedir. Mesleki kıdem bakımından, katılımcıların yarısından fazlasının (%51,5, n=103) 0-5 yıl arası deneyime sahip olduğu ve toplamda %62,5'inin 0-10 yıl arası kıdemli olduğu saptanmıştır. Görev yapılan kurum türüne göre öğretmenlerin %69'u (n=138) devlet okullarında, %31'i (n=62) ise özel okullarda çalışmaktadır. Katılımcıların eğitim geçmişi incelendiğinde, %71,5'inin (n=143) lisans, %25'inin (n=50) yüksek lisans ve %3,5'inin (n=7) doktora mezunu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, öğretmenlerin ezici çoğunluğu (%89, n=178) Eğitim Fakültesi mezunudur.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın nicel verilerinin temin edilmesi sürecinde, iki ana bölümden oluşan bir anket formundan yararlanılmıştır. Veri toplama aracının geliştirilmesinde, çalışmanın amaçlarına ve alt problemlerine hizmet edecek nitelikte olmasına özen gösterilmiştir. Anket formunun birinci bölümünü, katılımcıların demografik profillerini ortaya koymak ve bu profiller ile farkındalık düzeyleri arasındaki potansiyel ilişkileri analiz etmek amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilen "*Kişisel Bilgi Formu*" oluşturmaktadır. Bu formda, katılımcıların cinsiyet, yaş, mesleki kıdem yılı, görev yaptıkları okul türü, lisansüstü eğitim durumu da dâhil olmak üzere mezuniyetlerinin en son hangi eğitim seviyesinde olduğu ve mezun oldukları fakülte bilgilerini saptamaya yönelik toplam 6 madde yer almaktadır. Formun ikinci bölümünde ise çalışmanın temel değişkeni olan yapay zekâ farkındalığını ölçümlemek maksadıyla, alan yazında geçerliği ve güvenirliği kanıtlanmış standart bir ölçme aracı tercih edilmiştir. Bu doğrultuda, Ferikoğlu ve Akgün (2022) tarafından geliştirilen *"Öğretmenler İçin Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"* kullanılmıştır. Orijinal ölçek, katılımcıların ifadelere ne ölçüde katıldıklarını belirlemek üzere "1: Kesinlikle Katılmıyorum" ile "5: Kesinlikle Katılıyorum" arasında derecelendirilen 5'li Likert tipinde yapılandırılmış toplam 51 maddeden meydana gelmektedir. Ölçek, yapay zekâ farkındalığını çok boyutlu bir yapıda ele almakta olup; "*Uygulama Bilgisi*", "*İnanç-Tutum*", "*İlişkilendirebilme*" ve "*Teorik Bilgi*" olmak üzere dört alt faktör yapısına sahiptir. Ölçeğin mevcut araştırma örneklemindeki ölçüm güvenirliğini teyit etmek amacıyla ayrıca bir iç tutarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz neticesinde, ölçeğin genel Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayısı .943 olarak saptanmıştır. Alan yazında .70 ve üzeri katsayılar genellikle yeterli kabul edilirken, elde edilen bu değer, ölçeğin bu araştırma örneklemi üzerinde mükemmele yakın bir güvenilirlik düzeyine sahip olduğunun ve dolayısıyla yapılan ölçümlerin son derece tutarlı olduğunun önemli bir göstergesidir.

Verilerin Toplanması

Araştırmanın nicel verileri, güncel teknolojik imkanlardan faydalanılarak çevrim içi (online) anket tekniği ile toplanmıştır. Bu yöntemin tercih edilmesindeki temel nedenler; Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde görev yapan geniş bir katılımcı kitlesine kısa sürede ve maliyet-etkin bir şekilde ulaşma imkânı, veri girişinden kaynaklanabilecek olası hataları minimize etme ve katılımcılara zaman ve mekân esnekliği sunma gibi avantajlarıdır. Veri toplama sürecinde bilimsel araştırma etiği ilkeleri titizlikle gözetilmiştir. Anketin giriş kısmına, katılımcıları aydınlatmak amacıyla kapsamlı bir "*Bilgilendirilmiş Onam Formu*" eklenmiştir. Bu bölümde, araştırmanın amacı ve kapsamı net bir dille açıklanmış, elde edilecek verilerin yalnızca bilimsel araştırma amaçları doğrultusunda kullanılacağı ve kişisel kimlik bilgilerinin kesinlikle gizli tutulacağı taahhüt edilmiştir. Ayrıca, araştırmaya katılımın tamamen gönüllülük esasına dayandığı ve katılımcıların anketi istedikleri herhangi bir aşamada cevaplamayı sonlandırma hakkına sahip oldukları açıkça vurgulanmıştır. Veri toplama süreci, yaklaşık dört haftalık bir zaman diliminde tamamlanmıştır. Bu süreç boyunca anketin doldurulma oranları periyodik olarak takip edilmiştir. Sürecin sonunda, farklı demografik özelliklere sahip toplam iki yüz matematik öğretmeninden, eksiksiz ve tutarlı bir şekilde doldurulmuş, analize uygun veri seti elde edilerek araştırmanın veri toplama aşaması sonlandırılmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında toplanan nicel verilerin istatistiksel çözümlemeleri, sosyal bilimler alanında yaygın olarak kullanılan SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 27.0 paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecine geçilmeden önce, veri seti eksik veya hatalı kodlamalara karşı incelenmiş ve analize uygun hale getirilmiştir. Araştırmanın alt problemleri doğrultusunda, verilerin yorumlanmasında hem betimsel hem de çıkarımsal istatistiksel tekniklerden kapsamlı bir şekilde yararlanılmıştır. Öncelikle, çıkarımsal analizlerde kullanılacak parametrik testlerin (t-Testi, ANOVA) ön şartlarından olan verilerin normal dağılıma uygunluğunun incelenmesi amacıyla normallik testleri (örneğin, Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk testleri) ve dağılım grafikleri değerlendirilmiştir. Veri setinin parametrik testlerin uygulanmasına elverişli olduğu saptandıktan sonra analizlere devam edilmiştir.

Verilerin analizinde izlenen istatistiksel prosedürler aşağıda ayrıntılandırılmıştır:

1. *Betimsel İstatistikler:* Çalışma grubunu oluşturan öğretmenlerin demografik profillerini (cinsiyet, yaş, mesleki kıdem vb.) detaylı bir şekilde ortaya koymak ve katılımcıların Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği'nin geneline ve alt boyutlarına verdikleri yanıtların merkezi eğilim ve yayılım ölçülerini

sunmak amacıyla frekans (f), yüzde (%), aritmetik ortalama ($\overline{x}$) ve standart sapma (SS) gibi betimsel istatistiklerden faydalanılmıştır.

2. *Güvenilirlik Analizi:* Araştırmada kullanılan ölçme aracının mevcut örneklem üzerindeki iç tutarlılık düzeyini, bir başka deyişle ölçüm güvenirliğini belirlemek amacıyla Cronbach's Alpha güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır.

3. *İlişkisel Analizler (Kategorik Değişkenler İçin):* Katılımcıların demografik değişkenleri gibi kategorik yapıda olan veriler arasındaki ilişkilerin anlamlılığını test etmek amacıyla Ki-Kare ($\chi 2$) Bağımsızlık Testi uygulanmış ve sonuçlar çapraz tablolar (crosstabs) aracılığıyla sunulmuştur.

4. *Karşılaştırmalı Analizler (Gruplar Arası Farklılıklar İçin):* Araştırmanın temel amaçlarından biri olan, öğretmenlerin yapay zekâ farkındalık puan ortalamalarının çeşitli bağımsız değişkenlere göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini test etmek amacıyla parametrik testler kullanılmıştır. Bu kapsamda:

- *Bağımsız Gruplar t-Testi (Independent Samples t-Test):* Cinsiyet gibi iki kategorili (bağımsız) değişkenlerin, farkındalık ölçeği puan ortalamaları (bağımlı değişken) üzerinde anlamlı bir fark yaratıp yaratmadığını incelemek için kullanılmıştır.
- *Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA):* Mesleki kıdem, görev yapılan okul türü gibi ikiden fazla kategoriye sahip (bağımsız) değişkenlere göre farkındalık puan ortalamaları (bağımlı değişken) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla uygulanmıştır. ANOVA sonucunda gruplar arasında anlamlı bir farkın tespit edildiği durumlarda, bu farkın hangi gruplar arasında olduğunu saptamak için tamamlayıcı post-hoc testlerinden (örneğin, Tukey HSD) yararlanılmıştır.

Tüm çıkarımsal istatistik analizlerinde, hipotezlerin test edilmesi için kabul edilen istatistiksel anlamlılık düzeyi (alfa; α), sosyal bilimler araştırmalarında yaygın olarak benimsenen $p < .05$ olarak belirlenmiştir.

BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde, belirlenen alt problemler çerçevesinde toplanan nicel verilerin istatistiksel analizleri sonucunda elde edilen temel bulgulara ve bu bulgulara dayalı yorumlara yer verilmektedir. Bulguların sunumu, kendi içinde bir bütünlük ve mantıksal akış sağlayacak şekilde, araştırmanın metodolojik yapısıyla uyumlu olarak üç ana kategori altında organize edilmiştir. Bu bölümde, araştırmaya katılan öğretmenlerin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeylerine yönelik bulgular sunulmuştur. Bulgular, sırasıyla katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin betimsel istatistikler, öğretmenlerin genel far-

kındalık düzeylerine ait ortalama ve standart sapma değerleri ile bu düzeylerin demografik değişkenlere göre karşılaştırıldığı çıkarımsal analiz sonuçlarından oluşmaktadır. Söz konusu bulguların detaylı sunumuna geçmeden önce, araştırmada kullanılan ölçme aracının güvenirliğine ilişkin temel bir analizin sonuçlarını belirtmek önem arz etmektedir. Bu bağlamda, "Öğretmenler İçin Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nin iç tutarlılığını belirlemek amacıyla yapılan güvenilirlik analizi neticesinde, Cronbach's Alpha katsayısı .943 olarak saptanmıştır. Alan yazında .80 ve üzeri değerlerin yüksek güvenilirliğe işaret ettiği göz önüne alındığında, elde edilen bu katsayı, ölçeğin mevcut araştırma örneklemi üzerinde mükemmele yakın bir güvenilirlik düzeyine sahip olduğunu teyit etmektedir. Bu sonuç, ölçekle elde edilen verilerin tutarlı ve sağlam bir temel oluşturduğunu ve sonraki çıkarımsal analizlerin geçerliliğini desteklediğini göstermektedir.

İlk olarak matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeyleri genel ve alt boyutlarına göre incelenmiştir. Matematik öğretmenlerinin "*Öğretmenler İçin Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği*"nin geneli ve alt boyutları (Uygulama Bilgisi, İnanç-Tutum, İlişkilendirebilme, Teorik Bilgi) özelindeki farkındalık düzeyleri analiz edilerek aritmetik ortalamaları, standart sapmaları ve aldıkları en düşük (minimum) ile en yüksek (maksimum) puanlar belirlenmiştir. Bulgular aşağıdaki Tablo 2 'de açıklanmıştır.

Tablo 2. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeylerine İlişkin Betimsel İstatistikler*

Alt Boyut	n	$\overline{X}$	SS	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
Uygulama Bilgisi	200	3.87	0.52	2.00	5.00	-0.55	1.07
İnanç-Tutum	200	3.63	0.58	1.86	5.00	-0.01	0.61
İlişkilendirebilme	200	3.66	0.53	2.10	5.00	0.21	0.78
Teorik Bilgi	200	3.72	0.54	1.82	5.00	-0.36	1.68
Toplam Farkındalık	200	3.73	0.46	2.04	5.00	0.06	1.04

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmenlerin yapay zekâ farkındalık düzeylerinin genel olarak 'yüksek' düzeyde olduğu görülmektedir ($\overline{X}$ = 3.73). Alt boyutlar bazında en yüksek ortalamanın 'Uygulama Bilgisi' ($\overline{X}$ = 3.87), en düşük ortalamanın ise 'İnanç-Tutum' ($\overline{X}$ = 3.63) boyutuna ait olduğu belirlenmiştir. Tüm alt boyutların ortalama değerleri 3.41–5.00 aralığında yer aldığından, öğretmenlerin yapay zekâya yönelik genel farkındalıklarının yüksek düzeyde olduğu söylenebilir. Ardından matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık ölçeğinden aldıkları toplam puan ortalamalarının; cinsiyet, yaş grubu,

mesleki kıdem, görev yapılan okul türü ve eğitim durumu gibi temel demografik değişkenlere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu amaçla, iki kategorili bağımsız değişkenler için Bağımsız Gruplar t-Testi (Independent Samples t-Test), ikiden fazla kategoriye sahip bağımsız değişkenler için ise Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) kullanılmıştır.

Tablo 3: *Yapay Zekâ Farkındalık Düzeylerinin Demografik Değişkenlere Göre Karşılaştırmalı Analizi*

Bağımlı Değişken	Cinsiyet (p)	Okul Türü (p)	Mezun Olunan Fakülte (p)	Kıdem (p)	Yaş Grubu (p)	Eğitim Durumu (p)
Uygulama Bilgisi	0,076	0,163	0,214	0,741	0,212	**0,016***
İnanç-Tutum	0,388	0,382	0,86	0,569	0,235	0,126
İlişkilendirebilme	0,139	0,282	0,361	0,063	**0,015***	0,335
Teorik Bilgi	0,504	0,269	0,925	0,412	0,279	0,328

** p <0,05 düzeyinde anlamlı fark gösterir.*

Matematik öğretmenlerinin yapay zeka farkındalık düzeylerinin cinsiyete göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla bağımsız örneklemler t-testi yapılmış ve aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 4. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zeka Farkıdalık Düzeyleri ve Cinsiyet İlişkisinin Bağımsız Örneklemler t-Testi ile İncelenmesi*

Alt Boyutlar	Cinsiyet	n	Ortalama	Standart Sapma
Uygulama Bilgisi	Kadın	129	**3,91**	0,486
	Erkek	69	3,78	0,544
İnanç-Tutum	Kadın	129	**3,66**	0,555
	Erkek	69	3,59	0,596
İlişkilendirebilme	Kadın	129	**3,70**	0,514
	Erkek	69	3,58	0,557
Teorik Bilgi	Kadın	129	**3,74**	0,533
	Erkek	69	3,69	0,534

Öğretmenlerin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeyleri alt boyut puanlarının cinsiyet değişkenine göre dağılımı Tablo 4'de gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde, dört alt boyutta da kadın öğretmenlerin farkındalık ortalamalarının erkek öğretmenlerin ortalamalarına göre sayısal olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle Uygulama Bilgisi alt boyutunda kadın öğretmenlerin ortalaması, erkek öğretmenlerin ortalamasından daha belirgin bir şekilde yüksektir. En düşük sayısal fark ise teorik bilgi alt boyutunda ortaya çıkmıştır. Bu sayısal farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Bağımsız Gruplar t-Testi yapılmıştır.

Tablo 5. *Cinsiyete göre Bağımsız Gruplar t-Testi İncelenmesi*

Boyut	F	Sig. (Levene)	t	sd	Sig. (2-tailed)	Ortalama Farkı
Uygulama Bilgisi	2,544	0,112	1,783	196	0,076	0,135
İnanç-Tutum	0,507	0,477	0,866	196	0,388	0,074
İlişkilendirebilme	0,005	0,944	1,485	196	0,139	0,117
Teorik Bilgi	0,037	0,847	0,669	196	0,504	0,053

**Not: Levene Testi'nin değeri her boyutta olduğu için, Eşit Varyanslar Varsayılmıştır satırındaki t-testi değerleri kullanılmıştır.*

Bu bulguya göre, matematik öğretmenlerinin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeylerinin hiçbir alt boyutta cinsiyet değişkenine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır. Sayısal olarak kadın öğretmenlerin ortalamaları daha yüksek olmasına rağmen, bu farkın popülasyon düzeyinde genellenebilecek düzeyde olmadığı anlaşılmaktadır. Öğretmenlerin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeyi alt boyut puanlarının yaş gruplarına göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zeka Farkıdalık Düzeyleri ve Yaş İlişkisinin ANOVA ile İncelenmesi*

Boyut	Kareler Toplamı		Kareler Ortalaması	*F*	Sig. (p)
Uygulama Bilgisi	1,202	3	0,401	1,515	0,212
İnanç-Tutum	1,435	3	0,478	1,431	0,235
İlişkilendirebilme	2,903	3	0,968	3,588	0,015*
Teorik Bilgi	1,105	3	0,368	1,290	0,279

Yapılan ANOVA sonucunda, farkındalık alt boyutlarından ilişkilendirebilme boyutunda yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. (F=3,588; p=0,015). Diğer üç boyutta (Uygulama Bilgisi p=0,212; İnanç-Tutum p=0,235; Teorik Bilgi p=0,279) ise yaş grupları arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0,05$). Yaş grupları arasında ilişkilendirebilme boyutunda anlamlı bir farklılık saptanması üzerine, farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla Tukey Post Hoc testi yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 7. *İlişkilendirebilme Alt Boyutunda Anlamlı Fark Oluşturan Yaş Grupları Arası Karşılaştırma Sonuçları (Tukey HSD)*

Yaş Grubu	Yaş Grubu	Ortalama Farkı	Std.	HataSig. (p)
26-35	18-25	0,26	0,093	0,028
18-25	26-35	-0,026	0,093	0,028

Tukey testi sonucuna göre, öğretmenlerin ilişkilendirebilme alt boyutunda, 26-35 yaş grubu ile 18-25 yaş grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır (p=0,028). Bu farkın yönü incelendiğinde, 26-35 yaş grubunun, 18-25 yaş grubundan anlamlı derecede daha yüksek bir ilişkilendirebilme puanına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu fark, 26-35 yaş grubunun yapay zekâ kavramlarını müfredatla ilişkilendirme becerisinin 18-25 yaş grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir. 26-35 yaş grubu ise hem teknolojiye açıklığını korumuş hem de bu beceriyi sınıf deneyimiyle geliştirmiştir. Diğer tüm yaş grupları arasındaki karşılaştırmalar anlamsızdır. Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeylerinin kıdem yıllarına göre analizi ise aşağıdaki gibi tabloda verilmiştir.

