

Zenginleştirilmiş Öğrenme Ortamındaki Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Öğrencilerin Görüş ve Farkındalıklarına Etkisi

Şeyma ÇALIK BOSTANCI¹  Ayşe BOYRAZ²  Tuba ŞENEL ZOR³  Erhan ZOR⁴ 
Oktaş ASLAN⁵  Haluk BİNGÖL⁶ 

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Eğitimi Bölümü, Konya, Türkiye calikseyma95@gmail.com

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Eğitimi Bölümü, Konya, Türkiye 00aysekoc00@gmail.com

³Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Ankara, Türkiye tubasenell@gmail.com

⁴Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Konya, Türkiye zorerhan@gmail.com

⁵Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Konya, Türkiye oaslan@erbakan.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding Author)

⁶Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Konya, Türkiye hbingol@erbakan.edu.tr

Makale Bilgileri ÖZ

Makale Geçmişi
Geliş: 02.08.2023
Kabul: 18.10.2023
Yayın: 29.10.2023

Anahtar

Kelimeler:

Nanobilim,
Nanoteknoloji,
Zenginleştirilmiş
Öğrenme Ortamı,
Farkındalık.

Bu çalışmanın amacı, Zenginleştirilmiş Öğrenme Ortamı'nda (ZÖO) gerçekleştirilen nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin, ortaokul öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik görüş ve farkındalıklarına etkisini incelemektir. Çalışmada karma yöntemler araştırması kullanılmıştır. Nanobilim ve nanoteknoloji konularının öğretimine yönelik çeşitli uygulamalı etkinliklerin yer aldığı ZÖO oluşturulmuştur. ZÖO'da nanomalzemelerin hazırlanması, boyuta bağlı özellikler, nano boyutta gözlem yapma ve nanoteknoloji uygulamaları gibi çeşitli etkinlikler yer almıştır. Çalışma grubunu yedinci ve sekizinci sınıf ortaokul öğrencileri oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak "Nanoteknoloji Farkındalık Anketi" ve "Öğrenci Görüş Formu" kullanılmıştır. Çalışmanın nicel verileri betimsel ve çıkarımsal istatistik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin betimsel istatistiklerinde aritmetik ortalama ve standart sapma puanları kullanılırken, çıkarımsal analizlerinde ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ve Bağımsız Örneklem t Testi uygulanmıştır. Nitel veriler ise içerik analizi yapılarak çözümlenmiş ve uygulamanın etkileri değerlendirilmiştir. Nanoteknolojiye yönelik farkındalık anketinden elde edilen sonuçlara göre, ZÖO'da gerçekleştirilen nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarını artırdığı görülmüştür. Öğrenci görüş formundan elde edilen sonuçlara göre, ZÖO sonrasında öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili duyuları ile nanoteknolojinin hayatlarını olumlu yönde etkileyeceği yönündeki görüşleri artış göstermiştir. Nanoteknolojinin faydaları ve zararları yönündeki kararsızlıklar giderilerek her iki yönde de etkileri olabileceği görüşleri artmıştır. Öğrenci görüşlerine göre nanoteknolojinin etkileyebileceği alanların başında teknoloji, sağlık, eğitim ve gıda alanlarının geldiği görülmüştür. Öğrencilerin okullarında nanoteknoloji ile ilgili ders almak istedikleri ve gelecekte bu alanda bir meslekte çalışmak isteyebilecekleri görüşlerine ulaşılmıştır.

The Effect of Nanoscience and Nanotechnology Education in an Enriched Learning Environment on Students' Views and Awareness

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 02.08.2023

Accepted: 18.10.2023

Published: 29.10.2023

Keywords:

Nanoscience,
Nanotechnology,
Enriched Learning
Environment,
Awareness.

The aim of this study is to examine the effect of nanoscience and nanotechnology education conducted in an Enriched Learning Environment (ELE) on middle school students' views and awareness of nanoscience and nanotechnology. A mixed methods research was used in the study. An ELE was developed including various hands-on activities related to nanoscience and nanotechnology topics. The ELE, included activities such as preparation of nanomaterials, exploring size-dependent properties, observation at the nano scale, and engaging in nanotechnology applications. The study group consisted of 7th and 8th-grade middle school students. Data was collected using "Nanotechnology Awareness Survey" and the "Student Views Form". The quantitative data of the study were analyzed using both descriptive and inferential statistical methods. For the descriptive statistics of the data, mean and standard deviation scores were employed, while for inferential analyses, Wilcoxon Signed-Rank Test and Independent Samples t-Test were applied. The qualitative data were analyzed through content analysis, and the effects of the application were assessed. According to the results of the nanotechnology awareness survey, the nanoscience and nanotechnology education conducted in the ELE increased students' awareness of nanotechnology. According to the results of the student opinion survey, after the ELE there has been an increase in students' awareness of nanoscience and nanotechnology, as well as their belief that nanotechnology will positively impact their lives. Ambiguities about the benefits and harms of nanotechnology decreased, and the belief in both positive and negative effects increased. The study also revealed that technology, health, education, and food were the main areas students perceived nanotechnology could influence. Students expressed a desire to take nanotechnology-related courses at school and showed interest in pursuing careers in this field in the future.

Atf/Citation: Çalık Bostancı, Ş., Boyraz, A., Şenel Zor, T., Zor, E., Aslan, O. & Bingöl, H. (2023). Zenginleştirilmiş Öğrenme Ortamındaki Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitiminin Öğrencilerin Görüş ve Farkındalıklarına Etkisi. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi (AKEF) Dergisi*, 5(3), 1058-1086.



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Nanobilim, maddelerin atomik ve moleküler boyutlarda manipülasyonu ile gerçekleştirilen, fizik, biyoloji ve malzeme biliminin ortak noktada bulunduğu bir bilim alanıdır. Nanoteknoloji ise maddeleri nanometre ölçeğinde ölçme, birleştirme, işleme, üretebilme ve kontrol etme yeteneğidir (Bayda vd., 2020). Nanoteknoloji malzeme bilimi, bilgisayar bilimi, fizik, kimya, biyoloji ve eczacılık gibi çeşitli disiplinleri içeren çok disiplinli bir yapıya sahiptir (Singh, 2017; Yun, 2021). Bu nedenle nanoteknoloji, yaygın uygulama alanlarını geliştirmek için kullanılan entegre bir bilim ve teknoloji alanı olarak görülmektedir (Yun, 2021). Bu alandaki çalışmalar nanomalzemeler, nanoelektronik, enerji, bilgi teknolojisi, tıp, sağlık, ulusal güvenlik, otomotiv, beyaz eşya, su arıtma, tarım, tekstil ve kozmetik gibi çeşitli sektörlerle öncülük etmektedir (Babatunde vd., 2020; Bhushan, 2015; Erkoç, 2012; Singh, 2017; Wei & Yan, 2016).

Nanoteknolojinin birçok alanda ilerleme sağlamasıyla ortaya çıkan yenilikler son derece önemli olmakla birlikte birçok yüksek teknoloji endüstrisine de katkıda bulunmuştur (Sheu & Jiang, 2021). Bilim ve teknoloji ile ilgili alanlarda yaşanan bu tür hızlı değişimler; bireyin ve toplumun değişen ihtiyaçları, öğretim yaklaşımlarındaki yenilik ve gelişmelerle birleştiğinde, bireylerden beklenmekte olan rolleri de doğrudan etkilemektedir. Bu noktada, girişimci, bilgiyi üreten ve işlevsel kullanma yeteneği ile birlikte problem çözebilen, eleştirel düşünen, kararlı, iletişim ve empati becerilerine sahip, topluma ve kültüre katkı sağlayan bireylere ihtiyaç duyulmaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018). Bireylerin bu nitelikleri kazanması, eğitim öğretim süreçlerinin bu esaslara göre tasarlanması ve bireylerin de bu süreçte aktif olması yoluyla sağlanabilir (Türk ve Korkmaz, 2023). Bu doğrultuda, nanobilim ve nanoteknoloji alanında ilerlemelerin sağlanması için nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi giderek daha önemli hale gelmektedir (Sheu & Jiang, 2021). Nanobilim ve nanoteknolojinin formal eğitim müfredatına dahil edilmesi iki temel hedefe dayanmaktadır. İlk hedef, gelecekte oluşabilecek ekonomik risklerle mücadele etmek için nano çalışanlar yetiştirmektir. İkinci hedefse, ilerleyen yıllar boyunca nanobilim ve nanoteknolojinin etkilerinin günlük yaşamımızı ve toplumu daha çok etkilemesiyle, tüm bireylerin bu alanda yapılan tartışmalarla karşı karşıya kalmaları durumunda, bu tartışmaları anlayabilmek ve tartışmalara katılabilmek üzere okullar tarafından hazırlanmasıdır (Hingant & Albe, 2010). Örgün eğitimin yanında dersdışı eğitimler kullanılarak hazırlanan dengeli bir öğretim modülü, öğrencilerin akademik ve bilişsel gelişmelerine bağlı olarak temel nanoteknoloji kavramlarını edinmelerine ve bunları çeşitli etkinlikler yoluyla iletmelerine yardımcı olabileceğini göstermektedir (Michailidi, 2021). Bu tür okul dışı etkinlikler öğrencilerde ve öğretmenlerde öğrenme motivasyonunun sağlanmasına (Atmaca, 2023), akademik, sosyal, fiziksel ve kişisel gelişmelerinin, mesleki becerilerinin ve olumlu duyuşsal niteliklerinin gelişmesine katkı sağlayabilir (Fallik vd., 2013; Uysal, 2023). Bu hususlar dikkate alındığında nanobilim ve nanoteknolojinin eğitim ve öğretiminde de hem okul içi hemde okul dışı eğitimler başarıya ulaşmada önemli seçeneklerdir (Bhushan, 2017).

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi alanında farklı öğrenci ve meslek gruplarına hitap eden okul içi ve okul dışı eğitimler içeren çeşitli araştırmalar mevcuttur. Örneğin öğretmenlerle (Blonder & Mamlok-Naaman, 2014; Blonder & Sakhnini, 2012, 2017; Sakhnini & Blonder, 2018; Spyrtou vd., 2021), ilkökul öğrencileriyle (Lin vd., 2015; Mandrikas vd., 2019; Ng, 2009; Spyrtou vd., 2021), ortaokul öğrencileriyle (Delgado vd., 2015), lise öğrencileriyle (Blonder & Dinur, 2012; Blonder & Sakhnini, 2012; Kılınç Alpat vd., 2017; Lati vd., 2019; Sagun Gököz ve Akaygün, 2014; Schwarzer vd., 2015) ve yükseköğretim öğrencileriyle (Şenel Zor ve Aslan, 2018; Metaxas vd., 2021; Su & Dudas, 2004; Şenocak, 2015) eğitim odaklı araştırmalar yürütülmüştür. Bu araştırmaların öne çıkan sonuçlarına göre; uygulama ya da etkinlik temelli araştırmalarda öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik motivasyonlarının arttığı (Lati vd., (2019), farkındalıklarının arttığı (Sagun Gököz, 2012; Şenel Zor, 2017; Tekelioğlu, 2019), anlayışların geliştiği (Şenel Zor, 2017; Şenocak, 2015; Tekelioğlu, 2019) ve görüşlerinin olumlu yönde etkilendiği (Ng, 2009) belirlenmiştir. Ayrıca bu etkinlik ve uygulamalı öğretimler yoluyla öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik kavramsal anlayışlarının arttığı belirlenmiştir (Sagun Gököz, 2012).

Nanoteknoloji eğitiminde etkileşimli öğrenme önemli rol oynamaktadır. Öğrenciler teknoloji

sayesinde sınıf içinde ve dışında nanoteknoloji araştırma geliştirme projelerine ve laboratuvar deneylerine katılabilirler. Bunların yanında öğrencilere uygulamalı deneyim kazanmaları için nanoteknoloji araştırma merkezleriyle (yerel, bölgesel, ulusal, uluslararası) doğrudan çalışma fırsatları sağlanabilir. Nanoteknoloji eğitimi verilebilmesi için bu alanda uzman akademisyenlerden oluşan bir ekip sağlanması ve mevcut endüstri ve araştırma merkezlerinden alanında uzman kişilerin konuşmacı olarak dahil edilmesi verilen eğitimin ve kursların kalitesini arttırmaktadır (Srinivas, 2014).

Öğrenme ortamının çeşitlendirilmesi öğrencilerin birden fazla duyu organına hitap edilerek öğrenci merkezli etkinlikler sayesinde öğrenmelerin etkili şekilde gerçekleşmesi için önem taşımaktadır (Tum ve Kutluca, 2021). Zenginleştirilmiş Öğrenme Ortamı (ZÖO), kullanılan öğretim yöntemi çeşitliliğinin çokluğu kadar öğretimin amaçlarına katkı sağlamaktadır (Yaşa ve Kale, 2022). ZÖO öğrencilerin zihin alışkanlıklarını geliştirmeye yönelik çalışmaların, kapalı ve açık uçlu soruların yer aldığı çalışma yapraklarının, sınıf tartışmalarının, öğrencinin kendini, akranlarını ve diğer kişileri değerlendirmesine yönelik formların yer aldığı etkinlikleri içeren ve araştırmacı tarafından tasarlanan öğrenme ortamıdır (Körükçü, 2015). ZÖO’da gerçekleştirilen etkinlikler çeşitli öğretim yöntemlerini içermektedir. Eğitsel oyunlar, günlük yaşamla ilişkilendirmeye yönelik yaklaşımlar, somut materyaller, teknoloji destekli uygulamalar, karikatür kullanımı, işbirlikli öğrenmeye dayanan grup içi müzakere ve problem çözebilme gibi birçok etkinlik ve uygulamalara yer verilmektedir (Özkartal ve Öçal, 2021). ZÖO öğrenmenin tam olarak sağlanabilmesi için hem soyut hem de somut unsurlar içermektedir (Radin, 2008). ZÖO, görselliği ön planda tutarak, öğrencilere deneysel işlem becerileri kazandıran problem çözme yeteneklerini geliştiren, neden-sonuç ilişkisi kurmayı teşvik eden bir yaklaşım sunar. Bunlara ek olarak somutlaştırma faaliyetleri ile eğlenceli ve kalıcı öğrenmeyi desteklerken aynı zamanda öğrencilere, çeşitli öğrenme ortamlarında farklı deneyimleri yaşatarak konulara farklı bakış açıları geliştirmelerine katkıda bulunabileceği belirtilmektedir (Tum, 2019). Çeşitli materyaller kullanarak ve farklı öğretim metodlarından yararlanılarak oluşturulan ZÖO, öğrencilerin davranış, beceri, bilgi ve tutumlar edinmesine katkıda bulunur (Yaşa ve Kale, 2022). Ayrıca ZÖO’nun akademik başarıya ulaşmada olumlu etkisi olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur (Çömen ve Uzun, 2022; Erdem, 2015; Erduran, 2020; Koyuncu, 2009; Yaşa ve Kale, 2022).

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin farklı eğitim seviyelerine sahip öğrencilere verilmesi, öğrencilerin nano ürünler hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamak ve nanoteknolojik rekabet söz konusu olduğunda etkin bilim insanları yetiştirebilmek için önemli rol oynayacaktır (Adadan vd., 2017; Yıldırım, 2021). İçerik olarak fen eğitimi alanına dahil olan nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin erken yaş düzeylerinde verilmesi ise ortaya çıkacak öğretimsel sorunların kolay aşılmasını sağlayacaktır (Mandrikas vd., 2019). Ayrıca öğrencileri nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili alanlarda artan lisans ve lisansüstü öğretim programlarına hazırlamak ve bilimsel okuryazarlıklarını sağlamak için bu eğitimlerin ortaokul ve lise düzeyinde verilmesi önerilmektedir (Schank vd., 2007). ZÖO çeşitli öğretim yöntemlerini içeren uygulama ve etkinliklerden oluşması nedeniyle nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminde önemli rol oynayabilir. Bununla birlikte ülkemizde ortaokul düzeyindeki öğrencilere yönelik uygulamalı etkinliklere dayanan, nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi çalışmaları oldukça sınırlı sayıdadır (Atabaş, 2012). Bu çalışmanın ZÖO-NBTE’de (Zenginleştirilmiş Öğrenme Ortamında Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi) ilköğretim öğrencilerine nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili temel kavramların çeşitli etkinlik ve uygulamalar tasarlanarak kazandırılması, öğrenci merkezli uygulamaların planlanması, değerlendirilmesi ve yaygınlaştırılması noktasında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı ZÖO’da gerçekleştirilen nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik görüşlerine ve farkındalıklarına etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki alt problemlere cevap aranmıştır:

- 1) ZÖO-NBTE öncesinde öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik görüşleri nelerdir?
- 2) ZÖO-NBTE sonrasında öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik görüşleri nelerdir?
- 3) ZÖO-NBTE öncesinde ve sonrasında öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik farkındalıkları arasında anlamlı bir fark var mı?

