



Bilimin doğası etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkisi

Ezgi Köseoğlu ¹, Bilge Can ²

Öz

Bilimin Doğası (BD) ve Bilimsel Süreç Becerileri (BSB), öğrencilerin bilimsel akıl yürütme, sorgulama yeterliliği ve bilimsel bilginin nasıl oluşturulduğunu anlama becerilerini geliştirmede kritik bir rol oynadıkları için fen eğitiminin temel bileşenleridir. Bu çalışma, fen derslerinde uygulanan BD temelli etkinliklerin beşinci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinin gelişimine etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Araştırma, Türkiye'nin Denizli/Beyağaç ilçesindeki bir devlet okulunda beşinci sınıf öğrencileriyle sekiz haftalık bir süre boyunca tek gruplu ön test-son test yarı deneysel bir tasarım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. BD etkinlikleri, öğrencileri bilimsel süreçlerle tanıştırmak, bilimsel düşünmeyi teşvik etmek ve bilimin günlük hayata entegrasyonunu kolaylaştırmak amacıyla tasarlanmıştır. Veriler, Temel Beceriler Ölçeği ve Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu (BSBDF) kullanılarak toplanmıştır. Temel Beceriler Ölçeği analizi, ön test seviyelerine kıyasla son test puanlarında önemli bir iyileşme olduğunu göstermiştir. Ayrıca, BSBDF aracılığıyla toplanan etkinlik tabanlı verilerin analizi, problem tanımlama, değişken tanıma, hipotez oluşturma, deney tasarımı ve veri yorumlama dahil olmak üzere üst düzey becerilerde iyileşmeler ortaya koymuştur.

Bu bulgular, açık ve yansıtıcı bilimin doğası etkinliklerinin fen bilimleri öğretimine entegre edilmesinin, erken sınıf seviyelerinde hem temel hem de üst düzey bilimsel süreç becerilerinin gelişimini etkili bir şekilde destekleyebileceğini ve aynı zamanda öğrencilerin bilimsel bilginin epistemik doğasına ilişkin anlayışlarını artırabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler

Fen eğitimi
Bilimsel Süreç Becerileri (BSB)
Bilimin Doğası (BD)
5. sınıf öğrencileri

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 14.06.2024
Kabul Tarihi: 29.06.2026
Elektronik Yayın Tarihi: 16.07.2026

DOI: 10.15390/ES.2026.2506

Giriş

Şu anda sadece bilimde değil, insan yaşamının birçok alanında da hızlı değişimlerin yaşandığı bir dönemdeyiz. Hızla genişleyen bilgi çağında, teknolojik gelişmeler verilere erişimi büyük ölçüde artırmıştır (Barut, 2023). Bireyler, bilgiyi eleştirel bir şekilde değerlendirme, uygun şekilde organize etme ve uygulama ve yeni içgörüler üretme kapasitesini geliştirmelidir (Yanarates ve Yılmaz, 2022). Eğitim, bireyleri hem günlük yaşamda hem de daha geniş toplumsal bağlamlarda karmaşık, sürekli

¹ Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, ezgiksgl@gmail.com

² Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Bölümü, Denizli, Türkiye, bilgecan@pau.edu.tr

gelişen bilgi ortamlarında yol alabilmeleri için çok önemli bir rol oynar. Bu bağlamda, bilim eğitimi, öğrencilerin ve genel kamuoyunun çeşitli bağlamlarda bilimsel konuları, argümanları ve akıl yürütmeyi nasıl anladığına odaklanmalıdır (Tytler ve Ferguson, 2023).

Bilim eğitimi reforme etmeyi amaçlayan ulusal ve uluslararası girişimler giderek bilimsel okuryazarlık kavramına odaklanmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2024; National Research Council [NRC], 2012; NGSS Lead States, 2013). Bilimsel okuryazarlık, çeşitli temel bileşenleri içerir: içerik bilgisi (örneğin, astronomi, biyoloji, kimya, jeoloji), bilimsel sorgulama anlayışı (bilimsel bilgi geliştirme yöntemleri) ve sistematik bir bilgi edinme yolu olarak Bilimin Doğası farkındalığı (Roberts, 2008). Sonuç olarak, Bilimin Doğası (BD) ve Bilimsel Süreç Becerileri (BSB), bilimsel okuryazarlığın iki tamamlayıcı sütununu oluşturmaktadır. Bilimsel okuryazar bir birey, günlük deneyimlerden türetilen sorular sorabilir, kanıta dayalı açıklamalar arayabilir, bilimsel metinleri yorumlayabilir ve sosyo-bilimsel konularla ilgili kamuoyu tartışmalarına katılabilir. Bu tür bireyler, verilerin güvenilirliğini kaynağına ve metodolojisine göre değerlendirir ve ampirik kanıtlarla desteklenen argümanlar oluşturabilir. Bu çerçevede, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, aktif olarak sorgulamaya katılan, bilimsel süreç becerilerini gerçek problem çözme bağlamlarında kullanan, bilgi kaynaklarını eleştirel bir şekilde sorgulayan ve bilimsel anlayışı bilginin etik, kültürel ve toplumsal boyutlarıyla bütünleştiren öğrencileri önceliklendirerek kapsamlı bir bilimsel okuryazarlık vizyonu sunmaktadır (MEB, 2024).

Bilimi doğru anlamak ve bilimsel okuryazarlığı geliştirmek, bilim eğitimcilerinin temel sorumluluklarındandır (Hodson, 1999). Bu nedenle, öğretmenler bilimsel bilginin epistemik ve kültürel doğasını göz önünde bulundurmalı ve bu özellikleri öğretim uygulamalarına yansıtmalıdır. Bilimsel bilgi dinamik, geçici, yaratıcıdır ve sosyal ve kültürel faktörlerden etkilenir (Dagher ve Erduran, 2017). Bilimsel olgular ve prosedürler hakkında yüzeysel bir kavrayış, bilimin gerçekte nasıl işlediğini anlamak için yeterli değildir. Bunun yerine, anlama, bireylerin bilimin doğasını nasıl kavramsallaştırdığına bağlıdır (Ünal-Çoban, 2010). Sosyal ve teknolojik dönüşümler devam ederken, bilim kavramları statik ve otoriter kavramlardan işbirlikçi, teori yüklü ve kanıta dayalı bakış açılarına doğru evrilmiştir. Bu nedenle, öğrenciler hem epistemik yansıma hem de süreç odaklı akıl yürütme yoluyla bilgi iddialarını eleştirel olarak değerlendirebilecek şekilde donatılmalıdır.

Bu bakış açısına dayanarak, Bilimin Doğası (BD), yalnızca ampirik uygulamaları ve mantıksal akıl yürütmeyi değil, aynı zamanda bilimsel araştırmayı yönlendiren temel değerleri, varsayımları ve normları da kapsayan bir bilgi edinme yolu olarak anlaşılabilir (Abd-El-Khalick ve Lederman, 2000; Erduran ve Dagher, 2014). Bilimsel bilginin zaman içinde kanıt ve teori yoluyla nasıl üretildiği, gerekçelendirildiği ve geliştirildiği ile ilgilidir (Ioannidou ve Erduran, 2021). Bilimin doğasını anlamak, bilimsel bir zihniyet geliştirmek, araştırmaya etkili bir şekilde katılmak ve günlük yaşamda bilinçli, kanıta dayalı kararlar almak için gereklidir (Namakula ve Akerson, 2024; Stefanidou ve Kechagias, 2018).

Bilimin Doğası literatürü, birden fazla paradigmatik yaklaşım içermektedir. Yaygın olarak kullanılan uzlaşma görüşü, bilimin doğasını genelleştirilebilir özellikler aracılığıyla kavramsallaştırır ve pedagojik erişilebilirliği ve K-12 bağlamlarına uygunluğu nedeniyle değerlidir (Lederman, 2007). Bununla birlikte, bilimsel pratiğin karmaşıklığını aşırı basitleştirdiği ve bilimin doğasını bağlamdan kopuk özellikler listesi olarak sunduğu için eleştirilmiştir (Allchin, 2011; Duschl ve Grandy, 2013; Irzik ve Nola, 2011). Buna karşılık, bilimin daha kapsamlı ve disipline duyarlı açıklamalarını sağlamak için Aile Benzerliği Yaklaşımı (FRA) ve genişletilmiş formu (RFN) gibi alternatif çerçeveler önerilmiştir (Erduran ve Dagher, 2014).

Bu çalışmada, fikir birliğine dayalı "Lederman Yedilisi" çerçevesi benimsenmiştir. Bununla birlikte, uygulama, bilimsel bilginin doğası kavramlarını sorgulama bağlamlarına yerleştiren açık ve yansıtıcı öğretim uygulamalarını kullanarak, bildirimsel ve liste tabanlı bir yaklaşımdan öteye geçmiştir. Bu şekilde, çalışma, çerçevenin gelişimsel uygunluğundan ve pedagojik açıklığından yararlanırken, yaygın olarak belirtilen sınırlamalarını da ele almaktadır.