Tablo 8. *Öğretmenlerin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeylerinin Kıdem Gruplarına Göre Betimsel İstatistikleri*

Alt Boyutlar	Kıdem Grubu	n	Ortalama	Standart Sapma
Uygulama Bilgisi	0 - 5 yıl	103	3,88	0,44
	6 - 10 yıl	22	3,93	0,55
	11 - 15 yıl	26	3,91	0,67
	16 - 20 yıl	25	3,78	0,64
	21 yıl ve üzeri	24	3,78	0,49
İnanç-Tutum	0 - 5 yıl	103	3,60	0,53
	6 - 10 yıl	22	3,76	0,43
	11 - 15 yıl	26	3,73	0,77
	16 - 20 yıl	25	3,67	0,64
	21 yıl ve üzeri	24	3,53	0,61
İlişkilendirebilme	0 - 5 yıl	103	3,64	0,48
	6 - 10 yıl	22	3,85	0,61
	11 - 15 yıl	26	3,82	0,69
	16 - 20 yıl	25	3,50	0,52
	21 yıl ve üzeri	24	3,54	0,43
Teorik Bilgi	0 - 5 yıl	103	3,70	0,47
	6 - 10 yıl	22	3,86	0,55
	11 - 15 yıl	26	3,83	0,66
	16 - 20 yıl	25	3,60	0,56
	21 yıl ve üzeri	24	3,69	0,62

Tabloya göre, tüm alt boyutlarda en yüksek farkındalık ortalamasına 6-10 yıl kıdeme sahip öğretmenler sahiptir. Bu grubun ortalamaları diğer tüm gruplardan sayısal olarak daha yüksektir. Genel olarak, 11-15 yıl grubunun da yüksek ortalamalar sergilediği; 16-20 yıl ve 21 yıl ve üzeri kıdem gruplarında ise ortalamaların en düşük seviyelerde kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, yapay zekâ farkındalığının kariyerin ilk on yılında yükseldiğini ve bu eşikten sonra düşüşe geçtiğini gösteren bir eğilime işaret etmektedir. Farkındalık düzeyi alt boyutlarının kıdem gruplarına göre ANOVA analizi ise aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 9. *Farkındalık Düzeyi Alt Boyutlarının Kıdem Gruplarına Göre ANOVA Analizi*

Alt Boyutlar	Varyans Kaynağı	F	Sig. (p)
Uygulama Bilgisi	Gruplar Arası	0,493	0,741
İnanç-Tutum	Gruplar Arası	0,736	0,569
İlişkilendirebilme	Gruplar Arası	2,274	0,063
Teorik Bilgi	Gruplar Arası	0,994	0,412

İncelenen tüm alt boyutlarda değerleri olduğu için, kıdem grupları arasında Yapay Zekâ Farkındalık Düzeyi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Devlet ve Özel okul öğretmenleriyle yapılan bu çalışmada 138 devlet okulu öğretmeni ve 62 özel okul öğretmeni katılım sağlamıştır. Bu verilere göre dört alt boyutta da devlet okulu öğretmenlerinin ortalama farkındalık puanları, özel okul öğretmenlerinin ortalama puanlarından sayısal olarak daha yüksek çıkmıştır. Bu verilerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını kanıtlamak için Bağımsız Gruplar t-Testi yapılmış ve aşağıdaki gibi tabloda gösterilmiştir.

Tablo 10. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zeka Farkıdalık Düzeyleri ve Okul Türlerine Göre Betimsel İncelenmesi*

Alt Boyutlar	Devlet Okulu (n=138)	Özel Okul (n=62)	Levene Testi Sig.	t-Testi Sig. (2-tailed)
Uygulama Bilgisi	3,91	3,78	0,011	0,163
İnanç-Tutum	3,66	3,58	0,867	0,382
İlişkilendirebilme	3,68	3,60	0,466	0,282
Teorik Bilgi	3,75	3,66	0,138	0,269

(Not: Uygulama Bilgisi boyutunda Levene Testi çıktığı için, kuralı gereği, o boyutta Equal variances not assumed satırındaki değeri kullanılmıştır.)

Bu bulguya göre, öğretmenlerin Yapay Zekâ Farkındalık Düzeylerinin, Okul Türüne göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak betimsel istatistiklerde tüm boyutlarda Devlet Okulu öğretmenlerinin ortalamalarının sayısal olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Aşağıdaki tablo ise, eğitim durumuna göre alt boyutlarda en yüksek ortalamaya sahip grupları özetlemektedir.

Tablo 11. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zeka Farkıdalık Düzeyleri ve Eğitim Durumlarına Göre Betimsel İncelenmesi*

Alt Boyutlar	En Yüksek Ortalama	Grup	En Düşük Ortalama	Grup
Uygulama Bilgisi	3,99	Yüksek Lisans	3,43	Doktora
İnanç-Tutum	3,78	Yüksek Lisans	3,58	Lisans
İlişkilendirebilme	3,83	Doktora	3,62	Lisans
Teorik Bilgi	3,80	Yüksek Lisans	3,52	Doktora

Tüm alt boyutlarda, Yüksek Lisans derecesine sahip öğretmenler en yüksek ortalamalara (İlişkilendirebilme hariç) sahiptir. Bu, yüksek lisans eğitiminin getirdiği akademik bakış açısının ve araştırma becerilerinin yapay zekâ farkındalığını artırdığını düşündürmektedir. Doktora grubunun (n=7), Uygulama Bilgisi ve Teorik Bilgi boyutlarında en düşük ortalamalara sahip olması dikkat çekicidir. Bu, küçük örneklemden kaynaklanabilir veya doktora sürecinin odak noktasının, uygulamalı YZ bilgisi yerine, çok spesifik ve teorik konulara kaymasından kaynaklanabilir. Lisans grubu kalabalık grup olmasına rağmen, genelde yüksek lisans grubunun gerisinde kalmaktadır. Matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeyleri ve eğitim durumlarına göre ANOVA analizi incelendiğinde ise aşağıdaki gibi bulgular elde edilmiştir. Ardından eğitim durumu grupları arasında Uygulama Bilgisi boyutunda anlamlı farklılık saptanması üzerine (p=0,016), farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla yapılan Tukey HSD Post Hoc testi sonuçları Tablo 13'de sunulmuştur.

Tablo 12. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zeka Farkıdalık Düzeyleri ve Eğitim Durumlarına Göre ANOVA Analizi*

Alt Boyutlar	F Değeri	Sig. (p)
Uygulama Bilgisi	4,220	0,016*
İnanç-Tutum	2,093	0,126
İlişkilendirebilme	1,100	0,335
Teorik Bilgi	1,121	0,328

Tablo 13. *Uygulama Bilgisi Alt Boyutuna Ait Anlamlı Fark Oluşturan Eğitim Düzeyleri Arası Karşılaştırma Sonuçları (Tukey HSD)*

Eğitim Durumu	Eğitim Durumu	Ortalama Farkı	Std. Hata	Sig.
Yüksek Lisans	Doktora	0,563*	0,205	0,018
Doktora	Yüksek Lisans	-0,563*	0,205	0,018

Tukey testi sonucuna göre, yüksek lisans derecesine sahip öğretmenler ile doktora derecesine sahip öğretmenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır (p=0,018). Bu farkın yönü, yüksek lisans grubunun ($\overline{X}$=3,99) YZ'nin pratik uygulamalarına yönelik bilgi düzeyinin, doktora grubundan ($\overline{X}$=3,43) anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Diğer gruplar arası karşılaştırmalar anlamsız bulunmuştur. Mezun Olunan Fakülte değişkeninde eğitim fakültesi ve diğer olduğu için, bu gruplar arasındaki farkı test etmek için Bağımsız Örneklemler t-Testi (Independent Samples t-Test) yapılmıştır.

Tablo 14. *Matematik Öğretmenlerinin Yapay Zeka Farkıdalık Düzeyleri ve Mezun Olunan Fakülteye Göre Bağımsız Örneklemler t-Testi ile İncelenmesi*

Alt Boyutlar	Eğitim Fakültesi (n=178)	Diğer (n=22)	t-Testi Sig. (2-tailed)
Uygulama Bilgisi	3,88	3,74	0,214
İnanç-Tutum	3,64	3,61	0,860
İlişkilendirebilme	3,64	3,75	0,361
Teorik Bilgi	3,72	3,71	0,925

Tablo 14'göre ortalamalar incelendiğinde, ilişkilendirebilme boyutu haricindeki tüm boyutlarda Eğitim Fakültesi mezunlarının ortalamaları sayısal olarak daha yüksektir. Ancak bu farklar oldukça küçük bulunmuştur. Bu sayısal eğilimlerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını görmek için bağımsız gruplar t- Testi yapılmıştır. İncelenen tüm alt boyutlarda p değerleri p>0,05 olduğu için, Eğitim Fakültesi mezunları ile diğer fakülte mezunları arasında yapay zekâ farkındalık düzeyi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Çalışmanın temel değişkeni olan matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalık düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan betimsel istatistik analizlerinin sonuçları incelendiğinde ise; katılımcıların "Öğretmenler İçin Yapay Zekâ Farkındalık Ölçeği"nden aldıkları puanların genel ortalaması, ölçeğin alt boyutları ve madde bazındaki dağılımları incelenmiştir. Ölçeğin 5'li Likert tipinde olduğu göz önüne alındığında, değerlendirme aralıkları (1.00-1.80: Çok Düşük, 1.81-2.60: Düşük, 2.61-3.40: Orta, 3.41-4.20: Yüksek, 4.21-5.00: Çok Yüksek) temel alınarak yapılan değerlendirmede, katılımcıların genel farkındalık puan ortalamasının $\overline{X}$ = 3,73 (SS = 0.82) olduğu saptanmıştır. Bu değer, matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik genel farkındalıklarının "Yüksek" düzeyde olduğuna işaret etmektedir. Bu genel tablonun ardındaki eğilimleri daha derinlemesine anlamak amacıyla, ölçekte en yüksek ve en düşük puan ortalamalarına sahip olan maddeler ayrıca incelenmiştir. Madde bazında yapılan analizler, öğretmenlerin en yüksek katılımı gösterdiği ve farkındalıklarının en belirgin olduğu ifadelerin, yapay zekânın daha çok teknik tanımı, veri işleme kapasitesi ve teknolojik temelleriyle ilgili olduğunu göstermektedir. Bu alanda en yüksek aritmetik ortalamaya sahip ilk beş madde aşağıda sunulmuştur:

- "Yapay zekâ teknolojileri, veriyi işleyerek bundan anlamlar ve öneriler çıkarır." ($\overline{X}$ = 4,09; SS = 0.88)
- "Veri, yüzyılımızın yeni hammaddesidir." ($\overline{X}$ = 4,07; SS = 0.91)
- "Yapay zekâlı akıllı ürünlerin kullanımı, veri toplamayı da beraberinde getirir." ($\overline{X}$ = 4,06; SS = 0.85)

- "Özgür irade insanlarda olup makinelerde olmayan bir şeydir." ($\overline{X}$ = 4,01; SS = 0.94)
- "Yapay öğrenme yönteminin en büyük ihtiyacı, veridir." ($\overline{X}$ = 4,00; SS = 0.90)

Bu maddelere verilen yüksek puanlar, öğretmenlerin yapay zekâyı "veri" kavramıyla güçlü bir şekilde ilişkilendirdiğini ve onun temel çalışma prensiplerine dair teorik bir anlayışa sahip olduklarını göstermektedir. Buna karşılık, öğretmenlerin daha temkinli yaklaştığı, katılım düzeylerinin daha düşük olduğu veya kararsız kaldıkları maddelerin ise yapay zekânın eğitimdeki somut pedagojik uygulamaları, otonom karar alma rolleri ve insana özgü duyuşsal yetenekleri taklit etme potansiyeli gibi konularda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu eğilimi yansıtan en düşük aritmetik ortalamaya sahip beş madde şunlardır:

- "Derslerde yapay zekâ kullanımıyla, sınıf içi problemler çözülür." ($\overline{X}$ = 3,19; SS = 1.12)
- "Yapay zekâ insan hayatını kurtarır." ($\overline{X}$ = 3,26; SS = 1.08)
- "Veriye dayalı karar verme yeteneği sayesinde robot öğretmenler eğitimde etkin rol alır." ($\overline{X}$ = 3,30; SS = 1.15)
- "Bazı yapay zekâ sistemleri, duygusal reaksiyon ölçer." ($\overline{X}$ = 3,35; SS = 1.05)
- "İnsanın nasıl davranacağını, önceden tahmin eden yapay zekâ sistemleri vardır." ($\overline{X}$ = 3,38; SS = 1.10)

Bu maddelerin ortalamaları "Orta" düzeyde olmakla birlikte, diğer maddelere kıyasla daha düşük olmaları ve standart sapmalarının daha yüksek olması, bu konularda bir fikir birliği olmadığını ve daha fazla belirsizlik yaşandığını göstermektedir. Özetle, betimsel bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, matematik öğretmenlerinin yapay zekânın "ne olduğu" (veri odaklı teknik yapısı) konusunda yüksek bir farkındalığa sahipken, "ne yapabileceği" (eğitimsel, etik, duyuşsal ve otonom uygulamaları) konusunda daha çekimser, şüpheci ve görece daha düşük bir farkındalık sergiledikleri şeklinde yorumlanabilir. Bu durum, teorik bilgi ile pratik uygulama ve etik sonuçlara yönelik farkındalık arasında bir ayrışma olduğuna işaret etmektedir.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen temel sonuçlar, ilgili alan yazın ışığında yorumlanarak tartışılmış ve bu sonuçlar doğrultusunda hem uygulamaya hem de gelecek araştırmalara yönelik öneriler geliştirilmiştir. Araştırmanın birinci temel sonucu, matematik öğretmenlerinin yapay zekâya yönelik genel

farkındalık düzeylerinin yüksek ($\bar{x}$ = 3,73) olduğudur. Bu durum, yapay zekâ teknolojilerinin 2020'li yıllarda akademik ve popüler mecralarda artan görünürlüğünün ve sıkça tartışılmasının bir yansıması olarak yorumlanabilir. Katılımcıların, "*Yapay zekâ teknolojileri, veriyi işleyerek bundan anlamlar ve öneriler çıkarır*" ($\bar{x}$ = 4,09) ve "*Veri, yüzyılımızın yeni hammaddesidir*" ($\bar{x}$ = 4,07) gibi ifadelere verdikleri yüksek onay, bu farkındalığın özellikle yapay zekânın teknik ve veri merkezli doğasına ilişkin kavramsal bir temele oturduğunu göstermektedir. Bu bulgu, öğretmenlerin konuya dair temel bilgilerini, Çam vd. (2021) tarafından da belirtildiği gibi, büyük ölçüde dijital medya kanalları ve genel kültür aracılığıyla edindiği hipotezini güçlendirmektedir. Bununla birlikte, araştırmanın en çarpıcı ve alana önemli bir katkı sunan bulgusu, öğretmenlerin bu yüksek teorik farkındalıkları ile yapay zekânın pedagojik uygulamalarına yönelik çekimser tutumları arasındaki belirgin ayrışmadır. "*Derslerde yapay zekâ kullanımıyla, sınıf içi problemler çözülür*" ($\bar{x}$ = 3,19) ve "*Robot öğretmenler eğitimde etkin rol alır*" ($\bar{x}$ = 3,30) gibi ifadelere verilen görece düşük puanlar, öğretmenlerin bu teknolojilerin sınıf içi pratiklere, öğrenci-öğretmen ilişkisine ve kendi mesleki rollerine nasıl entegre edileceği konusunda ciddi belirsizlikler yaşadığını ortaya koymaktadır. Bu "teori-pratik ayrışması", Hocaoğlu'nun (2025) özel eğitim öğretmenlerinin teorik bilgi düzeyleri yüksekken, yapay zekâyı bireyselleştirilmiş eğitim programlarına entegre etme farkındalıklarının sınırlı olduğunu ortaya koyan çalışmasıyla birebir örtüşmektedir. Benzer şekilde, Demir ve Beyazhançer'in (2024) öğretmen adaylarının yapay zekâ öz-yeterlik algılarının orta düzeyde kaldığını saptaması da, mevcut teorik bilginin henüz uygulamaya dönük bir mesleki özgüvene evrilmediğini destekleyen bir başka kanıttır. Dolayısıyla, öğretmenlerin yapay zekânın "ne olduğu" konusunda bilgi sahibi olsalar dahi, "eğitimde nasıl kullanılacağı" ve gelecekteki rolünün ne olacağı konusunda net bir vizyondan yoksun oldukları ileri sürülebilir.