4) ZÖO-NBTE öncesinde ve sonrasında öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik farkındalıkları ile cinsiyetleri arasında anlamlı bir fark var mı?

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma nitel ve nicel yöntemlerin birlikte kullanıldığı karma yöntemler araştırması ile yürütülmüştür. Bu yöntemde verilerin toplanıp analiz edilmesi ve bulguların ifade edilmesinde nitel ve nicel yöntemler aynı anda kullanılmaktadır (Creswell, 2012). Araştırma deseni olarak yakınsayan paralel desen kullanılmıştır. Bu desen araştırmacının nitel ve nicel verileri toplayıp analiz ettiği ve daha sonra sonuçları karşılaştırmak veya birleştirmek amacıyla iki veri türünü birleştirdiği etkili bir desendir. Bu desende, araştırmacının bir aşamasında her iki veri türü de birbirinden bağımsız olarak eş zamanlı toplanarak, veriler birbirinden ayrı analiz edilebilir (Cresswell & Clark, 2018). Bu araştırmada, yakınsayan paralel desene uygun olarak ZÖO-NBTE öncesinde ve sonrasında birbirinden bağımsız toplanan nicel veriler ile öğrencilerin nanoteknoloji farkındalıklarına ilişkin genel durumu ortaya koyulurken aynı zamanda nitel veriler ile öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik görüşlerine ulaşılmıştır. Nitel ve nicel yöntemlerle elde edilen veriler bütüncül olarak yorumlanmıştır.

İşlem Süreci

ZÖO’da, öğrencileri nanobilim ve nanoteknoloji ile tanıştırmak, öğrencilerde bu alanlara yönelik merak ve ilgi uyandırmak üzere tarafından ikincisi düzenlenen “nanoOKUL-2021” etkinliği ücretsiz olarak gerçekleştirilmiştir. Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi’nde (BİTAM) dört gün süreyle düzenlenen ZÖO’da ilk olarak öğrencilerin eğitim ortamına alışmaları ve birbirleri ile tanışmaları için yaratıcı drama etkinliği yapılmıştır. Öğrencilerin gruplar halinde çalışabilmeleri için işbirlikli öğrenme ortamı sağlanmıştır. Eğitim programının içeriğinde öğrencilerin nano boyutu tanıması ve nanoboyuta bağlı özelliklerin incelenmesi için aktif olarak çalışabilecekleri etkinlikler yer almıştır. Oluşturulan tüm etkinlikler 5E öğrenme modeline göre gerçekleştirilmiştir. Oyun temelli içerikli etkinliklerle öğrencilerde merak uyandırılarak, nanoteknolojik aletlerin çalışma prensiplerini kendilerinin keşfetmelerine imkan sağlanmıştır. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM), Taramalı elektron mikroskobu (SEM), Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM) ve Temas açısı ölçüm aleti gibi nanoteknolojik aletler kullanılarak ölçümler ve görüntüler alınmış, sonrasında öğrencilere cihazları kullanım imkanı sunulmuştur. Laboratuvar ortamında gerekli güvenlik önlemleri alınarak nanomalzeme sentezleri yapmaları ve ürün elde etmeleri sağlanmıştır. Öğrencilerin senaryolar aracılığıyla dikkatleri çekilmiş hem de öğrendikleri bilgileri kullanabilmeleri için zemin oluşturulmuştur. Edindikleri bilgileri değerlendirmek için gruplar arası tartışma ortamı oluşturulmuş, yarışmalar düzenlenmiş ve posterler hazırlamaları teşvik edilmiştir. Son olarak öğrencilere nanoteknolojik ürünlerle ödüllendirmeler yapılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu Konya il merkezindeki farklı ortaokullarda eğitim gören yedinci ve sekizinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Etkinliğin duyurusu Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) web sitesi üzerinden online olarak yapılmıştır. Katılımcıları belirlemek üzere bir form oluşturularak internet üzerinden başvurular alınmıştır. Katılımcılar okul başarı notu, cinsiyet dağılımları ve çeşitli okullardan katılım sağlamaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Başvuru koşullarını sağlayan öğrenciler not ortalamasına göre sıralandıktan sonra cinsiyet katılım oranı dikkate alınarak 25 ortaokul öğrencisi asil, 10 öğrenci de yedek olarak belirlenmiştir. Gerekli belgeleri tamamlayan öğrenciler içerisinden düzenlenen eğitime ve ön test ile son test uygulamasına tam olarak katılan 22 öğrenci (14 erkek, 8 kız) çalışma grubu olarak belirlenmiştir.

Veri Toplama Araçları ve Süreçleri

ZÖO-NBTE’nin ortaokul öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik görüş ve farkındalıklarına etkisini belirlemek amacıyla aşağıdaki veri toplama araçları kullanılmıştır.

Öğrenci görüş formu

Öğrenci görüş formu araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve ilk olarak 2019 yılında düzenlenen “nanoOKUL-2019” etkinliğinde uygulanmıştır. Bu uygulamada edinilen veriler iki farklı araştırmacı tarafından ayrı ayrı analiz edilmiş ve “nanoOKUL-2021” etkinliğinde kullanılmak üzere görüş formunun maddeleri tekrar düzenlenmiştir. Düzenlenen bu form öğrencilerin etkinlik öncesinde ve etkinlik sonrasında nanobilim ve nanoteknolojiye yönelik görüşlerini belirleyebilmek için kullanılmıştır. Öğrenci görüş formunda, demografik özellikler, nanoboyut ve nanometre ölçüsü, nanoteknolojinin hayatımızın hangi alanlarını nasıl etkileyeceği, nanoteknolojinin faydaları ve zararları, nanoteknolojinin uygulama alanları ve doğadaki örnekleri ile gelecekte bu alanda ortaya çıkabilecek mesleklerle ilgili seçenekli ve açık uçlu sorulardan oluşan 11 madde yer almaktadır. Bu maddeler Ek-1 de verilmiştir.

Nanoteknoloji farkındalık anketi

Öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarını belirlemek amacıyla Tekelioğlu (2019) tarafından ortaokul düzeyine uygun şekilde hazırlanan nanoteknoloji farkındalık anketi kullanılmıştır. Tekelioğlu (2019) tarafından geçerlik ve güvenilirlik analizleri yapılan anketin ilk üç bölümü öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik duyumlarını, duyum kaynaklarını ve temel bilgi düzeylerini belirlemeye yönelik maddelerden oluşmaktadır. Dördüncü bölümü ise öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarının belirlenmesi için üçlü likert tipi altı maddeden oluşmaktadır. Kullanılan ölçeğin güvenilirliğini kanıtlamak için yapılan güvenilirlik analizi sonucu, ölçeğin Cronbach alfa ($Cr-\alpha$) güvenilirlik katsayısı .94 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma grubu için $Cr-\alpha$ güvenilirlik katsayısı .77 olarak hesaplanmıştır.

Verilerin Analizi

Bu çalışmada “Öğrenci Görüş Formu” ve “Nanoteknoloji Farkındalık Anketi” aracılığıyla elde edilen verilerin analizinde; betimsel ve çıkarımsal istatistik yöntemler ile içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan analiz yöntemleri ve veri analiz süreci her bir veri toplama aracı için detaylı olarak paylaşılmıştır.

Öğrenci görüş formu

Öğrenci Görüş Formu ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Öğrenci Görüş Formu farklı türde sorular içerdiği için cevapların analizlerinde farklı teknikler benimsenmiştir. Öğrenci görüş formunun seçenekli sorularında (2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. ve 10. soruların ilk bölümleri) öğrencilerin vermiş oldukları cevapların yüzde ve frekans değerleri belirlenerek ön test ve son test karşılaştırmaları yapılmıştır. Açık uçlu sorularda (1. ve 11. soru ile 2., 3., 7., 8., 9. ve 10. sorunun ikinci bölümleri) ise içerik analizi yapılarak belirlenen kategorilerin frekans ve yüzde tabloları oluşturulmuştur. Önceden belirlenmiş kategorilere göre kodlama yapmak, açık uçlu soruların analizinde uygun bulunmamaktadır (Kabapınar, 2003). Bu nedenle verilerin toplamasından önce kodlama veya kategorileştirme yapılmamıştır. Araştırmada kullanılan kategori ve kodların tümü veri toplama işlemleri sonunda, öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar doğrultusunda oluşturulmuştur. Oluşturulan kategorilerden hiçbirine dahil edilemeyen ve frekansları düşük olan cevaplar diğer kategorisine dahil edilmiştir.

Ayrıca araştırmanın geçerliliğini arttırmak için, gerçekleşen sürecin ve yapılan işlemlerin detaylı olarak açıklanması, kategorilerin nasıl oluşturulduğunu ortaya koymak için katılımcı cevaplarına doğrudan yer verilmesi yoluna gidilmiştir. Bu süreçte öğrencilerin verdikleri cevapların elde edilme zamanı ön test (Ö) ve son test (S) olarak belirtilirken, bu harflerin yanına öğrenci numarası eklenerek (Ö1, S1 vb.) öğrenci cevaplarından doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Kategorilerde araştırmacılar arasındaki tutarlılığı belirlemek için, Miles ve Huberman tarafından oluşturulan güvenilirlik formülü [$Güvenirlik = \frac{Görüş\ Birliğı}{(Görüş\ Birliğı + Görüş\ Ayrılığı)}$] kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak güvenilirlik katsayısı .92 olarak bulunmuştur. Kategoriler üzerinde görüş birliğinin sağlanması için tartışmalar yapıp farklılıklarının giderilmesinin ardından araştırmacılar arasında fikir birliği sağlanmıştır. Formülden elde edilmiş olan değer .70'den büyükse yapılan araştırma için güvenilir kabul edilebilmektedir (Miles & Huberman, 1994). Oluşturulan kategorilerin frekans ve yüzde değerlerine

göre ön test ve son test karşılaştırmalı değerlendirmeleri yapılmıştır.

Nanoteknoloji farkındalık anketi

Bu çalışmada nanoteknoloji farkındalık anketi öğrencilere ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Anketin ilk iki bölümünde frekans ve yüzde değerleri hesaplanmıştır. Anketin üçüncü ve dördüncü bölümünde yer alan sorularda doğru seçenek işaretleyen öğrencilere 1 (bir) puan, yanlış seçeneği işaretleyen öğrencilere ise 0 (sıfır) puan verilmiştir. Anketin bu bölümünden alınabilecek en düşük puan sıfır, en yüksek puan ise sekizdir (Tekelioğlu, 2019). Elde edilen nicel veriler SPSS 21 programı yardımıyla analiz edilmiştir. Verilerin betimsel istatistiklerinde aritmetik ortalama ve standart sapma puanları kullanılmıştır. Veriler çıkarımsal istatistiksel işlemlere tabi tutulmadan önce, puanların normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlayamadığı incelenmiş ve buna göre parametrik veya parametrik olmayan istatistik yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Puanların normal dağılım sağlayıp sağlayamadığı belirlenirken, grup büyüklüğünün 50'den az olduğu durumlarda Shapiro-Wilk, 50'den fazla olduğu durumlarda ise Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmaktadır (Büyüköztürk, 2012). Bu çalışmada da grup büyüklüğü 50'den az olduğu için Shapiro-Wilk testinden yararlanılmıştır. Öğrencilerin nanoteknoloji farkındalık anketinden almış oldukları ön test ve son test puanlarının normal dağılım varsayımını sağlamaması nedeniyle ($p < .05$) Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Öğrencilerin cinsiyete göre nanoteknoloji farkındalık anketinden aldıkları ön test ve son test puanları ise normal dağılım varsayımını sağlaması nedeniyle ($p > .05$) parametrik testlerden bağımsız t testi kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm çıkarımsal analizlerde anlamlılık düzeyi $p = .05$ olarak kabul edilmiştir.

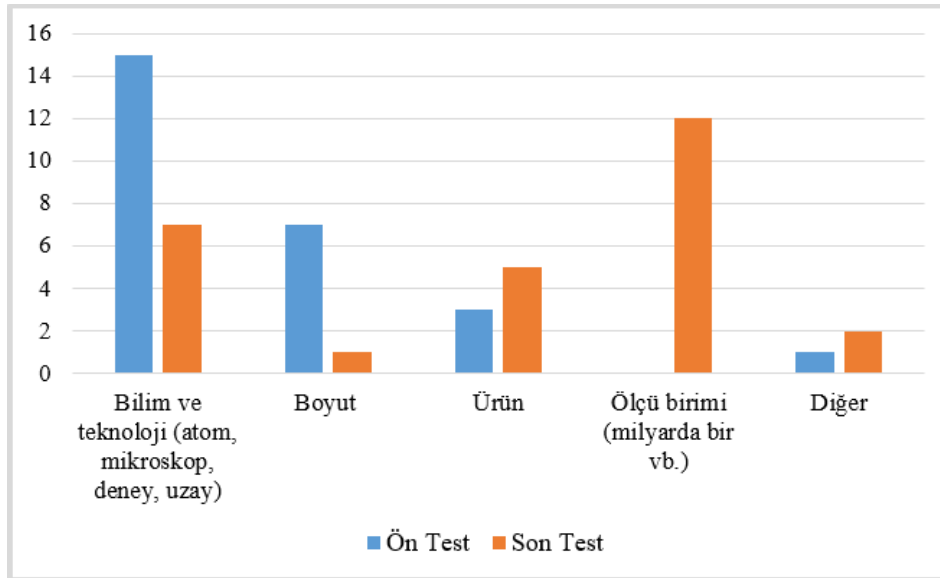
Etik

Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu- 19/03/2021 tarih ve 03 nolu toplantısında 2021/161 nolu karar sayısı ile çalışma etik açıdan uygun bulunmuştur.

BULGULAR

Öğrenci Görüş Formundan Elde Edilen Bulgular

Grafik 1'de öğrencilerin "Nanoteknoloji denilince aklınıza ne geliyor?" sorusuna verdikleri cevaplara yönelik frekans değerleri yer almaktadır.



Grafik 1. Öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik görüşleri

Grafik 1'e göre, ZÖO-NBTE öncesinde elde edilen verilerin; bilim ve teknoloji ($f=15$), boyut ($f=7$), ürün ($f=3$) ve diğer ($f=1$) kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Buna karşılık eğitim sonrasında elde

edilen veriler; ölçü birimi (f=12), bilim ve teknoloji (f=7), boyut (f=1), ürün (f=5), ve diğer (f=2) kategorilerinde toplanmıştır. Aşağıda öğrencilerin bu soruya verdikleri cevapların bazıları sunulmuştur:

“Yeni teknolojiler.” (Bilim ve teknoloji, Ö-11)

“Minik, gözle görülemeyen.” (Boyut, Ö-12)

“Bir metrenin milyarda biri. 25 senenin 1 saniyesi.” (Ölçü birimi, S-3)

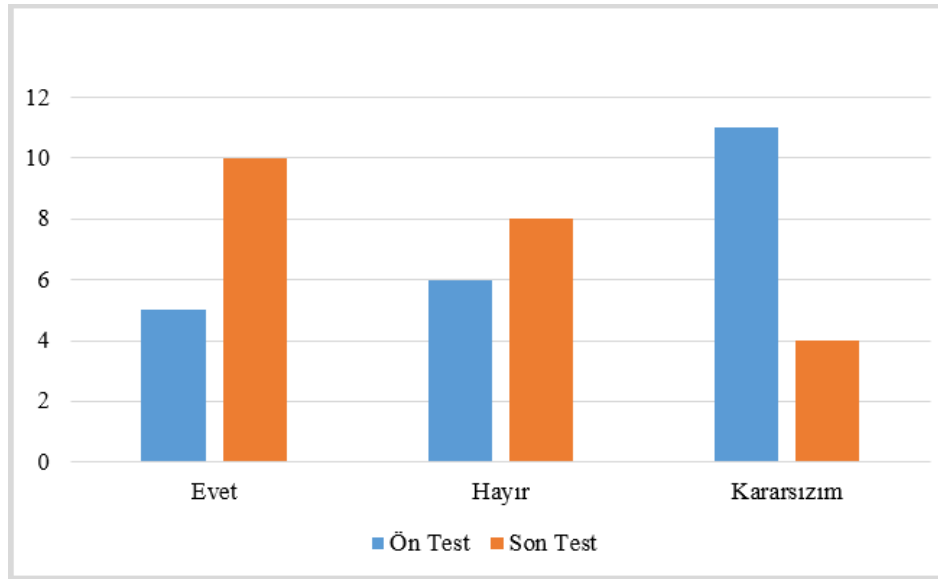
Tablo 1’de öğrencilerin “Nanoteknoloji yaşamımızı nasıl etkiler?” sorusuna verdikleri cevaplara yönelik frekans ve yüzde değerleri yer almaktadır.