Bilimin nasıl işlediğine dair doğru bir anlayış geliştirmek, aynı zamanda bilimsel süreç becerilerine (BSB) hakim olmayı da gerektirir; bu beceriler, sorgulama ve akıl yürütmeyi mümkün kılan prosedürel ve bilişsel araçlardır. Bu beceriler arasında gözlemleme, tahmin etme, ölçme, sınıflandırma, çıkarım yapma, hipotez kurma, deney tasarlama, verileri yorumlama ve sonuç çıkarma yer alır (McComas vd., 1998). Martin (1997) bunları temel beceriler (örneğin, gözlem, ölçme, sınıflandırma) ve bütünleşik veya ileri beceriler (örneğin, değişken kontrolü, hipotez oluşturma, modelleme, veri yorumlama) olarak sınıflandırmıştır. Üst düzey beceriler temel beceriler üzerine inşa edildiğinden, tutarlı bilimsel düşünmeyi teşvik etmek için topluca geliştirilmelidir (Aydoğdu, 2014).

Bell ve diğerleri (2012), soyut epistemik fikirleri tanıdık prosedürel uygulamalarla ilişkilendirmenin öğrencilerin bilimin nasıl işlediğini içselleştirmelerine yardımcı olabileceğini vurgulayarak, BD öğretimine süreç becerilerine dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. Örneğin, bilimsel bilginin geçiciliği, yeni kanıtlar ışığında sonuçları gözden geçirme yeteneğini yansıtırken, gözlem ve çıkarım arasındaki etkileşim, bilim insanlarının açıklamaları nasıl oluşturduklarını yansıtır. Bu anlamda, süreç becerisi uygulamasıyla bütünleştirilmiş açık-yansıtıcı BD öğretimi, öğrencilerin kavramsal anlayışı bilimsel akıl yürütme ve sorgulama performansı ile ilişkilendirmelerini sağlar (Witucki vd., 2024).

Son dönemdeki ampirik çalışmalar bu kesişimi giderek daha fazla incelemektedir. Wesnawati ve diğerleri (2022), BD odaklı öğretim materyallerinin öğrencilerin süreç becerilerinde ölçülebilir kazanımlara yol açabileceğini ve epistemik yansıma ile sorgulama pratiğinin birbirini güçlendirdiği görüşünü desteklediğini göstermiştir. Benzer şekilde, Khishfe ve Abd-El-Khalick (2002) ve Can ve Şahin-Pekmez (2010), ortaokul bağlamlarında BD temelli etkinlikleri incelemiş ve sorgulamayla ilgili yeteneklerde iyileşmeler gözlemlemiştir. Bu katkılara rağmen, Bilimin Doğası kavramını inceleyen çok sayıda çalışma olmasına rağmen, BD öğretimini ölçülebilir BSB ile doğrudan ilişkilendiren ampirik araştırmalar sınırlı kalmaktadır (Erduran ve Dagher, 2014; Wesnawati vd., 2022). Sonuç olarak, bu sınırlı odaklanma, literatürde önemli bir boşluğu göstermekte ve BD temelli öğretimin öğrencilerin süreç odaklı yeterliliklerini nasıl desteklediğini ampirik olarak inceleyen araştırmalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Dahası, önceki çalışmaların büyük çoğunluğu altıncı ila sekizinci sınıf veya daha üst sınıflardaki öğrencilere odaklanmıştır (Arıcı, 2025; Khishfe ve Lederman, 2006; Mesci ve Kartal, 2021), oysa gözlem, tahmin ve ölçme gibi temel süreç becerilerinin sistematik olarak geliştirildiği kritik bir aşamayı temsil eden beşinci sınıf öğrencileri nispeten az araştırma ilgisi görmüştür. Bu düzeyde BD ve BSB ilişkilerini incelemek, epistemik anlayış ve prosedürel yeterliliğin nasıl birlikte evrimleştiğine dair erken bilgiler sağlayabilir. Ek olarak, önceki birçok müdahale kısa süreli olmuştur (tipik olarak bir ila üç hafta), bu da gözlemlenen sonuçların sürdürülebilirliğini ve derinliğini sınırlamıştır (Fontes, 2025; Khishfe ve Abd-El-Khalick, 2002). Buna karşılık, mevcut çalışma, öğrencilerin tekrar tekrar açık-yansıtıcı BD etkinliklerine katılmalarını ve bu kavramları birden fazla araştırma bağlamında uygulamalarını sağlayan uzun vadeli, sekiz haftalık bir müdahale uygulamaktadır.

Dahası, önceki araştırmalar genellikle BSB'yi tek bir bileşik yapı olarak ele almış ve bireysel alt becerilerin eğitime nasıl tepki verdiğine dair sınırlı bir anlayış sunmuştur (Arıcı, 2025). Az sayıda çalışma, gözlem, çıkarım, tahmin, ölçüm, değişken kontrolü ve veri yorumlama gibi belirli BSB alt boyutlarını BD öğrenimi bağlamında incelemiştir (Aydoğdu, 2014). Sonuç olarak, hangi süreç becerilerinin açık ve yansıtıcı BD etkinliklerine en duyarlı olduğu hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu çalışma, her bir alt boyutu ayrı ayrı analiz ederek, BD eğitiminin hem alt düzey hem de üst düzey süreç becerilerini nasıl etkilediğine dair ayrıntılı bir anlayış sunmaktadır.

Genel olarak ele alındığında, mevcut araştırmalar literatürdeki birbiriyle ilişkili çeşitli boşlukları doldurmaktadır. Bilimin Doğası (BD) öğretiminin etkilerini inceleyen önemli bir araştırma grubu olmasına rağmen, önceki çalışmalar büyük ölçüde öğrencilerin BD kavramlarını anlamalarına odaklanmış, bilimsel süreç becerileri üzerindeki doğrudan etkisine ise daha az yer vermiştir (Lederman, 2007; Lederman vd., 2014). Dahası, mevcut araştırmalar ağırlıklı olarak orta ve yükseköğretim

seviyelerinde yürütülmüş olup, ilkököl öğrencilerine nispeten sınırlı ilgi gösterilmiştir. Bu sınırlama, bilimsel süreç becerilerinin aşamalı olarak geliştiği, gözlemlleme ve sınıflandırma gibi temel (alt düzey) becerilerin erken yaşlarda ortaya çıktığı, hipotez kurma, verileri yorumlama ve sonuç çıkarma gibi üst düzey becerilerin ise ortaokula geçiş sırasında gelişmeye başladığı göz önüne alındığında özellikle önemlidir (Ergin vd., 2005; Rambuda ve Fraser, 2004; Rubin ve Norman, 1992). Bu bağlamda, beşinci sınıf, öğrencilerin temel becerilerini geliştirirken daha karmaşık bilimsel akıl yürütme biçimlerini geliştirmeye başlamaları beklenen kritik bir geçiş aşamasını temsil etmektedir (Çepni ve Çil, 2009). Ayrıca, bilimsel süreç becerileri genellikle birleşik bir yapı olarak ele alınırken, BD öğretiminin alt düzey ve üst düzey becerileri nasıl farklı şekilde etkilediğini sistematik olarak inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır. Kapsamlı incelemeler bilimsel süreç becerilerinin gelişimini ve öğretim stratejilerini araştırmış olsa da büyük ölçüde BD'nin epistemik boyutunu entegre etmeden bilimsel süreç becerilerini izole bir şekilde ele alarak, öğrencilerin bilimsel düşünmeyi geliştirdikleri mekanizmaları anlamada önemli bir boşluk bırakmaktadır (Gizaw ve Sota, 2023).

Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, açık ve yansıtıcı BD etkinliklerinin beşinci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Özellikle, bu tür etkinliklerin öğrencilerin gözlem yapma, hipotez kurma ve verileri yorumlama yeteneklerinde ölçülebilir iyileşmelere yol açıp açmadığını belirlemeyi amaçlamaktadır.

Bu amaç doğrultusunda, çalışmayı yönlendiren temel araştırma sorusu şudur: "Bilimin doğası ile ilgili etkinliklerin beşinci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkisi nedir?" Daha ayrıntılı bir anlayış sağlamak için, çalışma ayrıca şu alt soruyu da ele almaktadır: "Açık ve yansıtıcı bilimin doğası etkinlikleri, öğrencilerin alt düzey (örneğin, gözlemlleme, sınıflandırma) ve gelişmekte olan üst düzey (örneğin, hipotez kurma, verileri yorumlama) bilimsel süreç becerilerini nasıl etkiler?"

Yöntem

Araştırma Modeli

Bu çalışmada, müdahalenin etkisinin grubun ön test ve son test puanlarının karşılaştırılmasıyla değerlendirildiği, tek gruplu ön test-son test yarı deneysel bir tasarım benimsenmiştir.

Çalışma Grubu

Bu çalışma, 2022-2023 akademik yılında Denizli ilindeki bir devlet okulunda öğrenim gören 13'ü kız (%72,2) ve 5'i erkek (%27,7) olmak üzere toplam 18 beşinci sınıf öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu, katılımcıların erişilebilirliği ve katılma istekliliğine göre seçildiği olasılıksız örnekleme tekniği olan kolay örnekleme yöntemi kullanılarak seçilmiştir (Sönmez, 2005).

Bu bağlamda araştırmacı, çalışmanın yürütüldüğü okulda mevcut olan tek beşinci sınıfı araştırmaya dâhil etmiştir. Bu sınıfın erişilebilirliği, uygunluğu ve öğrencilerin gönüllü katılımı ile zaman yönetimi ve uygulama açısından sağladığı kolaylıklar, bu yaklaşımın tercih edilmesinde etkili olmuştur. Ayrıca, kurum düzeyinde sağladığı pratik avantajlar da sınıfın seçilme gerekçeleri arasında yer almaktadır.

