

## Bir Bilim Merkezindeki Sergi ile Nanoteknoloji Eğitimine İlk Adım

Dr. Esra BİLİCİ\*

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Konya / Türkiye,  
biliciesra32@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4797-6081

Prof. Dr. Zafer YAZICIGİL

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Konya / Türkiye,  
zyazicigil@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7048-7940

Doç. Dr. Sevil AKAYGÜN

Boğaziçi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, İstanbul / Türkiye,  
sevil.akaygun@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5968-1662

### Öz

İnformal öğrenme ortamlarının en yaygın örneklerinden biri bilim merkezleridir. Belirli öğrenme hedefleri göz önünde bulundurularak tasarlanan bilim merkezi sergileri, öğrencilerin fen öğrenimlerini kolaylaştıran öğelerden biridir. Bu çalışmada, bir bilim merkezindeki nanoteknoloji konulu sergi düzenegi kullanılarak uygulanan etkinlikle bu teknolojiye ait kavramların anlaşılmasına etkisi araştırılmıştır. Araştırma ortaokul 5, 6 ve 7. sınıf öğrencilerinden oluşan 109 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıları aktif kılan öğretim tekniklerinden tahmin-gözlem-açıklama (TGA) tekniği kullanılmıştır. Nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışmasının kullanıldığı çalışmada veriler tematik analiz kullanılarak kodlanmış ve anlamlı kategoriler oluşturulmuştur. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, TGA tekniği ile sergi düzeneklerinin kullanıl-

\* Sorumlu Yazar. Tel: +90 538 944 69 64 | Araştırma Makalesi.

**Makale Tarih Bilgisi.** Gönderim: 01.03.2021, Kabul: 07.11.2021, Erken Görünüm: 17.10.2022, Basım: Aralık, 2023

dığı nanoteknoloji etkinliğini uygulayan öğrencilerde gözlemlenebilir düzeyde kavramsallaştırmadan tanecik düzeyinde kavramsallaştırmaya doğru bir geçiş olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, nanoteknolojinin daha küçük yaşlarda bilinmesi ve anlaşılması için bilim merkezi sergi düzeneklerinin kullanıldığı etkinliklerin yapılması önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** İnfornel eğitim; Bilim merkezi; Sergi düzenegi; Nanobilim; Nanoteknoloji.

## First Step to Nanotechnology Education with Exhibition in a Science Center

### Abstract

Science centers are one of the most common examples of informal learning environments. Science center exhibitions designed with specific learning goals facilitate students' science learning. The effect of utilizing nanotechnology exhibitions, which displayed in the New Horizons exhibition gallery introducing new technologies in a science center located at the central Anatolia, accompanied with the related activities on students' understanding of the nanotechnology concepts was investigated. Three activities were designed to enhance the knowledge of 109 participating 5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> grade students, on nanoscience and nanotechnology. In this study, one of these activities was used. Predict-Observe-Explain (POE), which is one of the teaching techniques that make students active and prioritizes conceptual teaching through inquiry, was adopted in this study. In this qualitative study, case study method was adopted and the data were coded to form meaningful categories through thematic analysis. According to the findings of the study, it was observed that after completing the POE activities integrated with the nanotechnology exhibitions, most of the students, demonstrated a transition from conceptualization at the macroscopic level to the conceptualization at the particle level. Therefore, it can be recommended to organize inquiry activities in which science center exhibitions are involved in order to improve understanding of nanotechnology, at a younger age in our country.

**Keywords:** Informal education; Science center; Exhibition; Nanoscience; Nanotechnology.

## Extended Summary

### Purpose

In recent years, nanoscience and nanotechnology constitute the main areas of scientific research and technological innovations. Various nanotechnological products have begun to take place in daily life. In line with these developments, nanoscience has also become important in terms of education. Nanoscience education has long been recognized as an important factor for growing the fields of nanoscience and nanotechnology (Jackman et al., 2016). Turkey lags the world when we look at the advancements in nanotechnology and initiatives in nanoscience education, since educational activities in this field are limited in our country. In recent years, it has started to take place in formal education programs and educational activities prepared by the Ministry of National Education. Educational activities related to this field are indispensable for shaping the future and therefore should be expanded to a wider area. Studies focusing on practice and implementation should be increased by creating integrated programs between formal education and informal areas tangent to the field. In this study, the nanotechnology exhibitions displayed at a science center, were used as materials to reinforce learning science. The purpose of the study was to examine the effect of the interactive nanotechnology exhibition used in the New Horizons exhibition gallery introducing new technologies displayed at a science center located at central Anatolia, on understanding nano related concepts using Prediction-Observation-Explanation (POE) technique.

### Method

The sample of the study is 109 people consisting of 5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> grade students randomly selected from 3 different secondary schools in a city located at central Anatolia. One activity were designed to enhance the knowledge of the participating students, on nanoscience and nanotechnology. Predict-Observe-Explain (POE), which is one of the teaching techniques that make students active and prioritizes conceptual teaching through inquiry, was used in this study. In this study, case study was adopted as a qualitative research method. It involves investigation of a certain case experienced by a single or a group of individuals (Glesne, 2015b). Stake (2000) divides the case study into three types as real, instrumental and collaborative. The collaborative case study involves several participants looking at several situations. Based on the cooperative case study, the participants were given activity sheets created based on the POE technique. The students were asked to make

predictions about graphene activity, to make experimental studies by examining the relevant exhibition panel, and then to explain their observations. Students' answers to the questions on these sheets were examined in detail. In the final step, the collected data were coded based on to form meaningful categories through thematic analysis.

### **Results, Discussion and Conclusion**

In general, the results of the analysis showed that most of the students highlighted the macro size of the matter in their predictions and observations and made nanosize comments by simulating daily life in their explanations.

Considering the data obtained from the graphene activity; students generally made macro evaluations during the prediction phase and focused on the items they encountered in daily life. During the observation phase, they focused on the properties, uses and structure of graphene. In their explanations, they focused more on the structural properties and nanoscale of graphene through relating their predictions to actual observations.

The concepts of nanoscience and nanotechnology applications are important to learn for students as they are the ones who will shape the future. Nanoscience education is important in order to eliminate the lack of skilled labour and awareness in this field. Taking part in the science center activities, which are one of the leading informal learning environments of developing science and technology field, its contribution to the training of qualified human resources targeted in this field will be crucial. The use of nanotechnology exhibitions in a science center as laboratory materials, combining them with different nanoscience activities and conducting experimental studies and finally analysing the concepts on nanoscience with the POE method make this research unique and substantial. Activities carried out through the exhibitions within science centers have significant contributions to building awareness and understanding of nanotechnology in our country at younger ages, to make students interested in developments related to nanotechnology, which is an important extension of science, and to develop a positive attitude towards the field.

### **Giriş**

Yüzyıllar boyu öğrenme, sadece okul ortamları ile sınırlı kalmayıp okul dışına taşınmakta; farklı ortam ve koşullarda da gerçekleştiği görülmektedir. Bu noktadan hareketle, eğitimin amaç ve kapsam bakımından formel ve infor-

mel olmak üzere ikiye ayrılmakta olduğu bilinmektedir. Formel eğitim; genellikle bir eğitim veya öğretim kurumu tarafından verilen, öğrenme hedefleri, öğrenme süresi, öğrenme desteği olan ve sonunda sertifikasyon sağlayan eğitimidir (Dohn, 2010). İnfornel eğitim; hayatın içinde kendiliğinden oluşan bir süreç olup, bir planı ve amacı olmayan, kendi kendine gelişen, bu nedenle de sonuçları ve ne öğrenileceği bilinmeyen eğitimler olarak tanımlanmaktadır (Durel, 2018). Son yıllarda öğrenmede formel eğitimin önemli rol oynadığı düşünülse de infornel eğitim ortamlarının öğrenme üzerinde olumlu yönde katkılarının olduğu bilinmektedir (Saraç, 2017). Küresel eğitim anlayışında formel ve infornel bilim eğitiminin birleşimi “toplumda bilim” (science in society) olarak açıklanmaktadır (Plakitsi, 2013). Başka bir ifadeyle, bilimin toplumdan bağımsız olamayacağını, iki tarafı birbirine bağlayacak, en azından yakınlaştıracak bir köprü olan “bilim iletişimi”nin ortaya çıktığı görülmektedir (Akoğlu, 2011). Böylece dünya genelinde klasik ve hayat boyu olan toplum ve bilim arasındaki diyalektik başlamaktadır.

