



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı

Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİNDE NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ÜZERİNE  
YAPILMIŞ TEZ VE MAKALELERİN İÇERİK ANALİZİ**

Ayşe BOYRAZ  
ORCID: 000-0002-8573-6935

Danışman  
Doç. Dr. Erhan ZOR  
ORCID: 0000-0002-2325-6354

Konya – 2022

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenim sürecinde danışmanlığımı yapan, tez çalışmamı belirleme, hazırlama ve yazma sürecinde yol gösteren, yüksek lisans hayatım ve tez yazma dönemim boyunca ilgi, sabır, anlayış ve çalışma azmi ile bana her zaman örnek olan, bilimsel çalışmalarında yol göstericim olan, başarılı bilim insanı kimliğinin yanında çok başarılı bir danışman olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Erhan ZOR'a bana sağladığı tüm imkan, kazanım ve hoşgörüsü için sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatımda düzenli çalışmayı öğrendiğim, olaylara farklı bir bakış açısı geliştirmemi sağlayan, yaptığımız çalışmalarda bana bilimsel bir kimlik kazandıran ve bu tezi yazmadaki aşamaları kolaylaştıran değerli hocam Sayın Doç. Dr. Oktay ASLAN'a saygı ve teşekkürlerimi iletirim.

Lisans ve yüksek lisans dönemlerinde çalışma azmine hayran kaldığım, yaptığım tüm çalışmalarda bana emek veren ve kolaylık sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Haluk BİNGÖL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunar bu azminin tüm öğrencilerine yansımısını dilerim.

Yüksek lisans tezimde ve makalelerimde bilgi ve tecrübelerinden sürekli yaralandığım, nazik, anlayışlı, bilgili ve başarılı hocam Sayın Arş. Gör. Dr. Tuba ŞENEL ZOR'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunar ve hayatın bütün güzelliklerinin onunla olmasını temenni ederim.

Dostluğu ve arkadaşlığıyla hem öğrenim sürecinde hem de normal hayatta desteğini hep hissettiğim, çalışmalarımı birlikte yürüttüğüm ve tez yazımım sürecinde bilgileriyle beni aydınlatan çok sevgili arkadaşım Şeyma ÇALIK BOSTANCI'ya her şey için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni desteklerinden hiçbir zaman mahrum etmeyen, eğitim hayatımda her daim yanımda olan, sevgilerini ve sabırlarını benden esirgemeyen sevgili aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

Yaptığım çalışmanın her aşamasında yanımda olup destek veren, anlayışıyla bu süreci bana kolaylaştıran ve beni hep cesaretlendiren sevgili eşim Hacı Ahmet BOYRAZ'a hayatımda olduğu için ve bu süreçte bana destek olduğu için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ayşe BOYRAZ

Şubat 2022

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU .....	vi
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
TABLolar VE ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
ÖZET .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problem Durumu .....	2
1.2. Araştırmanın Amacı .....	3
1.3. Araştırmanın Önemi .....	3
1.4. Varsayımlar .....	4
1.5. Sınırlılıklar.....	4
1.6. Tanımlar .....	4
<b>2. ALAN YAZIN.....</b>	<b>6</b>
2.1. Nano Nedir? .....	6
2.2. Nanobilim ve Nanoteknoloji Nedir? .....	7
2.3. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Tarihi .....	8
2.4. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Amacı .....	9
2.5. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları .....	10
2.5.1. Tıp .....	10
2.5.2. Gıda .....	11
2.5.3. Malzeme ve imalat .....	11
2.5.4. Savunma sanayi .....	12
2.5.5. Tekstil.....	12
2.6. Doğada Nanobilim ve Nanoteknoloji.....	12
2.7. Nanobilim ve Nanoteknolojide Kullanılan Araçlar.....	14
2.8. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Riskleri .....	15
2.9. Fen Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji .....	15
2.10. Ulusal Literatürde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	17
2.11. Uluslararası Literatürde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar.....	24
2.12. Ulusal Literatürde Fen Bilimleri Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji ile İlgili Yapılan Çalışmaların Genel Durumu .....	26
<b>3. YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>