İlköğretim düzeyinde öğrenciler temel becerileri kazanabilmektedir (Aydoğdu ve Karakuş, 2015). Bu doğrultuda, çalışma beşinci sınıf öğrencilerinin temel becerilerden daha üst düzey becerilere geçiş sürecinde bir köprü işlevi görmeyi amaçlamaktadır.

Araştırma Araçları

İlköğretim Öğrencileri için Temel Beceriler Ölçeği

Çalışma grubuna 5. sınıf öğrencileri dahil edildiğinden, Padilla ve diğerleri (1985) tarafından geliştirilen ve Aydoğdu ve Karakuş (2015) tarafından Türkçeye uyarlanan *İlköğretim Öğrencileri için Temel Beceriler Ölçeği*, uygulama öncesinde ön test ve uygulama sonrasında son test olarak uygulanmıştır. "*İlköğretim Öğrencileri için Temel Beceriler Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması*" başlıklı çalışmada, 3., 4. ve 5. sınıf öğrencileriyle (n = 447) gerçekleştirilmiştir. Temel Beceriler Ölçeği'nin boyutları ve madde sayısı Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Temel Beceriler Ölçeğinin Boyutları, Madde Sayısı ve Madde Numarası

Temel Beceriler	Madde Sayısı	Madde Numarası
Ölçme	5	1-10-19-25-31
Gözlem	5	2-11-12-26-28
Tahmin	6	3-7-9-13-21-27
Sınıflandırma	5	4-6-8-14-30
Çıkarım Yapma	5	5-20-22-24-29
İletişim	5	15-16-17-18-23

Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu (BSBDF)

Araştırmanın nitel boyutu, BD etkinliklerine katılan öğrencilerden toplanan çalışma kâğıtları aracılığıyla değerlendirilmiştir. Bu çalışma, bilimsel süreç becerilerini incelemeyi amaçladığından, Şahin-Pekmez ve diğerleri (2010) tarafından geliştirilen "Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu (BSBDF)" kullanılmıştır. Etkinlik kâğıtlarının puanlanmasında kullanılan BSBDF ekte sunulmuştur ve Temel Beceriler Ölçeği verileriyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Etkinliklerin ve bu etkinliklerde değerlendirilen spesifik becerilerin ayrıntılı açıklamalarına yöntem bölümünde yer verilmiştir.

Aktamış ve Şahin-Pekmez (2011) çalışmalarında, müfredata entegre edilmiş bilimsel süreç becerilerini değerlendirmek için geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı oluşturmayı amaçlayan, Fen ve Teknoloji dersi için bir BSBDF geliştirmişlerdir. Öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin daha kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için hem kapalı uçlu (test tabanlı) hem de açık uçlu soruların kullanılmasının önemini vurgulamışlardır. Benzer şekilde, literatür bu becerileri değerlendirirken çeşitli soru formatlarının kullanılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır (Monica, 2005; Okey vd., 1985). Ayrıca, birden fazla soru türünün kullanılması, öğrencilerin daha güçlü veya daha zayıf performans gösterdikleri formatların belirlenmesine olanak tanır (Aktamış ve Şahin-Pekmez, 2011). Bu metodolojik bakış açısına dayanarak, mevcut çalışma, temel (alt düzey) ve üst düzey beceriler arasında ayrım yaparak bilimsel süreç becerilerini analiz etmiş, böylece öğrencilerin farklı bilişsel talep seviyeleri ve soru türleri genelindeki performanslarının daha incelikli bir şekilde değerlendirilmesini ve öğrencilerin daha etkili performans gösterdiği alanların belirlenmesini sağlamıştır.

Bilimsel süreç becerilerinin, öğrencilerin daha üst sınıflara geçtikçe kademeli olarak geliştiği anlaşılmaktadır (Çepni ve Çil, 2009). Çalışma grubu, öğrencilerin temel becerilerden daha ileri becerilere geçiş yapmaya başladığı bir gelişim evresinde yer almaktadır. Bu bağlamda, değişkenleri kontrol etme, hipotez oluşturma, verileri yorumlama ve deney yapma gibi üst düzey beceriler bu seviyede ölçülebilir hale gelir. Dahası, bu beceriler sadece ardışık adımlar olarak değil, bilimsel bir zihniyeti oluşturan bütünleşik bir yetkinlikler kümesi olarak görülmelidir (Ergin vd., 2005). BSBDF'nin yapısı, ortaokuldan itibaren bireylere uygulanabileceğini de göstermektedir.

Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu (BSBDF) incelendiğinde (Ek 1), "2" ve "3" ile işaretlenmiş kutuların her bir bölüm için ulaşılacak en yüksek puanları temsil ettiği görülmektedir. Örneğin, "Tüpün İçinde Ne Var?" etkinliğinde öğrenciler, mekanizmanın dış gözlemlere dayanarak nasıl çalıştığını açıkladıklarında bağımlı, bağımsız ve kontrol değişkenlerini doğru şekilde belirleme konusunda tam puan almaktadır. İç mekanizmaya ilişkin doğru çıkarım yaparak bunu gerekçeli bir açıklama ile sunmaları, hipotez/ön fikir bölümünde tam puan elde etmelerini sağlamaktadır. Probleme ve hipoteze uygun bir düzenek tasarlayıp sunmaları, deney tasarımı ve sunumu bölümünden tam puan almalarını sağlamaktadır. Sunulan mekanizmanın doğru çalışması veya elde edilen verilerle uyumlu olması durumunda sonuçlar bölümünde tam puan verilmektedir. Son olarak öğrenciler, yorumlar bölümünde ilişkileri doğru biçimde yorumlayıp orijinal mekanizma ile karşılaştırarak sonuçları açık ve tutarlı şekilde tartıştıklarında tam puan almaktadır. Her etkinliğin uygulanması ve değerlendirilmesi birbirinden bağımsız olacak şekilde tasarlanmıştır. Tüm etkinliklere ilişkin puanlama kriterleri, BSBDF'de belirtildiği üzere deneysel prosedürler bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. BSBDF puanları 0 ile 24 arasında değişmektedir. 8'in altındaki puanlar düşük, 8-16 arası puanlar orta, 16-24

arası puanlar ise yüksek düzeyde bilimsel süreç becerilerini göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin BD konusundaki anlayışlarını geliştirmek ve derinleştirmek amacıyla periyodik olarak sınıf içi tartışmalar yürütülmüştür.

DeneySEL Süreç

Beşinci sınıf öğrencilerini kapsayan çalışmada, Doğan ve diğerlerinin (2014) "Bilimin Doğasını Öğretmek" adlı kitabında belirtilen Lederman'ın Bilimin Doğası öğrenme çıktıları içeren yedi etkinlik gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikler, Bilimin Doğası öğretiminin ilkelerine göre özenle seçilmiş ve düzenlenmiş olup, bazıları grup halinde, bazıları ise bireysel olarak tamamlanmıştır. Bireysel etkinlikler (B), grup etkinlikleri (G) olarak belirtilmiştir. Her etkinliğin sonunda, uygulama verisi olarak kullanılan öğrenci çalışma sayfaları toplanmıştır. Uygulama süreci ve etkinliklere ilişkin ayrıntılar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Araştırmanın DeneySEL Süreci

Ön test	Uygulama	Son test
Temel	Bilimin Doğası Etkinlikleri	Temel
Beceriler	1. Tüpün içinde ne var? (bilimsel bilgi, deneylerden ve gözlemlerden elde edilen kanıtları gerektirir.) /18 öğrenci	Beceriler
Ölçeği	2. Bilimsel mi, değil mi? (bilimsel bilginin özellikleri) /16 öğrenci	Ölçeği
	3. Ayak İzleri (bilimde gözlemler, çıkarımlar ve teorik konular) /16 öğrenci	
	4. Fosiller (bilimsel bilginin yaratıcı doğası) / 17 öğrenci	
	5. Gizemli Küpler (bilimsel bilginin değişken doğası) / 5 grup / 18 öğrenci	
	6. Genç-Yaşlı (özellik) / 3 grup / 18 öğrenci	
	7. Kart değişimi (bilimsel bilginin özellikleri) /5 grup/ 16 öğrenci	

İlk hafta

Uygulamanın ilk haftasında, ön test olarak Temel Beceriler Ölçeği uygulandı ve ardından faaliyetlere başlandı.

Etkinlik 1: Tüpün İçinde Ne Var? Bu etkinlik, bilim insanlarının araştırmalarda kullandığı süreçleri simüle ederek öğrencilerin *gözlem ve çıkarım arasındaki farkı anlamalarını*, bilimsel bilginin deneysel ve gözlemsel verilere dayandığını kavramalarını ve bilimsel modellerin evrim geçirebileceğini anlamalarını sağlar. Tuvalet kağıdı rulolarını görünmez sistemler olarak kullanan öğrenciler, bir ipi (A) çekmenin diğerinin (B) tüpün içine çekilmesine neden olduğunu gözlemlerler. Daha sonra iç mekanizma hakkında hipotez kurmaları ve fikirlerini çizimleri istenir. Her öğrenci bireysel bir hipotez ve çizim oluşturur, ardından bunu bir sonraki derste öğretmenin modeliyle karşılaştırır. Etkinlik, öğrencilerin bilimde tahminin rolünü ve modellerin her zaman gerçeği yansıtmayabileceğini kavramalarına yardımcı olur. Değerlendirme, problemi belirlemeyi, ilk ve revize edilmiş çizimlerle hipotez oluşturmayı, değişkenleri göstermeyi, bir model tasarlamayı ve sunmayı ve tahminleri ve sonuçları yorumlamayı içerir.