Bilim merkezlerinin kuruluşu kısmen bilim ve sanayi müzelerine dayanmaktadır. Bilim merkezlerine giden yol Sputnik uydusunun uzaya fırlatılmasının ardından ABD’de 1950’lerin sonunda başlayıp, 1960’ların ortalarına kadar süren fen eğitimindeki reform hareketlerine dayanmaktadır. Bu reform hareketiyle sadece okullar için yeni program oluşturma çabaları değil, ABD ve Avrupa’da bir dizi bilim merkezinin kurulma süreci de başlamıştır (Semper, 1997). Kuruluşlarından bu yana bilim merkezleri toplumla bilimin buluşması görevinin dışında da giderek farklı görevler edinerek büyüme göstermiştir. Bilim müzeleri/merkezleri başlangıçta hafta sonları ailelerin 2-3 saat zaman geçirebileceği yerler olmuş, günümüzde ise okul programları, eğitici eğitimleri düzenleyen mekânlar haline gelmiştir (NYSCI, 2020; Boston Children’s Museum, 2020). ABD’de bulunan pek çok okul bilim merkezleri tarafından geliştirilen ve uygulamalı olarak eğitimleri verilen öğretim programlarını kullanmaktadır (Arizona Science Center, 2020; Carnegie Science Center, 2020). Avrupa’da ise bilim merkezleri bilim bilincini arttırma hedefi doğrultusunda okul içi ve dışındaki öğretime katkıda bulunmak için çalışmalar yapmaktadır. Technopolis Bilim Merkezi’nde 15 interaktif sergiden oluşan E-rally (Technopolis Science Center, 2020) programı ile öğrencilerin yaş aralığına ve ders konularına göre elektronik bilekliklerle sergilerin eşleştirildiği uygulamalar kullanılmaktadır.

Bilim merkezlerinin temel yapılarından birini sergiler oluşturmaktadır. Sergiler bilgiyi klasik yöntemlerle aktarmak yerine görsel, işitsel ve duyulara hitap ederek etkileşimli şekilde aktaran, kimi zaman bilgisayar programları, mekanik ve elektronik olarak kimi zaman da basit düzenekler kullanarak bilimsel gerçekleri gösteren materyallerdir. Sergiler; müzeler ve bilim merkezlerinde iletişim şeklinin ve dolayısıyla bu kurumların eğitim işlevini yerine getirmenin ana yoludur (Laherto, 2013). Bilim merkezi sergileri ziyaretçileri etkileşimli (interactive) ve dokunarak (hands-on) keşfetmeye teşvik etmektedir. Etkileşimli sergilerde ziyaretçinin sergi üzerindeki kontrolü onunla ilgili bir değişikliğe neden olmakta, fiziksel etkileşimin yanı sıra zihinsel etkileşim de kurulmaktadır. Birçok bilim merkezi, sadece ziyaretçilerin gezeceği alanlar olmanın yanı sıra daha kapsamlı deneyimlerin sunulduğu ortamlar hâline gelmiştir. Bu alanlarda öğrencilerin ve öğretmenlerin etkileşime girdikleri ve bilimi öğrenmede bireysel olarak aktif oldukları etkinlikler düzenlenmektedir (Plakitsi, 2013). Exploratorium Bilim Merkezi'nde uygulanan Center for Informal Learning in Schools (CILS) programı ile sorgulamaya dayalı öğrenme için çalışmalar yapılmaktadır (Exploratorium, 2020). Ontario Bilim Merkezi bünyesinde bulunan Bilim Okulu (Science School) kapsamında lise 2. ya da 3. sınıf öğrencileri yarım dönem boyunca biyoloji, fizik, kimya vb. derslerin yer aldığı programa dâhil olarak laboratuvar ve atölye çalışmaları yapmaktadırlar (Ontario Science Center, 2020). Ülkemizde de bilim merkezlerinin fen öğretiminde kullanımına yönelik akademik çalışmalar yapılmıştır. 2017 yılında Yurtkulu, Akkuş-Şare ve Şimşek-Laçin (2017) tarafından yapılan çalışmada; Feza Gürsey Bilim Merkezi'nde bulunan Fısıltı Tabakları sergi düzeni ile ilgili olarak bir oyun tasarlanmış böylece ses konusu ile ilgili öğrencilerin zihninde anlamlı bir yapılandırma hedeflenmiştir. Yapılan çalışma ile bilim merkezindeki sergi düzeneklerinin verimli kullanılmasına dair örnek oluşturulması amaçlanmıştır.

Bilim merkezlerinin işlevselliği arttıkça sergilerin, atölyelerin ve laboratuvarların etkin kullanımı için yapılan çalışmaların araştırmaya-sorgulamaya dayalı öğrenme yöntemiyle bütünleştirilerek öğrencilerin aktif öğrenme sürecine katkıda bulunulması önem kazanmaktadır. Bu nedenle, bilim merkezlerinde gerçekleştirilen etkinliklerde öğrencilerin edindikleri bilgiyi anlamlı hâle getirmelerini sağlamak amacıyla bilimsel düşünme, sorgulama, araştırma ve problem çözme becerileri geliştirilmelidir. Araştırmaya-sorgulamaya dayalı öğrenme, ürün oluşturma veya problem çözmeden çok araştırma sürecine odaklanan, araştırma becerilerini geliştiren bir öğrenme yaklaşımıdır

(Lim, 2001). Bilim merkezleri etkinlikleri; araştırmaya-sorgulamaya dayalı öğrenmenin aktif olarak kullanılabilmesi, öğrencilerin sorular sorarak, tahminde bulunarak sorgulama ve araştırma becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak şekilde tasarlanabilir. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2018’de yayınladığı Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı’nda öğrencilerin bilgiyi anlamlı ve kalıcı olarak öğrenebilmeleri için okul içi/dışı öğrenme ortamlarının araştırma sorgulamaya dayalı öğrenme stratejisine göre tasarlanması, bu bağlamda informel öğrenme ortamlarından (bilim merkezleri, müzeler vb.) faydalanılması önerisinde bulunmuştur. Öz-Yıldız ve Şahin (2015) tarafından yapılan araştırmada; fen ve teknoloji dersinde Kuvvet-Hareket ünitesinin öğretiminde araştırmaya-sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına göre geliştirilen bilim merkezi etkinliklerinin akademik başarılarına etkisi incelenmiştir. 58 kişiden oluşan 7. sınıf öğrencilerinden deney ve kontrol grupları seçilerek deney grubu üzerinde araştırma sorgulamaya dayalı 5E modeliyle oluşturulmuş bilim merkezi ve sınıf içi etkinliklerin bütünleştirildiği ders planları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda araştırma sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına göre geliştirilen bilim merkezi etkinlikleri kullanılarak işlenen derslerin, mevcut program kullanılarak işlenen derslere göre öğrencilerin akademik başarılarını arttırmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya-sorgulamaya dayalı öğrenmede kullanılan yöntemlerden biri olan Tahmin-Gözlem-Açıklama (TGA) tekniği White ve Gunstone (1992) tarafından geliştirilmiştir. TGA tekniği kavramsal öğrenmenin gerçekleşmesini sağlamada en etkili ve yaygın yöntemlerden biri olarak öne çıkmaktadır. TGA tekniği, öğrencilerin önceden verilen bir olaya ya da deney sonuçlarına dair tahminler yaptıkları, bu tahminleri nedenleriyle açıkladıkları, sonrasında olay ya da deneyi gözlemledikleri ve gözlemleriyle tahminleri arasındaki çelişkilerin farkına varma sürecini kapsayan yöntemdir (White ve Gunstone, 1992). TGA tekniği bireysel olarak uygulanabildiği gibi iki veya daha fazla öğrenciden oluşan gruplarda da uygulanabilir (Kearney ve Treagust, 2001).

Son yıllarda nanobilim ve nanoteknoloji, bilimsel araştırmaların ve teknolojik yeniliklerin hız kazandığı alanlarından biri olmuştur. Nanoteknolojideki gelişmeler nedeniyle nanobilim eğitimi de önemli hâle gelmiştir. ABD’de ortaokul ve lise fen bilimleri derslerinde nanobilimin yer alması için çalışmalar yürütülmekte, nano ölçekli bilim üzerine fen eğitimi araştırmaları yapılmaktadır (Hingant ve Albe, 2010). UNESCO teknoloji ve diğer disiplinler ile nanoteknoloji arasında Entegre Fen Eğitimi başlığı altında bir çalışma başlatmıştır (Şahin ve Ekli, 2013). Almanya’da Saarlab Initiativew araştırma