3.1. Araştırmanın Modeli .....	28
3.2. Araştırmanın Örneklemi .....	28
3.3. Veri Toplama Teknikleri .....	28
3.4. Verilerin Toplanması .....	29
3.5. Verilerin Analizi .....	29
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>30</b>
4.1. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımına Yönelik Bulgular .....	30
4.2. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Yönelik Bulgular .....	31
4.3. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Çalışma Gruplarına Yönelik Bulgular .....	31
4.4. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Örneklem Yöntemine Yönelik Bulgular .....	32
4.5. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Araştırma Desenine Yönelik Bulgular .....	33
4.6. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Yönelik Bulgular .....	35
4.7. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Veri Analiz Tekniklerine Yönelik Bulgular .....	36
4.8. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Konusuna Yönelik Bulgular .....	38
4.9. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Araştırma Konusuna Yönelik Bulgular .....	39
4.10. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Amaçlarına Yönelik Bulgular .....	40
<b>5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>44</b>
5.1. Tartışma ve Sonuç .....	44
5.1.1. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların yıllara göre dağılımına yönelik sonuçlar .....	44
5.1.2. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların araştırma yöntemlerine yönelik sonuçlar .....	45
5.1.3. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların örneklemine yönelik sonuçlar .....	45
5.1.4. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların örneklem yöntemiyle yönelik sonuçlar .....	46
5.1.5. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların araştırma desenine yönelik sonuçlar .....	47
5.1.6. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların veri toplama araçlarına yönelik sonuçlar .....	47
5.1.7. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların veri analiz tekniklerine yönelik sonuçlar .....	47
5.1.8. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların konusuna yönelik sonuçlar .....	48

5.1.9. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların araştırma konusuna yönelik sonuçlar .....	48
5.1.10. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların amacına yönelik sonuçlar .....	49
5.2. Öneriler.....	49
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>51</b>



## TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

*Fen Bilimleri Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji Üzerine Yapılmış Tez ve Makalelerin İçerik Analizi* başlıklı tez çalışmamın toplam **55** sayfalık kısmına ilişkin, 9/02/2022 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%6** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
2. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
3. Önsöz hariç
4. İçindekiler hariç
5. Simgeler ve kısaltmalar hariç
6. Kaynaklar hariç
7. Alıntılar dahil
8. 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%30) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

14/02/2022

Ayşe BOYRAZ

Doç. Dr. Erhan ZOR

## **BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ**

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

14/02/2022

Ayşe BOYRAZ

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

**%:** Yüzde işareti

**f:** Frekans işareti



## **Kısaltmalar**

**m:** Metre

**nm:** Nanometre

**$\mu$ m:** Mikrometre

**NBT:** Nanobilim ve Nanoteknoloji

**NBTE:** Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitim

**TÜBİTAK:** Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

**YÖK:** Yüksek Öğretim Kurulu

**ULAKBİM:** Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi

**ANOVA:** Varyans analizi

**AFM:** Atomik Kuvvet Mikroskobu

**SEM:** Taramalı Elektron Mikroskobu

**FE-SEM:** Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu,

**TEM:** Geçirimli Elektron Mikroskobu

**TR:** Türkçe

## TABLolar VE ŞEKİLLER LİSTESİ

### Tablolar Listesi

<b>Tablo 1. 1.</b> Nikel tanesinin boyutuna göre değişen özellikleri. ....	7
<b>Tablo 4. 1.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin çalışma gruplarına göre dağılımı.....	32
<b>Tablo 4. 2.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tezlerin örnekleme tekniklerine göre dağılımı. ....	32
<b>Tablo 4. 3.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin örnekleme tekniklerine göre dağılımı.....	33
<b>Tablo 4. 4.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tezlerin araştırma desenlerine göre dağılımı. ....	34
<b>Tablo 4. 5.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin araştırma desenlerine göre dağılımı.....	35
<b>Tablo 4. 6.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı. ....	36
<b>Tablo 4. 7.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tezlerin veri analiz tekniklerine göre dağılımı. ....	37
<b>Tablo 4. 8.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin veri analiz tekniklerine göre dağılımı.....	38
<b>Tablo 4. 9.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin konularına göre dağılımı. ....	39
<b>Tablo 4. 10.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin araştırma konularına göre dağılımı.....	39
<b>Tablo 4. 11.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tezlerin amaçlarına göre dağılımı.....	41
<b>Tablo 4. 12.</b> Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin amaçlarına göre dağılımı.....	42