Tablo 1. Öğrencilerin Nanoteknolojinin Yaşamımızı Nasıl Etkileyeceğine Yönelik Cevapları

| KATEGORİ | ÖN TEST | | SON TEST | |
|------------------------|---------|-------|----------|-------|
| | f | % | f | % |
| Olumlu | 16 | 72,72 | 14 | 63,63 |
| Olumsuz | 0 | 0,00 | 1 | 4,55 |
| Hem Olumlu Hem Olumsuz | 3 | 13,64 | 6 | 27,27 |
| Kararsızım | 3 | 13,64 | 1 | 4,55 |
| Toplam | 22 | 100 | 22 | 100 |

Tablo 1. incelendiğinde, ön testte nanoteknolojinin hayatımızı olumlu etkileyeceğini düşünen öğrencilerin oranı %72,72, hem olumlu hem olumsuz etkileyeceğini düşünen öğrencilerin oranı %13,64 ve kararsız olduğunu belirten öğrencilerin oranı %13,64 olarak görülürken, son testte günlük hayatı olumlu etkileyeceğini düşünen öğrencilerin oranı %63,63, hem olumlu hem olumsuz etkileyeceğini düşünen öğrencilerin oranı %27,27, olumsuz etkileyeceğini düşünen öğrencilerin oranı %4,55 ve kararsız olduğunu belirten öğrencilerinin oranı %4,55 olarak görülmektedir.

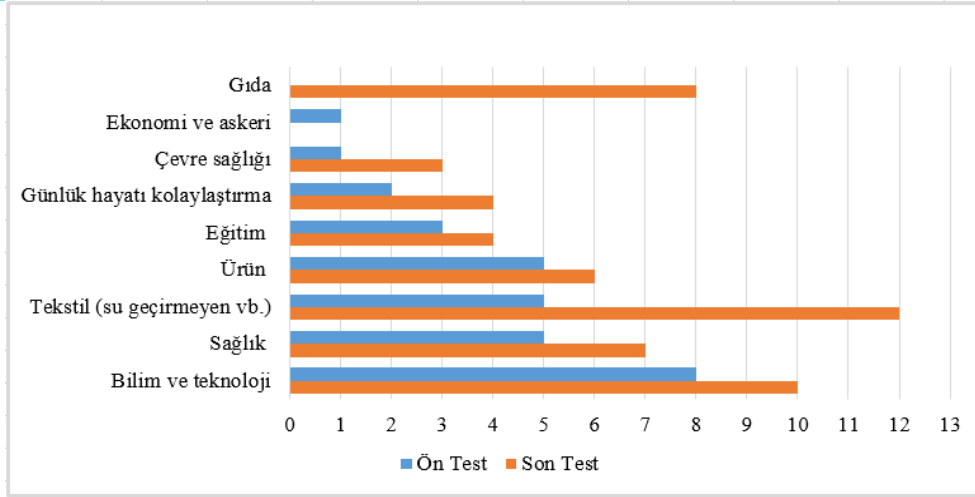
Grafik 2’de öğrencilerin “Nanoteknolojinin faydalarının yanı sıra zararlarının da olduğuna inanıyor musunuz?” sorusuna verdikleri cevaplara yönelik frekans değerleri yer almaktadır.



Grafik 2. Öğrencilerin nanoteknolojinin faydalarının yanı sıra zararlarına yönelik görüşleri

Grafik 2 incelendiğinde, öğrencilerin ön testte verdikleri cevaplarda nanoteknolojinin faydalarının yanı sıra zararlarının da olduğuna inanan 5 öğrenci, sadece faydalı olduğuna inan 6 öğrenci ve bu konuda kararsız olduğunu belirten 11 öğrenci bulunurken, son testte faydalarının yanı sıra zararlarının da olduğuna inanan 10 öğrenci, sadece faydalı olduğuna inan 8 öğrenci ve bu konuda kararsız olduğunu belirten 4 öğrenci bulunduğu görülmektedir.

Grafik 3’te öğrencilerin nanoteknolojinin faydalarına yönelik verdikleri örneklerinin kategorileştirilmiş dağılımının frekans değerleri verilmiştir.



Grafik 3. Öğrencilerin nanoteknolojinin faydalarına yönelik verdikleri örnekler

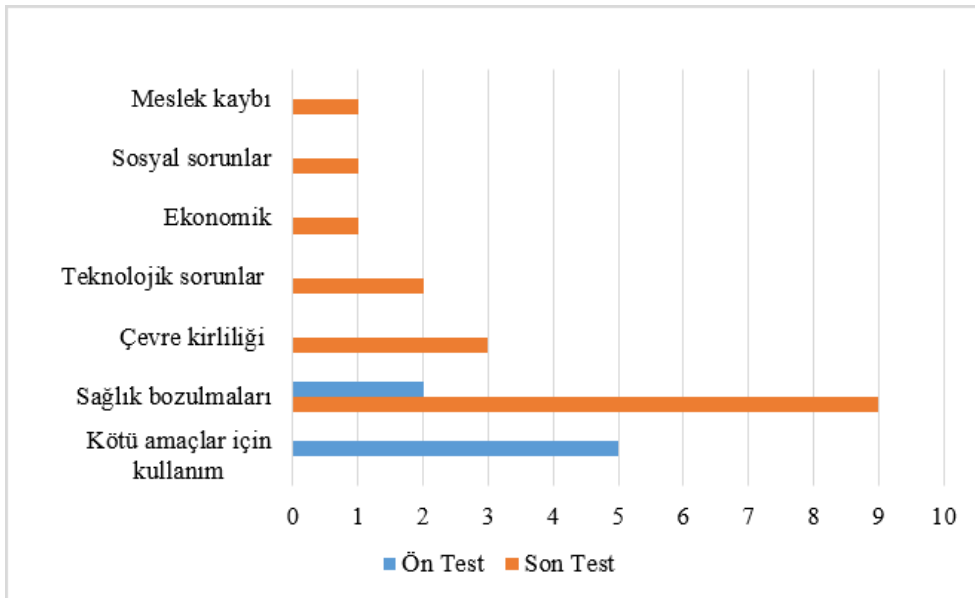
Grafik 3 incelendiğinde, öğrencilerin nanoteknolojinin faydalarına yönelik verdikleri örnekler ön testte, bilim ve teknoloji (f=8), sağlık (f=5), tekstil (f=5), ürün (f=5), günlük hayatı kolaylaştırma (f=2), eğitim (f=3), çevre sağlığı (f=1) ve ekonomi ve askeri (f=1) kategorilerinde toplanırken, son testte bilim ve teknoloji (f=10), sağlık (f=7), tekstil (f=12), ürün (f=6), gıda (f=8), günlük hayatı kolaylaştırma (f=4), eğitim (f=4) ve çevre sağlığı (f=3) kategorileri ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin nanoteknolojinin faydalarına yönelik verdikleri cevapların bazıları şöyledir:

“Yeni gelişmiş teknolojiler oluşur.” (Bilim ve teknoloji, S-18)

“Su tutmayan kumaşlar.” (Tekstil, S-11)

“Gıdaları koruma raf ömrünü uzatma” (Gıda, S-9).

Grafik 4’te öğrencilerin nanoteknolojinin zararlarına yönelik verdikleri örneklerinin kategorileştirilmiş dağılımının frekans değerleri verilmiştir.



Grafik 4. Öğrencilerin nanoteknolojinin zararlarına yönelik verdikleri örnekler

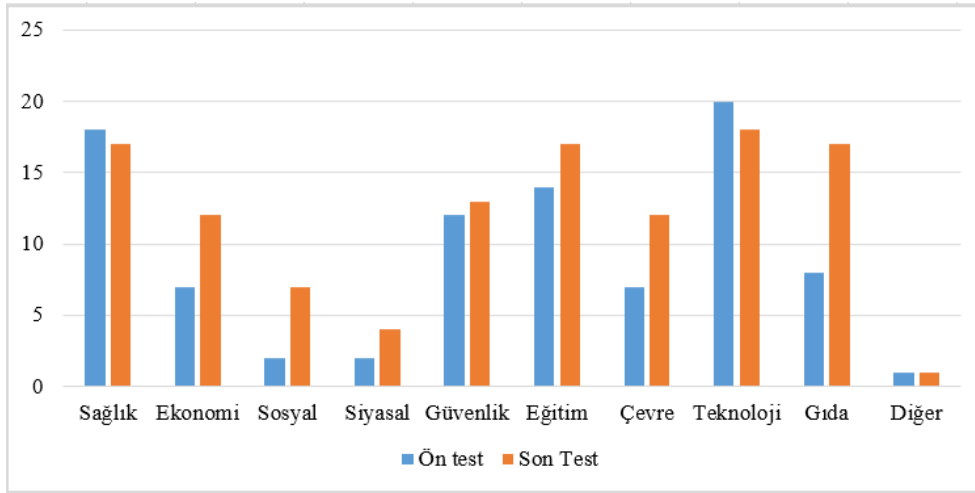
Grafik 4 incelendiğinde öğrencilerin nanoteknolojinin zararlarına yönelik verdikleri örnekler ön testte, kötü amaçlar için kullanım (f=5) ve sağlık bozulmaları (f=2) kategorilerinde toplanırken, son testte sağlık bozulmaları (f=9), çevre kirliliği (f=3), teknolojik sorunlar (f=2), ekonomik (f=1), sosyal sorunlar (f=1) ve meslek kaybı (f=1) kategorilerinde toplanmıştır. Öğrencilerin nanoteknolojinin zararlarına yönelik verdikleri cevapların bazıları şöyledir:

“Kötü insanların kullanımında kötü sonuçlar oluşturur.” (Kötü amaçlar için kullanım, Ö-5)

“İnsanların vücudunda birikebilir.” (Sağlık bozulmaları, S-1)

“Nano boyuttaki araçlar etrafa dağılıp etrafı kirletebilir.” (Çevre kirliliği, S-7)

Grafik 5'te öğrencilerin nanoteknolojinin etkileyebileceği alanlara yönelik verdikleri örneklerinin kategorileştirilmiş dağılımının frekans değerleri verilmiştir.



Grafik 5. Öğrencilerin nanoteknolojinin etkileyebileceği alanlara örnek verebilme durumları

Grafik 5 incelendiğinde öğrencilerin nanoteknolojinin etkileyebileceği alanlar için verdikleri örneklerin ön testte sağlık (f=18), ekonomi (f=7), sosyal (f=2), siyasal (f=2), güvenlik (f=12), eğitim (f=14), çevre (f=7), teknoloji (f=20), gıda (f=8), diğer (f=1) kategorileri ortaya çıkmıştır. Son testte ise örnekler sağlık (f=17), ekonomi (f=12), sosyal (f=7), siyasal (f=4), güvenlik (f=13), eğitim (f=17), çevre (f=12), teknoloji (f=18), gıda (f=17), diğer (f=1) kategorinde toplanmıştır.

“Teknoloji gelişir.” (Bilim ve teknoloji, Ö3)

“Tıbbi ilaçlar” (Sağlık, S21)

“Su tutmayan kumaşlar.” (Tekstil, S11)

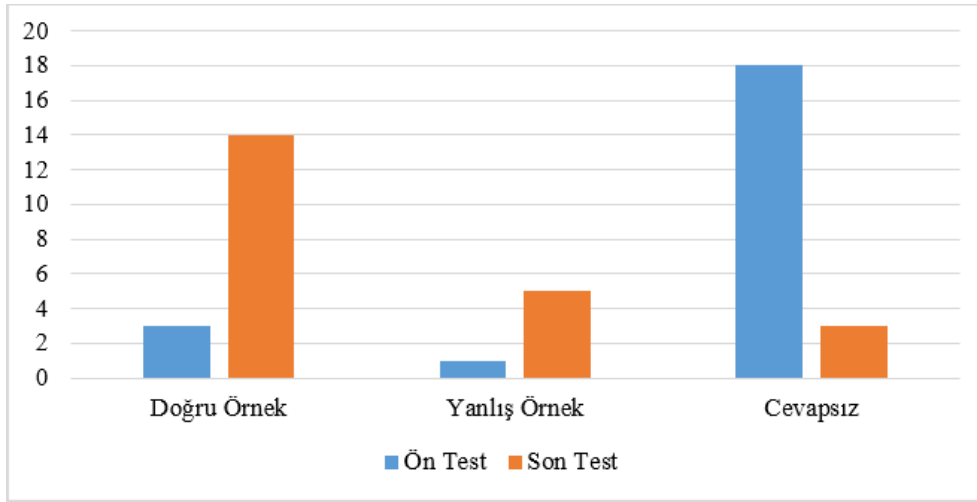
Tablo 2’de öğrencilerin “Nanometre ölçüsünü duydunuz mu?” sorusuna verdikleri cevaplara yönelik frekans ve yüzde değerleri yer almaktadır.

Tablo 2. Öğrencilerin Nanometre Ölçüsünü Duyumlarına Yönelik Durumları

| KATEGORİ | ÖN TEST | | SON TEST | |
|----------------|---------|-------|----------|-------|
| | f | % | f | % |
| Evet | 6 | 27,27 | 21 | 95,45 |
| Hayır | 14 | 63,63 | 1 | 4,55 |
| Hatırlamıyorum | 2 | 9,10 | 0 | 0,00 |
| Toplam | 22 | 100 | 22 | 100 |

Tablo 2 incelendiğinde öğrencilerden nanometre ölçüsünü ön testte duydüğünü belirten 6 öğrenci (%27,27) duymadığını belirten 14 öğrenci (%63,63) ve hatırlamadığını belirten 2 öğrenci (%9,10) olduğu görülürken, son testte duydüğünü belirten 21 öğrenci (%95,45) ve duymadığını belirten 1 öğrenci (%4,55) olduğu görülmektedir.

Grafik 6’da öğrencilerin “Nanometre boyutlarında bir örnek verebilir misiniz?” sorusuna verdikleri örneklerin frekans değerleri yer almaktadır.