laboratuvarlarını lise ve ortaokul öğrencilerinin erişimine açmıştır (Mallmann, 2008). Yine 2016 yılında Almanya'da ücretsiz olarak hizmet veren Nano-Truck projesiyle nanoteknolojinin uygulama alanlarının, fırsatlarının ve potansiyel risklerinin basit ekranlar, tüketici ürünlerini sunan sergiler, atölyeler, laboratuvar modülleri ile topluma anlatıldığı belirtilmiştir (Federal Ministry of Education and Research, 2016). Ülkemizde nanoteknolojiye yönelik olarak ortaöğretim kimya dersi öğretim programında 12. sınıf Karbon Kimyasına Giriş ve Enerji Kaynakları ve Bilimsel Gelişmeler ünitelerinde nanoteknoloji kavramı geçmektedir (MEB, 2019). İlkokul ve ortaokul düzeyinde ise nanoteknolojiye yönelik öğretim uygulaması bulunmamaktadır (Ateş ve Üce, 2017). Formel eğitim alanlarının dışında çeşitli projelerle ya da araştırmalarla nanoteknoloji eğitimi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Nanoyou Project, 2011; Time for Nano Project, 2011). Toplumun nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili konularla karşılaşıklarında bu konuları ele alma şekillerinin desteklenme ihtiyacından dolayı nanoteknoloji okuryazarlığı önemli hâle gelmiştir (Laherto, 2012). Toplumda bilimsel okuryazarlığı oluşturmada önemli bir yeri olan bilim merkezleri hızlı gelişmeler gösteren nanoteknolojiyi ziyaretçilere anlatma konusunda da birçok çalışmayı hayata geçirmiştir. Her yıl ABD genelinde 200'den fazla bilim müzesi ve bilim merkezinde NanoDays adı altında bir hafta boyunca nanoteknoloji etkinlikleri düzenlenmektedir. Harvard Üniversitesi ve Boston Museum of Science iş birliğiyle Nano Ölçekli Sistemler ve Cihaz Uygulamaları konusunda ortaokul öğrencileri ve öğretmenleri için programlar uygulanmıştır. Northwestern Üniversitesi ve Chicago Museum of Science and Industry iş birliğiyle ortaokul ve lise öğrencileri için nano ölçekli fen ve mühendislik eğitimi üzerine öğretim programına uygun materyaller geliştirilmiştir (Roco, 2002). National Science Foundation tarafından desteklenen ve Nanoscale Informal Science Education Network (NISE Network) tarafından geliştirilmiş ve hazırlanmış Nano mini-exhibition, It's a Nano World, NanoAdventure, Nanomedicine, Introduction to Nanotechnology gibi sergiler ve birçok açık erişimli atölye programları bulunmaktadır (NISE, 2020). Avrupa'da ise müzeler ya da bilim merkezleri yakınlarında bulunan üniversiteler ile iş birliği geliştirerek, sergi alanları içerisinde ziyaretçilerin araştırmacılarla etkileşimde olabileceği, soru sorup gözlemler yapabilecekleri, çalışmalara katılabilecekleri canlı iletişim alanlarının olduğu Nano to Touch (Nano to Touch Project, 2011) projesi uygulanmıştır.



Dünyada hızla gelişen nanoteknoloji alanındaki gelişmelere ve nanobilim eğitimi girişimlerine baktığımızda ülkemizde bu alandaki eğitim faaliyetlerinin sınırlı kaldığı söylenebilir. Alan yazına bakıldığında ise nanobilim konulu sergilerin etkinliklerle ilişkilendirilerek, bu sergiler üzerinden ortaokul öğrencilerinin fen kavramlarını anlama düzeylerini inceleyen çalışmalara rastlanmamaktadır. Yapılan bu çalışmada, bir bilim merkezi sergi galerisinde yer alan nanoteknoloji konulu sergi düzeneği ile ilişkilendirilmiş nanoteknoloji etkinliğinin nanoteknoloji ile ilgili kavramların anlaşılmasına etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın amacı; Orta Anadolu'da yer alan bir bilim merkezinde bulunan Yeni Ufuklar sergi galerisinde nanoteknolojide kullanılan maddenin tanıtıldığı etkileşimli sergi düzeneğinin TGA tekniği kullanılarak kavramların anlaşılmasındaki etkisinin incelenmesidir. Araştırmada öğrencilerin gözlem yapması, veri toplaması ve veriler üzerinden değerlendirmeler yaparak sergi temelli araştırmaya-sorgulamaya dayalı fen öğretimiyle sonuca ulaşmaları hedeflenmiştir.

## Yöntem

### Araştırma Modeli

Araştırmada, nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Nitel araştırmada durum çalışması bir olayın yoğun bir şekilde çalışılması ile ilgili olup, belirtilen durum bir bireyden bir topluluğa ya da bir olaydan belirli bir programın uygulanması gibi, bir dizi işleme göre değişebilir (Glesne, 2015a). Bu şekilde tanımlanan durum çalışması, doküman toplama yoluyla elde edilen ve analiz edilen verilerin derinlemesine incelenmesini içerir. Stake (2000) durum çalışmasını gerçek, araçsal ve iş birlikli olmak üzere üç türe ayırmaktadır (Glesne, 2015b). Bu çalışmada nanobilim etkinliğinin birden fazla sayıdaki ortaokul öğrencisi üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemek amacıyla iş birlikli durum çalışması araştırma yöntemi olarak kullanılmıştır. 5, 6 ve 7. sınıf öğrencisi olan 109 katılımcıya TGA tekniğine göre oluşturulmuş etkinlik kâğıtları uygulanmıştır. Öğrencilerin bu etkinlik kâğıtlarındaki sorulara verdikleri cevaplar incelenmiştir.

### Çalışma Grubu

Araştırmaya Orta Anadolu'da bir ilde bulunan 3 farklı ortaokul arasından rastgele seçilen 5, 6 ve 7. sınıf öğrencilerinden oluşan 109 öğrenci katılmıştır. Öğrenciler, bu etkinliklere katılmak amacıyla bir okul gezisi kapsamında şehirlerinde bulunan Bilim Merkezi'ni ziyaret etmişlerdir.

Çalışmada her sınıftan eşit sayıda katılımcıya ulaşılmaya çalışılmış, katılan öğrencilerin çoğunluğu devlet okulundan katılım göstermiş, kız ve erkek öğrenci sayısında yaklaşık olarak yarı yarıya bir katılım olmuştur. Katılımcıların 36'sı 5. sınıf, 37'si 6. sınıf ve 36'sı 7. sınıftır. Bu öğrencilerin 52'si kız ve 57'si erkek öğrencidir.

### **Veri Toplama Araçları**

Yapılan çalışmada araştırmacılar tarafından geliştirilen TGA çalışma kâğıtları kullanılmıştır. Hazırlanan TGA çalışma kâğıdının ilk bölümünde etkinlik ile ilgili kısa bir açıklama yapılmıştır. Sonrasında ise etkinlikte kullanılacak malzemeler belirtilmiştir. TGA çalışma kâğıtlarında grafen etkinliği için toplam altı açık uçlu soruya yer verilmiştir. Bu sorular araştırmacılar tarafından 5, 6 ve 7. sınıf seviyesine göre hazırlanmış sonrasında uzman görüşü alınmış ve uzman görüşüne göre sorular revize edilmiştir. Ortaokul öğretim programında nanoteknoloji yer almadığı için öğrenciler sınıf düzeyine göre kıyaslanmamış, nanoteknoloji hakkında benzer bilgilere sahip olmaları nedeniyle öğrenciler “tek grup” olarak gruplandırılmıştır.

### **Çalışmanın Uygulanması**

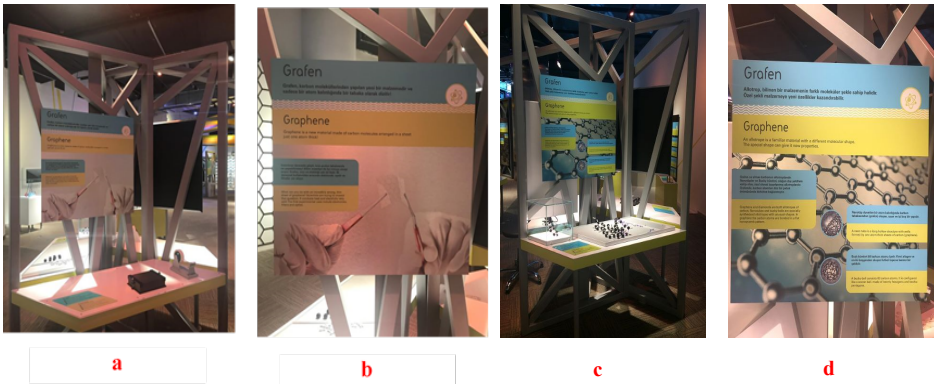
Araştırmada atölye çalışması altı farklı etkinlikten oluşmakta olup üç etkinlik sergi düzenekleri ile birleştirilmiş, diğer 3'ü ise deneysel yapıdadır. Bu makalede sadece bir konuda hazırlanmış sergi düzeneği (grafen sergi düzeneği) ile birleştirilmiş bir etkinlik ele alınmaktadır. Bu etkinlikte, TGA tekniği kullanılarak öğrencilerden grafen ile ilgili tahminde bulunmaları, ardından ilgili sergi panosunu incelemeleri ve konu ile ilgili deneysel çalışmalar yapmaları istenmiş, son olarak gözlemleri ile ilgili açıklamalar getirerek açıklamalarını tahminleri ile karşılaştırmaları beklenmiştir.