İkinci hafta

Etkinlik 2: "Bilimsel mi Değil mi?" (B) etkinliği, öğrencilerin bilimsel bilgiyi bilimsel olmayan bilgidan ayırt etme becerilerini geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu etkinlikte öğrencilerden, *bir bilgiyi bilimsel kılan özellikler üzerine düşünceleri ve ardından kendi görüşlerini akranlarıyla tartışarak paylaşmaları* istenmektedir (Scharmann vd., 2005). Öğrencilere bilimsel olup olmadığı belirsiz çeşitli ifadeler sunulmuş ve bu ifadeleri "Bilimsel" veya "Bilimsel Olmayan" olarak sınıflandırmaları istenmiştir. Ayrıca öğrencilerden her sınıflandırma için gerekçelerini yazılı olarak açıklamaları beklenmiştir. Öğrenci yanıtlarının yer aldığı tabloların eksiksizliği ve kalitesi, değerlendirme sürecinde öğrencilerin performansı ve açıklamalarıyla birlikte dikkate alınmıştır.

Üçüncü Hafta

Etkinlik 3: Ayak İzleri (I): Bu etkinliğin amacı, öğrencileri paleontologlar gibi çalışmaya, veri ve yaratıcılığı kullanmaya ve tahminlerini bilimsel bilgiye dayandırarak yeni içgörüler üretmeye teşvik etmektir. Etkinlik, *bilimsel bilginin insan çıkarımı ve yaratıcılığından kaynaklandığını, yeni kanıtlarla geliştiğini ve işbirliğine dayandığını vurgular* (Abd-El-Khalick vd., 1998). Öğrenciler ayrıca fosillerin sadece dinozorlar veya hayvan kalıntılarıyla sınırlı olmadığını, bitkileri, kabukları, kayaları veya reçineleri de içerebileceğini öğrenirler (Doğan vd., 2014).

Bu görevde öğrenciler iki yengeç fosilini incelemiş ve gözlemlerine dayanarak tahminlerde bulunmuştur. Öğrenciler ayrıca hipotezlerini bilimsel gerekçelerle desteklemiştir. Değerlendirme süreci hipotez, sonuçlar ve yorum bölümlerine odaklanmış ve "Ayak İzleri" etkinliğinde kullanılan aynı puanlama kriterleri uygulanmıştır.

Dördüncü hafta

Etkinlik 4: Fosiller (B) Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin paleontologlar gibi çalışarak gözlem, veri analizi ve yaratıcılıklarını kullanmaları; tahminlerini bilimsel kanıtlara dayandırarak yeni çıkarımlar geliştirmeleridir. Bu doğrultuda, öğrencilerin *bilimsel bilginin insan çıkarımları ve yaratıcılığıyla oluşturulduğunu, yeni kanıtlar doğrultusunda değişip gelişebildiğini ve bilimsel bilginin oluşturulmasında iş birliğinin önemli bir rol oynadığını* kavramaları beklenmektedir (Abd-El-Khalick vd., 1998). Fosillerin yalnızca dinozor kalıntılarından ibaret olmadığı; ağaçlar, istiridye kabukları, kayalar, reçine ve çeşitli canlı kalıntıları da kapsayabileceği bilinmektedir (Doğan vd., 2014). Bu etkinlikte öğrencilere iki yengeç fosili sunulmuş, gözlemledikleri kalıntılara dayanarak tahminlerde bulunmaları ve hipotezlerini bilimsel kanıtlarla gerekçelendirmeleri istenmiştir. Etkinliğin değerlendirilmesi, "Ayak İzleri" etkinliğinde izlenen prosedür doğrultusunda gerçekleştirilmiş; hipotez, sonuç ve yorum bölümleri aynı puanlama ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Beşinci Hafta

Etkinlik 5: Gizemli Küpler (G): Bu etkinlik, öğrencilerin gözlem yapma, çıkarımda bulunma, verileri yorumlama ve mevcut matematiksel verilere dayanarak tahminler geliştirme becerilerini desteklemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu süreçte öğrencilerin, *bilim insanlarının topladıkları verileri kuramsal bakış açıları doğrultusunda yorumladıklarını ve elde ettikleri çıkarımların içinde bulundukları sosyal çevreden etkilenebileceğini* kavramaları beklenmektedir (Abd-El-Khalick vd., 1998). Etkinlik süresince gerçekleştirilen tartışmalarda bilimsel modellerin temel özellikleri vurgulanmıştır. Öğrenciler, gruplar hâlinde hazırladıkları ve belirli kurallara göre numaralandırdıkları küpleri döndürerek oyun temelli bir etkinliğe katılmış; ulaştıkları tahminleri gözlem ve elde ettikleri verilere dayandırarak gerekçelendirmişlerdir. Etkinliğin değerlendirilmesinde problemin belirlenmesi, deney tasarımı, hipotez oluşturma, sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlama bölümleri puanlanmıştır.

Altıncı Hafta

Etkinlik 6: Genç-Yaşlı (G): Bu etkinlikte, bilimsel bilginin öznelliği vurgulanmaktadır. Bu alıştırmaya sayesinde öğrenciler, *bilim insanlarının inançlarının, beklentilerinin ve bakış açılarının, gözlemlerini ve verilerin yorumlanmasını nasıl etkilediğini* anlayacaklardır (Abd-El-Khalick vd., 1998). Öğrencilere, bakış açısına bağlı olarak farklı yorumlanabilecek, birbirine çok benzeyen iki görüntü gösterildi. Görüntüler hakkındaki düşüncelerini ifade ettiler ve bunları gruplar halinde tartıştılar. Bu etkinliğin değerlendirilmesi, hipotezler, sonuçlar ve yorumlar bölümlerinin puanlanmasını içermektedir.

Yedinci Hafta

Etkinlik 7: Kart Değişimi (G): Bu etkinlik, öğrencilerin *bilime ilişkin algılarını netleştirmek amacıyla* tasarlanmıştır. Bilimsel bilginin özelliklerini farklı bakış açıları üzerinden tartışmaya açan ifadelerin yer aldığı kartlar kullanılarak öğrencilerin bilimsel bilginin doğasını tartışma yoluyla keşfetmeleri amaçlanmıştır (Cobern ve Loving, 1998). Öğrenciler gruplara ayrılmış, kartlarda yer alan ifadeleri incelemiş, bireysel görüşlerini kaydetmiş, gerekçelerini açıklamış ve fikirlerini bilimsel kanıtlarla desteklemiştir. İkinci haftada uygulanan "Bilimsel mi Değil mi?" etkinliğinin devamı niteliğindeki bu etkinlikte, öğrenciler kart değişimi yöntemine giderek daha fazla alıştıkları için etkinliği daha kolay gerçekleştirmiştir. Değerlendirme sürecinde "Bilimsel mi Değil mi?" etkinliğinde kullanılan aynı değerlendirme ölçütleri uygulanmıştır.

Öğrencilerin başlangıçta BD unsurlarını bağımsız olarak ilişkilendirmekte zorlanmaları nedeniyle süreç boyunca ek açıklamalar yapılmış ve yönlendirici sorular kullanılmıştır. Her hafta, etkinliğin odaklandığı BD unsurları açıkça vurgulanmış; öğrencilerin bu unsurları önce grup içinde, ardından tüm sınıfla birlikte tartışmaları teşvik edilmiştir.

Veri Analizi

Çalışmada, Bilimin Doğası etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla Temel Beceriler Ölçeği ve Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu (BSBDF) kullanılmıştır. Bu araçlar aracılığıyla öğrencilerin temel ve üst düzey bilimsel süreç becerileri değerlendirilmiş; veriler, öğrencilerin her iki ölçme aracına verdikleri yanıtlardan elde edilmiştir. Temel Beceriler Ölçeğinin güvenilirliği KR-21 katsayısı ile incelenmiş ve öğrencilerin ölçekte değerlendirilen temel becerilere ilişkin bilgi düzeyleri test sonuçları doğrultusunda değerlendirilmiştir. Çalışma grubunun 18 öğrenciden oluşması nedeniyle verilerin analizinde parametrik olmayan testler tercih edilmiştir. Ön test ve son test puanları arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi .05 olarak kabul edilmiş, ayrıca elde edilen anlamlı farklılıkların büyüklüğünü belirlemek amacıyla etki büyüklüğü (R^2) hesaplanmış ve .01, .06 ve .14 değerleri sırasıyla küçük, orta ve büyük etki büyüklüğü olarak yorumlanmıştır.

Araştırmanın önemli bir boyutunu oluşturan nitel veriler, öğrencilerin Bilimin Doğası (BD) etkinlikleri kapsamında hazırladıkları çalışma kâğıtları kullanılarak Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu (BSBDF) doğrultusunda değerlendirilmiştir. BSBDF'nin kapsam ve görünüş geçerliği, alanında uzman iki akademisyen tarafından incelenmiştir. Öğrencilerin çalışma kâğıtlarında yer alan ifadeler, değerlendirme formundaki ilgili maddelerle eşleştirilmiştir. Birinci ve ikinci yazar, çalışma kâğıtlarını bağımsız olarak incelemiş; kodlamalar arasındaki uyum değerlendirildikten sonra ortaya çıkan farklılıklar tartışılarak ortak bir görüşe (uzlaşmaya) ulaşılmıştır.