Araştırmanın üçüncü temel sonucu, yapay zekâ farkındalık düzeylerinin cinsiyet, yaş, mesleki kıdem ve görev yapılan okul türü gibi demografik değişkenlere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemesidir. Bu bulgu, yapay zekâ konusunun belirli bir demografik grupla sınırlı kalmayıp, genele yayılmış bir ilgi ve bilgi alanı olduğunu ve dijital çağın bir gereği olarak tüm öğretmenleri benzer düzeyde etkilediğini düşündürmektedir. Nitekim, Kuzey Kıbrıs'ta farklı okul türlerinden öğretmenlerle yürütülen benzer bir çalışma da (Güneyli ve ark., 2024), öğretmenlerin demografik özelliklerinin (yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi) yapay zeka farkındalığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını bularak bu sonucu desteklemiştir. Bu sonuç, Demir ve Beyazhançer'in (2024) öğretmen adaylarının YZ öz-yeterliklerinin cinsiyet ve sınıf düzeyine göre farklılaşmadığını belirten bulgularıyla uyumludur. Ancak bu durum, alan yazındaki bazı çalışmalarla tezat oluşturmaktadır. Örneğin, Hocaoğlu (2025), erkek öğretmenlerin farkındalıklarının kadınlara göre anlamlı düzeyde yüksek olduğunu raporlamıştır. Bu çelişkili bulgular, farkındalığı etkileyen asıl faktörlerin demografik özelliklerden ziyade kişisel

ilgi, teknolojiye yönelik tutum, mesleki gelişim faaliyetlerine katılım veya alınan spesifik eğitimler gibi daha kişisel ve bağlamsal değişkenler olabileceği hipotezini güçlendirmektedir. Nitekim Demir ve Beyazhançer'in (2024) YZ eğitimi alan öğretmen adaylarının öz-yeterliklerinin anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu saptaması, bu hipotezi destekleyen en önemli kanıtlardan biridir. Son olarak, demografik değişkenler arası ilişkisel analizlerden elde edilen yan bulgular, Türkiye'deki eğitim sisteminin istihdam dinamiklerine ve öğretmenlerin kariyer yörüngelerine dair önemli sosyolojik içgörüler sunmaktadır. Genç ve daha az kıdemli öğretmenlerin özel okullarda, ileri yaştaki ve daha kıdemli öğretmenlerin ise devlet okullarında yoğunlaşması, özel sektörün mesleğin ilk yıllarında bir sıçrama tahtası veya zorunlu bir başlangıç noktası olarak görüldüğünü, mesleki deneyim arttıkça ise kamuda istihdam güvencesi ve istikrar arayışının ön plana çıktığını göstermektedir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, matematik öğretmenlerinin yapay zekâ farkındalıklarını işlevsel bir yetkinliğe dönüştürmelerini desteklemek amacıyla aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

Uygulamaya Yönelik Öneriler

1. *Pedagojik Odaklı ve Uygulamalı Mesleki Gelişim Programları:* Araştırmada saptanan teori-pratik ayrışmasını gidermek amacıyla, düzenlenecek hizmet içi eğitimler yapay zekânın teknik tanımlarını tekrarlamak yerine, doğrudan matematik öğretimine yönelik pedagojik uygulama senaryolarına odaklanmalıdır. Bu eğitimlerde, uyarlanabilir öğrenme platformlarının ders planlarına entegrasyonu, veri analiziyle öğrenciye özel geri bildirim mekanizmaları oluşturma ve yapay zekâ destekli problem çözme araçlarının kullanımı gibi somut ve uygulamalı konulara ağırlık verilmelidir. Yapay zekâ destekli uygulamaların derslere entegrasyonunu sağlamak amacıyla; GeoGebra 3D, Mathigon, IXL Learning, Buzzmath, Desmos, Polyup ve Kahoot gibi belirli araçların kullanımına odaklanan uygulamalı etkinlikler düzenlenmelidir. Bu tür teknolojileri kullanmaları konusunda öğretmenler teşvik edilmeli ve başarılı bir şekilde entegre etmek için gerekli teknik ve materyal desteği sağlanmalıdır.

2. *Etik, Güvenlik ve İnsani Boyutların Eğitimlere Entegrasyonu:* Öğretmenlerin en çok belirsizlik yaşadığı etik ve duyuşsal boyutların ele alınması kritik öneme sahiptir. Düzenlenecek eğitim programlarının ayrılmaz bir parçası olarak veri gizliliği, algoritmik ön yargıların potansiyel etkileri, öğrenci-öğretmen ilişkisinin geleceği ve teknolojinin insani dokunuşun yerini alamayacağı gibi konular, vaka analizleri ve tartışma oturumlarıyla mutlaka ele alınmalıdır.

3. *Okul Temelli Deneyim ve Pilot Uygulama Alanları Oluşturulması:* Öğretmenlerin yapay zekâya yönelik çekimserliğini aşmanın en etkili yolu, onlara bu teknolojileri bizzat deneyimleme fırsatı sunmaktır. Millî Eğitim

Bakanlığı ve özel okul yönetimleri iş birliğiyle, öğretmenlerin çeşitli yapay zekâ destekli eğitim araçlarını derslerinde güvenle kullanabilecekleri pilot uygulama ortamları ve "teknoloji laboratuvarları" oluşturulması teşvik edilmelidir.

Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

1. *Nitel ve Karma Yöntemli Araştırmalar:* Bu araştırma, nicel verilerle genel durumu betimlemiştir. Gelecekte yapılacak nitel (örneğin, fenomenoloji, durum çalışması) veya karma yöntemli araştırmalarla, öğretmenlerin yapay zekânın pedagojik uygulamalarına yönelik kararsızlık ve çekimserliklerinin altında yatan kök nedenler, inançlar ve kaygılar derinlemesine incelenebilir.

2. *Deneysel ve Boylamsal Çalışmalar:* Alanyazına önemli katkılar sunmak amacıyla, yukarıda önerilen hizmet içi eğitim programlarının öğretmenlerin farkındalık, öz-yeterlik ve uygulama becerileri üzerindeki etkisini ölçen ön test-son test kontrol gruplu deneysel çalışmalar tasarlanabilir. Ayrıca, öğretmenlerin yapay zekâya adaptasyon süreçlerini zaman içinde izleyen boylamsal araştırmalar, bu dönüşümün dinamiklerini anlamada değerli veriler sunacaktır.

KAYNAKÇA

Aksoyak, F.K., Baltacı, S., & Ekici, M. (2025). *İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının 3-Boyutlu Uzayda Üç Vektörden Oluşan Kümelerin Temel Lineer Cebir Kavramlarını Öğrenme Süreçlerinin İncelenmesi*, Matematik Eğitimi Alanında Uluslararası Çalışmalar. Serüven Yayınevi.

Aykaç, N. (2018). *Öğretim ilke ve yöntemleri*. Pegem Akademi.

Çam, M. B., Çelik, N. C., Turan Güntepe, E., & Durukan, Ü. G. (2021). Öğretmen adaylarının yapay zekâ teknolojileri ile ilgili farkındalıklarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 18*(48), 263-285.

Demir, B., & Beyazhançer, R. (2024). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının yapay zekâ öz-yeterliklerinin bazı değişkenler açısından incelenmesi. *Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Dergisi, 11*(113), 2393-2398.

Ferikoğlu, D., & Akgün, E. (2022). An investigation of teachers' artificial intelligence awareness: A scale development study. *Malaysian Online Journal of Educational Technology, 10*(3), 215-231. https://doi.org/10.52380/mojet.2022.10.3.407

Güneyli, A., Burgul, N. S., Dericioğlu, S., Cenkova, N., Becan, S., Şimşek, Ş. E., & Güneralp, H. (2024). Exploring teacher awareness of artificial intelligence in education: A case study from Northern Cyprus. *European Journal of Investigation in Health Psychology and Education, 14*(8), 2358–2376. https://doi.org/10.3390/ejihpe14080155

Hocaoğlu, A. Y. (2025). Investigation of artificial intelligence awareness levels of special education teachers. *Journal of Individual Differences in Education, 7*(1), 1-16. https://doi.org/10.47156/jide.1638417

Karasar, N. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Nobel Yayın Dağıtım.

Karsenti, T. (2019). Artificial intelligence in education: The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools. *Formation et profession, 27*(1), 112-116. https://doi.org/10.18162/fp.2019.a166

Karsenti, T., Bugmann, J., & Gros, P-P. (2017). Using humanoïd robots to support students with autism spectrum disorder. *Formation et profession, 25*(3), 123-126. https://doi.org/10.18162/fp.2017.a135

Karsenti, T., Bugmann, J., & Parent, S. (2017). *Apprendre l'histoire avec le jeu Assassin's Creed? Une étude exploratoire menée auprès de 329 élèves du secondaire*. CRIFPE.

Osoba, O. A., & Welser, W. (2017). *An intelligence in our image: The risks of bias and errors in artificial intelligence*. Rand Corporation.

Popenici, S. A., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 12*(22), 1-13. https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2021). *AI and education: A guidance for policy-makers*. UNESCO.

Bölüm
6

FEN EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANIMI

Furkan SOKU[1]
Selin YILDIZ[2]
Fikriye KIRBAĞ ZENGİN[3]

1 Yüksek lisans öğrencisi, Fen Bilimleri Eğitimi, Eğitim Fakültesi, Fırat Üniversitesi, furkansokuu@gmail.com, ORCİD: 0009-0009-4345-4153
2 Dr., Fırat Üniversitesi, slnylddz@gmail.com, ORCİD: 0000-0001-8134-0864
3 Prof. Dr., Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölüm, Eğitim Fakültesi, Fırat Üniversitesi, fzengin@firat.edu.tr, ORCİD: 0000-0002-0547-8746

Giriş

Teknoloji insan hayatını birçok alanda etkilediği, hayatımızı kolaylaştırdığı açık bir şekilde ortadadır. Teknoloji durmaksızın gelişip değişmektedir bundan dolayı dünyayı hızlı bir biçimde dönüştürmekte ve sürekli olarak yeniden şekillendirmektedir. Sürekli olarak değişim ve gelişim süreci içerisinde yer alan, çağın ihtiyaçlarına uyum sağlayarak kendini yenileyen eğitim sistemlerini bu dönüşümden ayrı tutmak mümkün değildir. Eğitimciler öğrenmenin daha etkili yollarını aramaktadır. Çağımızda teknolojinin her alanı etkilediği gibi eğitimi de etkilemiştir. Eğitim-öğretim ortamında öğrenme süreçlerini destekleyecek yeni yaklaşımların arayışı, teknolojinin eğitim alanında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda, eğitim teknolojilerine dayalı araçlar öğretme ve öğrenme süreçlerinde daha fazla entegre edilmek istenmektedir. Eğitim ve teknoloji günümüzde birbirinden ayrı ele alınamayacak kadar bütünleşik bir yapı haline gelmiştir (Komis vd., 2007). Öğrencilerin derslerde ilgisini çekmek, soyut olan kavramları somutlaştırmak istendiğinde, eğitim-öğretim ortamına getirilemeyecek ya da öğrenciye örnek modellerin gösterimi zor olan kavramlarda teknolojiden faydalanmak büyük kolaylık sağlamaktadır. Eğitim-öğretim ortamlarında kullanılan akıllı teknolojik araçlardan biride artırılmış gerçekliktir. Azuma (1997) 'a göre kullanıcıyı gerçek çevreden izole etmeden, gerçek ortama sanal nesneler ekleyerek onların algılanmasını mümkün kılan bir sanal gerçeklik türü olarak tanımlamaktadır. Artırılmış gerçeklik ile sanal gerçeklik kavramları karıştırılabilmektedir. Sanal gerçeklikte, fiziksel dünya üç boyutlu olarak modellenir ve kullanıcıların etkileşimde bulunabileceği sanal ortamlar tasarlanır. Buna karşılık artırılmış gerçeklikte, gerçek dünya gerçek zamanlı biçimde bilgisayar ortamında oluşturulan sanal öğelerle etkileşimli olarak bütünleştirilip zenginleştirilebilir. Artırılmış gerçeklik tam anlamıyla sanal gerçeklik değildir (Lee, 2012). Artırılmış gerçeklik, mobil cihazların (akıllı telefonlar ve tabletler gibi) kullanımının yaygınlaşması ve bu teknolojilerin sağladığı işlevsel olanaklar doğrultusunda, günümüzde kullanım alanı giderek genişleyen bir teknoloji haline gelmiştir (Sin ve Badioze-Zaman, 2010; Tomi ve Rambli, 2013). Artırılmış gerçeklik eğitim-öğretim ortamlarında kullanmanın öğrencilerin derse katılımını olumlu yönde etkilediğini (Abdüsselam, 2014), öğrencilerin dikkat ve motivasyonu destekleyen etkileşimli bir öğrenme ortamı oluşturduğunu (Yılmaz, 2014; Yoon vd., 2012), derse yönelik öğrencinin tutumunu artırdığını (İbili, 2013; Şahin, 2017), öğrenme sürecine öğrencilerin aktif katılımının artığı ve öğrenme çıktılarının kalıcılığının artığını (Ersoy vd., 2016; Ivanova ve Inavon, 2011), soyut olan kavramların daha somut ve anlaşılır olmasını sağladığını (Squire ve Klopfer, 2007; Wojciechowksi ve Cellary, 2013) yapılan çalışmalarda bulunmuştur.

Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi

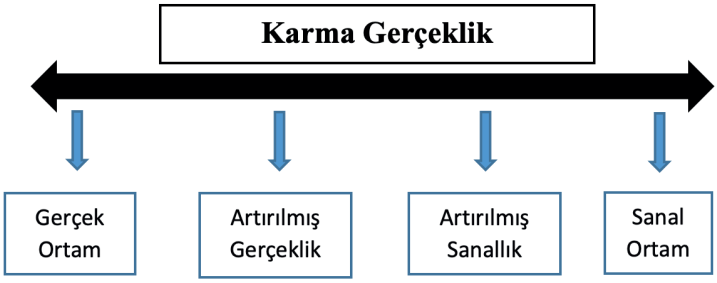
1901 yılında L. Frank Baum yayınladığı The Master Key (Ana Anahtar) adlı eserinde Character Marker (Karakter Belirteci) isimli gözlüklerden gel-

mektedir. Eserde bahsedilen bu gözlükler artırılmış gerçeklik uygulamalarına ilişkin ilk fikirlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Altınpulluk ve Kesim, 2015; Baum, 1901; Woods, 2014). Artırılmış gerçeklik kavramı, ilk olarak 1990 yılında eski bir Boeing araştırmacısı olan Tom Caudell tarafından kullanıldığı ileri sürülmektedir. Artırılmış gerçekliği eğitim alanında ilk kullananda Tom Caudell olmuştur. Boeing şirketi bünyesinde çalışan işçilerin eğitiminde kullanılmak üzere Private Eye (özel göz) isminin verildiği başa takılabilir dijital görüntüleme sistemi geliştirilmiştir (Caudell ve Mizell, 1992). Artırılmış gerçeklik (AG) kavramı, 20. yüzyılın başlarından itibaren gelişen teknolojiyle birlikte farklı biçimlerde gündeme gelmiştir. Bu gelişim süreci, teknolojik yeniliklerin eğitim, sanat, mühendislik, uzay çalışmaları ve eğlence gibi farklı alanlara entegre edilmesiyle giderek hız kazanmıştır. Tablo 1 de Artırılmış gerçeklik teknolojisinin tarihsel gelişim süreci kronolojik olarak özetlenmiştir.

Tablo 1. *Artırılmış Gerçeklik Tarihsel Gelişimi (Yöndem ve Karadağ, 2019)*

Artırılmış Gerçekliğin Tarihsel Gelişimi	
1901	*"L.Frank Baum, ilk kez gerçek hayata veri aktaran elektronik ekranlardan bahsetti."*
1960	*"Morton Heilig üç boyutlu ve bir çok aroma kokularını içeren bir simülatör gerçekleştirdi."*
1968	*"İvan Sutherlan ve Bab Sproull tarafından başa takılabilen ekran (Head Mounted Display) teknolojisinin temelleri atıldı."*
1974	*"Myron Krueger, Videoplace ile videolarla görsellerin iç içe geçirilmesi sağlandı."*
1982	*"Dan Reitan ve ekibi, televizyonda gösterilen ilk interaktif AR sistemi olan RADAR'ı geliştirdi ve hava olayları için video görüntürleri yayınlandı."*
1992	*"Tom Caudell, Boeing şirketinde çalışırken ilk defa artırılmış gerçeklik terimini kullandı."*
1994	*"Julie Martin tarafından ilk AR tiyatro oyunu gerçekleştirildi. Oyun "Siber Uzayda Dans" olarak adlandırıldı."*
1996	*"CyberCode tarafından 2D işaretleyicileri kullanılarak AR sistemi oluşturulmuştur."*
1997	*"Ronald T. Azuma, artırılmış gerçeklik üzerine kapsamlı bir akademik çalışma yapmıştır."*
1998	*"ABD'nin Kuzey Carolina Üniversitesi, ilk 3D AR teknolojisini geliştirdi."*
1999	*"NASA, x-38 hava aracını özel bir AR kontrol panelini kullanarak uçurdu."* *"Steve Mann, hem kamera hem bilgisayar olarak kullanılabilen 'Eye Tap'ı icat etti"*
2000	*"Bruce H, Tomas ve arkadaşları ilk kişisel artırılmış gerçeklik oyunu ARQuake geliştirildi."* *"Kato, ARTooKit adlı kod kütüphanesi ile sanal grafiklerin gerçek ortama transferi kolaylaştırıldı."*
2001	*"Rob Kooper ve Blair Macintyre, ilk artırılmış gerçeklik tarayıcısı fikrini hayata geçirmiştir."*
2004	*"Michael Möhring mobil telefonda artırılmış gerçeklik uygulamalarını işaretleyicilerle çalıştırmıştır."*
2008-2009	*"2008'de Wikitude tarayıcısı, 2009'da Layar tarayıcısı farklı şirketler tarafından geliştirildi."*
2012	*"Ülkemizde eğitim-öğretim alanında; manyetik alanı incelemek için hazırlanan MagAR cihazı geliştirildi."* *"Temel geometrik optik deneyleri için hazırlanan OptikAR yazılımı geliştirildi."* *"Geometrik cisimler için hazırlanan ARGE3D yazılımı geliştirilmiştir."*
2016	*"Pokemon Go, artırılmış gerçeklik tabanlı oyun anlamında 50 milyona varan indirilme sayısına ulaştı."*
2017	*"Apple ARKit, Google ARCore adı altında AR tabanlı uygulamaları piyasaya sürüldü."*