Araştırmaya katılan öğrencilere fizik öğretmenliği bölümünde nanoteknoloji üzerine yüksek lisans yapmış ve bilim merkezindeki etkinliklerde gönüllü eğitimlik yapan bir rehber ve kimya alanında doktora yapan bir araştırmacı rehberlik etmiştir. Etkinliklere başlamadan önce TGA tekniği kullanılarak hazırlanan çalışma kitapçıkları öğrencilere dağıtılmıştır. Öğrencilerin daha önce TGA tekniğini kullanarak etkinlikler yapmadıkları bilgisi alınmış, bu nedenle çalışmaya başlamadan önce çalışma kitapçıklarını nasıl kullanacakları araştırmacı tarafından açıklanmıştır. Her bir etkinlik çalışması 12 öğrenci ile gerçekleştirilmiş, ortalama bir etkinlik 40 dakika sürmüştür. Her bir etkinlikte öğrenciler bireysel katılım göstermiştir. Çalışmalarda üç farklı ortaokul yer almış ve her bir ortaokul için bir haftada üç gün ayrılmıştır. Atölye

çalışması bir gün boyunca bir sınıf düzeyi için gerçekleştirilmiştir. Uygulanan atölye süreci EK 1’de sunulmuştur.

### Sergi Düzenegi

Grafen: Şekil 1.a’da görüldüğü üzere bir masanın bir tarafında grafen bloku, kâğıt bant ve bilgi panosu bulunmaktadır. Öğrenciler kâğıt bant yardımıyla grafen blokundan bir yüzey grafen çıkararak gözlem yapabilmektedirler. Etkinlikte, kâğıt bant blok üzerine yerleştirilir, bantın üzerine parmak ile baskı uygulanır ve blokta yavaşça çıkarılır, böylece kâğıt bant üzerinde grafen yüzeyi oluşturulur. Şekil 1.b’de görülen bilgi panosu üzerinde; grafenin karbon moleküllerinden oluşan, bir atom kalınlığında bir tabaka olarak dizildiği, ısıyı ve elektriği çok iyi ilettiği, ilk deneysel kullanımları arasında elektronik, optik ve filtrelerin yer aldığı yazmaktadır. Şekil 1.c’de görüldüğü üzere masanın diğer tarafında ise öğrencilerin grafen yapıları oluşturması için kısa düz çubuklar, küçük toplar ve bilgi panosu bulunmaktadır. Kısa düz çubuklar karbon atomları arasındaki bağları, küçük toplar ise karbon atomlarını temsil etmektedir. Bu iki parçadan öğrenciler buckeyball küreleri ve grafen yaprakları yapabilmektedir. Şekil 1.d’de görülen bilgi panosunda grafen ve elmasın karbonun allotropları olduğu, grafende karbon atomlarının düz bir petek örüntüsüyle birbirine bağlandığı yazmaktadır.



**Şekil 1.** Sergi Düzenekleri: (a) Grafen-Karbon Blok Sergi Düzenegi, (b) Grafen-Karbon Blok Bilgi Panosu, (c) Grafen-Atom Modeli Sergi Düzenegi, (d) Grafen-Atom Modeli Bilgi Panosu

### Veri Analizi

Yapılan çalışmada nitel araştırma yapmak amacıyla veri analizi yöntemlerinden tematik analiz kullanılmıştır. Glesne tematik analizi “Verilerin

kodlanmasını ve daha sonraki analiz ve betimlemeler için yeniden kodlanmasını ve ayrılmasını içerir.” şeklinde tanımlamaktadır (Glesne, 2015b). Bu araştırmada yapılan tematik analizde, öğrencilere TGA tekniği kullanılarak uygulanan çalışma kâğıtlarında verdikleri cevaplar açık kodlama ile kodlanarak tema ve kategoriler oluşturulmuştur. Cevapların %20’si diğer bir fen eğitimi araştırmacısı tarafından kodlanmış ve kodlayıcılar arası uyumun önce %96 oranında olduğu görülmüş, fikir ayrılığı olan kodlar araştırmacılar tarafından tartışılmış ve tüm kodlarda fikir birliğine ulaşılmıştır. Tablo 1’de grafen etkinliğinin tahmin merhalesinde öğrencilerin verdiği cevapların kategori ve kodları örnek olarak gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Grafen Etkinliği için Tema, Kategori ve Kodların Gösterimi

<b>Tahmin - Soru 1</b>		
<b>Tema</b>	<b>Kategori</b>	<b>Kod</b>
Madde	Makro	Toz ile ilgili (toz, demir tozu, siyah izler)
		Kurşun kalem ile ilgili Kömür ile ilgili Herhangi bir madde (metal, sürtünmeli, tahta, yapışkan, kâğıt)
Madde	Nano	Grafen Grafit Karbon ile ilgili Nanoteknolojik bir madde
Cihaz	Makro	Büyükteç
Cihaz	Mikro	Mikroskop
<b>Tahmin - Soru 2</b>		
Madde	Benzerlik	Aynı olabilir Aynı değil

### **Etik ile İlgili Hususlar**

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Çalışmanın verileri 2016-2017 eğitim-öğretim yılında toplanmış, Ağustos 2019’da bitirilen ve Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi’nde 578652 tez numarası ile yer alan doktora tezinin bir kısmını içermektedir. Ayrıca bu çalışma Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü tarafından 16201014 nolu proje ile desteklenmiştir.

### **Bulgular**

Grafen etkinliği için elde edilen bulgular aşağıda verilmektedir.

## Grafen Sergi Düzeneginin TGA Yöntemiyle Kullanımının İncelenmesi Grafen ile İlgili Tahminler

Bu kısımda katılımcılardan grafen sergi düzeneği ile ilgili tahminde bulunmaları istenmiş ve iki soru yöneltilmiştir.

**Tahmin-Soru 1.** Yan tarafta bulunan resimdeki gibi bir karbon bloka kâğıt bant yapıştırılıyor ve bantın üzerinde bulunan yapı inceleniyor. Bantın üzerinde bulunan madde sence ne olabilir?



**Şekil 2.** Karbon blok

**Tablo 2.** Karbon Blok Hakkında Katılımcıların Tahminlerine Ait Bulgular

Tema	Kategori	N	Kod	N
Madde	Makro	27	Herhangi bir madde	10
			Kömür ile ilgili	9
			Kurşun kalem ile ilgili	4
			Toz ile ilgili	4
	Nano	19	Grafen	11
			Karbon ile ilgili	5
			Nanoteknolojik bir madde	2
			Grafit	1
Cihaz	Makro	2	Büyüteç	2
	Mikro	2	Mikroskop	2

Analiz sonuçlarına göre çalışmaya katılan 109 öğrencinin %54'ü maddenin makro yapıda olabileceği ile ilgili, %38'i maddenin nano yapıda olabileceği ile ilgili tahminde bulunmuştur. Yapılan benzetmeyi cihaz olarak düşünenlerin ise %4'ü makro olarak, %4'ü mikro olarak cevap vermiştir. Madde'nin makro yapıda olabileceği ile ilgili verilen cevaplardan %37'si herhangi bir madde ile ilgili olduğu, %33'ü kömür ile ilgili olduğu, %15'i kurşun kalem ve toz ile ilgili olduğu şeklinde cevaplar vermişlerdir. Maddenin nano yapıda olabileceği ile ilgili verilen cevaplardan %58'i grafen, %26'sı karbon ile ilgili, %11'i nanoteknolojik bir madde, %5'i ise grafit şeklinde cevap vermiştir (Tablo 2).

**Tahmin-Soru 2.** Resimde görünen bantın üzerinde bulunan madde ile kurşun kalemle yazmamızı sağlayan madde aynı olabilir mi?

**Tablo 3.** Bantın Üzerinde Bulunan Madde ile Kurşun Kalem ile Yazmamızı Sağlayan Maddenin Benzerlikleri Hakkında Katılımcıların Tahminlerine Ait Bulgular

Tema	Kategori	N	Kod	N
Madde	Benzerlik	65	Aynı değil	6
			Aynı olabilir	59

Çalışmaya katılan öğrenciler maddeyi benzerlik açısından değerlendirdiğinde %91'i bantın üzerinde bulunan madde ile kurşun kalemle yazmamızı sağlayan maddenin benzerlik gösterdiğini, %9'u ise benzerlik göstermediğini belirtmiştir (Tablo 3).

### Grafen ile İlgili Gözlemler

Bu kısımda öğrencilerden grafen sergi düzeneği ile ilgili gözlemlerde bulunmaları istenmiş ve 4 soru yöneltilmiştir.