Grafik 6. Öğrencilerin nanometre boyutlarında örnek verebilme durumları

Grafik 6’da görüldüğü gibi öğrencilerin nanometre boyutuna verdikleri örnekler “cevapsız”, “doğru örnek” (verdikleri örneklerin boyutu 1-100 nm arasında olanlar), ve “yanlış örnek” olarak kategorize edilmiştir. Uygulama öncesinde, örnek veremeyen 18 öğrenci, doğru örnek veren 3 öğrenci ve yanlış örnek veren 1 öğrenci olduğu görülürken, son testte örnek veremeyen 3 öğrenci, doğru örnek veren 14 öğrenci ve yanlış örnek veren 5 öğrenci olduğu görülmektedir. Öğrencilerin nanometre boyutuna yönelik verdikleri örneklerin bazıları şöyledir:

“Bir küvet tuz taneciğinkilerinin arasındaki bir tuz taneciği.” (Doğru örnek verenler, S-14)

“Saç telinin kalınlığı.” (Yanlış örnek verenler, S-11)

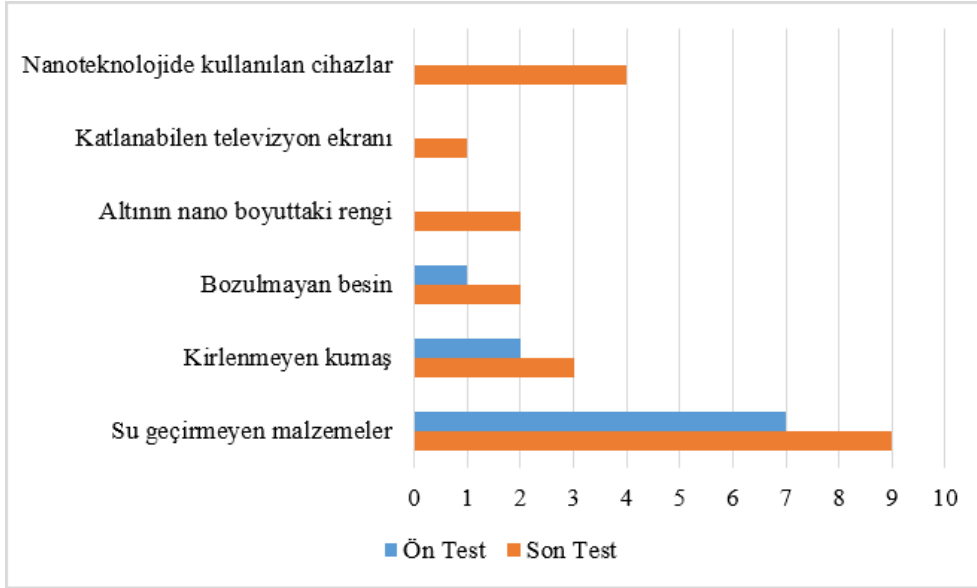
Tablo 3’te öğrencilerin “Bildığınız bir nanoteknoloji uygulaması ya da nanoteknoloji ürünü var mı?” sorusuna verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri yer almaktadır.

Tablo 3. Öğrencilerin Bir Nanoteknoloji Uygulaması ya da Ürünü Bilme Durumları

| KATEGORİ | ÖN TEST | | SON TEST | |
|----------|---------|-------|----------|-------|
| | f | % | f | % |
| Evet | 10 | 45,45 | 16 | 72,73 |
| Hayır | 12 | 54,55 | 6 | 27,27 |
| Toplam | 22 | 100 | 22 | 100 |

Tablo 3 incelendiğinde öğrencilerin bildikleri nanoteknoloji uygulaması ya da ürününe verilen cevaplardan ön testte, evet cevabını veren 10 öğrenci (%45,45) ve hayır cevabını veren 12 öğrenci (%54,55) bulunurken, son testte evet cevabını veren 16 öğrenci (%72,73), hayır cevabını veren 6 öğrenci (%27,27) olduğu görülmektedir.

Grafik 7’de öğrencilerin nanoteknoloji uygulaması ya da nanoteknoloji ürünlerine verdikleri örneklerin kategorileştirilmiş dağılımının frekans değerleri yer almaktadır.



Grafik 7. Öğrencilerin nanoteknoloji uygulaması ya da ürünlerine verdikleri örneklerin kategorik dağılımları

Grafik 7 incelendiğinde, öğrencilerin nanoteknoloji uygulama ya da ürünlerine verdikleri örneklerin ön testte su geçirilmeyen malzemeler (f=7), kirlenmeyen kumaş (f=2) ve bozulmayan besin (f=1) kategorilerinde toplandığı görülürken, son testte su geçirilmeyen malzemeler (f=9), kirlenmeyen kumaş (f=3), nanoteknolojide kullanılan cihazlar (f=4), bozulmayan besin (f=2), altının nano boyuttaki rengi (f=2) ve katlanabilir televizyon ekranı (f=1) kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Öğrencilerin nanoteknoloji uygulaması ya da ürünlerine yönelik verdikleri örneklerin bazıları şöyledir:

“Fiber bez, su tutmaz kıyafet, yağmurlardan etkilenmeyen çantalar, yani su tutmaz.” (Su geçirilmeyen malzemeler, Ö-8)

“Su geçirmez kıyafetler, ıslanmayan kum, hidrofobiklik sağlayan spreiler.” (Su geçirilmeyen malzemeler, S-9)

“FESEM, SEM gibi.” (Nanoteknolojide kullanılan cihazlar, S-4)

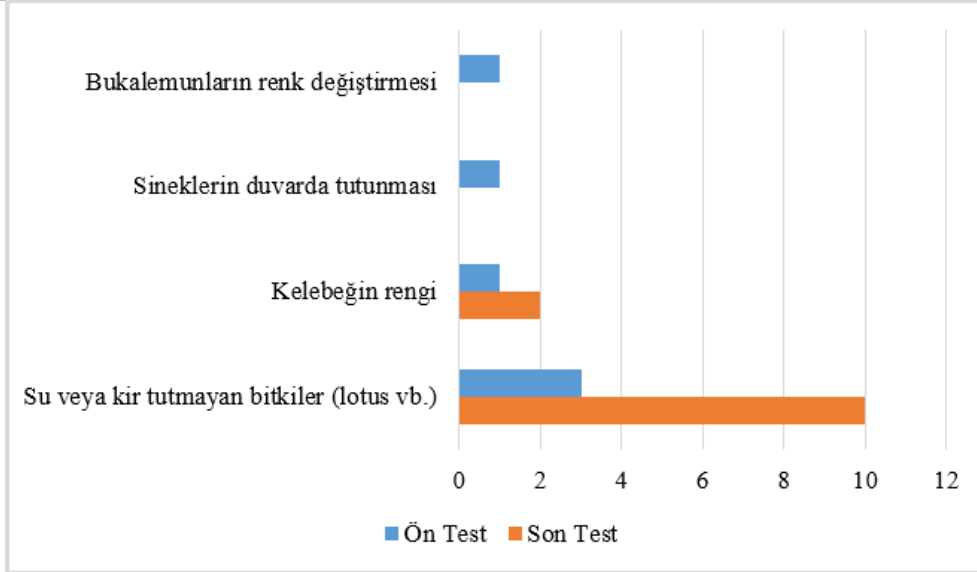
Tablo 4’te öğrencilerin “Doğada nanoteknoloji ürün ya da uygulamalarına rastlayabilir miyiz?” sorusuna verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri yer almaktadır.

Tablo 4. Öğrencilerin Doğada Nanoteknoloji Ürün ya da Uygulamalarına Rastlayabileceklerine Yönelik Görüşleri

| KATEGORİ | ÖN TEST | | SON TEST | |
|------------|---------|-------|----------|-------|
| | f | % | f | % |
| Evet | 7 | 31,82 | 12 | 54,55 |
| Hayır | 4 | 18,18 | 2 | 9,09 |
| Kararsızım | 11 | 50,00 | 8 | 36,36 |
| Toplam | 22 | 100 | 22 | 100 |

Tablo 4 incelendiğinde, öğrencilerin doğada nanoteknoloji ürün ya da uygulamasına rastlanabilme durumuna ön testte, evet cevabı veren öğrenci oranı %31,82, hayır cevabı veren öğrenci oranı %18,18 ve kararsız olan öğrenci oranı %50 olarak görülürken, son testte evet cevabı veren öğrenci oranı %54,55, hayır cevabı veren öğrenci oranı %9,09 ve kararsız olduğunu belirten öğrenci oranı %36,36 olarak görülmektedir.

Grafik 8’de öğrencilerin doğadaki nanoteknoloji ürün ya da uygulamasına verdikleri örneklerin kategorileştirilmiş dağılımının frekans değerleri yer almaktadır.



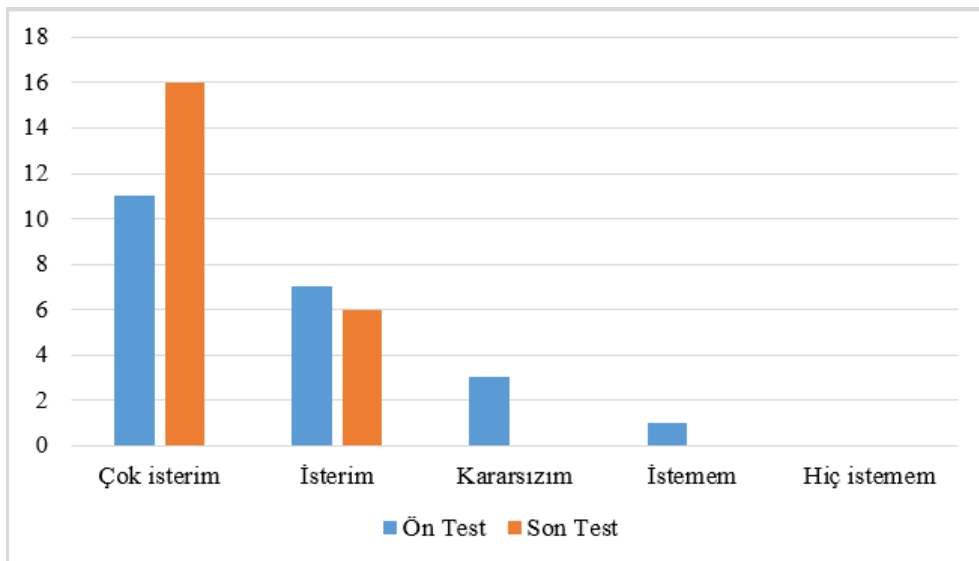
Grafik 8. Öğrencilerin doğadaki nanoteknoloji ürün ya da uygulamalarına verdikleri örnekler

Grafik 8 incelendiğinde, öğrencilerin doğadaki nanoteknoloji ürün ya da uygulamalarına verdikleri örneklerin ön testte, su veya kir tutmayan yapraklar (f=3), kelebeğin rengi (f=1) sineğin duvara tutunması (f=1) ve kertenkelenin renk değiştirmesi (f=1) kategorilerinde, son testte ise su veya kir tutmayan yapraklar (f=10) ve kelebeğin rengi (f=2) kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Öğrencilerin doğadaki nanoteknoloji ürün ya da uygulamasına yönelik verdikleri örneklerin bazıları şöyledir:

“Nilüferin su tutmaması, keleklerin renk dokusu olmadan renkli olması.” (Su veya kir tutmayan bitkiler- kelebeğin rengi, Ö-8)

“Lotus bitkisi, kelek kanadı, nilüfer çiçeği.” (Su veya kir tutmayan bitkiler- kelebeğin rengi, S-3)

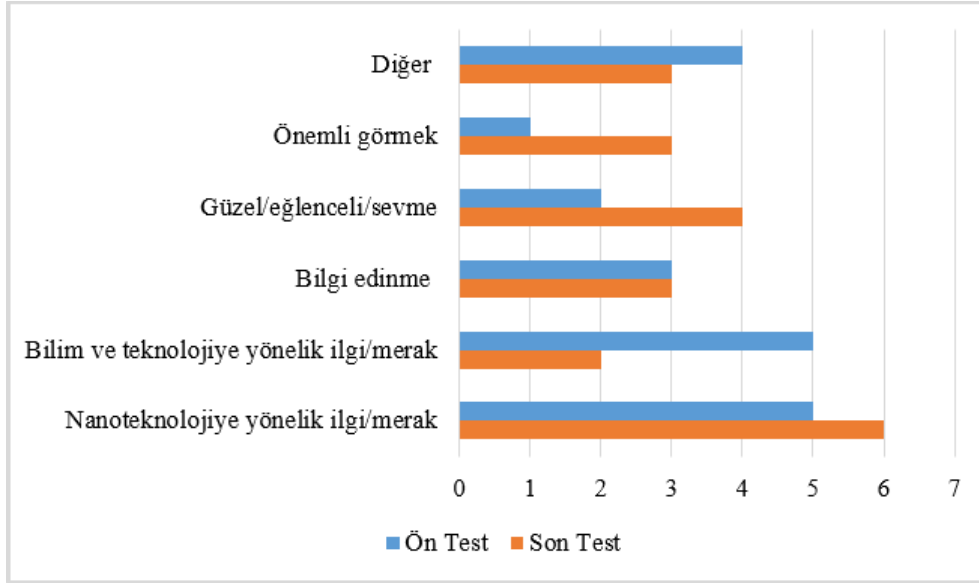
Grafik 9’da öğrencilerin “Okulunuzda nanoteknoloji ile ilgili ders almak ister miydiniz?” sorusuna verdikleri cevapların frekans değerleri yer almaktadır.



Grafik 9. Öğrencilerin okullarında nanoteknoloji ile ilgili ders alma konusundaki düşünceleri

Grafik 9 incelendiğinde, öğrencilerin okullarında nanoteknoloji ile ilgili ders almaya yönelik verdikleri cevapların ön testte çok isterim (f=11), isterim (f=7), kararsızım (f=3) ve istemem (f=1) kategorilerinde toplandığı görülürken, eğitim sonrasında son testte çok isterim (f=16) ve isterim (f=6) kategorilerinde toplandığı görülmektedir.

Grafik 10'da öğrencilerin okullarında nanoteknolojiyle ilgili ders almak isteme nedenlerinin kategorileştirilmiş halinin frekans değerleri yer almaktadır.



Grafik 10. Öğrencilerin okullarında nanoteknoloji ile ilgili ders almak isteme nedenleri

Grafik 10 incelendiğinde, öğrencilerin nanoteknoloji ile ilgili ders alma isteklerinin nedenleri ön testte, nanoteknolojiye yönelik ilgi/merak (f=5), bilim ve teknolojiye yönelik ilgi/merak (f=5), bilgi edinme, güzel/eğlenceli/sevme (f=2), önemli görmek (f=1) ve diğer (f=4) kategorilerinde toplanırken, son testte, nanoteknolojiye yönelik ilgi/merak (f=6), bilim ve teknolojiye yönelik ilgi/merak (f=2), bilgi edinme (f=3), güzel/eğlenceli/sevme (f=4), önemli görmek (f=3) ve diğer (f=4) kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Öğrencilerin nanoteknolojiyle ilgili ders almak isteme nedenlerine yönelik verdikleri cevapların bazıları şöyledir:

“Nano kelimesi bana çok ilginç geliyor o yüzden isterim.” (Nanoteknolojiye yönelik ilgi/merak, Ö-4)

“Çünkü nanoteknoloji tam bana göre bir alan.” (Nanoteknolojiye yönelik ilgi/merak, S-13)

“Çünkü bilimsel deneyleri seviyorum.” (Bilim ve teknolojiye yönelik ilgi/merak, Ö-3)

“Herkesin gelişmesi.” (Diğer, S-22)

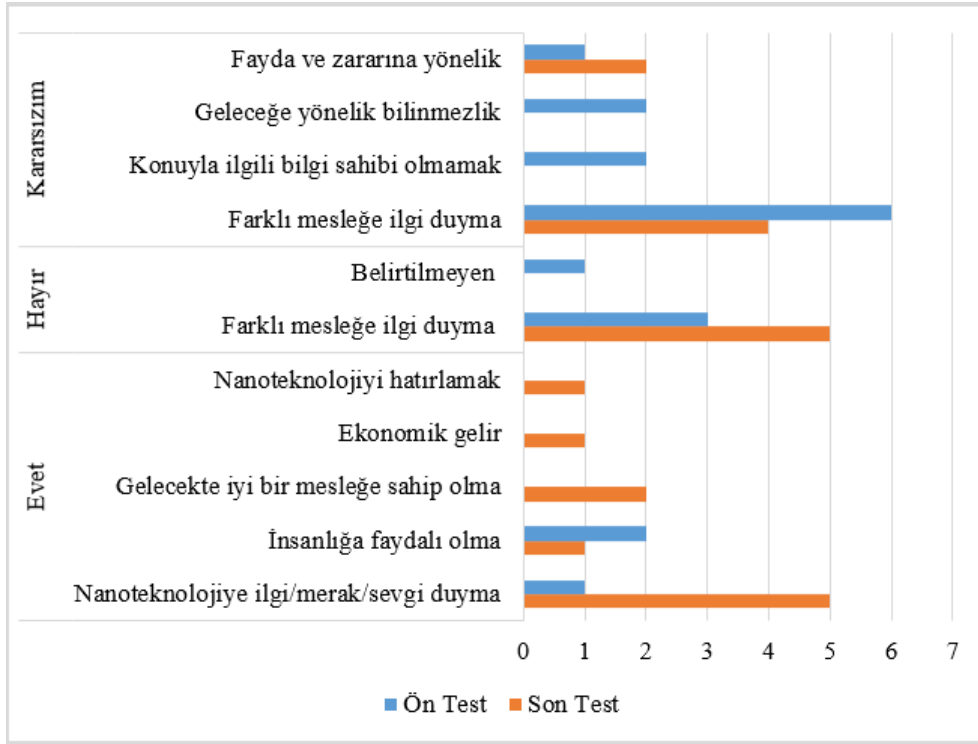
Tablo 5’te öğrencilerin “Sizce gelecekte nanoteknoloji alanında yeni meslekler ortaya çıkabilir mi?” sorusuna verdikleri cevapların frekans ve yüzde değerleri yer almaktadır.