## Şekiller Listesi

Şekil 1. 1. Teknolojilerin gelişim aşamaları. ....	1
Şekil 2. 1. Makrodan nanoya temsili görselleştirme. ....	6
Şekil 2. 2. Kral Lycurgus kupası. ....	8
Şekil 2. 3. Nanoteknoloji ile hücrelere müdahalenin görselleştirilmesi. ....	11
Şekil 2. 4. Nanoteknolojinin tekstilde kullanımı. ....	12
Şekil 2. 5. Nanobilim ve nanoteknolojinin doğadaki örnekleri. ....	13
Şekil 2. 6. Multidisipliner bir bilim alanı olan NBT. ....	15
Şekil 4. 1. NBT ile ilgi yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı. ....	30
Şekil 4. 2. NBT ile ilgi yapılan çalışmaların araştırma yöntemine göre dağılımı. ....	31

## ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü  
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı  
Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

### FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİNDE NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ÜZERİNE YAPILMIŞ TEZ VE MAKALELERİN İÇERİK ANALİZİ

Ayşe BOYRAZ

Bu araştırmada fen bilimleri eğitiminde nanobilim ve nanoteknoloji konularında yapılmış olan tez ve makale çalışmalarının içerik analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Araştırmada nitel araştırma yöntemi kullanılmış olup doküman incelenmesi yapılmıştır. Veriler araştırmacı tarafından oluşturulan formla toplanmıştır. Veri toplama işlemi makalelerde “nano” ve “eğitim” anahtar kelimeleri Google Akademik, Web of Science, ULAKBİM’de, tezlerde ise “nano”, “nanobilim”, “nanoteknoloji”, “nanobiyoteknoloji” kelimeleri Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi’nden taratılarak yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda tarama sonucu ulaşılan 21 tez ve 15 makale çalışmasının içerik analizi yapılmıştır. Fen eğitimi alanına yapılmayan çalışmalar araştırmaya dahil edilmemiştir. Toplanan veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz edilen veriler ışığında fen eğitiminde nanobilim ve nanoteknoloji üzerine yapılan tezlerin 2009 yılında başlayıp en çok 2017 yılında yayın yapıldığı bulunmuştur. Araştırmalarda nitel araştırma yöntemi çoğunlukla kullanılmış olup en çok seçilen örneklem grubunu lisans öğrencileri olmuştur. Örneklem yöntemi olarak seçkisiz olmayan örneklem yöntemlerinden biri olan amaçsal örneklem yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda en çok tercih edilen araştırma deseni tarama ve yarı deneysel desen olarak bulunmuştur. Veri toplama araçlarına ilişkin sonuçlarda tezlerde en çok kullanılan veri toplama aracı anket iken makalelerde en çok kullanılan veri toplama aracının gözlem olduğu görülmüş ve en çok tercih edilen veri analiz tekniği tezlerde kestirimsel istatistiklerden t-testi ve ANOVA makalelerde ise ANOVA olarak bulunmuştur. Çalışmalarda en çok tercih edilen konu nanoteknoloji olarak bulunmuştur. Araştırma konularında ise farkındalık üzerine yapılan çalışmaların çoğunlukta olduğu görülmüştür. Çalışmalar amaçları yönlerinden değerlendirildiğinde tezlerde nanoteknoloji alanında tutum ölçme, algı görüş ve düşünce inceleme konularında, nanobilim alanındaki kavramları etkinliklerle anlatma konusunda, nanobiyoteknoloji alanında bilgi düzeylerini inceleme konusunda, nanobilim ve nanoteknoloji alanında farkındalık ölçme, farkındalık değişimi inceleme ve kavramsal anlamalarındaki değişikliği keşfetme amacı ile çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir. Makalelerde ise nanoteknoloji alanında farkındalık ölçme ve algı, görüş, düşünce inceleme konularında, nanobilim ve nanoteknoloji alanında farkındalık ölçme konusunda en çok çalışmanın yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarda tezlerde yüksek oranda uygulama (etkinlik, materyal geliştirme vb.) yapan çalışma olduğu bulunurken makalelerde bu oranın daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre çalışmalarda yöntem ve teknikleri belirtme ile ilgili eksikler olduğu tespit edilmiş olup araştırmacıların bu konularda araştırma yöntem ve teknikleri ile ilgili öneriler sunulmuştur. Bunun yanında nanobilim ve nanoteknoloji alanında sınırlı oranda riskleri üzerine çalışmalar bulunduğundan bu alanda çalışmalar yapılabileceği ve diğer çalışma konularında da örneklem grupların da çeşitlemeye gidilmesi konusunda öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Fen eğitimi, İçerik analiz, Nanobilim, Nanoteknoloji.

## ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Educational Sciences  
Department of Mathematics and Sciences Education  
Science Education Program  
Master Thesis

### CONTENT ANALYSIS OF THESES AND ARTICLES ON NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY IN SCIENCE EDUCATION

Ayşe BOYRAZ

This study aims to analyze the content of thesis and article studies on nanoscience and nanotechnology in science education. The qualitative research method was used and document analysis was carried out in the study. The data were collected with the form created by the researcher. The data collection process was performed by searching the keywords of "nano" and "education" in Google Scholar, Web of Science, ULAKBIM for articles, the keywords of "nano", "nanoscience", "nanotechnology", "nanobiotechnology" in Council of Higher Education, Thesis Center for thesis. The content analysis was performed with 21 theses and 15 articles, which were reached as a result of the search. Studies that were out of the field of science education were not included in the study. The collected data were analyzed by content analysis. In the light of the analyzed data, it was found that theses on nanoscience and nanotechnology in science education started in 2009 and were published mostly in 2017. The qualitative research method was mostly used in the studies and the most chosen sample group was undergraduate students. As a sampling method, it was chosen through purposive sampling, which is one of the non-random sampling methods. As a result of the research, the most preferred research design was found to be the survey model and quasi-experimental design. In the results of the data collection tools, it was seen that the most used data collection tool in the theses was the survey, while the most used data collection tool in the articles was the observation. The most preferred data analysis technique was found to be predictive statistics t-test and ANOVA in theses, and ANOVA in articles. The most preferred subject in studies was nanotechnology. The studies on awareness are in the majority in terms of the research subject. When the studies were evaluated in terms of their purpose, it was determined that there were studies on measuring attitudes, perceptions, opinions and thoughts in the field of nanotechnology, on activity-based teachings in the field of nanoscience, on examining the knowledge levels in the field of nanobiotechnology, on measuring awareness, examining awareness change and conceptual understanding change in the field of nanoscience and nanotechnology. In the articles, it is seen that most of the studies were performed on awareness measurement and perception, opinion and thought analysis in the field of nanotechnology, and on measuring awareness in the field of nanoscience and nanotechnology. In addition, it was found that the studies which make applications (activity, material development, etc.) at a high rate in the theses and a low rate in the articles. According to the results of the research, it was determined that there were deficiencies in specifying the methods and techniques in the studies, and therefore the suggestions about the research methods and techniques on these issues for the researchers were presented. In addition, since there were studies on the risks at a limited rate in the field of nanoscience and nanotechnology, some suggestions were given that studies can be carried out in this field and sample groups should be diversified in other study subjects.

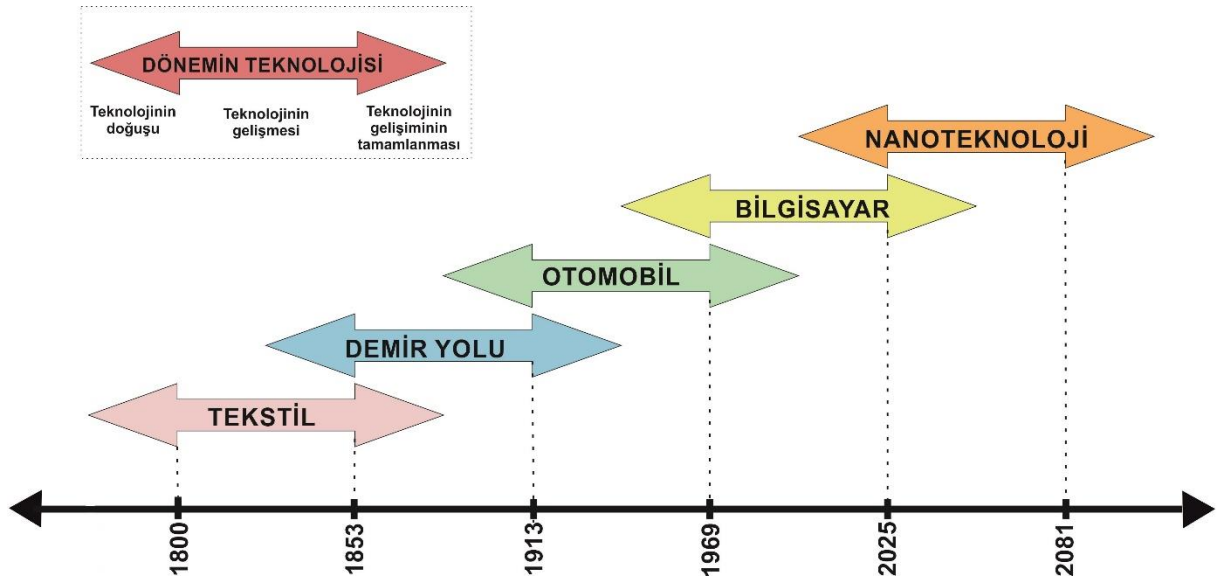
**Keywords:** Science education, Content analysis, Nanoscience, Nanotechnology.