Tablo 1 incelendiğinde, artırılmış gerçekliğin 20. yüzyılın başlarında yalnızca bir fikir düzeyinde ortaya çıktığı, ancak teknolojik ilerlemelerle birlikte giderek daha somut uygulamalara dönüştüğü görülmektedir. 1960'lı yıllarda donanım temelli ilk örneklerin geliştirilmesiyle başlayan bu süreç, 1990'lı yıllardan itibaren akademik araştırmalar ve endüstriyel uygulamalarla hız kazanmıştır. Özellikle 2000'li yıllarda yazılım tabanlı sistemlerin ve mobil cihazların gelişimi, artırılmış gerçekliğin daha geniş kullanıcı kitlelerine, tiyatro, uzay çalışmaları, kütüphane ve oyun gibi farklı alanlarda kullanıcıların ulaşmasına olanak tanımış ve hayatımızda daha fazla dâhil olmuştur. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin günlük yaşama entegrasyonunda, internet erişiminin yaygınlaşması, mobil cihazların taşınabilirlik özelliklerinin artması ve bu teknolojilerin üretim maliyetlerinin nispeten azalması belirleyici rol oynamıştır. Zaman içerisinde, teknolojinin gelişmesiyle önceki dönemlerde kullanılan büyük ölçekli cihazlar yerini daha kompakt ve mikro boyutlu teknolojilere bırakmıştır. Artırılmış gerçeklik, zamanla mobil cihazların gelişmesiyle birlikte daha pratik, erişilebilir ve etkileşimli bir yapıya dönüşmüştür. Günümüzde AG, gerçek dünya ile sanal verileri bütünleştiren mobil akıllı teknolojilerle uyumlu şekilde kullanılan yenilikçi bir dijital araç hâline gelmiştir (Johnson vd., 2010; Martin vd., 2011; Wu vd., 2013). Milgram ve Kishino (1994), gerçeklik, sanallık ve karma gerçeklik kavramlarını tanımlamak ve aralarındaki ilişkiyi ortaya koymak için süreklilik modeli geliştirilmiştir. Sanal Sürekliliğin Basitleştirilmiş Diyagramına Şekil 1'de yer verilmiştir



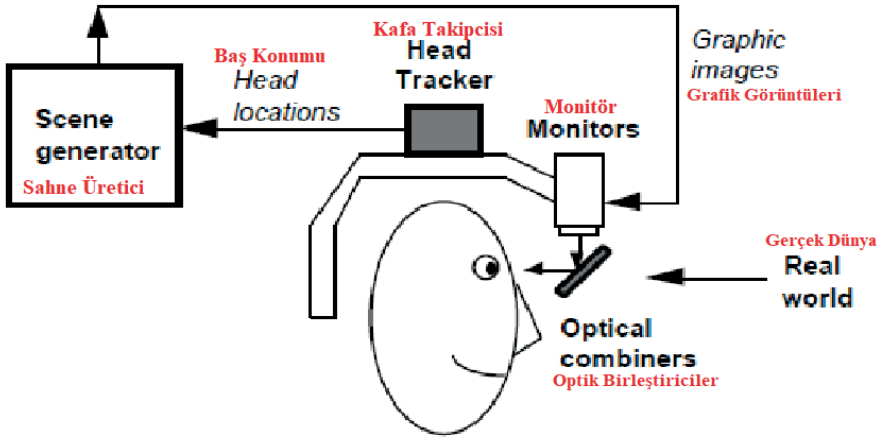
Şekil 1. *Sanal Sürekliliğin Basitleştirilmiş Diyagramı (Milgram ve Kishino, 1994'den uyarlanmıştır)*

Milgram ve Kishino (1994) tarafından geliştirilen bu süreklilik diyagramına göre en sol tarafta gerçek ortam, en sağ tarafta sanal ortam bulunmaktadır. Gerçek ortam, bireylerin çevresindeki unsurları görmek, dokunmak ya da deneyimlemek için herhangi bir aracı cihaza gereksinim duymadan algılayabildiği, tamamen fiziksel ve somut nesnelerden oluşan bir alandır. Sanal ortam ise gerçeklik hissi yaratmak amacıyla bilgisayar teknolojileri aracılığıyla üretilen veya sentezlenen yapay nesnelerden meydana gelmektedir. Karma gerçeklik ise tamamen gerçek ve tamamen sanal ortamın arasında olduğu bölgeyi (Milgram ve Kishino, 1994) kapsamaktadır. Artırılmış sanallık, sanal

bir ortama gerçek nesnelerin dâhil edilmesiyse oluşur. Artırılmış gerçeklik, gerçek ortama sanal bileşenlerin entegre edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu süreklilik üzerinde soldan sağa doğru ilerledikçe sanal ögelerin oranı artmaktadır, buna paralel olarak gerçeklikle olan etkileşim düzeyi azalmaktadır (Billinghurst vd., 2001; Milgram ve Kishion, 1994; Yuen vd., 2011).

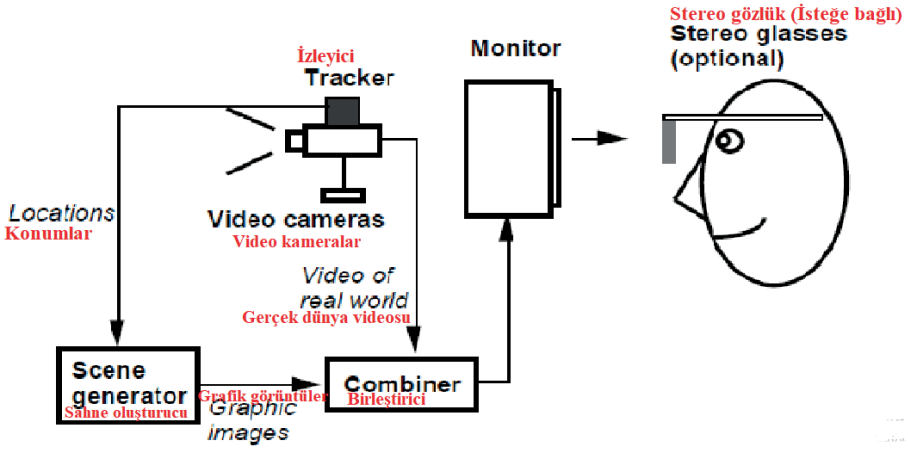
Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri

Sanal ve gerçek ortamlara ait görüntülerin eş zamanlı bir şekilde birleştirilmesiyle oluşturulan sistemlerin; optik tabanlı ve video tabanlı (Azuma, 1997), yansıtma tabanlı (Bimber ve Raskar, 2005) olmak üzere üç temel kategoride sınıflandırılmaktadır. Söz konusu sitemler arasındaki temel fark, sanal ve gerçek bileşenlerin bütünleştirilmesi sonucunda elde edilen görüntünün kullanıcı tarafından algılandığı konuma göre değişmektedir. Video tabanlı sistemlerde bu sahne bilgisayar, tablet ya da akıllı telefon gibi dijital cihazların ekranlarında görüntülenmektedir (Somyürek, 2014). Yansıtma tabanlı sistemlerde ise projeksiyon teknolojisinden yararlanılarak, dijital olarak oluşturulan sanal görüntüler gerçek dünyadaki belirli bir yüzeye yansıtmakla ve bu saya de sanal ögeler fiziksel çevreyle aynı düzlemde sunulmaktadır (Kaleci vd., 2016). Azuma (1997) 'ya göre artırılmış gerçeklik iki temel kategoride ele alınmaktadır. Bunlardan biri optik temelli diğeri ise video temelli teknolojilerdir. Bu iki AG teknolojileri arasındaki fark gerçek ve sanal dünyanın birleştirilmesiyle ortaya çıkan sahnedir. Optik tabanlı artırılmış gerçek sistemlerinde, gerçek ve sanal ögelerin bütünleştirilmesi sonucunda oluşan sahne, kullanıcı tarafından gerçek ortamda şeffaf bir gözlük aracılığıyla doğrudan gerçek dünya üzerinde algılanmaktadır. Optik tabanlı sistemler, kullanıcıların başa takılabilir ve gözlük biçiminde tasarlanan aygıtlar aracılığıyla, fiziksel çevreyi sanal unsurlarla birlikte deneyimlemesini sağlayan teknolojilerdir. Optik temelli artırılmış gerçeklik sisteminin kavramsal şemasına Şekil 2' de yer verilmiştir.



Şekil 2. *Optik Temelli Bir Artırılmış Gerçeklik Sisteminin Kavramsal Şeması (Azuma, 1997'den uyarlanmıştır)*

Video tabanlı sistemlerde, fiziksel çevrenin görüntüsünün sanal ortama aktarılabilmesi için video kameralar kullanılmaktadır. Bu kameralar tarafından kaydedilen gerçek dünya görüntüleri, sanal ortamda oluşturulan dijital görsellerle sahne oluşturucu bir bilgisayar tarafından birleştirilip bütünleştirilmiş olur. Böylelikle kullanıcı ekran aracılığıyla gerçek ve sanal dünyanın bir araya getirildiği bütünleşik bir sahneyi deneyimleme imkânı elde etmiş olur. Video temelli bir artırılmış gerçeklik sisteminin kavramsal şemasına Şekil 3'de yer verilmiştir.



Şekil 3. *Video temelli bir Artırılmış Gerçeklik Sisteminin Kavramsal Şeması (Azuma, 1997'den uyarlanmıştır)*

Artırılmış Gerçeklik Türleri

Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojileri, kullanılan teknolojik altyapının niteliğine göre alanyazında farklı biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda, işaretleyici (marker) tabanlı, işaretleyicisiz (markerless) tabanlı (Johnson vd., 2010; Pence, 2010), görsel ya da imaj tabanlı ve konum (lacation) tabanlı (Chen ve Tsai, 2013) uygulamalar gibi çeşitli türleri bulunmaktadır. Bu türlere ilişkin ayrıntılı açıklamalara aşağıda yer verilmiştir.

Görsel-İşaretçi (Marker) Tabalı Artırılmış Gerçeklik: sanal nesnelerin tanımlanması ve görüntülenmesi genellikle QR kod gibi görsel işaretçiler aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu AG uygulamasında mobil cihazların kamerası belirli bir nesneye ya da hedefe (QR kod gibi) yöneltildiğinde, sistem bu hedefi tanımlayarak kullanıcıya sanal nesne veya içerikleri görüntülemektedir (Dunleavy, 2014). Sanal ve gerçek dünya verilerini etkili bir biçimde eşleştirebilmesi, düşük maliyetli olması ve kullanım açısından kolaylık sağlaması gibi avantajları nedeniyle en yaygın şekilde kullanılan artırılmış gerçeklik türü arasındadır (Akbaş ve Güngör, 2017).

Konum-İşaretçi Olmayan (Markerless) Tabanlı Artırılmış Gerçeklik: mobil cihazlardan elde edilen konum verileri aracılığıyla kullanıcının bulunduğu yer tespit edilir ve bu konum bilgisine dayalı olarak gerçek çevre üzerine sanal nesneler yerleştirilir (Chen ve Tsai, 2013; İçten ve Bal, 2017). Konum tabanlı AG uygulaması yalnızca eğitim, turizm ve mimari alanlarda değil, aynı zamanda tarihi ve coğrafi mekânların tanıtım süreçlerinde de etkili bir şekilde kullanılabilmektedir. Bu teknolojinin avantajları arasında, mobil cihazlarla kolaylıkla entegre olabilmesi, GPS, pusula ve ivmeölçer gibi sensörleri bünyesinde barındıran taşınabilir cihazların yaygın ve ekonomik açıdan ulaşılabilir olması avantajları arasında yer almaktadır (İçten ve Bal, 2017).

Görsel-İşaretleyici Ve Konum-İşaretsiz Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Türlerinin Kıyaslanması

Görsel-işaretleyici ve konum-işaretsiz olmayan kıyaslandığında ikisinin de benzerlik ve farklılıkları vardır. Görsel temelli artırılmış gerçeklik, sistemin etkinleşmesini sağlayan unsurlar genellikle resim ya da grafik gibi görsel ögelerdir. Buna karşın konum tabanlı uygulamalarda kullanıcı konumu GPS ya da kablosuz ağlardan (WLAN) elde edilen veriler aracılığıyla belirlenmektedir. Bu farklılık iki uygulama türünü birbirinden ayıran temel özelliktir. Her iki sistemde metin, ses, video ya da 3B modeller gibi sanal içeriklerin kullanılması, bu teknolojilerin ortak yönünü oluşturmaktadır (Yılmaz, 2014).

İşaretleyici olmayan (markerless) AG uygulamaları, konum tabanlı verilerden yararlanarak çalışmaktadır. İşaretleyici tabanlı artırılmış gerçeklikte, üç boyutlu (3B) görüntü, sistemin işaretçiyi tanıması sonucunda oluşturu-

lurken, işaretleyici olmayan artırılmış gerçeklikte ise 3B içerik kullanıcının bulunduğu konuma veya ortam verilerine dayalı olarak sanal ortama entegre edilmektedir (Nielsen vd., 2016).

Artırılmış Gerçekliğin Kullanım Alanları

Artırılmış gerçeklik, farklı disiplinlerde geniş bir kullanım potansiyeline sahip olup, önemi her geçen gün daha belirgin hâle gelen yenilikçi bir teknolojidir (Fidan ve Tuncel, 2019). Artırılmış gerçekliğin bazı kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- **Eğitim:** Fen bilimleri, Fizik, Kimya, Biyoloji gibi derslerde eğitim materyali olarak kullanılabilir. Öğrencilere karmaşık ve soyut kavramları somutlaştırmada, etkileşimli öğrenme ortamları oluşturma fırsatı sunmada (Gün, 2014), öğrencilere gerçek dünyayı simüle edilmiş şekilde deneyimleme olanağı sunmada ve öğrencileri öğrenme sürecinde aktif kılarak, öğrenci motivasyonlarını artırmaktadır (Kaur vd., 2020). Aynı zamanda derse karşı ilgi çekme ve eğlenceli hale getirmede kullanılıyor. Tarih dersinde olayları canlandırmada, coğrafya dersinde gidilmesi zor olan yerlere öğrencilere sanal ortamda etkileşim sağlamada etkili bir uygulamadır artırılmış gerçeklik. Doğal afet eğitiminde toplumu deprem, sel, yangın gibi afet senaryolarını simüle ederek, doğal afetlere karşı bilinçlenmesini sağlar.

- **Sağlık:** Tıp öğrencileri için sanal ameliyat simülasyonları ile cerrahi işlemler güvenli bir ortam oluşturularak cerrahi beceri geliştirme ve farklı simülasyon senaryoları gibi çok boyutlu öğrenme ve uygulama süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesine olanak tanır (Hidayat vd., 2021). Öğrenciler insan vücudunu 3B modeller üzerinde organları ve damarları inceleme fırsatı bulur. Hemşireler içinde eğitimde kullanılabilir.

- **Askeri:** Savaş pilotlarına yönelik askeri eğitimlerde, pilotlara uçuş esnasında kritik bilgiler (menzil, konum, hız, yükseklik gibi) anlık olarak sunabilme imkanı vermektedir (Tün, 2022). Askerler için gerçek savaş koşullarına simüle eden ortamlar sunmak suretiyle eğitim süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılabilir.

- **Mühendislik:** Mühendislik alanında, karmaşık makinelerin işleyiş prensiplerinin anlaşılması, mekanik sistemleri 3B modeller üzerinde incelemeler yapar ve sanal olarak etkileşimde bulunabilir. Pratik yetkinliklerini geliştirme, montaj, bakım ve onarım faaliyetleri ile ilgili öğretme olanağı sunar. Üretim sürecinde malzeme kalitesinin artırılması, tasarlanan prototipleri veya yapıları gerçek ortamla birleştirerek tasarım hatalarını üretim öncesinden tespit ederek zamandan ve maliyetten tasarruf edilebilir (Göçmen, 2019). Endüstri alanında artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, çalışanların mesleki bilgi birikimini ve teknik becerilerini geliştirmeye yönelik yenilikçi bir yak-

laşım olarak değerlendirilmektedir (İçten ve Bal, 2017).

- **Turizm-Müze:** Tarihi yapılar, anıtlar veya müzeleri ziyaretçiler AR gözlükleri kullanarak yapının önceki görünümünü veya yapıldığı dönemi deneyimleyebiliyor. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, turistlere mevcut koşullarda fiziksel olarak erişilemeyen tarihi ve kültürel mekânları sanal olarak deneyimleme olanağı sağlamaktadır (Kerawalla vd., 2006).Artırılmış gerçeklik bu yönüyle kültürel mirasların deneyimlenme biçimlerini çeşitlendirmektedir.

- **Eğlence:** Mobil ve etkileşimli uygulamalar, tema parkları, müzik ve sahne deneyimler ve sergi deneyimleri elde etmede kullanılmaktadır. Eğlence sektöründe artırılmış gerçeklik (AG) teknolojileri, kullanıcıların deneyimlerini çeşitlendirmek amacıyla müzikten sosyal medyaya, kitaplardan dijital oyunlara kadar çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır (Yuen vd., 2011).

- **Tasarım:** Ürün tasarımı ve prototip, mimari ve iç mekan tasarımı, moda ve endüstriyel tasarımda kullanılmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojileri, mimarlık uygulamalarında tamamlanmamış yapıların üç boyutlu olarak canlandırılmasını mümkün kılmakta ve bu sayede müşterilerin bina tamamlanmadan önce yapının mekânsal düzeni, tasarım detayları ve genel görünümü hakkında bilgi edinmesine olanak tanımaktadır (Tün, 2022).