1. Grafen sergi düzeneğinde bulunan karbon bloka bant yapıştırın ve bantın üzerindeki yüzeyi büyüteç ile inceleyin. Bantın üzerinde nasıl bir madde bulunuyor? Gözlemlerinizi aşağıya not edin.
2. Grafen sergi düzeneğinde bulunan karbon bloğun bilgi panosunu inceleyin. İlginizi çeken bilgileri aşağıya not edin.
3. Kurşun kalem ile size verilen kâğıdı karalayın. Daha sonra başparmağınızla karaladığınız alana bastırın. Kurşun kalemin parmağınızın üzerinde bıraktığı izi büyüteç ile inceleyin. Parmağınızın üzerindeki madde neye benziyor? Gözlemlerinizi aşağıya not edin.
4. Size verilen çubukları ve topları kullanarak, gösterilen grafen modeli örneğine bakarak siz de grafen modelini yapmaya çalışın. Grafen modelinin şekli neye benziyor? Gözlemlerinizi aşağıya not edin.

**Tablo 4.** Karbon Bloka Bant Yapıştırıldıktan Sonra Yüzeyin Büyüteç ile İncelenerek Yapılan Gözlemlere Ait Bulgular

Tema	Kategori	N*	Kod	N*
Madde	Doğrudan gözlem	58	Toz ile ilgili	30
			Renk ile ilgili	22
			Bir şey görmedim	3
			Şekil ile ilgili	2
			Gözüküyor	1
	Günlük hayat benzetim	53	Kurşun kalem ile ilgili	44
			Şekil ile ilgili	9
Nano	7	Grafen	7	

\*Bazı öğrencilerin cevapları birden fazla kategoride yer almıştır.

Çalışmaya katılan öğrenciler; sergi düzeneğinde karbon bloka bant yapıştırıp bandı büyüteç ile incelediklerinde %49'u maddeyi doğrudan gözlemlemiş, %45'i günlük hayattan herhangi bir şeye benzetmiş, %6'sı ise nano bir madde olduğunu belirtmiştir. Maddeyi doğrudan gözlemleyenlerin %52'si toz (toz, element-kömür-demir tozu, siyah toz) ile ilgili, %38'i renk (siyah, gri, gümüş, parlak) ile ilgili, %5'i bir şey görmediğini, %3'ü şekil ile ilgili ve %2'si de bir şeyler gördüğünü belirten cevaplar vermişlerdir. Madde üzerinde günlük hayat benzetimi yapanların %83'ü şekil (altıgen, bal peteği, odacık) ile ilgili benzetimler yapmış, %17'si kurşun kalem ile ilgili benzetim yapmıştır. Madde üzerinde nano olarak gözlem yapanların tamamı grafen cevabını vermişlerdir (Tablo 4).

**Tablo 5.** Grafen Bilgi Panosu ile İlgili Verilen Cevaplara Ait Bulgular

Tema	Kategori	N	Kod	N
Grafen	Özellikleri	35	Elektrik iletkenliği	20
			Isı iletkenliği	13
			Güçlü iletkenlik	2
	Kullanım alanları	23	Optik	9
			Arıtma	6
			Elektronik	5
			Teknoloji	2
			Grafen ile ne yapabileceğimiz	1
	Yapısı	8	Karbon atomu	7
			Grafenin yapısı	1
Bilim insanlarınınca araştırılması	4	Grafeni bilim insanlarının incelemesi	4	

Çalışmaya katılan öğrenciler sergi düzeneğinde bulunan bilgi panosunu incelediklerinde %50'si grafenin özellikleri hakkında, %33'ü grafenin kullanım alanları hakkında, %11'i grafenin yapısı hakkında, %6'sı ise grafenin bilim insanlarınınca araştırılması hakkında cevap vermişlerdir. Grafenin özellikleri hakkında cevap verenlerin %57'si elektrik iletkenliği, %37'si ısı iletkenliği, %6'sı ise grafenin güçlü iletkenliğini belirtmişlerdir. Grafenin kullanım alanları ile ilgili cevapların %39'u optik, %26'sı arıtma, %22'si elektronik, %9'u teknoloji, %4 ise grafen ile ne yapabileceği hakkında olmuştur. Grafenin yapısı ile ilgili cevapların %87'si grafenin yapısı ve %13'ü karbon atomu hakkında olmuştur (Tablo 5).

Grafenin özelliği kategorisinde öğrencilerin aşağıdaki cevapları örnek teşkil etmektedir:

“Elektriği çok iyi iletiyor.” (Elektrik iletkenliği).

“Isıyı hemen iletiyor.” (Isı iletkenliği).

Grafenin yapısı kategorisinde öğrencilerin aşağıdaki cevapları örnek teşkil etmektedir:

“Karbondan oluşması.” (Karbon atomu).

“Grafen karbondan oluşuyor ve altıgen.” (Grafenin yapısı).

Grafenin kullanım alanları kategorisinde öğrencilerin aşağıdaki cevapları örnek teşkil etmektedir:

“Grafen çok güçlü bir maddedir. Optikte kullanılır.” (Optik).

“Filtre olması.” (Aritma).

**Tablo 6.** Kurşun Kalemin Parmak Üzerinde Bıraktığı İzin Gözlemlenmesi

Tema	Kategori	N	Kod	N
Madde	Doğrudan gözlem	23	Toz ile ilgili	11
			Şekil ile ilgili	5
			İkisi birbirine benziyor	5
			Renk ile ilgili	2
	Günlük hayat benzetim	21	Kurşun kalem ile ilgili	10
			Kömür ile ilgili	8
			Şekil ile ilgili	3
	Nano	64	Grafen	55
			Karbon ile ilgili	9

Çalışmaya katılan öğrencilerin kurşun kalemin parmaklarının üzerinde bıraktığı izi büyüteç ile incelemeleri sonucunda %59'u maddeyi nano boyutta tanımlamış, %21'i maddeyi makro boyutta tanımlayarak doğrudan gözlemlerini yazmış, %20'si maddeyi günlük hayattan herhangi bir cisme benzetmiştir. Maddeyi doğrudan gözlemleyenlerin %48'i toz (toz, toz parçacıklar, toz mürekkep) ile ilgili, %22'si şekil (yuvarlak, parmak izi) ile ilgili, %22'si ikisinin birbirine benzediğini, %8'i ise renk (siyah, siyah akışkan sıvı) ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Maddeyi günlük hayattan herhangi bir cisme benzetenlerin %48'i kurşun kalem ile ilgili, %38'i kömür ile ilgili, %14'ü şekil (altıgen, bal peteği, çiçek) ile ilgili benzetim yapmışlardır. Maddeyi nano boyutta tanımlayanların %86'sı grafen, %14'ü karbon olarak tanımlamışlardır (Tablo 6).

**Tablo 7.** Grafen Modelinin Neye Benzediğinin Gözlemlenmesi

Tema	Kategori	N	Kod	N
Madde	Günlük hayat benzetim	102	Şekil ile ilgili	102
	Nano	3	Grafen	2
Karbon ile ilgili			1	



Çalışmaya katılan öğrencilere verilen çubuk ve topları kullanarak grafen modelini yaptıktan sonra, öğrencilerden %97'si bu modeli günlük hayattan herhangi bir cisme, %3'ü ise nano benzetiminde bulunmuştur. Günlük hayattan bir cisme benzetenlerin (altıgen, bal peteği, futbol topu, gözlük, kurdele, kelepçe, sekiz) tamamının şekilsel açıdan bu benzetimlerde buldukları görülmüştür. Maddeyi nano olarak tanımlayanların %67'si grafen olduğunu, %33'ü ise karbon ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir (Tablo 7).

### Grafen ile İlgili Açıklamalar

Bu kısımda çalışmaya katılan öğrencilerden grafen sergi düzeneği ile ilgili açıklamalarda bulunmaları istenmiş ve 4 soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin bu sorulara verdiği cevaplardan elde edilen bulgular aşağıda verilmektedir.

1. Çubukları ve topları kullanarak yaptığınız grafen modelinin yapısı nasıldır?
2. Grafen hangi atomlardan oluşmuştur?
3. Grafenin özellikleri nelerdir?
4. Grafenin kullanım alanları nerelerdir?

**Tablo 8.** Grafen Modelinin Yapısının Açıklamasının Dağılımı

Tema	Kategori	N	Kod	N
Madde	Günlük hayat benzetim	55	Şekil ile ilgili	54
			Kurşun kalem ile ilgili	1
	Nano	4	Grafen	4

Çalışmaya katılan öğrenciler çubukları ve topları kullanarak yaptıkları grafen modelinin yapısı hakkında buldukları açıklamalarda %93'ü madde hakkında günlük hayattan benzetimde bulunmuş, %7'si yapıyı nano olarak tanımlamıştır. Maddeyi nano olarak tanımlayanların tamamı yapıyı grafen olarak açıklamıştır. Günlük hayattan benzetimlerde bulunanların %98'i şekil ile ilgili, %2'si kurşun kalem ile ilgili benzetimler yapmıştır. Bu durumun model oluşturduktan sonraki gözlemleri ile tutarlı olduğu görülmüştür (Tablo 8).