# BÖLÜM 1

## 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde yaşam devam ettikçe, insanlar bir taraftan keşfettikleri şeyleri daha iyi tanımaya ve anlayama devam ederken diğer bir taraftan da yeni keşiflerle yaşamlarını zenginleştirmektedirler. Doğanın ve bilimin içi içe geçmesi bu yeni keşiflerin ortaya çıkmasındaki temel yollardan biri olabilir. Doğanın bilimle açıklanması, dünya ve dünya ötesindeki büyüklüklerle dünya üzerinde bulunan gözle görülemeyecek küçüklükleri tanımamıza olanak sağlamaktadır. Ölçekte küçük boyutlara doğru yol aldığımızda karşımıza çıkan nano dünya, insanları maddelerin özellikleri ve sağladığı imkânlarıyla şaşırtmaktadır.

Sınırlarını çizmenin mümkün olmadığı teknoloji, insanın var oluşuyla hız kesmeden devam etmektedir (Özer, 2019). Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, tekstil çağı, demiryolu çağı ve otomotiv çağının ardından 1970’li yıllardan sonra artık bilgisayar çağının yükselişi görülmektedir. Bu bilgisayar çağının yükselişinin sonlarına doğru, yeni bir bilim ve teknoloji alanı olarak 1990’larda Nanobilim ve Nanoteknoloji (NBT) karşımıza çıkmaktadır. Hala doğuş aşamalarını yaşadığımız bu teknolojinin 2025 yılından sonra, 21. yüzyılın sonuna kadar yükselişinin devam edeceği düşünülmektedir (Erkoç, 2012).



Şekil 1. 1. Teknolojilerin gelişim aşamaları.

Aslında nanobilime geçmişin, şimdinin ve en çok da geleceğin bilimi demek yanlış olmayabilir. Geçmiş dönemlerde de var olan ama sadece ismi konulmamış bir bilimin var olduğu görülmektedir. Çünkü dünya üzerinde hem popülerleşen hem de gelişen nanobilim ve

nanoteknolojinin örnekleri çok daha önceki yıllarda karşımıza çıkmaktadır. 4. Yüzyıla ait olan Kral Lycurgus Kupası yaklaşık 70 nanometre (nm) boyutlarında gümüş ve altın partikülleri içermekte olup ışığı geçirme durumuna göre renk alırken, 6-17. yüzyıllarda, bakır ve gümüş nano partikülleri ve bazı metallerin oksit ve klorürlerin nano partiküllerinden faydalanılarak cam ve seramik malzemeler üretilmiştir (Zor, 2016).

### **1.1. Problem Durumu**

Nanobilim ve nanoteknoloji sadece fizik, kimya ve biyoloji gibi temel bilimlerin anlaşılmasını değil, aynı zamanda, malzeme, elektrik ve elektronik, mekanik ve biyomedikal gibi mühendislik alanlarını da kapsamaktadır. Ayrıca birçok küresel üniversite NBT uygulamalarında araştırma hedeflerine ulaşmak için araştırma ve eğitimde işbirliği üzerinde çalışmaktadır (Yun, 2021). Nanobilim ve nanoteknoloji çok çeşitli alanlarda hızla yaşamımıza girmektedir (TÜBİTAK, 2004a) ve henüz gelişim aşamasında olduğunu düşündüğümüz, tüm dünyada kullanılan ve üzerine araştırmaların yapılmaya devam edildiği nanobilim ve nanoteknolojinin ülkemizdeki durumun belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda hangi konularda ve hangi amaçlar doğrultusunda çalışmalar yapıldığının bilinmesi gerekmektedir. Bir bilimsel çalışmanın amaçlarına ve yapılış şekillerine göre değerlendirmeler yapılacak olmasından dolayı da bu çalışmaların her yönden incelenmesi önem arz etmektedir. Bilimsel olarak bir araştırma yapılacak ise bu araştırmaların belirli yöntem ve teknikler doğrultusunda yapılması gerekmektedir. Bir bilimsel çalışmanın belirlenen problemten sonrasında yapılan literatür araştırması ile artık genel hatları ortaya çıkmaya başlar. Bu işlemlerin ardından kullanılacak yöntemin de belirlenmesi; araştırma deseni, örneklem grubu, veri toplama süreci, veri analiz yöntemi ve son olarak sonuçların yorumlanması işlemleri hakkında bilgi verir (Creswell, 2017). Çalışmalarda amaçlarının iyi belirlenmesi, yapılan özenli bir literatür taraması, kullanılan yöntemlerin, araştırma desenlerinin, örneklem gruplarının, örnekleme tekniklerinin, verileri toplama ve analiz yöntemlerin uygun şekilde belirlenmesiyle ulaşılan doğru bir sonuç raporu, yapılan çalışmanın kaliteli ve yol gösterici bir çalışma olarak nitelendirilmesini sağlayabilir. Nanobilim ve nanoteknoloji konularının da daha çok fen alanlarını kapsamasından dolayı, fen eğitiminde ele alınış biçimleri daha çok önemli hale gelmektedir.