Tablo 5. Öğrencilerin Gelecekte Nanoteknoloji Alanında Yeni Meslekler Ortaya Çıkabilmesine Yönelik Görüşleri

| KATEGORİ | ÖN TEST | | SON TEST | |
|------------|---------|-------|----------|-------|
| | f | % | f | % |
| Evet | 8 | 36,36 | 10 | 45,45 |
| Hayır | 0 | 0,00 | 1 | 4,55 |
| Kararsızım | 14 | 63,64 | 11 | 50,00 |
| Toplam | 22 | 100 | 22 | 100 |

Tablo 5 incelendiğinde, gelecekte nanoteknoloji alanında yeni mesleklerin ortaya çıkma durumuna yönelik ön testte, evet cevabı veren öğrenci oranının %36,36 ve kararsız olan öğrenci oranının %63,64 olduğu görülürken, son testte evet cevabı veren öğrenci oranının 45,45, hayır cevabı veren öğrenci oranının %4,55 ve kararsız olduğunu belirten öğrenci oranının %50 olduğu görülmektedir.

Grafik 11’de öğrencilerin gelecekte nanoteknoloji alanında yeni ortaya çıkabilecek mesleklerde çalışmak isteme veya istememe nedenlerinin kategorileştirilmiş dağılımlarının frekans ve yüzde değerleri yer almaktadır.



Grafik 11. Öğrencilerin gelecekte nanoteknoloji alanında yeni ortaya çıkabilecek mesleklerde çalışmak isteme veya istememe nedenleri

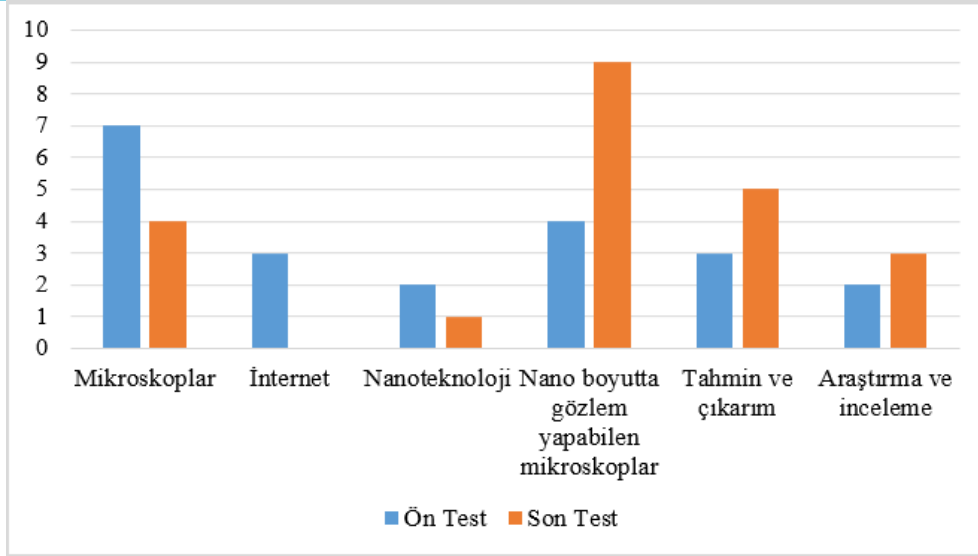
Grafik 11 incelendiğinde, öğrencilerin gelecekte nanoteknoloji alanında ortaya çıkabilecek bir meslekte çalışmayı isteme nedenlerinin ön testte nanoteknolojiye ilgi/merak/sevgi duyma ($f=1$) ve insanlığa faydalı olma ($f=2$) kategorilerinde toplandığı görülürken son testte nanoteknolojiye ilgi/merak/sevgi duyma ($f=5$), insanlığa faydalı olma ($f=1$), gelecekte iyi bir mesleğe sahip olma ($f=2$), ekonomik gelir ($f=1$) ve nanoteknolojiyi hatırlamak ($f=1$) kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Öğrencilerin gelecekte nanoteknoloji alanında ortaya çıkabilecek bir meslekte çalışmayı istememe nedenleri ön testte farklı mesleğe ilgi duyma ($f=5$), ve belirtmeyen ($f=1$) olduğu görülürken son testte farklı mesleğe ilgi duyma ($f=5$) olduğu görülmektedir. Öğrencilerin gelecekte nanoteknoloji alanında ortaya çıkabilecek bir meslekte çalışmada kararsız olma nedenleri ön testte farklı mesleğe ilgi duyma ($f=5$), konu ile ilgili bilgi sahibi olmamak ($f=2$), geleceğe yönelik bilinmezlik ($f=2$) ve fayda ve zararlarına yönelik ($f=1$) kategorilerinde toplanırken, son testte farklı mesleğe ilgi duyma ($f=4$) ve fayda ve zararlarına yönelik ($f=2$) kategorilerinde toplandığı görülmektedir. Öğrencilerin gelecekte nanoteknoloji alanında yeni ortaya çıkabilecek mesleklerde çalışmak isteme veya istememe nedenlerine verdikleri örneklerin bazıları şöyledir:

“Bu alana karşı ilgi duyuyorum ve bu alanın gelişmesi sonucunda gelecek nesillere daha gelişmiş bir dünya bırakabileceğimize inanıyorum.” (Nanoteknolojiye ilgi/merak/sevgi duyma, S-14)

“Başka meslekte çalışmak istiyorum.” (Farklı mesleğe ilgi duyma, Ö-21)

“Fazla bilgim yok.” (Konu ile ilgili fazla bilgi sahibi olmamak, Ö-4)

Grafik 12’de öğrencilerin “Tüm maddelerin atomdan oluştuğu söyleniyor. Sizce atomların varlığından nasıl emin olabiliriz?” sorusuna verdikleri cevapların frekansları yer almaktadır.



Grafik 12. Öğrencilerin atomların varlığından emin olmak için kullanacakları yöntemler

Grafik 12 incelendiğinde, öğrencilerin atomların varlığından emin olmak için kullanılabilecekleri yöntemlerin ön testte, mikroskoplar (f=7), internet (f=3), nanoteknoloji (f=2), nano boyutta gözlem yapabilen mikroskoplar (f=4), tahmin ve çıkarım (f=3) ve araştırma ve inceleme (f=2) olduğu görülürken, son testte, mikroskoplar (f=4), nanoteknoloji (f=1), nano boyutta gözlem yapabilen mikroskoplar (f=9), tahmin ve çıkarım (f=5) ve araştırma ve inceleme (f=3) olduğu görülmektedir. Öğrencilerin atomun varlığından emin olabilmek için kullanacakları yöntemlere yollara yönelik verdikleri örneklerin bazıları şöyledir:

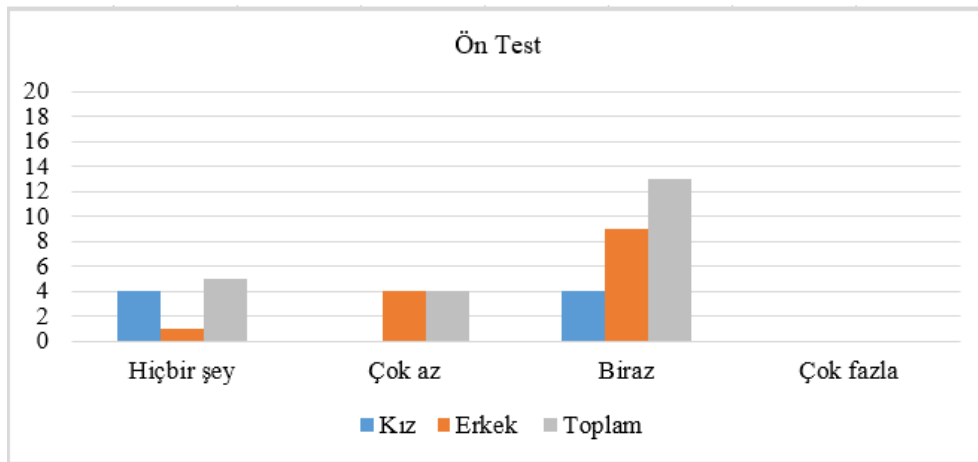
“Mikroskoplarla gördüğümüz için.” (Mikroskoplar, Ö-6)

“SEM görüntüsüne bakarak” (Nano boyutta gözlem yapabilen mikroskoplar, S-19)

“Çünkü eğer bir bina tuğlalardan oluşuyorsa tuğlalarda daha küçük parçalardan oluşur.” (Tahmin ve çıkarım, S-5)

Nanoteknoloji Farkındalık Anketinden Elde Edilen Bulgular

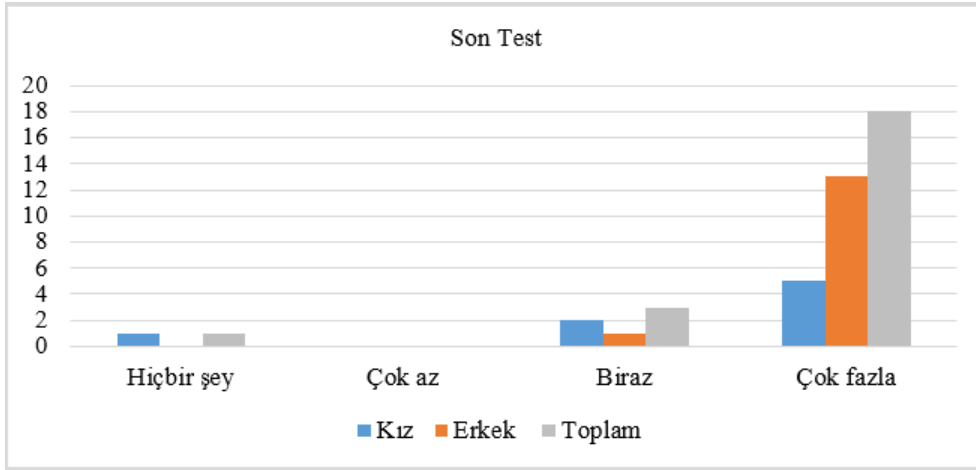
Öğrencilerin nanoteknoloji hakkında duyularının ne kadar olduğu, nanoteknoloji farkındalık anketinde yer alan 1. soru maddesi “Bugüne kadar nanoteknoloji hakkında ne kadar şey duydunuz?” ile ilgili ön teste ait bulgular Grafik 13’te verilmiştir.



Grafik 13. Nanoteknoloji hakkında ne kadar duyum sahibi oldukları ile ilgili ön teste ait bulgular

Grafik 13 incelendiğinde ön testte kız öğrencilerin yarısının (f=4, %50) nanoteknoloji ile ilgili “hiçbir şey” duymadığı görülürken, diğer yarısının ise (f=4, %50) “biraz” duyum sahibi olduğunu görülmektedir. Erkek öğrencilerin yarısının (f=9, %50) nanoteknoloji hakkında “biraz” duyum sahibi oldukları görülmektedir. Ayrıca tüm öğrencilerin büyük çoğunluğunun (f=13, %59) nanoteknoloji hakkında “biraz” duyum sahibi oldukları tespit edilmiştir.

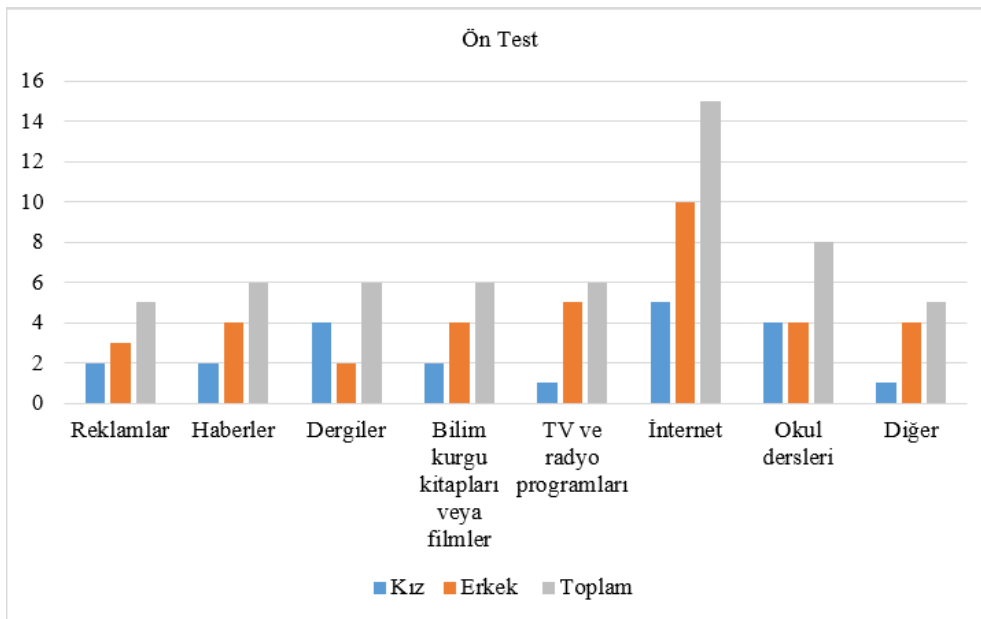
Öğrencilerin nanoteknoloji farkındalık anketinde nanoteknoloji hakkında ne kadar duyum sahibi oldukları ile ilgili son teste ait bulgular Grafik 14’te verilmiştir.



Grafik 14. Nanoteknoloji hakkında ne kadar duyum sahibi oldukları ile ilgili son teste ait bulgular

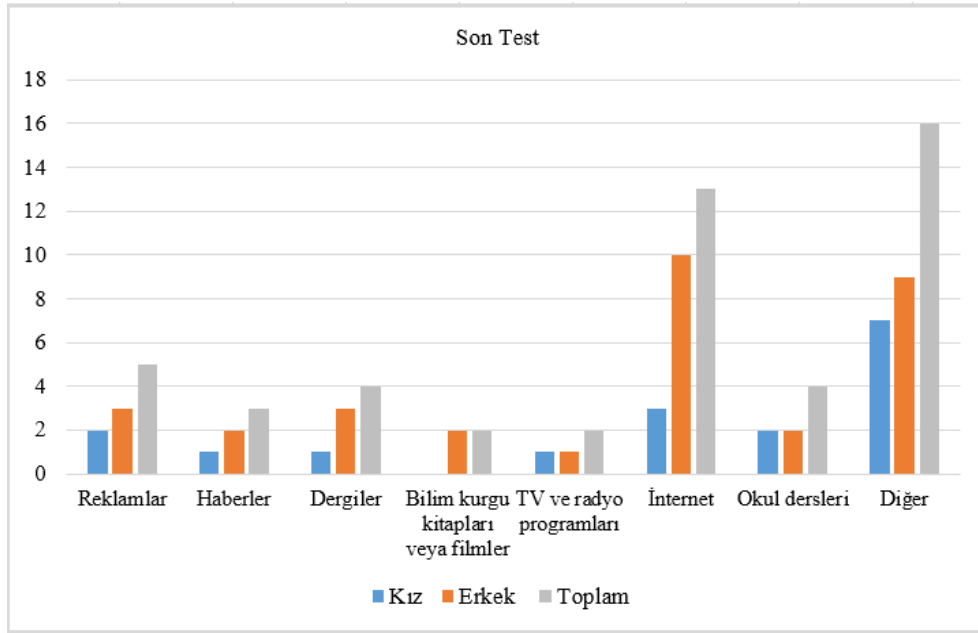
Grafik 14 incelendiğinde; kız öğrencilerin büyük çoğunluğunun (f=5, %62,5) nanoteknoloji hakkında “çok fazla” duyum sahibi oldukları görülürken, erkek öğrencilerin büyük çoğunluğunun da (f=13, %92,86) nanoteknoloji hakkında “çok fazla” duyum sahibi oldukları görülmektedir. Ayrıca tüm öğrencilerin büyük çoğunluğunun (f=18, %81,82) nanoteknoloji hakkında “çok fazla” duyumuna sahip olduğu tespit edilmiştir.