Geçerlik ve Güvenilirlik

31 maddeden oluşan ölçeğin ön test uygulamasına ilişkin iç tutarlılık katsayısı KR-21 = 0,73 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ölçme aracının katılımcıların beceri düzeylerini değerlendirmede kabul edilebilir düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Son test uygulamasında ise KR-21 katsayısı 0,76 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler, her iki uygulamada da ölçme aracının güvenilir olduğunu ($KR-21 > 0,70$) ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, "İlkokul Öğrencileri için Temel Beceriler Ölçeği"nin öğrencilerin temel beceri düzeylerini belirlemede güvenilir bir ölçme aracı olduğu söylenebilir (Karakoç ve Dönmez, 2014).

'İlkokul Öğrencileri için Temel Beceriler Ölçeği', öğrencilerin başarılarını ölçen bir bilgi ölçeğidir. Puanlama, ölçeğin alt boyutlarına ve genel bilgi düzeyine bağlı olarak her soruya verilen doğru ve yanlış seçeneklere göre yapılır. Bu ölçek, analizden önce güvenilirlik için (KR-21) doğru veya yanlış olarak kodlanır ve daha sonra puanlama değerlerine göre analize dahil edilir (doğru cevap = 1 puan, yanlış cevap = 0 puan).

BSBDF'de yer alan değerlendirme kriterleri, öğrencilerin çalışma kâğıtlarının incelenmesi sonucunda oluşturulmuştur. Ölçeğin güvenilirlik çalışmaları kapsamında, değerlendiriciler arası güvenilirliği belirlemek amacıyla 18 çalışma kâğıdı iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak puanlanmıştır. Araştırmacılar arasındaki puanlama tutarlılığını belirlemek için yapılan Pearson korelasyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı $r = 0,89$ olarak bulunmuştur. Bu sonuç, değerlendiriciler arasında yüksek düzeyde uyum olduğunu göstermektedir. Puanlama sürecinde görüş ayrılığı bulunan durumlarda araştırmacılar ortak görüşe vararak nihai puanları belirlemiştir. Ayrıca, ölçeğin görünüş ve kapsam geçerliği, Şahin-Pekmez ve diğerleri (2010) tarafından altı uzmanın görüşü alınarak ve gerekli düzenlemeler yapılarak sağlanmıştır.

Bulgular

Analizlerden elde edilen bulgular, "Bilimin doğasına ilişkin etkinliklerin 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri üzerindeki etkisi nedir?" araştırma sorusu çerçevesinde değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Temel Beceriler Ölçeği Analiz Sonuçları

Çalışmada örneklem büyüklüğünün küçük olması ($n < 30$) nedeniyle, ön test ve son test başarı puanlarının normal dağılım varsayımını karşılamayabileceği kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, normal dağılım varsayımına ihtiyaç duymayan parametrik olmayan testlerin kullanılmasının uygun olduğu değerlendirilmiştir. Katılımcıların test performansları, her bir doğru cevap için 1, yanlış cevap için 0 olacak şekilde kodlanmıştır. Bağımlı ölçümler arasındaki farkın incelenmesi amacıyla parametrik olmayan Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları, iki ölçüm arasındaki değişimi ortaya koymuş ve bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Ön test ve son test puanlarının incelenmesi

Ölçüm	X±SS	z	P	Γ^2
Ön test puanı	23,50±2,25	-8,33	.01*	.09*
Son test puanı	27,33±1,32			

**Wilcoxon işaret testi, *0,05 düzeyinde anlamlı fark

Tablodaki veriler, katılımcıların ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir artış olduğunu açıkça göstermektedir ($z = -8.33$, $p = .01$, $p < .05$). Başlangıçta ön test puan ortalaması 23.50 ± 2.25 iken, son testte bu değer belirgin bir artış göstererek 27.33 ± 1.32 'ye yükselmiştir. Elde edilen bulgular, ön test-son test karşılaştırmasında ortaya çıkan farkın orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu göstermektedir ($R^2 = 0.09$).

Ön test sonuçlarına göre öğrencilerin en sık yanlış cevapladığı madde 31. madde (ölçme becerisi) olmuştur. Buna karşılık, son testte yalnızca bir öğrencinin bu maddeyi yanlış cevapladığı görülmüştür. Ayrıca, ön testte güçlük yaşanan 7 (tahmin), 14 (sınıflandırma), 18 (iletişim) ve 20 (çıkarım) numaralı maddelerin tamamı son testte tüm öğrenciler tarafından doğru cevaplanmıştır. Tablo 4'te Beceri (B) olarak gösterilmiştir.

Tablo 4. Temel Beceriler Ölçeğinin Alt Boyutlarının Ön Test ve Son Test Puanlarının İncelenmesi

Ölçüm	X±SS	z	P	Γ^2
Ön Test	3,17±0,71	-9,46	.01*	.11
Son Test	4,39±0,61			
Gözlem B. Öncesi	4,22±0,94	-2,7	.02*	.05
Gözlem B. Sonrası	4,72±0,57			
Tahmin B. Önce	4,94±0,87	-4,53	.01*	.07
Tahmin B. Sonra	5,83±0,38			
Sınıflandırma B. Önce	3,89±0,58	-2,36	.03*	.04
Sınıflandırma B. Sonra	4,28±0,75			
Çıkarım B. Önce	3,22±0,94	-3,43	.01*	.06
Çıkarım B. Sonra	3,72±0,75			
İletişim B. Önce	4,06±0,94	-1,68	.11	-
İletişim B. Sonra	4,39±0,70			

**Wilcoxon işaret testi, *0,05 düzeyinde anlamlı fark

Verilen bulgulara göre, katılımcıların çeşitli becerilere ilişkin ön test puanlarına kıyasla son test puanlarında dikkat çekici bir artış olduğu görülmektedir (Tablo 4). Özellikle ölçme ($z = -9.46$, $p = .01$, $p < .05$), Gözlem ($z = -2.70$, $p = .02$, $p < .05$), Tahmin ($z = -4.53$, $p = .02$, $p < .05$) ve çıkarım yapma ($z = -3.43$, $p = .02$, $p < .05$) becerilerinde son test puanlarının ön test düzeylerine göre anlamlı düzeyde arttığı belirlenmiştir.

Bununla birlikte, İletişim becerisine ilişkin ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür ($p = .11$, $p > .05$). Dolayısıyla, değerlendirme süreci sonucunda ölçme, gözlem, tahmin ve çıkarım yapma becerilerinde belirgin bir iyileşme gözlenirken, İletişim becerisinde anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir.

Ölçme, tahmin ve çıkarım yapma alt boyutlarında elde edilen anlamlı farklılıkların orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğu ($R^2 = 0.06-0.14$), Gözlem ve Sınıflandırma alt boyutlarında ise düşük düzeyde bir etki büyüklüğü gösterdiği ($R^2 = 0.01-0.06$) belirlenmiştir. İletişim boyutunda ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark bulunmadığından etki büyüklüğü hesaplanmamıştır.

Nitel Analiz Sonuçları

Tablo 5, 18 öğrencinin puan değerlendirmelerini sunmaktadır. Bazı haftalarda devamsızlık yapan öğrenciler (d) ile işaretlenmiştir.

Tablo 5. Bilimsel Etkinliklerin Niteliği BSBDF Puanları

Öğrenci No.	Etkinlikler/BSBDF Puanları						
	1	2	3	4	5	6	7
1	13	12	15	16	17	17	18
2	11	14	16	18	18	17	19
3	12	13	16	18	18	17	19
4	15	14	17	17	19	18	22
5	10	12	16	17	18	19	20
6	11	14	15	17	18	18	21
7	8	10	14	16	16	19	18
8	11	12	14	17	18	19	21
9	14	15	15	18	19	20	21
10	16	16	15	17	18	20	21
11	7	8	11	14	17	15	16
12	9	(d)	(d)	12	15	16	17
13	9	10	11	14	18	20	20
14	12	14	15	17	19	18	20
15	15	16	(d)	(d)	19	21	(d)
16	12	14	16	18	17	19	21
17	9	13	16	15	18	20	21
18	8	(d)	10	12	17	18	(d)

Tablo 5 incelendiğinde, öğrencilerin BSBDF puanlarının etkinlikler ilerledikçe genel olarak gelişim gösterdiği açıkça görülmektedir. Programın başlangıcında puanlar üzerinde belirgin bir başlangıç etkisi (etkinlikleri ilk kez yapıyor olma) gözlenmiştir. Örneğin, ilk etkinlikte 11 numaralı öğrenci 8 puanın altında kalarak düşük performans sergilerken, diğer öğrenciler 8 ile 16 puan arasında değişen orta düzey performans göstermiştir. Haftalar ilerledikçe performanslarda tutarlı bir artış gözlenmiş; son hafta itibarıyla tüm öğrencilerin yüksek düzey bilimsel süreç becerileri sergilediği ve puanlarının 16 ile 22 arasında değiştiği belirlenmiştir. Özellikle 4 numaralı öğrencinin son etkinlikte 22 puan alarak en yüksek performansı gösterdiği görülmüştür.