Artırılmış Gerçekliğin Eğitimde Kullanımı

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin en yaygın ve etkili kullanım alanlarından biride eğitim ve öğretim sürecidir (Canbazoğlu-Bilici ve Şentürk, 2021). Teknolojinin hızlı bir şekilde değişip gelişmesinden dolayı çağımıza uygun eğitim teknolojisi olarak sınıflarda kullanılan öğrenme ve öğretme süreçlerini değiştirmektedir. Teknolojilerin eğitim-öğretim ortamına entegrasyonu kısa, orta ve uzun vadede gerçekleşecek gibi görünmektedir. Akıllı teknolojik araçlardan biri olan artırılmış gerçeklik orta vadeli bir teknolojidir (Spector ve Denton, 2016). Son yıllarda artırılmış gerçeklik teknolojisi öğretme ve öğrenme süreçlerine yönelik yeni imkânlar sunduğu için giderek artan bir ilgi odağı haline gelmiştir (Wu vd.,2013). Artırılmış gerçeklik okulöncesi dönemden, üniversiteye kadar eğitimin her kademesinde öğrencilerin seviyesine uygun şekilde kullanılabilir. Artırılmış gerçekliğin, öğrencilerin sınıf ortamında doğrudan deneyimleyemeyecekleri güneş sistemi gibi kapsamlı olguların görselleştirilmesinde, risk içeren durumların güvenli biçimde simüle edilmesinde (Cai vd., 2013; Walczak vd., 2006), karmaşık bilgilerin öğrencilerin düzeyine uygun şekilde sunulmasında, anlaşılması zor olan soyut olan kavramların somutlaştırılmasında çeşitli olanaklar sağlayabileceğinden bahsedilmiştir (Walczak vd., 2006). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanılması, öğrencilere gerçek dünyanın dijital olarak zenginleştirilmiş bir yansımasını deneyimleme fırsatı sunmakta ve onların öğrenme sürecine etkin biçimde katılımını desteklemektedir. Bu

durum, öğrencilerin öğrenmeye yönelik motivasyonlarının anlamlı düzeyde artmasına katkı sağlamaktadır (Kaur vd., 2020).

Bölümde dikkat çeken en önemli noktalardan biri, artırılmış gerçekliğin öğrencilerin soyut kavramları daha somut biçimde anlamalarına olanak tanıdığı yönündeki değerlendirilmesidir. Bu bağlamda, özellikle fen bilimleri, matematik ve mühendislik gibi görsel-uzamsal becerilerin önemli olduğu alanlarda artırılmış gerçekliğin öğretim sürecine sağladığı katkılar yapılan çalışmalar sonucunda somut bir şekilde desteklenmiştir. Öğrencilerin üç boyutlu modellerle etkileşim kurabilmesi ve karmaşık konuları deneyimleyerek öğrenebilmesi, geleneksel öğretim yöntemlerine göre önemli bir avantaj olarak sunulmaktadır. Sonuç olarak, bu bölüm, eğitimde yenilikçi teknolojilerin etkilerini anlamak isteyen araştırmacılar, öğretmenler ve öğretmen adayları için değerli bir kaynak niteliğindedir. Artırılmış gerçekliğin eğitime entegrasyonuna ilişkin hem kuramsal hem de uygulamalı bilgiler sunmaktadır.

Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Avantajları ve Dezavantajları

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitime sunduğu fırsatlar ve sınırlılıkları/dezavantajları da bulunmaktadır. Bu bölümde Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitime sunduğu fırsatlar ve sınırlılıklar/dezavantajlar irdelenecektir.

Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamalarının avantajları:

Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamalarının en belirgin avantajı, öğrenmeyi görselleştirerek somutlaştırmasıdır (Abdüsselam, 2014; Wu vd., 2013; Yılmaz, 2014), Özellikle fen, matematik, mühendislik ve sanat gibi alanlarda soyut kavramların anlaşılmasını kolaylaştırır (Abdüsselam, 2014; Cai vd. 2013; Ibáñez vd. 2014). Öğrenciler karmaşık yapıları üç boyutlu olarak inceleyebilir, nesneleri döndürebilir ve farklı açılardan gözlemleyebilirler.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile yürütülen derslerde öğrenciler öğrenme sürecinde eğlenerek derse katılımlarını sağlar (Sırakaya, 2015; Yılmaz ve Batdı, 2016) . Bu durum öğrencilerin derse kaşarı olumlu tutum geliştirmesine yardımcı olur (Cai vd. 2013; Lee, 2012). Artırılmış gerçeklik uygulamaları, etkileşimli yapısı sayesinde öğrencilerin pasif bilgi alıcıları olmaktan çıkarak öğrenme sürecinin aktif bir parçası hâline gelmelerine olanak tanır Bu durum, öğrenmeyi hem eğlenceli hem de kalıcı hâle getirir(Arıcı 2021; Radu, 2014; Yılmaz, 2014), Öğrenme ortamına zengin içerik sunarak etkileşim imkânı sağlar (Azuma, 2004).

Ayrıca artırılmış gerçeklik uygulamaları, deneyimsel ve keşfetmeye dayalı öğrenme ortamları oluşturur. Öğrenciler sanal nesnelerle etkileşime girerek hatalarından öğrenebilir, güvenli bir sanal ortamda denemeler yapabilirler. Özel-

likle laboratuvar uygulamaları veya tehlikeli deneyler gibi riskli durumların simülasyonu, artırılmış gerçeklik sayesinde güvenli biçimde gerçekleştirilebilir (Abdüsselam, 2014; Lee, 2012; Wojciechowski ve Cellary, 2013).

Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamalarının dezavantajları/ sınırlılıkları:

Artırılmış gerçeklik teknolojilerinin uygulanabilmesi için yüksek maliyetli donanım ve yazılım altyapısı gerekebilir. Okullarda yeterli teknik donanımın bulunmaması veya öğretmenlerin bu teknolojiyi kullanma konusunda yeterli bilgiye sahip olmaması, uygulamaların verimliliğini düşürebilir (Göçmen, 2019; Wu vd., 2013). Bir diğer dezavantaj, teknik sorunlar ve erişilebilirlik kısıtlarıdır. AR uygulamaları yüksek işlem gücü gerektirdiği için mobil cihazlarda veya zayıf internet bağlantılarında performans problemleri yaşanabilir (Coimbra vd., 2015). Öğrenci sayısının çok olduğu sınıflarda uygulaması zorluk yaratan bir teknolojidir (Palancı ve Turan, 2021). Ayrıca, AR'nin yoğun görsel ve işitsel uyaran içermesi sağlık sorunlarına neden olabilir (Doğan vd., 2021).

Fen Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kullanımı

Fen bilimleri alanında artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Atalay, 2019). Fen bilimleri alanında artırılmış gerçeklik teknolojilerinin giderek daha çok ilgi çeken ve araştırmacıların dikkatini çeken konulardan biri haline geldiği anlaşılmaktadır (Cheng ve Tsai, 2013). Gerçek yaşamda doğrudan gözlemlenmesi mümkün olmayan gökyüzü olaylarından, güvenlik veya teknik nedenlerle gerçekleştirilemeyen kimyasal deneylere kadar geniş bir yelpazeyi kapsayan fen konularının öğretimi, artırılmış gerçeklik uygulamaları aracılığıyla güvenli bir şekilde yaparak yaşayarak gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin maddenin yapısı ve değişimi (moleküllerin yapısını, bağları üç boyutlu bir şekilde), hücre ve organeller (mikroskop olmayan okullarda organelleri ve hücreyi üç boyutlu göstermede), Güneş sistemi ve ötesi (uzay cisimlerini doğrudan gözlemlenememesi), Kuvvet ve enerji (enerji dönüşümleri) gibi konular fen bilimleri dersinde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak öğrencilerin anlamasını kolaylaştırmaktadır. Artırılmış gerçeklik fen bilimleri dersinde müfredatta bulunan soyut kavramların somutlaştırılmasında (Shelton ve Hedley, 2002; Shelton ve Stevens, 2004) daha anlaşılır bir şekilde öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır (Abdüsselam, 2014; Kamarainen vd., 2013; Wu vd., 2013). Fen bilimleri gibi uygulamalı ve deney temelli derslerde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımı, kavraması güç kavramları ve olguları daha anlaşılır biçimde aktarılmasına (Ateş, 2018), öğrencilerin derse etkin katılımını artırdığı, derslerin daha eğlenceli geçtiğini, öğrencilerin ilgisini çekmektedir. Fen eğitiminde artırılmış gerçekliğin kullanıldığı bazı örnek çalışmalara Tablo 2'de yer verilmiştir.

Tablo 2. *Fen Eğitiminde Artırılmış Gerçekliğin Kullanıldığı Bazı Örnek Çalışmalar*

Araştırmacı (lar)	**Çalışma Konusu**	**Sonuçlar**
Çelik (2024)	Madde ve Endüstri (Asit-Baz)	AG desteklediği deney grubunun fen bilimleri dersinde öğrencilerin akademik başarıları, fen bilimlerine yönelik tutumlarına, öğrencilerin günlük yaşam ile ilişkilendirme yapabilmelerinde, öğrenmedeki kalıcılığa olumlu yönden katkı sağladığını çalışmalarında bulmuştur.
Cesur (2024)	Güneş, Ay ve Dünya	Okul öncesi öğrenci gruplarıyla fen eğitiminde güneş, dünya ve ay'ın fiziksel yapılarının öğretiminde AG uygulamasından faydalanarak öğrencilerin dikkatlerinin arttığını, motivasyonlarının arttığını ve öğrencilerin akademik başarılarında olumlu yönde ciddi değişim gösterdiğini bulmuştur.
Sıbıç (2024)	Küresel İklim Değişikliği	8.sınıf özel yetenekli öğrencilerle yaptığı çalışmada AG uygulaması kullanarak öğrencilerin günlük hayatla ilişkili, eğlenceli, öğrenmeyi kolaylaştırıcı olduğunu ve bundan dolayı akademik başarıda olumlu yönde etkilediğini, öğretim materyallerine yönelik motivasyonlarını artırdığını görmüştür.
Türe (2024)	Ses ve Özellikleri	Yapılmış olan çalışmada AG teknolojisinin öğrencilerin akademik başarılarına, öz yeterlilik, teknolojik farkındalık, kavramsal anlama düzeyi, öğrenmede kalıcılığın sağlanmasında MEB'in öngördüğü mevcut öğretimin daha etkili olduğunu söylemiştir.
Ekleş (2023)	Güneş Sistemi ve Ötesi	AG öğrenmeyi kolaylaştırdığı, akademik başarıyı artırdığı, deney grubunda bilişsel yük daha yüksek çıkmıştır.
Akbolat (2023)	Güneş Sistemi ve Ötesi	AG kavram yanılgılarını önemli ölçüde azalttığı ortaya çıkmıştır.
Aydın-Gündüz (2023)	Vücudumuzdaki sistemler ve Duyu Organları	AG hibrit kutu oyunlarıyla desteklenmiş fen öğretiminde akademik başarı, öğrenmedeki kalıcılık, AG karşı tutum, dersi anlama düzeylerinde olumlu yönde katkı sağladığını ve derslerde öğrencilerin ilgisini çektiğini ve beğenildiğini söylemiştir.
Atay (2022)	Öğretmenlerin fen dersinde AG kullanmaya yönelik görüşleri	Öğretmenlerin Güneş Sistemi ve Ötesi ünitesinde soyut olan konuların somutlaştırılmasında yeterli olduğunu söylemiştir.
Arıcı (2021)	Hücre ve Bölünmeler	AG teknolojisiyle desteklenen fen bilimleri dersinde deney grubunun kontrol grubuna göre akademik başarısı, yansıtıcı düşünme, öğrenmelerin kalıcılığı konusunda olumlu yönden etkilediğini söylemiştir.
Zafeiropoulou vd. (2021)	Elektrik(iletken ve yalıtkan maddeler), Sindirim Sistemi, Madde, Enerji, Işık(Geçirgen, yarı geçirgen ve geçirgen olmayan) maddeler	Bu çalışmada AG uygulamasının öğretmen ve öğrenci görüşleri incelemiştir. 5.sınıf öğrencileri ile yapılmış çalışma. Araştırmacılar tarafından konulara yönelik AG uygulamalar geliştirilmiş, öğrenci ve öğretmenler uygulamayı kullanışlı bulmuş, amacına uygun çalıştığını, uygulamayı kullanırken daha büyük ekran kullanımının etkili olacağından bahsetmiştir. AG teknolojisi ile gerçekleştirilen etkinliklerin küçük gruplu takımlarda daha etkili olacağından bahsedilmiştir. Dezavantaj olarak uygulamayı kullanmada zorluk çekildiğini belirtmiştir.
Aji vd. (2021)	Dalga ve Titreşim	Çalışmasında deney grubu öğrencilerine AG uygulaması ile dersleri işlerken, kontrol grubu öğrencileriyle laboratuvar da dersleri işlemiştir. AG uygulamasının öğrencilerin motivasyonlarını ve öğrenme çıktılılarına olumlu yönde etkileri olduğunu belirtmiştir.

Sarıyıldız (2020)	Saf Madde ve Karışımlar	Araştırmada kullanılan AG materyalinin kullanımı öğrencilerin akademik başarılarını ve motivasyonlarını olumlu yönde etkilediğini, öğrencilerle yapılan görüşmeler sonucunda derslerde bu materyalin kullanımı öğrencilerde merak ve ilgi uyandırdığını, derslerin daha eğlenceli geçtiğini ve öğrenmeyi kolaylaştırdığını belirtmiştir.
Şahin ve Yılmaz (2020)	Güneş Sistemi ve Ötesi	Güneş Sistemi ve Ötesi ünitesi ile ilgili artırılmış gerçeklik uygulaması araştırmacı tarafından geliştirilmiş. Deney grubunda geliştirilen AG uygulaması ile dersler işlenmiş, kontrol grubunda ise geleneksel yöntemler (kitap kullanımı gibi) ile dersler işlenmiştir. Deney grubundaki öğrencilerin fen dersine yönelik tutumlarının ve akademik başarılarının kontrol grubuna göre daha yüksek çıktığını, deney grubunda yer alan öğrencilerin AG uygulamasının derslerde kullanılmasından memnun olduklarını, diğer derslerde de kullanmak istediklerini belirtmiştir.
Kul (2019)	5.sınıf: Elektrik devre elemanları 6.sınıf: Güneş Sistemi ve Tutulmalar 7.sınıf: Elementler ve Bileşikler	Öğrencilerin akademik başarılarının olumlu yönde etkilendiğini, fen öğrenmeye yönelik tutumlarının ve motivasyonlarının arttığını söylemiştir.
Tomara ve Gouscos (2019)	Elektriksel Kuvvetler (Coulomb kuralları)	Araştırmada öğrenciler gruplara ayrılmış ve öğrencilere Coulomb kuvvetine yönelik AG uygulamaları deneyim kazanmaları sağlanmıştır. Çalışmada öğrencilerin öğretim materyalli olarak kullanılan AG uygulamasının kullanmaya motivasyon düzeylerinin yüksek, uygulamayı eğlenceli buldukları ve uygulamayı kullanmada zorluk yaşamadıklarını belirtmiştir.
Kırıkkaya ve Başgül (2019)	Güneş Sistemi ve Ötesi	Solomon 4 gruplu deneme modeline göre çalışma yürütülmüştür. Çalışmada deney grubunda dersler AG uygulaması ile yürütülmüştür, kontrol grubunda ise ulusal fen bilimleri programına göre yürütülmüştür. Çalışmada AG kullanımı öğrencilerin akademik başarılarını, fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına olumlu yönde etkilerinin olduğunu belirtmiştir.
Güngördü (2018)	Maddenin Yapısı ve Özellikleri	AG öğrencilerin akademik başarılarına olumlu yönde katkı sağladığını ve öğrencilerin AG uygulamalarına karşı tutumlarını olumlu yönde etkilemiştir.
Ateş (2018)	Maddenin Tanecikli Yapısı ve Saf Maddeler	Öğrencilerin AG uygulamalarından hoşnut olduğu, derse katılımı artırdığını ve akademik başarıyı olumlu yönde etkilediğini söylemiştir.
Şentürk (2018)	Güneş Sistemi ve Ötesi	AG uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını, motivasyon, tutum ve teknolojiye yönelik tutumun anlamlı bir şekilde artığını söylemiştir.
Eroğlu (2018)	Güneş Sistemi ve Ötesi	Öğrencilerin akademik başarılarının arttığı, Fen dersine yönelik tutumlarının olumlu yönde etkilendiğini söylemiştir.
Fidan (2018)	Güneş Sistemi ve Ötesi	AG fen öğreniminde kalıcılığı artırdığını, öğrenci tutumlarını olumlu yönde etkilemiştir
Zhang vd., (2014)	Astronomik Kavramlar	Araştırmacılar AG teknolojisinin astronomik kavramların öğretimine katkılarını belirlemek için çalışma yapılmış. Görsel unsurlar ve hareket algılama bileşenlerini de içeren astronomik gözlemlerde kullanılmak üzere tasarlanan AG ortamı oluşturulmuş. Sonuç olarak AG uygulamasının öğrencinin öğrenme performansını yükselttiğini, gözlem becerilerini geliştirdiğini, bilişsel ile duyuşsal gelişimlerini desteklediğini belirtmiştir.

Akçayır (2016)	Fizik Lab. II	Deney grubu öğretmen adaylarının derse karşı tutumlarında ve son test puanlarında anlamlı farklılık olduğunu söylemiştir.
Ibáñez vd. (2014)	Elektromanyetizma	AG uygulamasının konun öğrenilmesini kolaylaştırdığını, uygulamanın elektromanyetizma konusunu öğrenmede etkili olduğunu söylemiştir.
Abdüsselam (2014)	Manyetizma	Öğrenenlerin konuyu daha iyi anlamıştır.
Cai vd. (2013)	İçbükey Mercekler	Araştırmacı AG öğrenme materyalinin kullanımının fizik dersine karşı tutumlarını ve akademik başarılarını incelemiştir. AG uygulamasının derslerde düşük başarı gösteren öğrenciler için öğrenmede kolaylaştırıcı etki gösterdiğini, AG uygulamasına olumlu yönde tutum gösterdiğini belirtmiştir.
Nunez vd. (2008)	Maddenin Moleküler Yapıları	Öğrencilerin uygulamaya karşı olumlu dönütler verdiğini, uygulamayı çekici bulduklarını söylemiştir. Dezavantajı olarak da küçük boyutlu olduğunu söylemiş.