**Tablo 9.** Grafenin Hangi Atomlardan Oluştüğünün Dağılımı

Tema	Kategori	N	Kod	N
Grafen	Yapısı	94	Karbon atomu	90
			Bağlar	4

Çalışmaya katılan öğrenciler grafenin hangi atomlardan oluştuğu konusunda %96'sı karbon atomlarından oluştuğunu, %4'ü ise bağlardan oluştuğunu belirtmiştir (Tablo 9).

**Tablo 10.** Grafenin Özelliklerinin Dağılımı

Tema	Kategori	N	Kod	N
Grafen	Özellikleri	17	Elektrik iletkenliği	8
			Isı iletkenliği	4
			İletken	4
			Grafenin özelliği	1
	Yapısı	12	Karbon atomu	9
			Bağlar	3
Madde	Günlük hayat benzetim	12	Şekil ile ilgili	7
			Kurşun kalem ile ilgili	4
			Kömür ile ilgili	1
	Doğrudan gözlem	4	Şekil ile ilgili	2
			Renk ile ilgili	2

Çalışmaya katılan öğrencilere grafenin özelliklerini açıklamaları istendiğinde %38'i grafenin özellikleri, %27'si grafenin yapısı, %26'sı günlük hayattan benzetim, %9'u doğrudan gözlem ile ilgili açıklamalarda bulunmuştur. Grafenin özellikleri hakkında açıklamalarda bulunanların %47'si elektrik iletkenliği, %24'ü ısı iletkenliği, %23'ü iletkenlik, %6'sı grafenin özelliği şeklinde cevaplar vermiştir. Grafenin yapısı ile ilgili açıklamalarda bulunanların ise %75'i karbon atomu, %25'i bağlar ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Günlük hayat benzetimi yapanların %59'u şekil (bal peteği) ile ilgili, %33'ü kurşun kalem ile ilgili, %8'i kömür ile ilgili açıklama yapmıştır. Doğrudan gözlem ile ilgili açıklamaların %50'si şekil (küçük) ile ilgili, %50'si renk (siyah, gri, parlak) ile ilgili olduğu görülmüştür (Tablo 10).

**Tablo 11.** Grafenin Kullanım Alanlarının Dağılımı

Tema	Kategori	N*	Kod	N*
Madde	Günlük hayat benzetim	67	Kurşun kalem ile ilgili	67
			Pil	40
	Enerji	45	Elektrik	4
			Kömür ile ilgili	1
	Fizik	19	Optik	19
	Teknoloji	10	Elektronik	9
			Teknoloji	1
Kimya	8	Aritma	8	

\*Bazı öğrencilerin cevapları birden fazla kategoride yer almıştır.

Çalışmaya katılan öğrenciler grafenin kullanım alanları ile ilgili yaptıkları açıklamalarda %45'i günlük hayat benzetimi, %30'u enerji alanında, %13'ü fizik alanında, %7'si teknoloji alanında, %5'i kimya alanında olduğunu belirtmiştir. Günlük hayat ile ilgili olduğunu belirtenlerin tamamı kurşun kalem ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Enerji ile ilgili kullanım alanları olduğunu belirtenlerin %89'u pil, %9'u elektrik, %2'si kömür olarak açıklamıştır. Fizik ile ilgili kullanım alanları olduğunu belirtenler tamamı bunun optik ile

ilgili olduğunu, kimya ile ilgili olduğunu belirtenler tamamı ise bunun arıtma ile ilgili olduğunu açıklamıştır. Teknoloji alanında kullanımı olduğu söylenenler ise bunun %90'nın elektronik, %10'nun teknoloji olduğu belirtmiştir (Tablo 11).

Öğrencilerin grafen için TGA tekniğine göre oluşturulan etkinlik kâğıtlarında yöneltilen sorulara verdikleri cevapların kategorilere ayrılarak yapılan açık kodlamaların analizi sonucunda Tablo 12'de verilen değerlendirmeler yapılmıştır.

**Tablo 12.** Grafen Etkinliği için Bulguların Genel Gösterimi

Tahmin	Gözlem	Açıklama	
Karbon blok ile ilgili	Karbon bloğu inceleme	%43 Günlük hayat benzetim	
%54 Madde-Makro	%49 Doğrudan gözlem	(örn: Altıgen, bal peteği)	
(örn: Kömür)	(örn: Toz)	%32 Yapısı	
%38 Madde-Nano	%45 Günlük hayat benzetim	(örn: Karbon atomu, bağlar)	
(örn: Grafen)	(örn: Bal peteği)	%23 Özellikleri	
%8 Cihaz Makro/Mikro	%6 Madde-Nano	(örn: Elektrik, optik)	
(örn: Büyüteç, Mikroskop)	(örn: Grafen)	%2 Madde-Nano	
Kurşun kalem ile ilgili	Kurşun kalemi inceleme	(örn: Grafen)	
%100 Madde-Benzerlik	%59 Madde-Nano		
	(örn: Grafen)		
	%21 Doğrudan gözlem		
	(örn: Şekil)		
	%20 Günlük hayat benzetim		
	(örn: Kömür ile ilgili)		
	Bilgi panosunu inceleme		
	%50 Özellikleri		
	(örn: Elektrik iletkenliği)		
	%33 Kullanım alanları		
	(örn: Optik)		
	%11 Yapısı		
	(örn: Karbon atomu)		
	%6 Araştırmaları		
	(örn: Bilim insanlarıncı incelenmesi)		
	Model inceleme		
	%98 Günlük hayat benzetim		
	(örn: Gözlük)		
	%2 Madde-Nano		
	(örn: Grafen, karbon)		
Makro	%84 Makro	%42 Makro	%23
Mikro	%2 Mikro	0 Mikro	0
Makro&Nano	0 Makro&Nano	%14 Makro&Nano	%16
Nano	%14 Nano	%44 Nano	%60

Elde edilen verilerin genelleme tablosu incelendiğinde, tahmin merhalesinde öğrencilerin hedef kavram olan nano ile ilgili zihinlerinde var olan yapıya bakılmıştır. Genel olarak makro değerlendirmelerde bulunarak, güncel hayatta olan kurşun kalem, kömür vb. yapıların üzerinde durmuşlardır. Gözlem merhalesinde ise uygulamaya geçerek, karbon bloku, kurşun kalemi, sergi

ile ilgili bilgi panosunu ve grafen yapısını oluşturdukları atom modelini incelediklerinde grafenin özellikleri, kullanım alanları ve yapısı üzerine yoğunlaşmışlardır. Son merhalesi olan açıklama kısmında ise tahminleri ve gözlemleri arasında ilişkilendirme yaparak grafenin yapısal özelliklerine ve nano boyutuna daha çok odaklanmışlardır. TGA yöntemi kullanılarak maddenin her boyutunun ortaya çıktığı genelleme sonucunda görülmektedir.

### Tartışma ve Sonuç

Günümüzde informal eğitim ortamı olarak bilim merkezleri önemli bir yere sahip olmaya başlamıştır. Bunun devamında okul dışı öğrenme alanlarının ders konuları ile birleştirilmesi ihtiyacı daha çok ortaya çıkmıştır (Stocklmayer, Rennie ve Gilbert, 2010). Bilim merkezlerinin temel yapısını oluşturan sergi düzeneklerinin içeriklerine uygun olarak özellikle fen bilimleri derslerinde kullanıldıklarında öğrencilerin fen derslerine olan yaklaşımlarında olumlu değişimler olduğu söylenmektedir (Bozdoğan ve Yalçın, 2006).