Bu bulgular doğrultusunda performanslar düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç kategoriye ayrılarak sınıflandırılmıştır. İlk etkinlikteki performans düzeyleri bu sınıflandırma için ölçüt olarak kabul edilmiştir. Buna göre:

- Düşük düzey performans gösteren öğrenciler (7–8 puan): 7, 11 ve 18
- Orta düzey performans gösteren öğrenciler (10–11 puan): 2, 5, 6 ve 8
- Yüksek düzey performans gösteren öğrenciler (14–16 puan): 4, 9, 10 ve 15

Temel Beceriler Ölçeği'nin ön test ve son testlerinde yanlış yanıt verilen maddelerde öğrencilerin hangi beceri alanlarında zorlandıklarını belirlemek amacıyla, her performans düzeyinden bir öğrenci örneklem olarak seçilmiştir. Buna göre düşük düzeyi temsilen öğrenci 11, orta düzeyi temsilen öğrenci 8 ve yüksek düzeyi temsilen öğrenci 4 analiz edilmiştir. Bu öğrencilere ilişkin bulgular Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Temel Beceriler Ölçeği (Ön Test ve Son Test) Soru Analizi

	Düşük Seviye (11 numaralı öğrenci)	Orta seviye (8 numaralı öğrenci)	Yüksek seviye (4 numaralı öğrenci)
Temel beceriler ölçeği (Ön test) yanlış cevaplanan soru numaraları/ beceri	3, 7 ve 13 (tahmin) 4 ve 30 (sınıflandırma) 10 (ölçüm) 11, 12 ve 28 (gözlem) 23 (iletişim kurma) 29 (çıkarım yapma)	2 ve 12 (gözlem) 3 (tahmin) 29 (çıkarım yapma) 30 (sınıflandırma) 31 (ölçme)	4 (sınıflandırma) 5 (çıkarım yapma) 9 (tahmin) 31 (ölçme)
Temel beceriler ölçeği (son test) düzeltilmiş soru numaraları/ beceri	3 ve 13 (tahmin) 4 (sınıflandırma) 10 (ölçüm)	2 (gözlem) 3 (tahmin) 30 (sınıflandırma) 31 (ölçme)	5 (çıkarım yapma) 31 (ölçme)

11 numaralı öğrencinin açık uçlu yanıtları ile etkinliklere ait test sonuçları (Tablo 6) birlikte incelendiğinde, "Ayak İzleri" etkinliğinde öğrencinin şu ifadeleri kullandığı görülmektedir: *"İlk resimde bir sincap var, sonra bir kunduz geliyor ve arkadaş oluyorlar", "İkinci resimde izlerin iç içe geçtiği için ikisi kavga ediyor olabilir", "Üçüncü resimde, anladığım kadarıyla biri kavgadan kaçıyor, diğeri ise kalıyor; ancak bu sadece bir tahmindir, bilim insanları da tahminlerde bulunurlar."* Bu ifadeler, öğrencinin gözlem becerilerini kullandığını ve önceki deneyimlerine dayanarak çıkarımlarda bulunduğunu göstermektedir. Başlangıçta bu becerilerle ilgili bazı soruları yanlış yanıtlayan 11 numaralı öğrencinin, son testte 11, 12, 28 ve 29. soruları doğru yanıtladığı belirlenmiştir.

Benzer şekilde, "Tüpün içinde ne var?" etkinliğinde öğrenci iki ayrı model çizerek tahminlerde bulunmuş ve çıkarımlar yapmıştır. Bu bulgular, başlangıç etkinliklerinde tahmin ve çıkarım becerilerinin kullanılmasının sürece olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

Açık uçlu yanıtlar açısından değerlendirildiğinde, 8 numaralı öğrencinin (Tablo 6) performansında ölçme becerilerine ilişkin önemli gelişmeler gözlenmiştir. "Tüpün içinde ne var?" etkinliğinde öğrenci, *"Dört ipi birbirine bağladım, ancak D ipini çektiğimde kısa olduğunu fark ettim, bu yüzden onu uzatarak düzelttim."* şeklinde bir ifade kullanmıştır. Bu yanıt, öğrencinin ölçme becerilerinin geliştiğine işaret etmektedir. Dördüncü haftada gerçekleştirilen "Fosiller" etkinliğinde ise öğrenci, *"Bir yengeç fosili görüyorum. Yengeçler denizde yaşar ve sert kabukları vardır. Yumuşak kısımları çürümüş, kumla karışmış ve kurumuş."* şeklinde bir açıklama yapmıştır. Bu gözlem, öğrencinin canlıları fiziksel ve çevresel özelliklerine göre sınıflandırma becerisini ortaya koymaktadır.

Ayrıca, beşinci haftadaki "Gizemli Küpler" etkinliğinde öğrenci, *"Önümdeki küpün kapalı kısmına bakıyorum ve gördüğüm sayılar 1, 2, 3, 4 olduğu için '5' olduğunu düşünüyorum. Başka biri '5' veya '6' görebilir, bu yüzden '5' olduğunu tahmin ettim."* şeklinde açıklama yaptı. Bu ifade, öğrencinin tahminlerini desteklemek ve gerekçelendirmek için **gözlem** kullanmasını göstermektedir. Bu yanıtlar, öğrencinin ilgi çekici ve sıralı öğrenme etkinlikleri aracılığıyla gözlem, tahmin ve sınıflandırma becerilerindeki gelişimini ortaya koymaktadır.

Öğrenci 4'ün son testte yalnızca 4. ve 9. maddeleri yanlış yanıtladığı belirlenmiştir (Tablo 6). Öğrencide gözlemlenen değişiklikler, özellikle ilk hafta gerçekleştirilen "Tüpün İçinde Ne Var?" etkinliğinden elde edilen açık uçlu yanıtlarla birlikte değerlendirildiğinde, öğrencinin neden-sonuç ilişkisi üzerinden tahmine dayalı modeller geliştirdiği açıkça görülmektedir. Öğrenci bu durumu, *"İlk tahminimde talimatlara uymadım; diğesinde ise talimatlara göre ipi çektiğimizde hepsinin içeri girmemesi gerektiği için bir halka ekleme ihtiyacı hissettim."* şeklinde ifade etmiştir. Bu durum, öğrencinin hipotezini talimatlara dayalı olarak test ettiğini ve gerektiğinde yeniden düzenlediğini göstermektedir.

İkinci hafta gerçekleştirilen "Bilimsel mi Değil mi?" etkinliğinde ise 4 numaralı öğrenci, çeşitli ifadeleri en bilimsel olandan en az bilimsel doğru etkili bir biçimde sıralamıştır. Etkinlik sırasında C vitamini ile ilgili bir makaleden alınan şu ifadeleri değerlendirmiştir: "*C vitaminini turuncgillerden alırız ve daha enerjik oluruz*", "*Geçen yıl ve bu yıl okulda dünyanın şeklinin küre olduğunu öğrendik*" ve "*Nazar diye bir şey yoktur, varsa bile göz rengiyle hiçbir ilgisi yoktur.*" Öğrencinin verdiği yanıtlar, bilimsel bilginin doğasına ilişkin özellikleri açık biçimde anladığını göstermektedir.

"Tüpün İçinde Ne Var?" etkinliğinde öğrencilerin tamamı kendi rulolarını kullanarak modellerini sergilemiştir. Yapılan uygulama sonucunda 14 öğrencinin ilk modellerinin beklenen şekilde çalışmadığı ve bu nedenle tasarımlarını revize etmek zorunda kaldıkları belirlenmiştir. Buna karşılık dört öğrencinin doğru mekanizmayı baştan doğru şekilde kurduğu görülmüştür. 1, 2, 4, 9, 10, 14, 15 ve 17 numaralı öğrencilerin çalışma kâğıtlarının incelenmesi, öğrencilerin ilk tahminlerini, yaptıkları hataları düzeltme süreçlerini ve doğru ya da hatalı mekanizmalarının arkasındaki gerekçeleri ortaya koymuştur. Bazı öğrencilerin mekanizmayı yeterince anlayamaması nedeniyle rastgele tahminlerde bulunduğu tespit edilmiştir. Değerlendirmeler, öğrencilerin hipotezlerini ve bağımlı, bağımsız ile kontrol değişkenlerine ilişkin anlayışlarını doğru şekilde uygulayıp uygulamadıklarını ve bunların bilimsel bilgiye dayanma düzeylerini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

Özetle, ön testten son teste kadar puanlarda anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Son testte Temel Beceriler Ölçeğinde daha az hata yapan öğrencilerin neredeyse tamamının daha yüksek BSBDF puanlarına sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Hem nitel hem de nicel bulgular, öğrencilerin BD temelli etkinliklere katıldıkça sıralama, sınıflandırma, tahmin etme, gözlemlene ve çıkarım yapma gibi temel becerilerinin önemli ölçüde geliştiğini göstermektedir. Bununla birlikte hipotez oluşturma, değişkenleri belirleme ve analitik akıl yürütme gibi üst düzey becerilerde de gelişim gözlenmiştir. Bu genel ilerleme, Temel Beceriler Ölçeğinde elde edilen nicel bulgularla da tutarlı biçimde desteklenmektedir (Tablo 4).

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bilimin doğası (BD) ve bilimsel süreç becerileri (BSB), fen eğitiminin merkezinde yer almakta olup öğrencilerin eleştirel düşünme, kanıta dayalı akıl yürütme ve bilimin epistemolojik temellerini anlama becerilerini geliştiren temel unsurlar olarak kabul edilmektedir (Abd-El-Khalick ve Lederman, 2023; Erduran ve Kaya, 2018). Bu çalışma, yapılandırılmış BD etkinliklerinin beşinci sınıf öğrencilerinin BSB düzeyleri ve alt boyutları üzerindeki etkisini incelemiştir. Sekiz haftalık uygulama sürecinin sonunda ölçme, gözlem, tahmin ve çıkarım becerilerinde önemli gelişmeler gözlemlenmiştir. Bu bulgular, BD temelli öğrenme ortamlarının yalnızca prosedürel yeterliliği artırmakla kalmayıp, öğrencilerin bilimsel bilginin nasıl üretildiği ve gerekçelendirildiğine ilişkin farkındalıklarını da derinleştirdiğini göstermektedir.