Nanoteknoloji hakkında bilgi sahibi olduğu belirlenen öğrencilerin, ön test ve son testte bu alandaki ilk duyum kaynaklarına yönelik verdikleri cevaplar değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular Grafik 15 ve Grafik 16’da verilmiştir.



Grafik 15. Öğrencilerin nanoteknoloji duyumları ile ilgili farkındalık anket maddesine verilen ön teste ait cevapların dağılımı

Grafik 15 incelendiğinde ön testte kız öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyularını daha çok internetten (f=5, %23,82), okuldaki derslerden (f=4, %19,05) ve dergilerden (f=4, %19,05) elde ettikleri görülürken, erkek öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyularını daha çok internetten (f=10, %27,82), TV ve radyo programlarından (f=5, %13,89) elde ettikleri görülmektedir. Ayrıca tüm öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyularını çoğunlukla internetten (f=15, %26,32) ve okul derslerinden (f=8, %14,04) elde ettikleri görülmektedir.



Grafik 16. Öğrencilerin nanoteknoloji duyularını ile ilgili farkındalık anket maddesine verilen son teste ait cevapların dağılımı

Grafik 16 incelendiğinde son testte kız öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyularını daha çok diğer (f=7, %41,18) seçeneğini işaretleyerek ankette yer almayan farklı bir kaynaktan (nanookul) elde ettiklerini belirttikleri görülmektedir. Bunun yanında kız öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyum kaynaklarının internet (f=3, %17,65), reklamlar (f=2, %11,76) ve okul dersleri (f=2, %11,76) şeklinde devam ettiği görülmektedir. Erkek öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyularının daha çok internet (f=10, %31,25) ve diğer (f=9, %28,13) seçeneğini işaretleyerek (nanookul vb.) elde ettiklerini belirttikleri görülmektedir. Toplam öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki duyularının ise daha çok diğer (f=16, %32,65) seçeneğini işaretleyerek nanookul gibi kaynaktan ve internetten (f=13, %26,53) elde ettikleri görülmektedir.

Öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerini tespit etmek amacıyla uygulanan nanoteknoloji farkındalık anketinde yer alan “Öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik farkındalık puanları ön test ve son test arasında anlamlı bir farklılık göstermekte midir?” sorusuna ait bulguların çıkarımsal analizi yapılmıştır. Öğrencilerin nanoteknoloji farkındalık anketinden almış oldukları ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için veriler parametrik olmayan testlerden Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılarak analiz edilmiş ve analiz sonucu .05 anlamlılık seviyesine göre yorumlanmıştır. ZÖÖ’da gerçekleştirilen nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi öncesi ve sonrası öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık anketi puanlarına ait Wilcoxon işaretli sıralar testi sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Nanoteknoloji Farkındalık Anketi Puanlarına Ait Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

| SON TEST-ÖN TEST | N | SIRA ORTALAMASI | SIRA TOPLAMI | Z | P |
|------------------|----|-----------------|--------------|--------|------|
| Negatif Sıra | 0 | 0 | 0 | -4,04* | ,000 |
| Pozitif Sıra | 21 | 11 | 231 | | |

| | |
|--------|----|
| Eşit | 1 |
| Toplam | 22 |

*Pozitif sıra temeline dayalı

Tablo 6'ya göre, ZÖO-NBTE öncesinde ve sonrasında nanoteknoloji farkındalık anketinden aynı puanı alan öğrenci sayısının 1 olduğu görülürken, son test puanı ön test puanından yüksek olan öğrencilerin sayısının 21 olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak son test puanı ön test puanından düşük olan öğrencinin bulunmadığı görülmektedir.

Öğrencilerin ZÖO-NBTE öncesi ve sonrası nanoteknoloji farkındalık anketinden aldıkları toplam puanlar arasında anlamlı fark bulunmaktadır ($z=-4,04$; $p<.05$). Fark puanlarının sıra toplamları ve sıra ortalamaları incelendiğinde, görülen bu farkın pozitif sıralar, yani nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık anketi son test toplam puanları lehine olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin nanoteknoloji farkındalık anketinden aldıkları ön test ve son test puanları arasında cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için elde edilen veriler parametrik testlerden bağımsız t testi kullanılarak analiz edilmiştir. "Öğrencilerin nanoteknoloji farkındalıkları cinsiyete göre farklılık göstermekte midir?" sorusuna ait bulgular Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Nanoteknoloji Farkındalık Anketinin Cinsiyet Değişkenine İlişkin Bağımsız t Testine Ait Bulgular

| | CİNSİYET | n | \bar{X} | S | sd | t | p |
|----------|----------|----|-----------|------|----|------|------|
| Ön test | Kız | 8 | 4,63 | 1,51 | 20 | 1,65 | ,849 |
| | Erkek | 14 | 3,50 | 1,56 | | | |
| Son test | Kız | 8 | 6,63 | ,517 | 20 | ,161 | ,126 |
| | Erkek | 14 | 6,57 | ,851 | | | |

Tablo 7'ye göre farkındalık anketinden alınan ön test puanlarının cinsiyet değişkenine göre kız öğrenciler ($\bar{X}=4,63$) ile erkek öğrenciler ($\bar{X}=3,50$) arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır [$t(20):1,65$, $p>.05$]. Bunun yanında farkındalık anketinden alınan son test puanlarının cinsiyet değişkenine göre kız öğrenciler ($\bar{X}=6,63$) ile erkek öğrenciler ($\bar{X}=6,57$) arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır [$t(20):,161$, $p>.05$].

TARTIŞMA / SONUÇ / ÖNERİ

Öğrenci Görüş Formuna Ait Sonuçlar

ZÖO-NBTE öncesinde nanoteknoloji kavramının öğrenciler için bilim ve teknoloji ile ilgili çağrışımlar yaptığı, öğrencilerin çoğunluğunun nanometre kavramını daha önce duymadıkları ve nanometre boyutuna örnek veremedikleri görülmüştür. Gerçekleştirilen eğitim sonrasında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili çağrışımları ölçü birimi olarak değişirken, nanometre boyutuna yönelik verilen örneklerdeki doğru cevap sayısı artmıştır. Şenel Zor'un (2017), yaptığı çalışmada, nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili verilen eğitim sonrasında öğretmen adaylarının nanoteknoloji terimlerine yönelik daha bilimsel tanımlar yapmaları ve nanoboyuta yönelik daha doğru örnekler vermeleri mevcut araştırmanın sonuçları ile paralellik göstermektedir. ZÖO-NBTE kapsamında öğrenciler; nanobilim, nanoteknoloji, nanometre, nanoboyut gibi kavramlar, bu kavramların çeşitli bağlamlardaki kullanımları ve bu kavramları somutlaştırmalarına yardımcı olabilecek nitelikte örneklerle sıklıkla karşılaşmışlardır. Özellikle nanoboyut konusunun nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin temelini oluşturması (Wansom vd., 2009) nedeniyle, boyut ile ilgili tahmin ve sıralama etkinliklerine yoğun bir şekilde yer verilmiştir. Bu durum öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarını ölçü birimi ile ilişkilendirmelerini ve bu kavramlarla ilgili daha doğru örnekler sunmalarını sağlamış olabilir. Ayrıca eğitim sonrasında hem bu kavramların öğrencilerin cevaplarına boyut olarak yansması hem de nano boyuta verilen doğru örneklerdeki artış, öğrencilerin bu kavramlarla ilgili anlayışlarının geliştiğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

ZÖO-NBTE öncesinde ve sonrasında öğrencilerin çoğunluğu nanoteknolojinin hayatlarını olumlu etkileyeceğini düşünürken, eğitim sonrasında bu konuda kararsız olan öğrenci sayısı azalarak hem olumlu hem olumsuz etkileyebileceğini düşünen öğrenci sayısı artmıştır. Ayrıca ZÖO-NBTE öncesinde öğrencilerin

çoğunluğu nanoteknolojinin faydalarının yanı sıra zararlarının da olabileceği konusunda kararsız kalırken eğitim sonrasında fayda ve zararları yönündeki iki görüşün de arttığı ancak faydalarının yanında zararlarının da olabileceğini düşünen öğrenci sayısının daha çok arttığı görülmüştür. Nanoteknoloji ile ilgili konularda tarafsız bilgiler edinildiğinde faydalarının yanında zararlarının da olabileceği öğrenciler tarafından fark edilebilmektedir. ZÖO-NBTE ile öğrenciler nanobilim ve nanoteknoloji uygulamaları, bu uygulamaların avantajları, dezavantajları ve toplum üzerindeki farklı etkilerini inceleme ve düşünme fırsatı buldukları etkinliklere katılmışlardır. Bu tür etkinlikler öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili anlayışlarının ve bakış açılarının gelişmesini, bu doğrultuda bu konuların etkilerine yönelik yorumlarının değişimini desteklemiş olabilir. Literatürde nanoteknolojinin faydalarının zararlarından fazla olabileceği sonucuna ulaşılan çalışmalar bulunmaktadır (Besley, vd., 2007; Cobb ve Macoubrie, 2004; Ekli & Şahin, 2010; Farshchi vd., 2011; Kahan vd., 2007; Macoubrie, 2006; Senocak, 2014; Şenel Zor, 2017). Çalışmamıza paralel olarak nanoteknolojiyi tanıtmak amacıyla düzenlediği çalışmada, Şenocak (2015) uygulama öncesinde fen bilimleri öğretmen adaylarının çoğunluğu nanoteknolojinin riskleri ve faydaları hakkında “hiçbir fikirleri olmadığını” belirtirken, uygulama sonrasında nanoteknolojinin olumlu etkileri lehine yanıt vermişlerdir. Araştırmanın sonuçları, uygulama sonrasında öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik anlayışlarının geliştiğini göstermiştir.

ZÖO-NBTE öncesinde öğrenciler nanoteknolojinin faydalarına yönelik çoğunlukla “bilim ve teknoloji” ve “sağlık” alanlarında örnekler verirken eğitim sonrasında verilen örneklerin çoğunluğu “tekstil” alanında yoğunlaşmıştır. Öğretim uygulamaları kapsamında katılımcıların çeşitli alanlardan nanoteknoloji uygulamalarına yönelik örneklerle karşılaşmaları, bu örnekler üzerine tartışmalara katılmaları, yeni malzemeler ve bunların uygulamaları ile tanışmaları nanobilim ve nanoteknoloji anlayışlarının gelişmesini sağlayabilir (Şenel Zor, 2017). Dolayısıyla örneklerin tekstil alanında yoğunlaşması, ZÖO-NBTE programında yer alan ve öğrencilere nanoteknolojinin tekstil alanındaki uygulamalarını deneyimleme olanağı tanıyan etkinliklerle ilişkilendirilebilir. Zararlarına yönelik örneklerinde ise uygulama öncesi en çok kötü amaçlar için kullanılabilir olması yönünde örnekler verirken ZÖO-NBTE sonrasında daha çok sağlık bozulmaları üzerine örneklerin arttığı görülmüştür. Ateş ve Üce (2015) nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yaptıkları çalışmada, öğrencilerin çoğunluğunun fayda ve risklerinin birlikte ele alınması gerektiği düşüncesinde olduğunu ortaya koymuştur. Roco ve Bainbridge (2001) tarafından belirtildiği gibi nanoteknoloji, istedik yararlar sağlarken, istenmeyen bazı yan sonuçlara da sebep olabilmektedir. Nanoteknolojinin avantajları ve bu avantajlarının yanında zararlarının da dikkate alınması önemlidir (Wolbring 2007). Mevcut çalışmada bu düşüncelere paralel olarak öğrenciler ZÖO-NBTE sonrasında nanoteknolojinin kötüye kullanımının yanı sıra gelişen bu yeni teknolojilerin bazı olumsuz yan etkilere de sahip olabileceğinin farkına varmışlardır. Öğrencilerin çoğunluğunun faydalarının yanında zararlarının da olabileceğine yönelik görüş bildirmeleri, nanoboyutu ve nanoteknolojiyi tanımaları, bu konuların istedik ve istenmedik sonuçlar doğurabileceğini yorumlayabilmeleriyle ilişkilendirilebilir.

ZÖO-NBTE öncesinde öğrenciler nanoteknolojinin etkileyebileceği alanların çoğunlukla teknoloji, sağlık ve eğitim olduğunu düşünürken eğitim sonrasında teknoloji, sağlık, gıda ve eğitim olarak görüşlerini belirttikleri görülmektedir. Bunların yanı sıra eğitim sonrasında öğrencilerin nanoteknolojinin gıda, günlük hayatı kolaylaştırma ve çevre sağlığı gibi alanları da etkileyebileceği konusundaki düşüncelerinde artış olduğu görülmektedir. Bu durum öğrencilerin nanobilim ve nanoteknolojinin kullanım alanlarını bilmemelerinden veya bu alanlarda yapılan çalışmalardan habersiz olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Bu sebep öğrencilerin gelecekte ortaya çıkabilecek meslekler konusunda kararsız olmalarının da sebebi olabilir. ZÖO-NBTE sonrasında öğrencilerin yeni meslek gruplarının ortaya çıkabileceği yönündeki görüşleri de artmıştır. ZÖO-NBTE sonrasında öğrencilerin ortaya çıkmış ve çıkabilecek bu meslek gruplarında çalışma isteklerinin arttığı görülmüştür. Bu olumlu görüşler çoğunlukla ilgi ve merak kaynaklı olarak ortaya çıkarken, olumsuz veya kararsız görüşlerin ortaya çıkmasında daha çok farklı mesleklere ilgi duyma etkili olmuştur. Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimindeki uygulamalı etkinlikler ve materyal kullanımı öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik ilgi düzeylerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Cheng vd., 2014; Hutchinson vd., 2007). Dolayısıyla bu çalışmada da hazırlanan ZÖO

kapsamında gerçekleştirilen farklı türdeki etkinlikler, öğrencilerin buldukları laboratuvar ortamları ve bu ortamlarda kullandıkları cihazlar, bu konulara yönelik ilgi ve meraklarını uyandıran önemli etkenler olarak görülebilir.

ZÖO-NBTE öncesinde öğrencilerin çoğunluğunun herhangi bir nanoteknoloji ürünü ya da uygulaması ve doğadaki yansımalarına yönelik örnekler hakkında kararsız görüş bildirdikleri ve verilen örneklerin daha çok su veya kir tutmama ile sınırlı kaldığı görülmüştür. ZÖO-NBTE sonrasında verilen örnekler artarak çeşitlenmiştir. ZÖO-NBTE öncesinde verilen örneklerin su ve kir tutmama ile kısıtlı olmasının nedeninin, öğrencilerin nanoteknoloji ile ilgili bilgileri çoğunlukla televizyon, internet gibi medya kaynaklarından edinmiş olmaları ve medyanın da daha çok tekstil ürünleri ve boya sanayine yönelik reklamlar içermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Eğitim sonrasında öğrencilerin laboratuvar ortamındaki etkinliklere katılımları farklı nanoteknoloji ürünleri görmüş olmaları ve bilgi düzeylerindeki artış verdikleri örneklerin çeşitlenmesini sağlamış olabilir.

ZÖO-NBTE öncesinde öğrenciler atomların varlığından emin olmak için çoğunlukla mikroskopları kullanabileceklerini belirtirken eğitim sonrasında nano boyutta gözlem yapabilen cihazlar ile emin olacaklarını belirtmişlerdir. Şenel Zor (2017) tarafından öğretmen adayları ile yapılan çalışmada, gerçekleştirilen eğitim kapsamında atomik kuvvet mikroskobunun çalışma prensibini göstermek amacıyla yapılan etkinlikler, sunumlar ve videolar sonrasında nanoboyutta gözlem yapmak için yararlanılabilecek cihazlar ile ilgili sorulara verilen cevapların sayısının ve niteliğinin arttığı görülmüştür. Mevcut çalışmada ZÖO’da öğrencilerin nano ölçekte görüntüleme işlemleri yapabilen Atomik Kuvvet Mikroskobu, Taramalı Elektron Mikroskobu ve Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu gibi cihazlarda çeşitli nesnelere gözlemlenmeleri bu görüşlerindeki değişim ve gelişim ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca ZÖO-NBTE sonrasında tüm öğrencilerin nanoteknoloji konusunda okullarında ders almak istedikleri görülmektedir. Tekelioğlu (2019) yaptığı çalışmada nanoteknoloji etkinliklerinin öğrencilerin çoğunluğunda olumlu etki bıraktığını, Spyrtou vd. (2021) ise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili ders almak istediklerini belirtmiştir. Bu da öğrencilerin ZÖO-NBTE’nde gerçekleştirilen etkinliklerle konuyu öğrenmeye daha çok istekli olduklarının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Öğrenci görüş formundan elde edilen bulgular genel olarak yorumlandığında; ZÖO-NBTE’nin öğrencilerin temel nanobilim ve nanoteknoloji kavramları, uygulamaları ve nano boyutta görüntüleme yöntemleri gibi çeşitli konulara yönelik, ilgi, görüş ve anlayışlarında olumlu gelişmelere neden olduğu söylenebilir.