Temel bilimler alanlarında farklı temaları interaktif olarak ziyaretçiyle buluşturan bilim merkezi sergi düzenekleri bilim insanlarının son yıllarda üzerinde çalıştığı konuları da yeni teknolojiler adı altında sergilemektedir. Bu yeni teknolojilerden olan nanoteknoloji; fizik, kimya, biyokimya, biyoteknoloji, malzeme bilimi, tıp, mikroelektronik ve bilgisayar bilimleri arasındaki arayüzde yer almaktadır. Bu nedenle nanobilimin ve nanoteknolojinin kontrolü akademik ve çok disiplinli bir bilimsel eğitim gerektirmektedir. Bu şekilde bir eğitimin endüstri ve araştırma enstitülerine yetişmiş uzmanların sağlanabilmesi adına önemli olduğu düşünülmektedir (Sebastian ve Gimenez, 2016). Nano eğitim; nanobilim ve nanoteknoloji alanlarını büyütmek ve küresel ekonomideki rollerini sağlamlaştırmak için uzun zamandan beri önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Jackman ve ark., 2016). Bunun için de güçlü bir nanobilim insan kaynağı havuzunu arttırmanın zorunlu olduğu ve nanoteknolojiyi iletirmek için eğitim kaynaklarını, yetenekli iş gücünü, destekleyici altyapı ve araçlarını geliştirmek ve sürdürmenin önemli olduğu vurgulanmıştır (Greenberg, 2009). Nanoteknolojinin üniversiteden ilkokul seviyesine kadar hızla iniyor olması bu konudaki bilgi birikiminin ve alana özgü bilgi, beceri ve yetkinliklerin eğitim yoluyla gelecek nesillere aktarılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Roco, 2002). Nanobilim eğitimi, ABD ve Avrupa'daki çeşitli üniversitelerde ve okullarda müfredatın bir parçası hâline gelmiş, nanoteknolojiyi okul eğitimi ile ilişkilendirme süreci de başlamıştır (Roco, 2002). For-

mel eğitim alanlarının dışında bilim müzeleri ve bilim merkezleri gibi informal alanlarda ise nanoteknoloji sergileri, bu sergilere çevrim içi ulaşabilme, nanoteknoloji hakkında oyunların ve haberlerin yer aldığı dijital yayınlar, öğretmenler için etkinliklerin yer aldığı farklı modüller gibi nanobilim eğitimi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (NNI, 2020).

Yapılan çalışmada yeni teknolojilerden biri olan nanoteknoloji konusuyla ilgili sergi düzeneği ortaokul öğrencileri için hazırlanan nanoteknoloji etkinliği ile ilişkilendirilmiştir. Ortaokul 5, 6 ve 7. sınıf öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bilgilerini arttırmak amacıyla hazırlanan etkinlikte öğrencilerin grafen hakkında tahminde bulunmaları, ilgili sergi panosunu inceleyerek deneysel çalışmalar yapmaları ardından gözlemleri ile ilgili açıklamalar getirmeleri istenmiştir. Öğrencilerin yürüttükleri tahminler sırasında ön bilgilerini ve bilimsel süreç becerilerini kullanmalarına fırsat sunan, onları aktif kılan ve fen derslerine karşı olumlu katkı sağlayan TGA tekniğine göre etkinlik kâğıtları hazırlanmıştır (Ercan, Ural ve Doğruluk, 2018). Her bir öğrencinin cevabı açık kodlama ile kodlanarak tema ve kategoriler oluşturulmuştur. Yapılan analizlere göre öğrencilerin çoğunluğu tahminlerinde ve gözlemlerinde maddenin gözlemlenebilir (makroskopik) yapısını öne çıkarırken, açıklamalarında günlük hayat benzetimlerinde bulunarak tanecik düzeyinde (nano boyutta) açıklamalar getirmişlerdir.

Grafen etkinliğinden elde edilen Tablo 12'deki bulgulara bakıldığında tahmin merhalesinde öğrencilerin cevapları karbon blok ve kurşun kalem üzerine olmuştur. Bu merhalede verdikleri cevaplar günlük hayatın içinde geçen kömür, kurşun kalem, büyüteç ve mikroskop gibi makro ve mikro yapıları içermiştir. Nano ile ilgili zihinlerinde var olan yapının, karbon blok görselini kurşun kalemin ucundaki grafit maddesine benzetmelerinden kaynaklı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Gözlem merhalesinde ise karbon blok ve kurşun kalem ile ilgili uygulamalar yapmışlar, aralarında benzerlikler kurarak rengi, görüntüsü hakkında çoğunlukla makro boyutta yorumlar getirmişlerdir. Grafen ile ilgili bilgi panosunu inceledikten sonra grafenin özellikleri, kullanım alanları ve bilim insanlarının yaptığı araştırmalar hakkında verdikleri cevaplar makro yapıdan nano yapıya geçişin olduğunu göstermiştir. Ayrıca gözlem merhalesinde grafen atom modelini, sergi düzeneği üzerinde bulunan materyalleri kullanarak oluşturmaları verdikleri cevapların grafenin yapısal özelliklerine ve nano boyutuna daha çok odaklandıklarını göstermiştir. Gözlem

sırasında karbon blok ile kurşun kalemin ucunda bulunan grafit maddesi arasında kurdukları bağ, yaptıkları atom modeli ve inceledikleri bilgi panosu cevaplarına daha çok nano boyutta açıklamalar olarak yansımıştır.

Tahminlerde bulunup bunları muhakeme etme, gözlemleri tanımlama, tahmin ve gözlemler arasındaki çelişkileri giderme konusunda öğrencilere akıl yürütme fırsatını veren TGA tekniğinin esas amacı kavramların zihinsel yapılanmasını belirlemedir (Coştu ve Karataş, 2017). Etkinlik sonunda yapılan analizlere bakıldığında TGA tekniğinin kullanılması öğrenci yorumlarının maddenin gözlemlenebilir yapısından tanecik boyutuna geçişlerinde artış olduğunu göstermiştir. Öğrenciler açıklamalarında nano boyut kavramını daha çok ortaya çıkarmışlardır.

Çalışmanın örneklem ile ilgili sınırlılıkları bulunmaktadır. Örneklem sayısı 109 ortaokul öğrencisinden oluşmuştur. Okul türü olarak 3 farklı okul yer almış, bunların ikisi devlet okulu birisi özel okul olmuştur. Araştırmanın bulguları bu çalışmada yer alan ortaokul 5, 6 ve 7 sınıf öğrencisi olan 109 öğrenci için geçerlidir. Diğer taraftan, belirli sayıdaki katılımcı için belirli bir konunun derinlemesine incelenmesini sağlamaktadır. Bu da nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışmasının önemini ortaya çıkarmaktadır. Bunların yanında ortaokul öğrencileri ile yapılan nanobilim ve nanoteknoloji araştırmalarının az sayıda olması, nano kavramının ülkemizde ortaokul müfredatında yer almaması çalışmada sınırlılık oluşturmaktadır. Diğer taraftan bilim merkezi sergi düzeneklerinin kullanılarak nano kavramının anlatıldığı etkinliklerin yapılması çalışmayı özgün kılmaktadır.

Son yıllarda hızla ilerleyen ve günlük hayatta uygulamalarına rastlanan bir alan olan nanobilim ve nanoteknoloji uygulamaları toplumun özellikle geleceği şekillendirecek olan çocukların bu alanda farkındalık sahibi olmalarını gerektirmektedir. Önümüzdeki süreç içerisinde nanoteknoloji alanındaki ihtiyaç duyulacak insan kaynağını çocukların oluşturması beklenmektedir. Bu alandaki yetişmiş insan kaynağı yetersizliğinin ve farkındalık eksikliğinin giderilmesi için nanobilim eğitimi önem taşımaktadır. Nanobilim eğitimi çalışmaları toplumun her seviyesinde yer alan insan kaynağını hedefleyerek geliştirilse de ülkemizde ortaokul ve lise öğrencilerine yönelik yapılan çalışmaların az sayıda olması dikkat çekicidir. Gelişen ve gelişime açık bir bilim ve teknoloji alanının, informel öğrenme ortamlarının başında gelen bilim merkezi etkinliklerinin içerisinde yer alarak, bu alanda hedeflenen yetişmiş insan kaynağına katkısı önemli olacaktır. Bu araştırma ile geliştirilmiş ve katılımcılarının

ortaokul 5, 6 ve 7. sınıf öğrencilerinin olduğu atölye çalışmasıyla bir bilim merkezindeki nanoteknoloji konulu serginin laboratuvar materyali olarak kullanılması, farklı nanobilim etkinlikleriyle birleştirilmesi ve bunlar üzerinden deneysel çalışmaların yapılarak nanobilim üzerine kavramların TGA yöntemi ile incelenmesi çalışmayı özgün ve önemli kılmaktadır. Yeni teknolojiler arasında ülkeler arası bilimsel rekabette önemli yeri olan nanoteknolojinin ülkemizde daha küçük yaşlarda bilinirliğini ve anlaşılabilirliğini artırmak, öğrencilerin fen bilimlerinin önemli bir uzantısı olan nanoteknoloji ile ilgili gelişmelere ilgi duyması, olumlu tutum geliştirmesi için bilim merkezleri sergi düzenekleri aracılığıyla yapılan etkinliklerin önemli katkılarının olduğu düşünülmektedir.