Önceki çalışmalar, açık ve yansıtıcı Bilimin Doğası (BD) öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlayışlarını ve sorgulamaya yönelik tutumlarını güçlendirdiğini ortaya koymuştur (Namakula ve Akerson, 2024). Bununla birlikte, bu araştırmaların büyük bölümü 6–8. sınıf düzeyindeki ve ortaöğretim öğrencilerine odaklanmıştır. BD temelli öğretimin daha erken sınıf düzeylerinde de ileri düzey BSB gelişimini destekleyebileceğine ilişkin ampirik kanıtlar sunarak bu çalışma literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Sonuçlar, Khishfe'nin (2021) bulgularıyla da örtüşmektedir. Sorgulamaya ve tartışmaya dayalı etkinliklerin, genç öğrencilerde hem bilimsel bilginin doğasına ilişkin farkındalığı hem de prosedürel yeterlilikleri geliştirdiği gösterilmiştir.

Bu çalışmada gözlemlenen çok boyutlu gelişim modeli, epistemik sorgulamaya dayalı literatürle uyumludur. Erduran ve Dagher (2014), öğrencilerin hipotez oluşturma, fikirleri test etme ve gerekçelendirme süreçlerine dahil edilmesinin hem bilişsel hem de epistemik farkındalığı geliştirdiğini belirtmiştir. Bu çalışmadaki "Tüpün İçinde Ne Var?" etkinliği, öğrencileri görünmeyen bir mekanizma için birden fazla açıklama geliştirmeye ve bunları kanıta dayalı akıl yürütme yoluyla test etmeye teşvik etmiştir. Benzer şekilde, Koumara ve diğerleri (2022), "black box" etkinliğinde hayal gücünün problem çözmede önemli bir rol oynadığını göstermiş ve aynı gözlemlerin farklı çıkarımlara yol açabileceğini vurgulamıştır. Her iki bağlamda da öğrenciler, bilimsel bilginin geçici, yaratıcı ve kanıta dayalı doğasını doğrudan deneyimlemiştir.

Öte yandan, iletişim becerilerinde önemli bir gelişme gözlemlenmedi . Bu, öğrencilerin prosedürel akıl yürütmeyi bireysel olarak gerçekleştirebildikleri, ancak yansıtıcı ve diyalojik etkileşim fırsatlarının sınırlı olduğu anlamına gelir. Literatür, bilimsel iletişim becerilerinin ve akıl yürütmenin, argümantasyonu ve diyalojik etkileşimi teşvik eden ortamlarda en iyi şekilde geliştirildiğini vurgulamaktadır (Akerson vd., 2019; Jiménez-Aleixandre ve Crujeiras, 2017). Bu nedenle, gelecekteki uygulamalar, bu boyutu güçlendirmek için yapılandırılmış akran tartışmalarını, işbirlikçi araştırma görevlerini ve yansıtıcı yazma etkinliklerini entegre etmelidir. Ölçme ve çıkarım becerilerinde gözlemlenen ilk zorluklar, öğrencilerin test formatlarına olan sınırlı aşinalığına bağlanabilir; çünkü önceki araştırmalar, birden fazla soru türüne maruz kalmanın performansı ve ölçüm güvenilirliğini artırabileceğini göstermiştir (Aktamış ve Şahin-Pekmez, 2011; Monica, 2005; Okey vd., 1985).

Önceki çalışmalardan farklı olarak, yalnızca öğrencilerin BD'ye ilişkin kavramsal anlayışlarına odaklanan araştırmaların aksine (Cofré vd., 2019; Gören, 2021), bu araştırma BD ilkelerini uygulamaya yönelik sorgulama temelli etkinlikler aracılığıyla operasyonelleştirmiş ve böylece bilişsel bilgi ile ölçülebilir beceriler arasında somut bir köprü kurmuştur. Düşük ve orta sosyoekonomik düzeydeki öğrencilerde gözlenen belirgin ilerleme, iyi yapılandırılmış BD etkinliklerinin kaynak sınırlamalarının etkisini azaltabileceğini de göstermektedir. Bilim ders kitaplarının bilişsel ve epistemik boyutları yeterince ele almadığına ilişkin bulgular (Okan ve Kaya, 2023), bu müfredat açığının kapatılmasında sınıf içi deneyimsel BD öğretiminin telafi edici rolünü ortaya koymaktadır.

Sürdürülebilirliğin sağlanmasında öğretmen boyutu da kritik bir öneme sahiptir. Öğretmenler genellikle BD hakkında, sınıf uygulamalarından kopuk bağlamlarda bilgi edinmekte; bu durum BD'nin mevcut öğretim pratikleriyle nasıl ilişkilendirileceğine dair algılarını zorlaştırmaktadır. Stadermann ve Goedhart (2021), bu bağlamsal uyumsuzluğun, BD kavramlarının öğretmenlerin hâlihazırda uygulamaya aşına oldukları sorgulama ve süreç becerileriyle bütünleştirilmesi yoluyla azaltılabileceğini savunmaktadır. Bu yaklaşım, BD fikirlerini somut ve pedagojik açıdan anlamlı hale getiren, eleştirel düşünmeyi destekleyen etkinlikler aracılığıyla öğretmenlerin BD'yi öğrenme biçimleri ile öğretme biçimleri arasındaki tutarlılığı artırmaktadır. Bu entegrasyon, hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin bilimsel akıl yürütmeye anlamlı katılımını güçlendirmektedir (Bell, 2008).

Metodolojik açıdan, tek gruplu ön test-son test yarı deneysel desen, nedensel çıkarımların sınırlandırılmasına neden olmaktadır. Gelecek araştırmalarda, nedensel ilişkilerin daha güçlü biçimde test edilebilmesi için kontrol gruplu desenler, boylamsal izlemeler ve karma yöntem yaklaşımlarının kullanılması önerilmektedir (Deehan vd., 2024). Bu çalışmada epistemik düşünme doğrudan ölçülmemiş olsa da, uygulanan etkileşimli BD etkinlikleri öğrencileri akıl yürütme, kanıt değerlendirme ve yansıtma süreçlerine dahil etmiştir. Bu süreçler, epistemik farkındalığın zaman içinde gelişimi ve kalıcılığı ile ilişkilidir. Bağlamsal ve kültürel çeşitlilik dikkate alındığında, epistemik uygulamaların kapsayıcılığı artırabileceği ve farklı sınıf bağlamlarında Bilimin Doğası öğretiminin uzun vadeli etkisini güçlendirebileceği görüşlerinin dahil edilmesi önem taşımaktadır (Agustian, 2024; Zetterqvist ve Bach, 2023).

Sonuç olarak, elde edilen bulgular açık ve yansıtıcı BD etkinliklerinin, özellikle ölçme, gözlem, tahmin ve çıkarım becerilerinin erken sınıf düzeylerinde anlamlı düzeyde geliştirilmesinde güçlü kanıtlar sunduğunu göstermektedir. Bilim eğitiminin birbirini tamamlayan iki temel bileşeni olarak BD ve BSB'nin bütünleştirilmesi; kanıt değerlendirme, hipotez oluşturma ve bilimsel bilginin insanî ve yaratıcı doğasını ortaya koyan etkinliklerle desteklendiğinde, öğrencilerin bilimsel akıl yürütmeyi gerçek yaşam bağlamlarıyla ilişkilendirme becerilerini güçlendirmektedir. Bu bütünsel yaklaşım, yirmi birinci yüzyılın karmaşık bilimsel ve toplumsal sorunlarıyla eleştirel biçimde başa çıkabilen, yansıtıcı ve kanıt temelli düşünme becerisine sahip bireylerin yetiştirilmesine katkı sağlamaktadır..

Kaynakça

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2023). Research on teaching, learning, and assessment of nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 850-898). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-32>
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- Agustian, H. Y. (2024). The critical role of understanding epistemic practices in science teaching using wicked problems. *Science & Education*, 33(3), 987-1003. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00471-2>
- Akerson, V. L., Elcan Kaynak, N., & Avşar Erümit, B. (2019). Preparing preservice early childhood teachers to teach nature of science: Writing children's books. *Innovations in Science Teacher Education*, 4(1), 1-15.
- Aktamış, H., & Şahin-Pekmez, E. (2011). FEN ve teknoloji dersine yönelik bilimsel süreç becerileri ölçeği geliştirme çalışması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (30), 192-205.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- Arıcı, F. (2025). Examination of studies on scientific process skills in science education through bibliometric and content analysis. *Buca Faculty of Education Journal*, (63), 818-846. <https://doi.org/10.53444/deubefd.1567500>
- Aydoğdu, B. (2014). Bilimsel süreç becerileri. In Ş. S. Anagün & N. Duban (Eds.), *Fen bilimleri öğretimi* (pp. 87-113). Anı Yayıncılık.
- Aydoğdu, B., & Karakuş, F. (2015). İlkokul öğrencileri için temel beceri ölçeğinin Türkçe uyarlama çalışması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(34), 105-131. <https://izlik.org/JA46NW25DG>
- Barut, M. (2023). *Examining the relationship between secondary school students' scientific process skills, self-regulation skills and academic achievement in science classes* [Master's thesis, Kafkas University]. <https://www.sciencedirect.com/journal/index.php/wje/article/view/27561>
- Bell, R. L. (2008). *Teaching the nature of science through process skills: Activities for grades 3-8*. Allyn & Bacon/Pearson Education.
- Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2012). Beyond understanding: Process skills as a context for nature of science instruction. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 225-245). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_11
- Can, B., & Şahin-Pekmez, E. Ş. (2010). Bilimin doğası etkinliklerinin ilköğretim yedinci sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesindeki etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(27), 113-123. <https://izlik.org/JA62LL43MR>
- Cobern, W. W., & Loving, C. C. (1998). The card exchange: Introducing the philosophy of science. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 73-82). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_4
- Cofré, H., Aduriz-Bravo, A., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., & Santibáñez, D. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28(3-5), 205-248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
- Çepni, S. ve Çil, E. (2009). *Fen ve teknoloji programı: İlköğretim 1. ve 2. kademe öğretmen el kitabı*. Pegem Akademi.

- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2017). Abandoning patchwork approaches to nature of science in science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, (17), 46-52. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271923>
- Deehan, J., MacDonald, A., & Morris, C. (2024). A scoping review of interventions in primary science education. *Studies in Science Education*, 60(1), 1-43. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2154997>
- Doğan, N., Çakıroğlu, J., Bilican, K., & Çavuş-Güngören, S. (2014). *Bilimin doğası ve öğretimi* (3rd ed.). Pegem Akademi.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, 22(9), 2109-2139. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices, and other family categories*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4>
- Erduran, S., & Kaya, E. (2018). Drawing nature of science in pre-service science teacher education: Epistemic insight through visual representations. *Research in Science Education*, 48(6), 1133-1149. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9773-0>
- Ergin, Ö., Şahin-Pekmez, E., & Öngel-Erdal, S. (2005). *Kuramdan uygulamaya deney yoluyla fen öğretimi* (1st ed.). Dinazor Kitabevi.
- Fontes, D. T. M. (2025). *Nature of science in the classroom: Empirical insights into investigating physics*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.03912>
- Gizaw, G., & Sota, S. (2023). Improving science process skills of students: A review of literature. *Science Education International*, 34(3), 216-224. <https://doi.org/10.33828/sei.v34.i3.5>
- Gören, D. (2021). *The relationship between students' understanding of nature of science and their metacognitive awareness* (Thesis No. 694121) [Master's thesis, Boğaziçi University]. Council of Higher Education National Thesis Center.
- Hodson, D. (1999). Going beyond cultural pluralism: Science education for sociopolitical action. *Science Education*, 83(6), 775-796. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199911\)83:6<775::AID-SCE8>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199911)83:6<775::AID-SCE8>3.0.CO;2-8)
- Ioannidou, O., & Erduran, S. (2021). Beyond hypothesis testing. *Science & Education*, 30(2), 345-364. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00185-9>
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic practices and scientific practices in science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (pp. 69-80). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5
- Karakoç, F. Y., & Dönmez, L. (2014). Ölçek geliştirme çalışmalarında temel ilkeler. *Tıp Eğitimi Dünyası*, 13(40), 39-49. <https://doi.org/10.25282/ted.228738>
- Khishfe, R. (2021). Explicit instruction and student learning of argumentation and nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 325-349. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1822652>
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418. <https://doi.org/10.1002/tea.20137>
- Koumara, A., Plakitsi, K., & Lederman, N. G. (2022). How are they connected? *The Science Teacher*, 89(5), 29-35. <https://doi.org/10.1080/00368555.2022.12293696>

- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Martin, D. J. (1997). *Elementary science methods: A constructivist approach*. Delmar Publishers.
- McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532. <https://doi.org/10.1023/A:1008642510402>
- Mesci, G., & Kartal, E. E. (2021). STEM-based NOS teaching on 7th grade students' NOS views. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 16(3), 272-298. <https://doi.org/10.29329/epasr.2021.373.14>
- Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ortak metni*. <https://www.meb.gov.tr/bakan-tek-in-yeni-mufredati-onayladi/haber/33871/tr>
- Monica, K. M. M. (2005). *Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training learners* [Master's thesis, University of Pretoria, South Africa].
- Namakula, E. K., & Akerson, V. L. (2024). Peer critiquing scientific inquiry: Enhancing preservice teachers' reasoning, epistemic knowledge, and scientific argumentation through innovative teaching strategies in an undergraduate science content course. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 10(2), 90-105. <https://doi.org/10.55549/jeseh.699>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press.
- Okan, B., & Kaya, E. (2023). Exploring the inclusion of nature of science in Turkish middle school science textbooks. *Science & Education*, 32(5), 1515-1535. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00371-x>
- Okey, J. R., Wise, K. C., & Burns, J. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169-177. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220208>
- Padilla, M., Cronin, L., & Twiest, M. (1985, April). *The development and validation of the test of basic process skills* (Report No. ED256628). <https://eric.ed.gov/?id=ED256628>
- Rambuda, A. M. ve Fraser, W. J. (2004). Perceptions of teachers of the application of science process skills in the teaching of geography in secondary schools in the Free State province. *South African Journal of Education*, 24(1), 10-17.
- Roberts, D. A. (2008). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Routledge. <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203097267.ch27>
- Rubin, R. L., & Norman, J. T. (1992). Systematic modeling versus learning cycle: comparative effects on integrated science process skills achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 715-727. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290708>
- Scharmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C., & Jensen, M. (2005). Explicit reflective nature of science instruction: Evolution, intelligent design, and umbrellaology. *Journal of Science Teacher Education*, 16(1), 27-41. <https://doi.org/10.1007/s10972-005-6990-y>
- Sönmez, V. (2005). Bilimsel araştırmalarda yapılan yanlışlıklar. *Eurasian Journal of Educational Research*, (18), 150-170.
- Stadermann, H. K. E., & Goedhart, M. J. (2021). Why and how teachers use nature of science in teaching quantum physics. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 020132. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020132>

- Stefanidou, C., & Kechagias, C. (2018). The relationship between student science teachers' views on nature of science and classroom practice: Is there any? *Journal of Studies in Education*, 8(4), 28-44. <https://doi.org/10.5296/jse.v8i4.13720>
- Şahin-Pekmez, E., Aktamış, H., & Can, B. (2010). The effectiveness of science laboratory course regarding the scientific process skills and scientific creativity of prospective teachers. *İnönü University Journal of the Faculty of Education*, 11(1), 93-112.
- Tyler, R., & Ferguson, J. P. (2023). Student attitudes, identity, and aspirations toward science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 158-192). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-8>
- Ünal-Çoban, G. (2010). The scientific understanding level of prospective science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 9(3), 237-254.
- Wesnawati, A. C. D., Suma, K., & Subagia, I. W. (2022). Nature of Science (NoS) oriented in improving students' science process skills. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 55(2), 285-298. <https://doi.org/10.23887/jpp.v55i2.49444>
- Witucki, A., Beane, W., Pleasants, B., Dai, P., & Rudge, D. W. (2024). An explicit and reflective approach to teaching nature of science in a course-based undergraduate research experience. *Science & Education*, 33(5), 1371-1399. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00441-8>
- Yanarateş, E., & Yılmaz, A. (2022). Fen öğretiminde 21. yüzyıl becerilerinin önemi. In S. Karabatak (Ed.), *Eğitim & bilim 2022-III* (pp. 75-90). Efe Akademi.
- Zetterqvist, A., & Bach, F. (2023). Epistemic knowledge - a vital part of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 45(6), 484-501. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2166372>

Ek 1. Deney Raporları Değerlendirme Formu. (Bilimsel Süreç Becerileri Değerlendirme Formu/BSBDF)

Sorun	Uygun değil (0)	Uygun (1)	
Bağımlı değişken	Belirtilmemiş (0)	Probleme Uygun Değil (1)	Probleme Uygun, yanlış ifade edilmiş (2) Doğru İfade Edilmiş (3)
Bağımsız değişken	Belirtilmemiş (0)	Probleme Uygun Değil (1)	Probleme Uygun, yanlış ifade edilmiş (2) Doğru İfade Edilmiş (3)
Kontrol değişkeni	Belirtilmemiş (0)	Probleme Uygun Değil (1)	Probleme Uygun, yanlış ifade edilmiş (2) Doğru İfade Edilmiş (3)
Hipotez/Ön fikir	Bilimsel bilgiye dayanmıyor (0)	Bilgi tabanlı (1)	Probleme uygun değil (0) Probleme Uygun (1)
Deney Tasarımı	Probleme uygun (0)	Probleme Uygun (1)	Hipotez için uygun değil (0) Hipotez için uygun (1)
Sunum		Kullanılmamış (0) Tüm veriler tam olarak işlenmiş (2)	yalnızca bağımlı d. tanımlanmış (1) Yalnızca bağımsız d. tanımlanmış (1)
	Tablo		
	Grafik	Kullanılmamış (0) Tüm veriler tam olarak işlenmiş (2)	Yalnızca bağımlı değişken tanımlanmış (1) Yalnızca bağımsız değişken tanımlanmış (1)
Çözüm	Diğer Belirtilmemiş veya problemle ilişkili Değil (0)	Kullanılmamış (0) Verilere göre ifade edilmemiş (1)	Uygun Değil (1) / Uygun (2) Verilere göre ifade edilmiştir (2)
Yorum	Yapılmamış veya problemle ilişkili değil (0)	Uygun şekilde ifade edilmemiş (1)	Elde edilen verilerle ilişkili (2)