Nanoteknoloji Farkındalık Anketine Ait Sonuçlar

Öğrencilerin nanoteknoloji hakkında ne kadar duyum sahibi oldukları incelendiğinde ön testte öğrencilerin çoğunluğunun “biraz” duyum sahibi oldukları görülürken, son testte ise öğrencilerin çoğunluğunun “çok fazla” duyum sahibi oldukları görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde nanoteknolojiye yönelik farkındalık, “nano” kavramlarıyla ilgili duyumla ilişkilendirilmiştir. Farshchi ve diğerleri (2011) İran toplumunun nanoteknolojiye yönelik farkındalık ve tutumlarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada halkın büyük çoğunluğunun nanoteknoloji hakkında duyumlarının çok az olduğu ve farkındalık düzeylerinin düşük olduğu sonucuna varmışlardır. Senocak (2014) ise Türk halkının nanoteknoloji kavramlarına yönelik anlayışlarını değerlendirebilmek amacıyla yaptığı çalışmada, Türk halkının büyük çoğunluğunun nanoteknoloji kavramlarını hiç duymadığını ya da çok az duyduğunu tespit etmiştir. Benzer olarak Ekli (2010), ilköğretim öğrencilerinin temel bilgi ve görüşlerini incelediği çalışmasında ilköğretim öğrencilerinin büyük çoğunluğunun nanoteknoloji hakkında çok az duyumuna sahip olduklarını belirlemiştir. Şenel Zor (2017), fen bilimleri öğretmen adayları ile yaptığı etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin, nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarına etkisini incelediği çalışmada, uygulanan eğitim öncesinde nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili kavramlara yönelik duyumlarının yüksek olduğu ve uygulanan eğitim sonrasında öğretmen adaylarının duyumlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada da öğrencilerin ZÖO’da nanoteknolojiyle ilgili kavramlarla daha çok karşılaştıkları ve böylece duyumlarında artış olduğu söylenebilir.

ZÖO-NBTE öncesinde öğrencilerin duyum kaynaklarının daha çok internet, okul dersleri, haberler, dergiler, TV ve radyo programları gibi medya kaynaklarından oluştuğu görülürken, eğitim sonrasında öğrencilerin duyum kaynaklarının daha çok “Nanookul” ve “Deneyap” gibi etkinlikler ve internet gibi kaynaklardan oluştuğu görülmektedir. Benzer olarak Ekli (2010) ortaokul öğrencilerinin nanoteknoloji ile ilgili duyumlarının daha çok radyo, TV, gazete ve internet gibi medya kaynaklarından elde edinildiği sonucuna ulaşmıştır. Kim ve diğerleri (2011) lise öğrencilerinin nanoteknoloji hakkında daha çok internet ve TV gibi kaynaklardan bilgi sahibi oldukları ancak nanoteknoloji araştırmacılarına ve fen bilimleri öğretmenlerine daha çok güven duydukları sonucuna ulaşmışlardır. ZÖO-NBTE gibi etkinliklerin öğrencilerin bu konudaki duyum kaynaklarını medyadan daha çok bilimsel kaynaklara yönlendirebileceği öngörülmektedir.

ZÖO-NBTE sonrasında öğrencilerin farkındalık ortalama puanlarının arttığı ve öğrencilerin nanoteknoloji farkındalıklarında ortaya çıkan bu artışın anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, ZÖO-NBTE'nin öğrencilerin nanoteknoloji farkındalıklarının gelişmesinde önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir. Bu artışın gözlemlenmesi, bireylerin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarını geliştirmek üzere ZÖO aracılığıyla yapılacak olan fen eğitimi alanındaki araştırmaları geliştirmeye teşvik edebileceği düşünülebilir. Literatürde bulunan çalışmalar incelendiğinde çeşitli öğrenme ortamlarının nanoteknolojiye yönelik farkındalık düzeyine etkisi olduğu görülmektedir. Sagun Gököz (2012) çalışmasında nanoteknoloji atölyesine katılan lise öğrencilerinin farkındalık düzeylerinde bir artış olduğunu belirtmiştir. Tekelioğlu (2019) çalışmasında etkinliklerle desteklenen öğretim sürecinin ortaokul öğrencilerinin nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarında bir artış sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Kılınc Alpat ve diğerleri (2017) çalışmalarında öğrencilerin işbirlikli öğrenme ortamında nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Şenel Zor (2017) yaptığı çalışmasında etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarında bir artış sağladığı sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmaların sonuçları farklı etkinliklerle geliştirilen eğitimlerin öğretimde etkili olabileceğini belirtmekte ve bu durum yapılan çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir.

Öğrencilerin cinsiyet değişkenine göre nanoteknolojiye yönelik farkındalıkları incelendiğinde uygulanan ön test ve son testlerde kız öğrencilerin nanoteknoloji farkındalık anketinden aldıkları ortalama puanlarının, erkek öğrencilerin puanlarından yüksek olmasına rağmen cinsiyet ile nanoteknoloji farkındalığı arasında anlamlı fark bulunmamaktadır. Benzer şekilde Much ve diğerleri (2019) İsrail’de yaşayan Arap halkındaki öğretmen ve öğrenciler arasında nanoteknolojiye yönelik tutum ve farkındalıklarını inceledikleri çalışmada öğrenci ve öğretmenlerin tutumlarında cinsiyetlerine göre farklılık olmadığını belirtmişlerdir.

Sonuç olarak yapılan çalışmada ZÖO-NBTE etkinliği sonrası öğrencilerin hem nanoteknolojiye yönelik farkındalıklarının hemde nanobilim ve nanoteknoloji üzerine olumlu görüşlerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca öğrenci görüşleri incelendiğinde öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji konularında bilgilerini kendi içlerinde değerlendirip yorumlar yapabildikleri ve günlük hayatla bağdaştırma yoluna gittikleri görülmüştür. Bu sonuçlara paralel olarak Besley (2007) yaptığı çalışmada bazı araştırmacıların nanoteknoloji farkındalığı ile nanoteknoloji hakkındaki olumlu görüşler arasında anlamlı bir ilişki olacağına dair beklenti içerisinde olduklarını belirtmiştir. Mevcut çalışmada öğrencilerin ZÖO’da nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili içeriklerle tanışmalarının ve etkinlikler yapmalarının öğrencilerde ilgi ve merak uyandırmasıyla beraber öğrencilerin kariyer planlamasında etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın ZÖO’da ilkokul, lise ve üniversite düzeyinde nanobilim ve nanoteknoloji çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

Çalışma ile ilgili aşağıdaki öneriler sunulabilir:

- Etkinlik temelli eğitimler öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji konularına yönelik ilgisini arttırdığı için ZÖO-NBTE'nin içerikleri değiştirilerek ilköğretim ya da ortaöğretim öğrenci gruplarına uygulanması ve nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin yaygınlaştırılması önerilmektedir.
- Yapılan etkinlik sonuçlarına ve literatürdeki diğer çalışmaların sonuçlarına bağlı olarak konu ve etkinliklerin öğrencilerin ilgilerini çektikleri görülmele birlikte geleceğin teknolojisi olan nanobilim

ve nanoteknoloji konuları örgün eğitimlerde seçmeli dersler arasına eklenebilir.

- Öğrencilerin nanoteknoloji farkındalığını oluşturabilecek kitap, dergi, tv programları, oyun vb. kaynaklar bulunarak, bunların eğitim-öğretim ve anlayışlarına yansımaları da incelenebilir.
- Nanoteknoloji duyum kaynaklarında medyanın önemli bir rolünün olduğu görülmektedir. Medyanın bu bağlamda etkili ve doğru bir şekilde kullanılabilmesi nanoteknolojiye yönelik farkındalıkları arttırabilir ve bu alandaki ilerlemeye katkılar sağlayabilir. Dolayısıyla nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki gelişimlere medyada daha çok yer verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Adadan, E., Akaygün, S., & Sanyal, A. (2017). Size-dependent properties of matter: Is the size of a pill important?. *Science Activities*, 54,(3-4), 86-95. <https://doi.org/10.1080/00368121.2017.1395790>
- Ateş, İ., ve Üce, M. (2015). Lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı. *GEFAD / GUJGEF*, 37(2), 685-710.
- Atmaca, S. (2023). Program dışı etkinliklerin tasarlanması: Bir müdahale araştırması. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi (AKEF) Dergisi*, 5(1), 250-275.
- Babatunde, D. E., Denwigwe, I. H., Babatunde, O. M., Gbadamosi, S. L., Babalola, I. P., & Agboola, O. (2020). Environmental and societal impact of nanotechnology. *IEEE Access*, 8, 4640–4667. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961513>
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2020). The history of nanoscience and nanotechnology: From chemical–physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 25, 112. <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>
- Besley, J. C., Kramer, V. L., & Priest, S. H. (2007). Expert opinion on nanotechnology: risks, benefits, and regulation. *Journal of Nanoparticle Research*, 10(4), 549–558. <https://doi:10.1007/s11051-007-9323-6>
- Bhushan, B. (2015). Governance, policy, and legislation of nanotechnology: A perspective. *Microsystem Technologies*, 21(5), 1137–1155. <https://doi.org/10.1007/s00542-015-2511-x>
- Bhushan, B. (2017). Introduction of nanotechnology. In Bhushan (Ed.), *Springer handbook of nanotechnology* (4 th ed., pp. 1-18). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54357-3>
- Blonder, R., & Dinur, M. (2012). Teaching nanotechnology using student-centered pedagogy for increasing students' continuing motivation. *Journal of Nano Education*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1166/jne.2012.1016>
- Blonder, R., & Mamlok-Naaman, R. (2014). Learning about teaching the extracurricular topic of nanotechnology as a vehicle for achieving a sustainable change in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(3), 345–372. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9579-0>
- Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 500–516. <https://doi.org/10.1039/C2RP20026K>
- Blonder, R., & Sakhnini, S. (2017). Finding the connections between a high-school chemistry curriculum and nano-scale science and technology. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 903–922. <https://doi.org/10.1039/C7RP00059F>
- Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Akademi.
- Cheng, J.-C., Hung, J.-F., & Huang, T.-C. (2014). Promoting middle school students' understanding and situational interest in integrating nanotechnology into science curriculum. *US-China Education Review*

- Cobb, M. D., & Macoubrie, J. (2004). Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust. *Journal of Nanoparticle Research*, 6(4), 395–405. <https://doi.org/10.1007/s11051-004-3394-4>
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research: Choosing among five traditions* (3rd ed.). Sage Publications.
- Creswell, J.W., & Plano Clark, V.L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications.
- Çömen, H. ve Uzun, S. (2022). Öğrenme amaçlı yazma aktivitelerine dayalı geliştirilen hibrit kitap ile zenginleştirilmiş öğrenme ortamının öğrenci başarısına etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(1), 461- 483. <https://doi.org/10.17152/gefad.748685>
- Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N., & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 51–69. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0023>
- Erduran, A. (2020). Fonksiyon kavramının öğretiminde teknoloji ile zenginleştirilmiş öğrenme ortamının öğrenci başarısına etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 169-194. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1174823>
- Erdem, E. (2015). *Zenginleştirilmiş öğrenme ortamının matematiksel muhakemeye ve tutuma etkisi*. [Yayınlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Ekli, E. (2010). *İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin nanoteknoloji hakkındaki temel bilgi ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarının bazı değişkenler açısından araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Üniversitesi.
- Ekli, E., & Şahin, N. (2010). Science teachers and teacher candidates' basic knowledge, opinions and risk perceptions about nanotechnology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2667–2670. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.392>
- Erkoç, Ş. (2012). *Nanobilim ve nanoteknoloji* (6. Baskı). ODTÜ Yayıncılık.
- Fallik, O., Rosenfeld, S., & Eylon, B. S. (2013). School and out-of-school science: a model for bridging the gap. *Studies in Science Education*, 49(1), 69–91. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.822166>
- Farshchi, P., Sadrnezhad, S. K., Nejad, N. M., Mahmoodi, M., & Ibrahimi Ghavam Abadi, L. (2011). Nanotechnology in the public eye: The case of Iran, as a developing country. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(8), 3511–3519. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0274-6>
- Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121–152. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504543>
- Hutchinson, K., Shin, N., Stevens, S. Y., Yunker, M., Delgado, C., Giordano, N., & Bodner, G. (2007). Exploration of student understanding and motivation in nanoscience. *National Association for Research in Science Teaching*, 1, 30-39.
- Kabapınar, F. (2003). Kavram yanlışlarının ölçülmesinde kullanılabilir bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 35, 398-417.
- Kahan, D. M., Slovic, P., Braman, D., Gastil, J., & Cohen, G. L. (2007). *Affect, values, and nanotechnology risk perceptions: An experimental investigation*. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=968652
- Kılınç Alpat, S., Uyulgan, M. A., Şeker, S., Altaş, H. Ş., ve Gezer, E. (2017). Nanoteknoloji konusunda işbirlikli öğrenme yönteminin ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin akademik başarı ve görüşlerine

- Kim, H.J., Hong, H.G., & Hong, J.H. (2011). High school students' perception and attitudes toward nanotechnology. *Journal of the Korean Chemical Society*, 55(1), 104–111. <https://doi.org/10.5012/jkcs.2011.55.1.104>
- Koyuncu, B. (2009). *İlköğretim beşinci sınıf fen ve teknoloji dersi için geliştirilen zenginleştirilmiş ve yarı zenginleştirilmiş beyin uyumlu öğretim tasarımlarının öğrencilerin erişileri, derse yönelik ilgileri ve öğrenmenin kalıcılığı üzerine etkisi*. [Yayınlanmamış doktora tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi
- Körükçü, E. (2015). *Zenginleştirilmiş öğrenme ortamında ortaokul öğrencilerinin ma-tematiksel zihin alışkanlıklarının gelişiminin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Lati, W., Triampo, D., & Yodyingyong, S. (2019). Exposure to nanoscience and nanotechnology using guided inquiry-based activities with silica aerogel to promote high school students' motivation. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1109-1116. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00435>
- Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I., & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science & Technological Education*, 33(1), 22–37. <https://doi.org/10.1080/02635143.2014.971733>
- Macoubrie, J. (2006). Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government. *Public Understanding of Science*, 15(2), 221–241. <https://doi.org/10.1177/0963662506056993>
- Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2019). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, 38(4), 377–395. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Metaxas, I., Michailidi, E., Stavrou, D., & Pavlidis, I. V. (2021). Educational reconstruction of size-depended-properties in nanotechnology for teaching in tertiary education. *Chemistry Teacher International*, 3(4), 413–422. <https://doi.org/10.1515/CTI-2021-0011>
- Michailidi, E. (2021). Developing student-made artifacts on nanotechnology issues in a context of interacting formal and informal learning settings. *Mediterranean Journal of Education*, 1(1), 154-165.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Sage.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Ng, W. (2009). Nanoscience and nanotechnology for the middle years. *Teaching Science*, 55(2), 16–24.
- Özkartal, Ç., ve Öçal, T. (2021). Zenginleştirilmiş öğrenme etkinliklerinin simetri konusundaki başarıya ve algıya etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(31), 80–102. <https://doi.org/10.35675/befdergi.738227>
- Radin J. L. (2008). *Creating Enriched Learning Environments: Lessons from Brain Research*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c1047d4c724ab67b07eba3e35e45bd210ef53c65>
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2001). *Societal implications of nanoscience and nanotechnology*. National Science Foundation.
- Sagun Gököz, B. (2012). *Desing and implementation of a nanoscience and nanotechnology workshop: Investigating 11th grade student's awareness and conceptual understanding of nanoscience and nanotechnology* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Boğaziçi Üniversitesi.
- Sagun Gököz, B., ve Akaygün, S. (2014). Üniversiteden liseye uzanan köprü: Bir nanobilim atölye çalışması. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 49–72.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2018). Insertion points of the essential nanoscale science and technology (NST)