### Kaynakça

- Akoğlu, A. (2011). Bilim iletişimi. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 525, 24-29.  
[https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/biltek\\_arsiv/S-525-24.pdf](https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/biltek_arsiv/S-525-24.pdf)
- Arizona Science Center. (2020). *Educators*.  
<https://www.azscience.org/educators/>
- Ateş, İ. ve Üce, M. (2017). Lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(2), 685-710.
- Boston Children's Museum. (2020). *Programs*.  
<https://www.bostonchildrensmuseum.org/exhibits-programs/programs>
- Bozdoğan, A. E. ve Yalçın, N. (2006). Bilim merkezlerinin ilköğretim öğrencilerinin fene karşı ilgi düzeylerinin değişmesine ve akademik başarılarına etkisi: Enerji parkı. *Ege Eğitim Dergisi*, 7(2), 95-114.
- Carnegie Science Center. (2020). *Educators*.  
<https://carnegiesciencecenter.org/educators/>
- Coştu, B. ve Karataş, F. Ö. (2017). Kimya öğretimi. A. Ayas ve M. Sözbilir, (Ed.), *Tahmin-Tartış-Açıkla-Gözle-Tartış-Açıkla (TaTGA) yöntemi ve kimya öğretiminde uygulama örnekleri içinde* (264-279). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Dohn, N. B. (2010). The formality of learning science in everyday life: A conceptual literature review. *Nordic Studies in Science Education*, 6(2), 144-154.
- Durel, E. (2018). *Okul dışı fen etkinliklerinin fen bilimleri öğretmen ve öğretmen adayları ile öğrenciler üzerine etkileri*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ercan, O., Ural, E. ve Doğruluk, S. (2018). Fen eğitiminde öğrenciyi aktif kılan öğretim yöntem/stratejileri. A. Tekbıyık ve G. Çakmakçı, (Ed.), *Fen bilimleri öğretimi ve STEM etkinlikleri içinde* (123-151). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Exploratorium. (2020). *Center for Informal Learning in Schools (CILS)*.  
<https://www.exploratorium.edu/education/center-informal-learning-schools>
- Federal Ministry of Education and Research. (2016). *Action Plan Nanotechnology 2020*.  
[https://www.bam.de/\\_SharedDocs/EN/Downloads/as-nano-action-plan-nanotechnology-2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bam.de/_SharedDocs/EN/Downloads/as-nano-action-plan-nanotechnology-2020.pdf?__blob=publicationFile)

- Glesne, C. (2015a). Nitel araştırmayla tanışma. (E. Günel, Çev.). A. Ersoy ve P. Yalçınoğlu, (Çev. Ed.), *Nitel araştırmaya giriş* içinde (30-31). Ankara: Anı. (Orjinal çalışma basım tarihi 2011)
- Glesne, C. (2015b). Çeşitli analiz biçimleri. (A. Ersoy, Çev.). A. Ersoy ve P. Yalçınoğlu, (Çev. Ed.), *Nitel araştırmaya giriş* içinde (256-261). Ankara: Anı. (Orjinal çalışma basım tarihi 2011)
- Greenberg, A. (2009). Integrating nanoscience into the classroom: Perspectives on nanoscience education projects. *ACS Nano*, 3(4), 762-769.
- Hingant, B. ve Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152.
- Jackman, A. J., Cho, D., Lee, J., Chen, J. M., Besenbacher, F., Bonnell, D. A., Hersam, M. C., Weiss, P. S. ve Cho, N. J. (2016). Nanotechnology education for the global world: Training the leaders of tomorrow. *American Chemical Society*, 10(6), 5595-5599.
- Kearney, M. ve Treagust, D. F. (2001). Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics. *Australian Journal of Educational Technology*, 17(1), 64-79.
- Laherto, A. (2012). *Nanoscience education for scientific literacy opportunities and challenges in secondary school and in out of school settings*. Yayımlanmamış doktora tezi, University of Helsinki.
- Laherto, A. (2013). Informing the development of science exhibitions through educational research. *International Journal of Science Education*, 3(2), 121-143.
- Lim, B. (2001). *Guidelines for designing inquiry-based learning on the web: online pro-fessional development of educators*. Yayımlanmamış doktora tezi, Indiana University.
- Mallmann, M. (2008). Nanotechnology in school. *Science in School*, 10, 70-75.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2019). *Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=350>
- Nano to Touch Project. (2011). *Nanototouch*. <https://www.ecsite.eu/activities-and-services/projects/nanototouch>
- Nanoyou Project. (2011). *Communicating NANOTEchnology to European YOUth*. <https://cordis.europa.eu/project/id/233433>
- NISE. (2020). *National Informal STEM Education Network*. <https://www.nisenet.org/about-exhibits>
- NNI. (2020). *National Nanotechnology Initiative Educational Resources*. <https://www.nano.gov/education-training>
- NYSCI. (2020). *New York Hall of Science School Programs*. <https://nysci.org/school/school-programs/>
- Ontario Science Center. (2020). *Science School*. <https://www.ontariosciencecentre.ca/teachers-plus-students/science-school>
- Öz-Yıldız, R. ve Şahin, F. (2015, Mayıs). *Araştırma-sorgulamaya dayalı etkinliklerle desteklenmiş bilim merkezi uygulamalarının 7. Sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi*. VII. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongresi'nde sunulan bildiri, Muğla.



- Plakitsi, K. (2013). Teaching science in science museums and science centers. K. Plakitsi, (Ed.), *Activity theory in formal and informal science education* içinde (27-56). Rotterdam: Sense Publishers.
- Roco, M. C. (2002). Nanoscale science and engineering education activities in the United States (2001-2002). *Journal of Nanoparticle Research*, 4(3), 271-274.
- Saraç, H. (2017). Türkiye’de okul dışı öğrenme ortamlarına ilişkin yapılan araştırmalar: içerik analizi çalışması. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 60-81.
- Sebastian, V. ve Gimenez, M. (2016). Teaching nanoscience and thinking nano at the macroscale: nanocapsules of wisdom. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 489-495.
- Semper, R. (1997). Science centers: Partners in science education. *American Physical Society*, 6(4), 5-8.
- Stake, R. (2000). Handbook of Qualitative Research. N. Denzin, Y. Lincoln (Ed.), *Case Studies* içinde, (435-454). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. ve Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1-44.
- Şahin, N. ve Ekli, E. (2013). Nanotechnology awareness, opinions and risk perceptions among middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 867-881.
- Technopolis Science Center. (2020). *E-rally*.  
<https://www.technopolis.be/en/schools/e-rally/>
- Time for Nano Project. (2011). *TIME for Nano - Tools to Increase Mass Engagement for Nanotechnology*.  
<https://cordis.europa.eu/project/id/233481>
- White, R. T. ve Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. Londra: The Falmer Press.
- Yurtkulu, A., Akkuş-Şare, A. N. ve Şimşek-Laçin, C. (2017). Feza Gürsey Bilim Merkezi etkinlik örneği: fısıltı tabakları. *İnformel Ortamlarda Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 70-76.

## EK 1: UYGULANAN ATÖLYE SÜRECİ

### Grafen Etkinliği Atölye Süreci

Soru	Amaç	Uygulama	
<b>Tahmin</b>	1	Karbon blok şeklinde verilen grafen maddesini tanıyıp tanımadıkları ve kurşun kalem ile benzerliği olup olmadığının belirlenmesi.	Atölye için hazırlanan çalışma kitapçığında karbon blok görseli verilir. Bu görsel üzerinden madde nin ne olduğu hakkında tahminde bulunmaları istenir.
	1	Yaptıkları tahmin üzerine karbon blok ile uygulamadan sonra karşılaştırma yapmaları	Grafen sergisinde bulunan karbon bloğa kâğıt bant yapıştırma ları ve bantın üzerindeki yapıyı incelemeleri istenir.
<b>Gözlem</b>	2	Sergilerin yanında yer alan ve içerik hakkında bilgilendirme yapan panolardan bilgi edinmeleri	Grafen sergisinde bulunan bilgi panosunu inceleyip, ilgilerini çeken bilgileri not almaları istenir.
	3	Kurşun kalem ile karbon blok arasında benzerlik kurmaları	Kurşun kalem ile verilen kâğıdı karalamaları, başparmaklarını bastırıp çıkan izi incelemeleri istenir.
	4	Grafenin yapısını anlayarak günlük hayattan bir obje ile benzerlik kurarak görselleştirmeleri	Verilen top ve çubuklarla sergide gördükleri grafen modelini yapmaları istenir.
<b>Sunu</b>		Grafenin hangi atomlardan oluştuğu ve yapısının doğada neye benzediği, günlük hayatta nerelerde kullanıldığı görseller içeren bir sunu yapılır.	
<b>Açıklama</b>	1	Grafenin yapısını ve yapıyı oluşturan atomları tanımaları	Grafen modelinin yapısını ve yapıyı oluşturan atomları açıklamaları istenir.
	2	Grafenin özelliklerini tanıyarak günlük hayatta kullanıldığı yerleri açıklayabilmeleri	Grafenin özelliklerini ve ilk kullanım alanlarını açıklamaları istenir.