Tablo 2 incelendiğinde fen bilimleri dersinde artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımı öğrencilerin soyut kavramları anlamaları daha kolay olduğunu, derslerin daha eğlenceli ve ilgi çekici hale geldiğini, öğrencilerin fen bilimleri dersinde akademik başarılarının arttığını, fen ve teknolojiye yönelik öz yeterliliklerinin ve tutumlarının geliştiğini yapılan çalışmalarda görülmektedir. Öğrenenlerin güçlük yaşadıkları konuların öğretilmesinde yararlandıkları artırılmış gerçeklik uygulamalarının, öğrenme süreçlerini destekleyerek fen bilimleri alanında akademik başarıların anlamlı düzeyde geliştirmektedir (Cai vd., 2014; Chen vd., 2017; Ürün Arıcı ve Yıldız, 2023). Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisinin entegrasyonuna yönelik gerçekleştirilen araştırmalar, bu teknolojinin öğretim sürecinde yalnızca bilgi ve kavram öğretimini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda öğrencilerin duyuşsal özellikleri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu göstermektedir (Ibáñez vd., 2020; Kırıkkaya ve Şentürk Başgül, 2019).

Sonuç olarak fen eğitiminde artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımı, öğrencilerin anlamalarını kolaylaştıran, deneyim temelli ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi vasıtası ile öğrenciler karmaşık bilimsel olayları üç boyutlu biçimde gözlemleyebilmekte, deneysellik ve keşfetmeye dayalı öğrenme süreçlerinde aktif rol üstlenmektedir. Bu durum, özellikle mikroskobik yapılar, astronomik hareketler veya karmaşık fiziksel süreçler gibi doğrudan gözlemlenemeyen durumların öğretiminde büyük bir bir avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte, artırılmış gerçeklik teknolojisinin fen eğitiminde bağlamında efektif bir şekilde kullanılabilmesi için öğretim programları ile uyumlu tasarımların yapılması, öğretmenlerin dijital yeterliklerinin geliştirilmesi ve teknik altyapı desteğinin sağlanması gerekmektedir. Dolayısıyla artırılmış gerçeklik, doğru planlandığında öğrencilerin ve öğrenmeye yönelik motivasyonlarını güçlendiren yenilikçi bir araç olarak fen öğretiminde güçlü bir potansiyele sahiptir.

Kaynakça

Abdüsselam, M. S. (2014). Teachers' and students' views on using augmented reality environments in physics education: 11th grade magnetism topic example. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, *4*(1), 59-74. https://doi.org/10.14527/pegegog.2014.004

Aji, S. D., Setyowati, T., Jumina, S., ve Hudha, M. N. (2021). Augmented reality: Physics on wave and vibration. *Journal of Physics: Conference Series*, *1869*(1), 012090. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012090

Akbaş, M. F., ve Güngör, C. (2017). Arttırılmış Gerçeklikte İşaretçi-Tabanlı Takip Sistemleri Üzerine Bir Literatür Çalışması Ve Tasarlanan Çok-Katmanlı İşaretçi Modeli. *Deu Muhendislik Fakultesi Fen ve Muhendislik*, *19*(56), 599-619. https://doi.org/10.21205/deufmd.2017195656

Akbolat, E. (2023). *Fen bilimleri 7. sınıf güneş sistemi ve ötesi ünitesinde artırılmış gerçeklik kullanımının kavram yanılgıları üzerine etkisi.* Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Van (Tez No. 811332)

Akçayır, M. (2016). *Fen laboratuvarında artırılmış gerçeklik uygulamalarının üniversite öğrencilerinin laboratuvar becerilerine, tutumlarına ve görev yüklerine etkisi.* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara (Tez No: 429402)

Arıcı, F. (2021). *Ortaokul hücre ve bölünmeler ünitesinin öğretiminde artırılmış gerçeklikle zenginleştirilmiş probleme dayalı öğrenme yönteminin etkililiğinin incelenmesi* Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum (Tez No. 702513)

Atalay, E. (2019). *Biyoloji öğretiminde artırılmış gerçeklik kullanımının öğrencilerin öğrenimine etkisi.* Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Edirne. (Tez No. 557197)

Ateş, A. (2018). *7.sınıf fen ve teknoloji dersi 'Maddenin tanecikli yapısı ve saf maddeler' konusunda artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak oluşturulan öğrenme materyalinin akademik başarıya etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Ömer Halis Demir Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Niğde. (Tez No: 531780)

Atay, M. (2022). *Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik ortamlarının kullanımına ilişkin öğretmen görüşleri.* Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin. (Tez No: 763003)

Altınpulluk, H., ve Kesim, M. (2015). Geçmişten günümüze artırılmış gerçeklik uygulamalarında gerçekleşen paradigma değişimleri. *Akademik Bilişim Kongresi*, *4*(6), 546-551.

Aydın-Gündüz, E., (2023). *Vücudumuzdaki sistemler ve duyu organları konularında artırılmış gerçeklik uygulamalı hibrit kutu oyunlarına dayalı öğretim tasarımının çeşitli değişkenlere etkisi* Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars (Tez No. 827187)

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*, *6*(4), 355-385.

Azuma, R. T. (2004). Overview of augmented reality. In *ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes,* 26. https://doi.org/10.1145/1103900.1103926

Baum, L. F. (1901). The master key an electrical fairy tale. https://www.gutenberg.org/ebooks/436?msg=welcome_stranger(Erişimtarihi:05.11.2025)

Billinghurst, M., Kato, H., ve Poupyrev, I. (2001). The magicbook-moving seamlessly between reality and virtuality. IEEE Computer Graphics and applications, 21(3), 6-8.

Bimber, O., ve Raskar, R. (2005). *Spatial augmented reality: Merging real and virtual worlds* (Online-Ausg). Peters.

Cai, S., Chiang, F. K., ve Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, *29*(4), 856-865.

Cai, S., Wang, X., Gao, M., ve Yu, S. (2012). Simulation Teaching in 3D Augmented Reality Environment. *2012 IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics*, 83-88. https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2012.25

Cai, S., Wang, X., ve Chiang, F.-K. (2014). Erratum to "A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course" [Comput. Hum. Behav. 37 (2014) 31–40]. *Computers in Human Behavior*, *39*, 424. https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.06.014

Canbazoğlu-Bilici, S., ve Şentürk, M. (2021). *Astronomi eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamaları*. Palme Yayınevi.

Caudell, T. P., ve Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, 659-669 c.2. https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317

Cesur, M. (2024). *Okul öncesi fen eğitiminde Güneş, Dünya ve Ay'ın fiziksel yapılarının öğretimininde artırılmış gerçeklik uygulamalarının katkısı.* Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars (Tez No. 847082)

Cheng, K.-H., ve Tsai, C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(4), 449-462. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9

Chen, P., Liu, X., Cheng, W. ve Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality ineducation from 2011 to 2016. E. Popescu, M. K. Kinshuk Khribi, R. Huang, M. Jemni, N. S. Chen ve D. G. Sampson (Eds.), *Innovations in Smart Learning* içinde (s. 13-18). Singapore: Springer.

Coimbra, M. T., Cardoso, T., ve Mateus, A. (2015). Augmented reality: An enhancer for higher education students in math's learning? *Procedia Computer Science, 67*, 332-339. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.277

Çelik, C. (2024). *Artırılmış gerçeklik uygulamaları ile fen öğretiminin teknolojiye yönelik tutum, günlük yaşamla ilişkilendirme, akademik başarı ve kalıcılığa etkisi.* Doktora tezi, Sıktı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Muğla (Tez No. 865657)

Doğan, D., Erol, T., ve Mendi, A. F. (2021). Sağlık alanında karma gerçeklik. *European Journal of Science and Technology*. https://doi.org/10.31590/ejosat.1009810

Dunleavy, M. (2014). Design Principles for Augmented Reality Learning. *TechTrends*, *58*(1), 28-34. https://doi.org/10.1007/s11528-013-0717-2

Ekleş, Y. (2023). *Ortaokul 7.sınıf öğrencilerinin akademik başarı, kaygı ve bilişsel yük düzeyleri.* Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya. (Tez No: 783886)

Eroğlu, B. (2018). *Ortaokul öğrencilerine astronomi kavramlarının artırılmış gerçeklik uygulamaları ile öğretiminin değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon (Tez No: 494315)

Ersoy, H., Duman, E., ve Öncü, S. (2016). Artırılmış gerçeklik ile motivasyon ve başarı: deneysel bir çalışma. *Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Dergisi, 5*(1), 39-44.

Fidan, M. (2018). *Artırılmış gerçeklikle desteklenmiş probleme dayalı fen öğretiminin akademik başarı, kalıcılık, tutum ve öz-yeterlik inancına etkisi.* Doktora Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu (Tez No: 504726)

Fidan, M., ve Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, *142*, 103635.

Göçmen, H. (2019). *Güneş sistemi ve ötesi konusunun etkili öğrenimi için artırılmış gerçeklik odaklı bir tasarım* Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar (Tez No. 567615)

Gün, E. (2014). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin uzamsal yeteneklerine etkisi* Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ankara (Tez No. 366291)

Güngördü, D. (2018). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin atom modelleri konusuna yönelik başarı ve tutumlarına etkisi* Yüksek lisans tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kilis (Tez No. 531961)

Hidayat, H., Sukmawarti, S., ve Suwanto, S. (2021). The application of augmented reality in elementary school education. *Research, Society and Development, 10*(3), e14910312823. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.12823

Ibáñez, M. B., Di-Serio, Á., Villarán-Molina, D., ve Delgado-Kloos, C. (2014). Augmented reality-based simulators as discovery learning tools: An empirical study. *IEEE Transactions on Education*, *58*(3), 208-213.

Ibáñez, M. B., Uriarte Portillo, A., Zatarain Cabada, R., ve Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, *145*, 103734. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734

Ivanova, M., ve Ivanov, G. (2011). Enhancement of Learning and Teaching in Computer Graphics Through Marker Augmented Reality Technology. *International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA)*, 1(1), 176-184.

İçten, T., ve Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi.Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5(2), 111-136.

İbili, E. (2013). *Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara. (Tez No: 349085)

Johnson, L., Levine, A., Smith, R., ve Stone, S. (2010). *The 2010 Horizon Report. Austin, Texas*: The New Media Consortium.

Kaleci, D., Demirel, T., ve Akkuş, İ., (2016). Örnek bir artırılmış gerçeklik uygulaması tasarımı. 18. Akademik Bilişim Konferansı bildirisi, 270-280.

Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S. ve Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers ve Education,* 68, 545–556. http://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018

Kaur, D. P., Mantri, A., ve Horan, B. (2020). Enhancing student motivation with use of augmented reality for interactive learning in engineering education. *Procedia Computer Science*, *172*, 881-885. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.127

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., ve Woolard, A. (2006). "Making it real": Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality, 10*(3-4), 163-174. https://doi.org/10.1007/s10055-006-0036-4

Kırıkkaya, E. B. Ve Şentürk, M. (2018). Güneş sistemi ve ötesi ünitesinde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmasının öğrenci akademik başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 26*(1), 181-189

Kırıkkaya, E. S. M. A., ve Basgül, M. S. (2019). The effect of the use of augmented reality applications on the academic success and motivation of 7th grade students. *Journal of Baltic Science Education*, *18*(3), 362-378. https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.362

Komis, V., Ergazakia, M., ve Zogzaa, V. (2007). Comparing computer-supported dynamic modeling and "paper & pencil" concept mapping technique in students' collaborative activity. *Computers & Education, 49*(4), 991-1017.

Kul, H. H. (2019). *Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamaları.* Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir. (Tez No: 584522)

Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, *56*(2), 13-21. Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., ve Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, *57*(3), 1893-1906. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.003

Milgram, P., ve Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, *77*(12), 1321-1329. *http://vered.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.htm.*

Nielsen, B. L., Brandt, H., ve Swensen, H. (2016). Augmented Reality in science education–affordances for student learning. *Nordic Studies in Science Education*, *12*(2), 157-174. https://doi.org/10.5617/nordina.2399

Nunez, M., Quiros, R., Nunez, I., Carda, J. B. ve Camahort, E. (2008, July). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. *Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering, Yunanistan.*

Palancı, A., ve Turan, Z. (2021). How does the use of the augmented reality technology in mathematics education affect learning processes?: A systematic review. *International Journal of Curriculum and Instructional Studies 11*(1), 89-110. https://doi.org/10.31704/ijocis.2021.005

Pence, H. E. (2010). Smartphones, smart objects, and augmented reality. *The Reference Librarian*, *52*(1-2), 136-145.

Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, *18*(6), 1533-1543. https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y

Sarıyıldız, S. (2020). *Artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanımının fen eğitiminde öğrenci başarılarına ve derse karşı motivasyonlarına etkisi.* Yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan (Tez No. 653014)

Shelton, B. E., ve Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching Earth-Sun relationships to undergraduate geography students. *The First IEEE International Workshop Agumented Reality Toolkit,* 8. https://doi.org/10.1109/ART.2002.1106948

Shelton, B. E. ve Stevens, R. (2004). Using coordination classes to interpret conceptual change in astronomical thinking. Proceedings of the 6th international conference for the learning sciences. Lawrence Erlbaum ve Associates, Mahweh, NJ.

Sırakaya, M. (2015). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları, kavram yanılgıları ve derse katılımlarına etkisi.* Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara (Tez No. 419423)

Sıbıç, O. (2024). *Fen konularına yönelik artırılmış gerçeklik ile zenginleştirilmiş sorgulamaya dayalı öğretim programının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi* Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Ensititüsü, İstanbul (Tez No. 876239)

Sin, A. K., ve Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool. *2010 International Symposium on Information Technology*, 1-6. https://doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561320

Somyürek, S. (2014). Öğrenme sürecinde Z kuşağının dikkatini çekme: Artırılmış gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama, 4*(1), 63-80.

Spector, J. M., ve Denton, T. X. (2016). Smart learning environments: Concepts and issues. In Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, (pp.2728-2737).

Squire, K., ve Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *Journal of the Learning Sciences*, *16*(3), 371-413. https://doi.org/10.1080/10508400701413435

Şahin, D., ve Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, *144*, 103710.

Şahin, D. (2017). *Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile yapılan fen öğretiminin ortaokul öğrencilerinin başarılarına ve derse karşı tutumlarına etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. (Tez No: 459513)

Şentürk, M. (2018). *Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının yedinci sınıf güneş sistemi ve ötesi ünitesinde kullanılmasının öğrencilerin akademik başarı, motivasyon, fene ve teknolojiye yönelik tutumlarına etkisinin solomon dört gruplu modelle incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Koacaeli (Tez No: 494794)

Tün, Ş. (2022). *Artırılmış gerçeklik uygulamaları ile yürütülen vücudumuzdaki sistemler ünitesinin öğrencilerin akademik başarılarına ve artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumlarına etkisi.* Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Aksaray (Tez No. 762553)

Türe, Z. G. (2024). *Ortaokul ses ve özellikleri ünitesinin öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının etkisinin bazı değişkenler açısından incelenmesi.* Doktora tezi, Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan (Tez No. 870744)

Tomara, M., ve Gouscos, D. (2019). A case study: visualizing coulomb forces with the aid of augmented reality. *Journal of Educational Computing Research*, *57*(7), 1626-1642.

Tomi, A. B., ve Rambli, D. R. A. (2013). An interactive mobile augmented reality magical playbook: learning number with the thirsty crow. *Procedia Computer Science*, *25*, 123-130. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.015

Ürün Arici, N., ve Yildiz, E. (2023). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimde kullanımının başarı üzerindeki etkisinin incelenmesi: 2010-2020 yılları arasında yapılan çalışmaların meta-analizi. *Journal of Computer and Education Research*, *11*(22), 405-428. https://doi.org/10.18009/jcer.1241110

Walczak, K., Wojciechowski, R., ve Cellary, W. (2006, November). Dynamic interactive VR network services for education. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology* (pp. 277-286). https://doi.org/10.1145/1180495.1180552

Wojciechowski, R., ve Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, *68*, 570-585. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014

Woods, B. (2014). How augmented reality is augmenting its own future. https://thenextweb.com/insider/2014/01/31/augmented-reality-augmenting-future/ adresinden erişilmiştir. (Erişimtarihi:05.11.2025)

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., ve Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, *62*, 41-49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024

Yılmaz, Z., ve Batdı, V. (2016). A meta-analytic and thematic comparative analysis of the ıntegration of augmented reality applications into education. *Education and Science*, *41*(188), 273-289. https://doi.org/10.15390/EB.2016.6707

Yılmaz, R. M. (2014). *Artırılmış gerçeklik teknolojisiyle 3 boyutlu hikâye canlandırmanın hikâye kurgulama becerisine ve yaratıcılığa etkisi.* Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. (Tez No: 366534)

Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C., & Tucker, S. (2012). Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, *7*(4), 519-541. https://doi.org/10.1007/s11412-012-9156-x

Yöndem, T., ve Karadağ, G. H. (2019). CHANGING NEWS PRESENTATION WITH THE AUGMENTED REALITY. *Electronic Journal of New Media*, *3*(1), 22-44. https://doi.org/10.17932/IAU.EJNM.25480200.2019.1/1.22-44

Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., ve Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, *4*(1). https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10

Zafeiropoulou, M., Volioti, C., Keramopoulos, E., ve Sapounidis, T. (2021). Developing Physics Experiments Using Augmented Reality Game-Based Learning Approach: A Pilot Study in Primary School. *Computers*, *10*(10), 126. https://doi.org/10.3390/computers10100126

Zhang, J., Sung, Y.-T., Hou, H.-T., ve Chang, K.-E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, *73*, 178-188. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.003

Bölüm
7

FEN VE KİMYA EĞİTİMİNDE 21. YÜZYILIN PEDAGOJİK ANAHTARI: SORGULAMAYA DAYALI ÖĞRENME

Engin MEYDAN[1]

1 Doç. Dr. Engin MEYDAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
0000-0002-1860-1715

Giriş

Sorgulamaya dayalı öğrenmenin (inquiry-based learning, IBL) kuramsal temeli yapılandırmacı öğrenme kuramına dayanmaktadır. Bu yaklaşımda bilgi, öğretmen tarafından doğrudan aktarılmak yerine öğrencinin aktif katılımı, gözlemleri ve deneyleri üzerinden inşa edilir. Kimya eğitimi bağlamında, öğrenciler yalnızca hazır bilgileri almakla kalmaz; araştırma yapar, deney tasarlar, verileri analiz eder ve bilimsel çıkarımlar üretirler. Probleme dayalı senaryolar ile öğrencilerin günlük yaşamdan veya endüstriyel uygulamalardan türetilmiş kimyasal problemleri çözmeleri beklenir. Hipotez kurma ve test etme için öğrenciler, kimyasal süreçlere ilişkin varsayımlar geliştirir ve bunları laboratuvar deneyleriyle sınarlar. Deneysel tasarım ile öğrenciler, hazır yönergeler yerine kendi deneylerini planlar. Örneğin, asit-baz tepkimeleri ya da çözelti hazırlama konularında farklı değişkenleri kendileri belirleyebilirler. Veri analizi ve yorumlama ile ölçüm sonuçları, grafikler ve tablo verileri üzerinden çıkarımlar yapılır. Bu süreçte hata analizi, bilimsel mantık ve eleştirel düşünme becerileri geliştirilir. Bilimsel tartışma ve raporlama ile de öğrenciler elde ettikleri sonuçları yazılı raporlarla veya sözlü sunumlarla paylaşarak bilimsel iletişim becerisi kazanır.