- concepts in the Israeli middle school science and technology curriculum. *Nanotechnology Reviews*, 7(5), 373–391. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2018-0026>
- Schwarzer, S., Akaygun, S., Sagun-Gokoz, B., Anderson, S., & Blonder, R. (2015). Using atomic force microscopy in out-of-school settings: two case studies investigating the knowledge and understanding of high school students. *Journal of Nano Education*, 7(1), 10–27. <https://doi.org/10.1166/jne.2015.1079>
- Senocak, E. (2014). A survey on nanotechnology in the view of the Turkish public. *Science, Technology and Society*, 19(1), 79–94. <https://doi.org/10.1177/0971721813514265>
- Schank, P., Krajcik, J., & Yunker, M. (2007). Can nanoscience be a catalyst for education reform?. In: F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, J. Weckert (Eds.), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*, Hoboken, NJ: Wiley Publishing.
- Sheetz, T., Vidal, J., Pearsonc, T. D., & Lozanoa, K. (2005). Nanotechnology: Awareness and societal concerns. *Technology in Society*, 27, 329–345. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.04.010>
- Sheu, B., & Jiang, X. (2021). The advancement of nanotechnology. *IEEE Nanotechnology Magazine*, 15(3), 2.
- Singh, N. A. (2017). Nanotechnology innovations, industrial applications and patents. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 185–191. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0612-8>
- Spyrtou, A., Manou, L., & Peikos, G. (2021). Educational Significance of nanoscience-nanotechnology: Primary school teachers' and students' voices after a training program. *Educ. Sci*, 11(11), 724. <https://doi.org/10.3390/educsci11110724>
- Srinivas, K. (2014). Need of nanotechnology in education. *Science Journal of Education*, 2(2), 58–64. <https://doi.org/10.11648/j.sjedu.20140202.14>
- Su, T. J., & Dudas, M. (2004). *An Easy Way to Introducing Nanotechnology for Undergraduate Education*. <http://www.mrsec.wisc.edu/edetc/LEGO/index.html>
- Şenel Zor, T. (2017). *Etkinlik temelli nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin fen bilimleri öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlayışlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Şenel Zor, T., & Aslan, O. (2018). The effect of activity-based nanoscience and nanotechnology education on pre-service science teachers' conceptual understanding. *Journal of Nanoparticle Research*, 20(75). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-018-4182-x>
- Şenocak, E. (2015). A course to create informed turkish undergraduate students on nanotechnology. *Journal of Nano Education*, 7, 52–57. <https://doi.org/10.1166/jne.2015.1076>
- Tekelioğlu, M. (2019). *Etkinliklerle desteklenen öğretim sürecinin 7. sınıf öğrencilerinin nanoteknoloji hakkındaki farkındalıklarına ve kavramsal anlamalarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- Tum, A. (2019). *Öğrenme stilleri bağlamında zenginleştirilmiş öğrenme ortamlarının matematiksel muhakemeye ve problem çözmeye yönelik tutuma etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Dicle Üniversitesi.
- Tum, A., ve Kutluca, T. (2021). Farklı öğrenme yollarının kullanıldığı zengin öğrenme ortamlarının matematiksel muhakeme becerisine ve problem çözmeye yönelik tutuma etkisi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 10(1), 344–370. <https://doi.org/10.30703/cije.722191>
- Türk, E. F. & Korkmaz, Ö. (2023). Eğitsel robot setleri ile gerçekleştirilen STEM etkinliklerinin etkililiği: Deneysel bir çalışma. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi (AKEF) Dergisi*, 5(1), 92-118.

- Uysal, F. (2023). A study on the benefits of extracurricular activities for prospective teachers using the pairwise comparison approach. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi (AKEF) Dergisi*, 5(1), 237-249.
- Wei, Y., & Yan, B. (2016). Nano products in daily life: to know what we do not know. *National Science Review*, 3(4), 414–415. <https://doi.org/10.1093/NSR/NWW073>
- Yaşa, K. N. ve Kale, M. (2022). Matematik derslerinin zenginleştirilmiş öğrenme ortamlarında yapılması ile öğrencilerin akademik başarıları arasındaki ilişki. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(1). 1-8. <https://doi.org/10.17556/erziefd.1151958>
- Yıldırım, T. (2021). Nanoteknoloji öğretimi üzerine yapılan çalışmaların uluslararası literatür kapsamında tematik incelenmesi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 52, 77-96. <https://doi.org/10.53444/deubefd.838236>
- Yun, I. (2021). Advances in nanotechnology and its applications. *IEEE Nanotechnology Magazine*, 15(3), 7. <https://doi.org/10.1109/MNANO.2021.3066233>
- Wansom, S., Mason, T. O., Hersam, M. C., Drane, D., Light, G., Cormia, R., Stevens, S. & Bodner, G. (2009). A rubric for post-secondary degree programs in nanoscience and nanotechnology. *International Journal of Engineering Education*, 25(3), 615–627.
- Wolbring, G. (2007). Social and ethical issues of nanotechnologies, *ISO Focus*, 4(4), 40-42.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: With the advancements brought about by nanotechnology in various fields, the resulting innovations have been of utmost importance and have contributed significantly to many high-tech industries. However, in order to achieve these advancements, education in nanoscience and nanotechnology is becoming increasingly crucial. (Sheu & Jiang, 2021). Both formal and informal education play important roles in the success of nanoscience and nanotechnology education and teaching. (Bhushan, 2017). Interactive learning plays an important role in nanotechnology education (Srinivas, 2014). Diversifying the learning environment is essential for effective learning, as it appeals to students' multiple senses through student-centered activities (Tum & Kutluca, 2021). The main aim of this study is to examine the effect of nanoscience and nanotechnology education conducted in an enriched learning environment on middle school students' views and awareness of nanoscience and nanotechnology.

Materials and Methods: This research conducted a mixed methods research, combining both qualitative and quantitative methods. In this mixed methods approach, both qualitative and quantitative methods are used simultaneously in data collection, analysis, and presentation of findings (Creswell, 2012). The research design employed in this study is a convergent parallel design. This design is effective when the researcher collects and analyzes qualitative and quantitative data independently at one stage of the research and then combines or compares the two types of data. In this design, both types of data are collected independently at the same time in one phase of the research, and the data can be analyzed separately (Cresswell & Clark, 2018). The study consists of three main parts. Firstly, an enriched learning environment was designed for the teaching of nanoscience and nanotechnology. This learning environment included interactive activities, experiments, presentations, videos, and games in which students participated in small groups. Additionally, practical activities were carried out at a science and research center. In the second part of the study, the designed activities were implemented with 7th and 8th-grade students from various middle schools in the city of Konya. Before and after the implementation, the students' views and awareness of nanoscience and nanotechnology were determined using "Nanotechnology Awareness Survey" and "Student Views Form" as data collection tools. The quantitative data of the study were analyzed using descriptive and inferential statistical methods. In the descriptive statistics of the data, mean and standard deviation scores were used, while in the inferential analysis, Wilcoxon Signed-Rank Test and Independent Samples t-Test were applied based on the total scores of the pre-test and post-test results obtained by the students from the questionnaire. The qualitative data were analyzed through content analysis, and the effects of the application were assessed

Findings: When examining the findings from the Student views Form, it was observed that in the pretest, students associated nanotechnology with concepts related to science and technology. However, in the posttest, the emphasis shifted to the unit of measurement. Regarding how nanotechnology would impact our lives, students provided responses indicating a positive influence. In terms of students' views on the benefits and potential harms of nanotechnology, the pretest showed more "indecisive" responses, while the posttest indicated a dominant "yes" opinion. When examining the examples provided by students regarding the benefits of nanotechnology, in the pretest, there were more examples related to the field of science and

technology, while in the posttest, examples related to textile products were dominant. Regarding the examples given by students concerning the potential harms of nanotechnology, in the pretest, the category of "Misuse for malicious purposes" stood out, whereas in the posttest, the category of "Health issues" was more prominent. When exploring students' awareness of the nanometer scale, in the pretest, the category "No" was more prevalent, whereas in the posttest, the category "Yes" was more pronounced. When examining the students' percepti views ons from the nanotechnology awareness survey, it is observed that in the pretest, the category "No" is more prominent regarding their knowledge of the nanometer scale, whereas in the posttest, the category "Yes" stands out. In terms of providing examples related to nanometer dimensions, the category "Unable to give examples" is dominant in the pretest, while in the posttest, the category "Correctly provided examples" is dominant. Regarding their knowledge of a nanotechnology application or product, the category "No" is prevalent in the pretest, while the category "Yes" is dominant in the posttest. When analyzing the examples students gave for nanotechnology applications or products, the category "Water-resistant or stain-resistant materials" is prominent in both the pretest and posttest. As for students' views on whether they would encounter nanotechnology products or applications in nature, the category "Undecided" is more prevalent in the pretest, whereas the category "Yes" is dominant in the posttest. Regarding their willingness to take nanotechnology-related courses in their schools, the category "I would really like to" stands out in both the pretest and posttest. Reasons for their interest in taking nanotechnology-related courses show that in the pretest, the categories "Interest/curiosity in science and technology" and "Interest/curiosity in nanotechnology" are prominent, while in the posttest, the category "Interest/curiosity in nanotechnology" stands out. Students' views on the possibility of emerging new professions in the field of nanotechnology show that the category "Undecided" is prominent in both the pretest and posttest. Examining their reasons for wanting or not wanting to work in newly emerging nanotechnology professions, in the pretest, the category "Interest in a different profession" is more prevalent, while in the posttest, both "Interest in a different profession" and "Interest/curiosity/love for nanotechnology" categories are prominent. Regarding the methods they would use to be sure of the existence of atoms, in the pretest, the category "Microscopes" is more prominent, whereas in the posttest, the category "Microscopes that observe at the nanoscale" is highlighted. When examining the nanotechnology awareness survey, it is evident that students' knowledge about nanotechnology increased significantly from the pretest, where the category "A little" was prominent, to the posttest, where the category "A lot" stood out. Additionally, regarding the sources of their knowledge about nanotechnology, in the pretest, the category "Internet" was more prominent, while in the posttest, the category "Other/Nanoschool" was highlighted. When analyzing the nanotechnology awareness survey, it is evident that the students' knowledge and awareness of nanotechnology significantly increased from the pretest to the posttest. In terms of gender differences, there was no significant difference in the pretest scores between female and male students.

Discussion: After the implemented activities, it is evident that nanoscience and nanotechnology education in the ELE (Enriched Learning Environment) has changed students' views on nanotechnology and helped them form ideas about the nano scale. The majority of students hold positive views on nanotechnology's positive impact on their lives, and after the application, indecisiveness has increased in a positive direction. Students' indecisiveness regarding the benefits and harms of nanotechnology has been resolved, and their belief in the possibility of both benefits and risks has increased. Regarding the benefits of nanotechnology, students initially associated it more with science and technology, health, textiles, and products. However, after the application, they started to consider its potential benefits more in the textile industry and in the field of food. As for its potential harms, the initial views leaned towards misuse, but after the application, the focus shifted to health-related issues. There has been an increase in students' views of the various fields that nanotechnology can influence, with technology, health, education, and food being the most prominent areas. After the application, students' awareness and accuracy in providing examples related to nanometers have increased, and their indecisiveness has decreased. Additionally, there has been an increase in the number of examples provided for nanotechnology applications and products, as well as examples related to nanotechnology in nature. The study revealed that students expressed a desire to take nanotechnology-related courses in their schools and expressed interest in working in this field in the future. Moreover, after the application, the majority of students indicated they would use devices other than nanoscale observation tools to observe atoms.

Conclusion and Suggestions:

- Activity-based education increases students' interest in subjects; therefore, it is recommended to apply the contents of nanoscience and nanotechnology education in the enriched learning environment to primary or secondary school student groups, and to expand nanoscience and nanotechnology education
- It is observed that the media plays a significant role in nanotechnology awareness. Proper and effective use of the media can enhance awareness of nanotechnology and contribute to advancements in this field. Therefore, there should be more coverage of developments in the field of nanotechnology in the media.

EK-1: Öğrenci Görüş Formu

Değerli nanoOKUL katılımcıları,

Bu form sizlerin nanoteknolojiye yönelik görüş ve düşüncelerinizi belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Elde edilen tüm veriler araştırma amaçlı kullanılacak olup hiçbir kişi, kurum ya da kuruluşla paylaşılmayacaktır. Bu nedenle anket üzerine isim-soyisim ya da kimlik bilgisi yazmayınız.

Formda görüş ve düşüncelerinizi belirlemek için hazırlanan 11 soru bulunmaktadır ve bu sorular doğru ya da yanlış cevap içermemektedir. Bu nedenle görüşlerinizi açık olarak ifade etmeniz beklenmektedir.

Çalışmaya katılmızdan dolayı şimdiden çok teşekkür ederiz.

Kişisel Bilgiler

Cinsiyetiniz: K E

Yaşınız:

Sınıf düzeyiniz:

Mevcut okul ortalamanız:

Gelecekte çalışmak istediğiniz meslek:

Bilimsel dergi (TÜBİTAK Bilim Çocuk vb.) ya da bilim kulübü üyeliği: Var Yok

Annenizin eğitim durumu:

İlkokul

Lise

Üniversite

Diğer

Babanızın eğitim durumu:

İlkokul

Lise

Üniversite

Diğer

Görüş Formu

1. Nanoteknoloji denilince aklımıza ne geliyor?

2. Sizce nanoteknoloji yaşamımızı nasıl etkiler?

Olumlu etkiler

Olumsuz etkiler

Hem olumlu hem de olumsuz etkiler

Kararsızım

Bu görüşünüzün nedenini açıklar mısınız?

3. Nanoteknolojinin faydalarının yanı sıra zararlarının da olduğuna inanıyor musunuz?

Evet

Hayır

Kararsızım

Sizce bu fayda ve zararlar neler olabilir?

| Faydalar | Zararlar |
|----------|----------|
| | |
| | |
| | |
| | |

4. Sizce nanoteknoloji yaşamımızın hangi alanlarını etkileyebilir?

Sağlık Eğitim Ekonomi

Çevre Sosyal Teknoloji

Siyasal Gıda Güvenlik

Diğer

5. Nanometre ölçüsünü duydunuz mu?

Evet

Hayır

Hatırlamıyorum

Cevabınız evet ise nanometreyi nereden duydunuz?

- | | | | |
|-----------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Öğretmenimden | <input type="radio"/> | Gazetelerden | <input type="radio"/> |
| Ders kitabından | <input type="radio"/> | Dergilerden | <input type="radio"/> |
| Televizyondan | <input type="radio"/> | İnternette | <input type="radio"/> |
| Radyodan | <input type="radio"/> | Diğer | <input type="radio"/> |

6. Nanometre boyutlarında bir örnek verebilir misiniz?

7. Bildiğiniz bir nanoteknoloji uygulaması ya da nanoteknoloji ürünü var mı?

Evet, örneğin.....

Hayır

8. Doğada nanoteknoloji ürün ya da uygulamalarına rastlayabilir miyiz?

Evet, örneğin.....

Hayır

Kararsızım

9. Okulunuzda nanoteknoloji ile ilgili bir ders almak ister miydiniz?

Çok İsterim

İsterim

Kararsızım

İstemem

Hiç İstemem

Bu görüşünüzün nedenini açıklar mısınız?

10. Sizce gelecekte nanoteknoloji alanında yeni meslekler ortaya çıkabilir mi?

Evet, örneğin.....

.....gibi meslekler ortaya çıkabilir.

Hayır

Kararsızım

Bu mesleklerden birinde çalışmak ister misiniz?

Evet, çünkü

Hayır, çünkü

Kararsızım, çünkü

11. Tüm maddelerin atomlardan oluştuğu söyleniyor. Size atomların varlığından nasıl emin olabiliriz? Görüşünüzü nedeni ile birlikte açıklayınız.