Sorgulayıcı Öğrenme Nedir?

Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin bilgiyi hazır bir şekilde almaları yerine araştırma, gözlem, deney yapma ve tartışma süreçleriyle kendilerinin keşfetmelerini öngören bir öğrenme yaklaşımıdır. Bu modelde öğrenciler pasif alıcılar değil, aktif bilgi inşa edicilerdir. Öğretmen, bilgi aktarıcısı olmaktan çok öğrenme sürecini yönlendiren rehber konumundadır. Böylece öğrenciler, kendi sorularını üretir, hipotezler kurar, kanıt toplar ve elde ettikleri veriler üzerinden bilimsel çıkarımlara ulaşır (Jegstad, 2024).

Sorgulayıcı Öğrenmenin Tarihi

Sorgulamaya dayalı öğrenmenin kökleri, 20. yüzyılın başlarında John Dewey'in eğitim felsefesine dayanmaktadır. Dewey (1938), eğitimi yaşamla ilişkili bir süreç olarak görmüş ve öğrencilerin meraklarını, araştırmalarını ve problem çözme becerilerini merkeze alan bir öğretim anlayışını savunmuştur. Daha sonra Bruner'in (1961) "keşfederek öğrenme" yaklaşımı ve Piaget'nin bilişsel gelişim kuramı, sorgulamaya dayalı öğrenmenin kuramsal temelini güçlendirmiştir. 1960'lı yıllarda fen eğitimi reformlarıyla yaygınlaşan bu yaklaşım, günümüzde STEM eğitiminde, özellikle de fen ve matematik derslerinde sıklıkla uygulanmaktadır (Crawford, 2018).

Sorgulayıcı Öğrenmenin Derslerde Kullanımının Faydaları

Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin hem bilişsel hem de duyuşsal gelişimlerini destekler. Bu yaklaşımın derslerde kullanımının başlıca faydaları şunlardır:

1. Aktif Katılım ve Derin Öğrenme: Öğrenciler, hazır bilgileri almak yerine öğrenme sürecine etkin olarak katıldıkları için konuları daha kalıcı öğrenirler.

2. Eleştirel Düşünme ve Problem Çözme: Günlük yaşamdan veya endüstriyel uygulamalardan türetilen senaryolar sayesinde öğrenciler analitik düşünme, hipotez geliştirme ve test etme becerileri kazanır.

3. Bilimsel Süreç Becerileri: Deneysel tasarım, veri toplama, analiz etme ve yorumlama yoluyla öğrenciler bilim insanı gibi düşünmeyi öğrenir.

4. İletişim ve İş Birliği: Öğrencilerin bulgularını raporlarla ya da sunumlarla paylaşmaları, bilimsel iletişim ve takım çalışması becerilerini geliştirir.

5. Motivasyon ve Merak Uyandırma: Öğrencilerin kendi sorularını üretmeleri ve bunlara yanıt aramaları, öğrenme sürecini daha anlamlı ve ilgi çekici hale getirir (Jegstad, 2024).

Sorgulayıcı Öğrenme Yöntemleri

Kimya eğitiminde sorgulayıcı öğrenme yöntemleri, öğrencilerin pasif bilgi alıcıları olmaktan çıkarak bilgiyi aktif bir şekilde yapılandırmalarına imkân tanıyan yaklaşımlardır. Bu yöntemler, öğrencilerin yalnızca hazır bilgiyi ezberlemeleri yerine, deneysel gözlemler, tartışmalar ve problem çözme süreçleri yoluyla kimyasal kavramları derinlemesine anlamalarını sağlar. Sorgulayıcı öğrenmede öğrenciler, "neden" ve "nasıl" sorularını merkeze alarak bilimsel düşünme becerilerini geliştirirler.

Bu yöntemin temelinde, öğrencilerin merak duygusunu uyandırmak ve öğrenme sürecine aktif katılımı sağlamak yer alır. Örneğin, asit-baz tepkimeleri konusu işlenirken öğrencilere yalnızca tanımlar sunmak yerine, günlük yaşamdan örnekler verilerek hipotez kurmaları ve deney tasarlamaları teşvik edilebilir. Bu süreçte öğretmen rehber konumunda olup öğrencilere doğru sorular sorar, yönlendirmeler yapar ancak bilgiyi doğrudan aktaran kişi olmaz. Böylece öğrenciler bilimsel bilginin nasıl üretildiğini deneyimleyerek öğrenirler.

Sorgulayıcı öğrenme yöntemlerinin kimya eğitimindeki en önemli katkılarından biri, öğrencilerin kavram yanılgılarını ortaya çıkarabilmesidir. Geleneksel yöntemlerde gözden kaçabilen yanlış anlamalar, sorgulayıcı yaklaşımla yapılan deneyler ve tartışmalar sayesinde fark edilip düzeltilebilir. Ayrıca bu yöntem, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve işbirliği yapma becerilerini de geliştirir.

Sonuç olarak, kimya eğitiminde sorgulayıcı öğrenme yöntemleri, öğrencilerin yalnızca kimyasal bilgileri öğrenmelerini değil, aynı zamanda bilimsel

süreçleri anlamalarını da sağlar. Bu yaklaşım, kalıcı öğrenmeyi destekler ve öğrencilerin hem akademik hem de günlük yaşamda karşılaştıkları problemleri bilimsel bakış açısıyla çözmelerine katkıda bulunur (Orosz vd., 2023).

Sorgulayıcı öğrenme yöntemlerinin öğretim stratejilerini kısaca başlıklar altında toparlarsak; ilk olarak açık sorgulama tekniğinde, öğrenciler araştırma sorularını ve yöntemlerini tamamen kendileri belirler. Yönlendirilmiş sorgulama tekniğinde ise öğretmen araştırma sorularını sunar, ancak yöntem ve çözüm öğrenciden beklenir. Son olarak yapılandırılmış sorgulama tekniğinde öğrencilere araştırma sorusu ve yöntem verilir, sonuç çıkarımı ise onlara bırakılır. Bu teknikler sayesinde sorgulamaya dayalı kimya eğitiminin bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerini, laboratuvar güvenliği ve teknik uygulama bilgilerini, kimyasal olaylara yönelik analitik ve eleştirel bakış açılarını, işbirliği ve iletişim yetkinliklerini geliştirmeyi amaçlar.

1. Yönlendirilmiş Sorgulama (Guided Inquiry)

Yönlendirilmiş sorgulama, öğrencilerin araştırma sorusunu öğretmenden aldığı; ancak hipotez oluşturma, deney tasarlama, veri analizi gibi aşamaları kendilerinin yürüttüğü bir öğretim stratejisidir. Bu yaklaşımda öğretmen, öğrenme sürecinde kolaylaştırıcı rol üstlenir. Kimya eğitiminde yönlendirilmiş sorgulamanın önemi, özellikle kavram yanılgılarının giderilmesi ve öğrencilerin deneysel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde ortaya çıkar. Örneğin, Almanya'da yürütülen bir çalışmada, 9. sınıf öğrencileriyle yapılan yönlendirilmiş sorgulama uygulamalarında öğrencilerin özellikle hipotez oluşturma ve deney planlama aşamalarında desteğe ihtiyaç duydukları, ancak uygun rehberlik sağlandığında kavramları daha derin anladıkları belirtilmiştir (Jegstad, 2024).

Benzer şekilde, Türkiye'de yapılan bir doktora çalışmasında, "çözünürlük dengesi" ve "asit-baz" konularında yönlendirilmiş sorgulama yaklaşımının öğrencilerin başarılarını, motivasyonlarını ve öğrenme stratejilerini geliştirdiği rapor edilmiştir. Ayrıca pre-service öğretmenlerle yapılan başka bir araştırma yönlendirilmiş sorgulama yönteminin kavram yanılgılarını azalttığını ve öğrencilerin doğru bilimsel ifadeler kullanma oranlarını artırdığını göstermektedir. Bu bağlamda yönlendirilmiş sorgulama, öğrencilere belirli bir çerçeve sunarken aynı zamanda kendi öğrenme süreçlerini yönetme fırsatı verir. Ancak uygulama süresinin uzun olması, öğretmenin sürekli rehberlik yapma ihtiyacı ve öğrenci hazır bulunuşluğunun kritik rol oynaması bu yaklaşımın zorlukları arasındadır (Çelik, 2015).

2. Yapılandırılmış Sorgulama (Structured Inquiry)

Yapılandırılmış sorgulamada öğretmen, öğrencilere araştırma sorusunu ve yöntemi sağlar. Öğrenciler ise deneyleri yürütür, verileri toplar ve sonuç

çıkarırlar. Bu yöntem, özellikle başlangıç düzeyindeki öğrenciler için uygun olup öğrenme sürecinde yön kaybını engeller. PISA 2015 verilerini inceleyen uluslararası bir çalışmada, yapılandırılmış sorgulama etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel okuryazarlık ve matematiksel okuryazarlık düzeyleriyle güçlü bir şekilde ilişkili olduğu bulunmuştur. Araştırmaya göre, açık sorgulamaya kıyasla yapılandırılmış sorgulama daha öngörülebilir ve sürdürülebilir öğrenme sonuçları üretmektedir. Bunun nedeni, öğrencilere hem güvenli bir çerçeve sunması hem de deneysel düşünceyi sistematik olarak ilerletmesidir (Huang & Asghar, 2022).

Ayrıca Abrahams & Millar (2016), geleneksel "adım adım" deneylerin yapılandırılmış sorgulamaya dönüştürülmesiyle öğrencilerin kavramsal anlamalarının derinleştiğini ve deneysel düşünceye yönelik tutumlarının geliştiğini göstermiştir. Bu durum, küçük değişikliklerle bile laboratuvar etkinliklerinin daha anlamlı hale getirilebileceğini ortaya koyar. Bununla birlikte, yapılandırılmış sorgulamanın sınırlılıkları da vardır. Öğrencilerin kendi araştırma sorularını sorma ve yaratıcı deney tasarlama becerileri bu stratejide kısıtlanır. Ayrıca çok katı uygulandığında öğrenciler sadece yönerge takip eden "deneysel teknisyenler" haline gelebilir (Abrahams & Millar, 2016).

3. Açık Sorgulama (Open Inquiry)

Açık sorgulama, öğrencilerin araştırma sorularını kendilerinin belirlediği, hipotez oluşturduğu, deney tasarladığı ve tüm araştırma sürecini bağımsız yürüttüğü en üst düzey sorgulama biçimidir. Bu yaklaşım, bilimsel araştırmanın doğasına en yakın olanıdır ve öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık becerilerini geliştirmede oldukça etkilidir.

Literatürde açık sorgulamanın avantajlarının yanında zorlukları da vurgulanmaktadır. Huang & Asghar (2022) tarafından yapılan çalışmada, açık sorgulama ile öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlıkları arasında bazı durumlarda negatif ilişki olduğu, özellikle hazır bulunuşluğu düşük öğrencilerde bilişsel yükün arttığı için kavramsal başarının düştüğü rapor edilmiştir. Bu durum, açık sorgulamanın her öğrenci için her zaman uygun olmayabileceğini göstermektedir (Huang & Asghar, 2022).

Öte yandan, Reitinger & Sedova (2024) tarafından yapılan sistematik derleme, açık sorgulamanın öğrenci motivasyonu, bilimsel süreç becerileri ve yaratıcılık üzerinde olumlu etkiler yarattığını belirtmektedir. Ancak bu etkilerin kalıcı ve yaygın olabilmesi için öğretmenin rehberlik rolünün tamamen ortadan kalkmaması, yani yapılandırılmış veya yönlendirilmiş sorgulamadan kademeli geçiş yapılması gerektiği önerilmektedir. Bu bağlamda açık sorgulama, ileri düzey kimya öğrencileri için güçlü bir yöntemdir; fakat daha düşük düzeylerde aşamalı geçişlerle uygulanması önerilmektedir (Reitinger & Sedova, 2024).

Sorgulamaya Dayalı Öğrenme: Fen ve Kimya Eğitiminde Küresel Eğilimler ve Güncel Bulgular

Bilim eğitimi yalnızca bilgi aktarmak değil, aynı zamanda öğrencilerin merak duygusunu ateşleyerek onları bilimin gerçek aktörleri hâline getirmektir. Son yıllarda geleceğin bilim insanları için bilim eğitiminde küresel bir değişim yaşanmıştır. Hızla değişen bilim ve teknoloji alanı, bilgiyi değerlendirmek için gereken kriterlerin daha iyi anlaşılmasını gerektirir. Bilim insanları, öğrencilerin kendi deneyimlerine sahip olmaları gerektiğini savunmuştur ve öğretimin temel amaçları olarak aktif öğrenme ve yansıtıcı düşünmeyi vurgulamıştır. Bu nedenle Osborne (2010), insanlar için bilimin, nasıl işlediğinin vurgulanmasını ve öğrencilere oluşmakta olan bilimi inceleme, verileri yorumlama ve belirsizlik içeren argümanları inceleme fırsatları verilmesi gerektiğini savunur. Ayrıca, sorgulamaya dayalı öğrenme gibi öğrencilerin aktif öğretim ve öğrenme uygulamalarına daha fazla vurgu yapılmıştır. Sorgulama yeni bir fikir değildir ve sorgulamaya dayalı öğrenme, fen eğitiminin "herhangi bir konuyu sorgulamanın etkili bir yöntem olduğunu savunmuştur. Çok fazla hazır bilgi, çok fazla olgu ve teorik bilgi nedeniyle sorgulamaya dayalı öğrenme zarar görmektedir (Osborne, 2010). Dewey'den sonra, sorgulamaya dayalı öğrenme büyük fen eğitimi reformlarında vurgulanmıştır ve şu anda dünya çapında fen müfredatlarındaki birkaç kapsayıcı temadan biridir (Crawford ve Capps, 2018; Gericke vd., 2022). Birkaç meta-çalışma, sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrencilerin öğrenmesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur (Furtak vd., 2012). Sorgulamaya dayalı öğrenmeyi uygulamak için yapılan büyük çabalara rağmen, bu yaklaşım öğretmenlerin göstermiş olduğu yetersiz çabalar nedeniyle işe yaramadığı için eleştirilmiştir. Sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrencilerin öğrenmesi üzerindeki etkisini araştırmak için uluslararası çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmaların sonuçları analiz edilmiştir. Örneğin Norveç'te yapılan TIMSS (Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Çalışması) çalışmasında, fen bilimlerinde sorgulamaya dayalı öğrenmenin yaygınlığı ile öğrenci sonuçları arasında eğrisel bir ilişki bulunmuştur. Orta düzeyde sorgulamaya dayalı öğrenmeyi deneyimleyen öğrenciler akranlarından daha iyi puanlar almışlardır. Aditomo ve Klieme (2020), PISA (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı)'nın 2015 yılında gerçekleşen programında en yüksek ve en düşük performans gösteren 10 bölge arasında sorgulamaya dayalı öğretim ile öğrenme çıktıları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Rehberli sorgulamanın öğrenme çıktılarıyla pozitif, bağımsız sorgulamanın ise negatif ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Bu durum, öğretmen liderliğindeki sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrenme üzerinde öğrenci liderliğindeki sorgulamaya dayalı öğrenmeden daha büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuç etkinliklerde öğretmen rehberliğinin önemini vurgulayan Furtak ve diğerleri (2012) tarafından yürütülen meta

analiz çalışmalarıyla da uyumludur (Furtak vd., 2012; Aditomo ve Klieme 2020).

Fen eğitimi, farklı öğretim geleneklerine sahip farklı disiplinlerden oluşur. Breslyn ve McGinnis (2012), ortaokul fen öğretmenlerinin sorgulamaya dayalı öğretim ve öğrenmeye yönelik anlayışlarını, hedeflerini ve uygulamalarını araştırmışlardır. Öğretmenlerin müfredat ve diğer bağlamsal faktörlerden ziyade, hangi bilim disiplinini öğrettiklerinden daha fazla etkilendiklerini bulmuşlardır. Örneğin biyoloji ve yer bilimleri öğretmenleri bilimsel araştırma sürecini öğretmeye vurgu yaparken, fizik öğretmenleri fiziksel olayları tanımlamak için modelleme ve matematiksel ifadeler üretmeye, kimya öğretmenleri ise çoğunlukla içerik bilgisine odaklanmışlardır. Bu sonuçlara dayanarak, öğretmenlere disipline özgü sorgulama örnekleri sunulmasını önermişlerdir (Breslyn ve McGinnis, 2012).

Benzer eğilimlerin, sorgulamaya dayalı öğretim araştırmaları için de geçerli olduğu varsayılabilir. Okul bilimlerinde uzun bir geçmişe sahip olan sorgulamaya dayalı öğrenme, farklı şekillerde tanımlanmış ve bu da sınıflar arasında eşit olmayan bir uygulamaya yol açmıştır. Araştırmalar, birçok öğretmen için sorgulamaya dayalı öğrenmenin uygulamalı etkinlikler veya laboratuvar çalışmalarıyla eş anlamlı hale geldiğini ortaya koymuştur. Osborne bu bakış açısını, öğrencilerin olguyu tekrarlamak için yaptığı bir ürün ve laboratuvar alıştırmalarını da bir dizi talimatı izlediği yemek kitabı olarak göstermektedir (Osborne, 2014).

Sorgulama, öğrencileri eleştirel düşünme becerilerini kullanmaya teşvik eder; bu da soru sormayı, araştırmalar tasarlamayı ve yürütmeyi, verileri kanıt olarak yorumlamayı, argümanlar ve modeller oluşturmayı, mantık ve kanıt kullanarak doğal dünya hakkındaki anlayışlarını derinleştirme arayışında bulguları iletmeyi içerir (Crawford, 2018). Bu tanım, fen bilimlerini sorgulama yoluyla öğretmekle ilgilidir. Hem öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif oldukları, pratik veya teorik araştırmalar tasarlayıp yürüttükleri zamanlarda kullanılan pedagojiyi hem de bilimsel bilgi ve bilimin doğası gibi öğrenme çıktılarını içerir. Ayrıca, son yıllarda literatürde sorgulamanın yerini büyük ölçüde alarak gerçek bilimde kullanılan yöntemlere odaklanan bilimsel uygulamalar kavramıyla da uyumludur (Gericke vd., 2022). Furtak vd. (2012), sorgulamaya dayalı öğrenmeyi iki boyutta tanımlar. Bunlar öğretmenin sağladığı rehberlik ve öğrencilerin katıldığı bilişsel ve sosyal aktivitelerdir. Öğretmen rehberliğiyle ilgili olarak, öğrencilerin bilgi oluşturma sürecinde aktif olmasının önemini vurgular ve bunu öğretmen liderliğindeki geleneksel öğretimden öğrenci liderliğindeki keşif öğrenimine doğru bir süreklilik olarak tanımlarlar (Furtak vd. 2012). Bu durum, laboratuvardaki rehberlik seviyelerinde farklılık gösteren üç tür sorgulama tanımlamış olan Schwab (1960) ile uyumludur. Bunlar:

- Öğretmenin hem soruyu hem de yöntemi sağladığı yapılandırılmış sorgulama
- Öğretmenin soruyu verdiği ancak yöntemi vermediği rehberli sorgulama
- Öğrencinin hem soruyu hem de yöntemi seçebildiği açık sorgulama (Schwab, 1960).

Birkaç araştırmacı bu süreklilik boyunca kategoriler tanımlamıştır. Furtak vd. tarafından açıklanan bilişsel ve sosyal aktiviteler Duschl'ın (2008) çalışmaları üzerine kurulmuştur. Duschl, öğrencilerin bilişsel, epistemik ve sosyal alanların bütünleştirildiği aktif öğrenme ortamlarına katılmaları durumunda fen öğrenimi koşullarının iyileştiğini savunmuştur. Kavramsal alan, gerçekleri, teorileri ve bilimsel ilkeleri içerir ve bilimsel anlayış ve akıl yürütmeyi yapılandırmayla ilgilidir. Kimya eğitiminde bilimsel akıl yürütme kimyanın üç düzeyiyle ilişkilidir. Bunlar:

- Gözlemlenebilen olgular olan makro ifadeler
- Gözlemleri anlamlandırmak için geliştirilen parçacık düzeyinde teorik modellerin kullanımını içeren alt-mikro ifadeler
- Formüller, denklemler vb. olan sembolik ifadeler olarak tanımlanır (Jegstad, 2024).

Kimya öğretimindeki problem, öğrencilerin bu üç düzey arasında bağlantı kurmalarına yardımcı olmadan alt-mikro ve sembolik düzeylere odaklanma eğiliminin olmasıdır. Epistemik alan, bilginin nasıl yaratıldığı ve değerlendirildiği ile ilgilidir ve bilimin doğasının geçici olduğunu ve yeni kanıtlar karşısında değişebileceğini anlamayı içerir. Öğrenciler kanıtlara dayalı sonuçlar çıkarma konusunda deneyim kazanmalıdır ancak bilimin doğasının açıkça ele alınması gerekmektedir (Furtak vd., 2012). Son olarak, sosyal alan, bilgi yaratmanın sosyal sürecinin ve bu süreçte iletişim ve argümantasyonun rolünün farkındalığını içerir. Bilimsel alanlar iç içe geçmiştir ve öğrencilerin bilimsel argümantasyon yoluyla sosyal alana katılmak, iddiaları geliştirmek ve değerlendirmek için kavramsal ve epistemik alanlar içinde bilgi geliştirmeleri gerekir. Dahası, Duschl (2008), daha dengeli bir öğrenme odağına ulaşmak için fen eğitiminin kavramsal öğrenmeye baskın bir odaktan epistemik ve sosyal öğrenme hedeflerini de içerecek şekilde değişmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Diğer araştırmacılar bu alanları analitik çerçeveler olarak kullanmış ve daha fazla alan eklemişlerdir (Duschl, 2008). Furtak ve arkadaşları sorgulamaya dayalı öğretim üzerine yaptıkları meta-analizde, bilimsel yöntemlerle bağlantılı olan soru sormayı, bilimsel deneyler tasarlamayı ve yürütmeyi içeren prosedürel alanı dördüncü bir alan olarak eklemişlerdir. Sorgulamaya dayalı fen bilgisi öğretmenliği eğitimi hakkında yakın zamanda yapılan bir literatür taramasında, duygusal alanı analize beşinci alan olarak

dahil etmişlerdir. Duygusal alan başkaları tarafından da kullanılır ve genel olarak fen bilimleri ve bilişsel-öğrenme ile ilgili kimlik, tutumlar, inançlar ve öz yeterliği içerir. Bu beş alan, bu makalede kullanılan analitik çerçevenin başlangıç noktasını oluşturur. (Rodriguez vd., 2020).

Kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemleri, öğrencilerin bilgiyi yalnızca hazır biçimde edinmeleri yerine, bilimsel süreçlerin aktif katılımcısı olmalarını sağlayan güçlü bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Yapılandırılmış, yönlendirilmiş ve açık sorgulama stratejilerinin her biri farklı düzeylerde öğrenci özerkliği tanıyarak öğrenme sürecini hem bilişsel hem de duyuşsal açıdan zenginleştirmektedir. Bununla birlikte her üç stratejinin de etkinliği, öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyine, öğretmen rehberliğinin niteliğine ve ders ortamının olanaklarına bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemleri, uygun rehberlik, yeterli kaynak ve aşamalı uygulama süreçleriyle desteklendiğinde, öğrencilerin yalnızca kimyasal kavramları öğrenmelerine değil, aynı zamanda bilimsel düşünce, eleştirel analiz ve yaşam boyu öğrenme becerileri kazanmalarına önemli katkılar sunmaktadır.

Tablo 1. Sorgulama Türleri, Öğrenci Özerkliği ve Katkı Sağladığı Beceriler

Sorgulama Türü	Öğrenci Özerkliği	Katkı Sağladığı Beceriler	Olası Sınırlılıklar
Yapılandırılmış Sorgulama	Düşük (öğretmen soruları ve yöntemleri sağlar)	Temel bilimsel süreç becerileri, güvenli öğrenme ortamı	Öğrenci yaratıcılığı ve özerkliği sınırlı
Yönlendirilmiş Sorgulama	Orta (öğretmen soruyu sağlar, yöntem öğrenciye bırakılır)	Hipotez kurma, veri yorumlama, kavram yanılgılarını giderme	Zaman alıcı, uygun rehberlik olmazsa zorlayıcı
Açık Sorgulama	Yüksek (soru ve yöntem öğrenci tarafından belirlenir)	Yaratıcılık, problem çözme, üst düzey bilişsel beceriler	Hazır bulunuşluk gerektirir, kaynak ihtiyacı yüksek

Tablo 1, farklı sorgulama türlerinin öğrenciye sağladığı özerklik düzeyleri ve bunların öğrenmeye katkılarını özetlemektedir.

2025 yılında yayımlanan bir çalışmada Kabapınar, Tekin ve Tetik, kimya öğretmen adaylarının bilimsel sorgulama becerilerini laboratuvar uygulamaları üzerinde incelemiştir. Araştırmada öğretmen adaylarının hipotez oluşturma, deney tasarlama, veri toplama ve yorumlama gibi süreçlerde farklı seviyelerde performans gösterdikleri tespit edilmiştir. Özellikle deneysel süreçte yapılan hataların, adayların sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımlarına ne derece hazır olduklarını ortaya koyduğu vurgulanmıştır. Çalışma,

öğretmen adaylarının sorgulama becerilerinin geliştirilmesi için kimya laboratuvar derslerinde daha yapılandırılmış desteklerin sağlanması gerektiğini önermektedir (Kabapınar, Tekin, & Tetik, 2025). Benzer şekilde Aydan (2025) tarafından gerçekleştirilen sistematik bir derleme, Türkiye'de sorgulamaya dayalı öğretim uygulamalarının mevcut durumunu değerlendirmiştir. Araştırma, öğrencilerin akademik başarıları, tutumları, motivasyonları ve bilimsel süreç becerileri üzerinde bu yaklaşımın olumlu etkiler yarattığını göstermiştir. Ancak öğretmenlerin yeterli rehberlik sağlayamaması, materyal eksiklikleri ve sınırlı zaman gibi faktörlerin uygulamada önemli engeller oluşturduğu da vurgulanmıştır. Çalışma, öğretmen eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenmeye daha fazla yer verilmesi gerektiğini önermektedir (Aydan, 2025).

Tablo 2. Sorgulama Döngüsünün Aşamaları

Aşama	Tanım	Kimya Eğitiminden Örnek
Soru Sorma	Öğrenciler araştırmaya değer bir problem veya soru belirler.	"Farklı asitlerin pH değişim hızı nasıldır?"
Hipotez Kurma	Öğrenciler olası bir açıklama veya tahmin geliştirir.	"Asitlerin derişimi arttıkça pH değeri daha hızlı değişir."
Deney Tasarımı	Öğrenciler hipotezi test etmek için deney planlar.	Farklı derişimlerde asit çözeltileri hazırlanır.
Veri Analizi	Öğrenciler deney verilerini inceler, grafik ve tablolar oluşturur.	pH değişim eğrileri çizilir ve karşılaştırılır.
Sonuç ve Tartışma	Öğrenciler elde edilen bulguları yorumlar ve çıkarımlar yapar.	Sonuçlar hipotezle karşılaştırılır, hatalar tartışılır.

Tablo 2, sorgulama döngüsünün temel aşamalarını ve kimya eğitiminde bu aşamalara yönelik örnekleri göstermektedir. Bununla birlikte, sorgulamaya dayalı öğrenmenin farklı ülkelerdeki uygulamalarına dair bulgular da 2025 yılında yayımlanan araştırmalarla ortaya konmuştur. Nahar ve Machado (2025) tarafından Bangladeş'te yapılan bir çalışma, orta ve lise düzeyindeki öğrencilerin sorgulamaya dayalı öğrenme deneyimlerini ele almıştır. Bulgular, öğrencilerin eleştirel düşünme, iş birliği ve problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerinde belirgin gelişmeler gösterdiğini ortaya koymuştur. Ancak sınıf mevcudu, öğretmen rehberliği ve kaynak kısıtlılıkları gibi faktörlerin etkin öğrenmeyi sınırladığı da belirtilmiştir. Araştırma, sorgulayıcı öğrenmenin yalnızca akademik başarıyı değil, aynı zamanda öğrencilerin yaşam boyu öğrenme becerilerini de güçlendirdiğini göstermektedir (Nahar & Machado, 2025). Dolayısıyla, sorgulamaya dayalı öğrenme yalnızca bir öğretim yöntemi değil; öğrencilerin eleştirel

düşünme, problem çözme ve bilimsel akıl yürütme becerileriyle donatılmış, 21. yüzyılın ihtiyaçlarına yanıt verebilecek bireyler olarak yetişmelerinin anahtarıdır.

Sonuç

Sonuç olarak, kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemleri, öğrencilerin bilgiyi yalnızca hazır biçimde edinmeleri yerine, bilimsel süreçlerin aktif katılımcısı olmalarını sağlayan güçlü bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Yapılandırılmış, yönlendirilmiş ve açık sorgulama stratejilerinin her biri farklı düzeylerde öğrenci özerkliği tanıyarak öğrenme sürecini hem bilişsel hem de duyuşsal açıdan zenginleştirmektedir. Yapılandırılmış sorgulama özellikle başlangıç seviyesinde güvenli bir öğrenme ortamı sunarken (Abrahams & Millar, 2016); yönlendirilmiş sorgulama, öğrencilerin kavram yanılgılarını gidermesine, hipotez kurma ve veri yorumlama becerilerini geliştirmesine katkıda bulunmaktadır (Orosz, vd., 2023).

Açık sorgulama ise bilimsel araştırmaya en yakın öğrenme deneyimini sunduğu için üst düzey bilişsel ve yaratıcılık becerilerini desteklemektedir (Reitinger & Sedova, 2024). Bununla birlikte her üç stratejinin de etkinliği, öğrencilerin hazır bulunuşluk düzeyine, öğretmen rehberliğinin niteliğine ve ders ortamının olanaklarına bağlı olarak değişmektedir (Moemeke, 2025). Son dönem literatürü, sorgulamaya dayalı öğrenmenin öğrenci başarısı, bilimsel süreç becerileri, problem çözme kapasitesi ve motivasyonu üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koyarken (Nahar & Machado, 2025), zaman kısıtları, materyal eksiklikleri ve değerlendirme güçlükleri gibi sınırlılıkların da dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla kimya eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemleri, uygun rehberlik, yeterli kaynak ve aşamalı uygulama süreçleriyle desteklendiğinde, öğrencilerin yalnızca kimyasal kavramları öğrenmelerine değil, aynı zamanda bilimsel düşünce, eleştirel analiz ve yaşam boyu öğrenme becerileri kazanmalarına önemli katkılar sunmaktadır.

Sonuç olarak, sorgulamaya dayalı öğrenme kimya eğitiminde yalnızca bir öğretim yöntemi değil; öğrencilerin bilimsel topluluğun gerçek üyeleri gibi düşünmelerini ve davranmalarını sağlayan dönüştürücü bir pedagojik yaklaşımdır.

Kaynakça

Abrahams, I., & Millar, R. (2016). An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(4), 714–726. https://doi.org/10.1039/C6RP00044D.

Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education, 42*(4), 504–525. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093.

Aydan, S. (2025). Holding an inquiry into the instruction in Türkiye: A systematic review. *Eğitim ve Yeni Yaklaşımlar Dergisi, 8*(1), 1–13. https://doi.org/10.52974/jena.1543912

Breslyn, W., & McGinnis, J. R. (2012). A comparison of exemplary biology, chemistry, earth science, and physics teachers' conceptions and enactment of inquiry. *Science Education, 96*(1), 48–77. https://doi.org/10.1002/sce.20469.

Bruner, J. (1961). The act of discovery. Harvard Educational Review, 31(1), 21–32.

Crawford, B. A., & Capps, D. K. (2018). Teacher cognition of engaging children in scientific practices. Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker(Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education. 24*(9–32). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_2.

Çelik, A. (2015). Implementation of self-regulatory instruction based on guided inquiry approach to promote students' achievement, motivation and learning strategies in chemistry. *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Doktora Tezi*.

Dewey, J. (1938). *Experience and education.* New York: Macmillan.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education, 32*(1), 268–291. https://doi.org/10.3102/0091732X07309371.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206.

Gericke, N., Högström, P., & Wallin, J. (2022). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education,* 1–41. https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125.

Huang, Y., & Asghar, A. (2022). The role of structured inquiry, open inquiry, and epistemological beliefs in developing secondary students' scientific and mathematical literacies. *International Journal of STEM Education, 9*(47).

Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based chemistry education: a systematic review. *Studies in Science Education, 6*0(2), 251-313.

Kabapınar, F., Tekin, D., & Tetik, S. (2025). Exploring pre-service chemistry teachers' understanding of scientific inquiry skills through the chemistry laboratory course. *Science Insights Education Frontiers, 28*(2), 4637–4656. https://doi.org/10.15354/sief.25.or781](https://doi.org/10.15354/sief.25.or781.

Moemeke, C. D. (2025). Understanding the theoretical foundations of inquiry-based learning. *Educational Considerations, 52*(1), 34–49. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1479101.pdf

Nahar, L., & Machado, C. (2025). Inquiry-based learning in Bangladesh: Insights into middle and high school students' experiences and 21st century skill development. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 7*(2). https://doi.org/10.1186/s43031-025-00122-2.

Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: A case study. *Chemistry Education Research and Practice, 24*(1), 50-104. https://doi.org/10.1039/D2RP00110A.

Osborne, J. (2010). Science for citizenship. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), Good practice in science teaching: *What research has to say (46–67)*. McGraw-Hill Education.

Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (593–613). Routledge.

Reitinger, J., & Sedova, K. (2024). The impacts of open inquiry on students' learning in science: A systematic literature review. Thinking Skills and Creativity, 52, 101285. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101285.

Rodriguez, J.-M. G., Hunter, K. H., Scharlott, L. J., & Becker, N. M. (2020). A review of research on process oriented guided inquiry learning: Implications for research and practice. *Journal of Chemical Education, 97*(10), 3506–3520. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00355.

Schwab, J. J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. *The School Review, 68*(2), 176– 195. https://doi.org/10.1086/442536.

Science Teacher Education, 25(2), 177–196. https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1.