Nanobilim ve nanoteknoloji alanlarında yapılan çalışmaların konu ve amaçlarıyla beraber yöntem ve tekniklerinin de incelenmesi, NBT ile NBTE konusunda sahip olunan

düzeyinin hangi boyutta olduğu, hangi konularda eksiklerin olduğu, hangi alanlarda çalışmalar yapılabileceği ve dikkat edilmesi gereken yöntem ve teknik konularında yönlendirici olacaktır.

## **1.2. Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın amacı, fen bilimleri eğitiminde nanobilim ve nanoteknoloji alanında yapılan çalışmaların içerik analizlerinin yapılmasıdır. Araştırmada fen bilimleri eğitiminde nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili çalışmaların yıllara göre dağılımının, araştırma yöntemlerinin, çalıştıkları örneklem gruplarının ve örnekleme yöntemlerinin, araştırmaların desenlerinin, veri toplama araçlarının, veri analizinde kullandıkları analiz yöntemlerinin, hangi konuda araştırma yaptıklarının, araştırma konularının ve araştırmaların amaçlarının ne olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **1.3. Araştırmanın Önemi**

Gelişmiş teknolojiler kullanılıp, doğadan esinlenmeler yapılarak geliştirilen ve neredeyse tüm alanlara karşımıza çıkan NBT ve NBTE'nin ülkemizde hangi konularda ve nasıl verildiği önemli hale gelmektedir. NBT'nin konu olarak özellikle fen alanlarına dahil olması da fen eğitiminde bu konuların nasıl ele alındığını anlamamızı gerektirmektedir. Yapılan literatür taramasında farklı amaç ve ilkeler doğrultusunda çeşitli örneklem grupları kullanılarak araştırılan konular bulunmuştur. Ülkemizde fen eğitiminde nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yapılan çalışmaları incelediğimizde farkındalık (Aslan ve Şenel, 2015; Ateş ve Üce, 2017; Bektaş, 2019; Enil, 2019; Enil ve Köseoğlu, 2016; Güzeloğlu, 2015; Harman ve Şeker, 2018; İpek, 2017; Sagun Gököz, 2012; Sagun Gököz ve Akaygün, 2014; Şenel Zor, 2017; Yavuz ve Bektaş, 2020), tutum (Ekli 2010; Enil ve Köseoğlu, 2016; Kurnaz ve Bayraktar, 2012; Özmen Koç, 2020; Seviş, 2016; Şenel Özer, 2017), algı/görüş/düşünce (Ateş, 2015; Balemen, 2009; Ergün, vd., 2017; İpek, 2017; Kılınç Alpat vd., 2017; Köseoğlu ve Mercan, 2019; Kadioğlu, 2010; Ocak, 2019; Seviş, 2016; Şenel, 2009), kavramsal anlama (Akdeniz, 2017; Bilici, 2019; Işık Erol, 2020; Sagun Gököz, 2012; Şenel Zor, 2017; Tekelioğlu, 2019), bilgi düzeyi (Balemen, 2009; Ekli 2010; Karataş ve Ülker, 2014; Seviş, 2016), ilgi (Enil 2019; Enil ve Köseoğlu, 2016; Kılıç, 2009 ), mevcut durumu keşfetme (Ak, 2009; Ateş, 2015; Çalık vd., 2021), eğitim verme (Tekelioğlu, 2019; Işık Erol; 2020; Bilici 2019), kazanım ve zorluk (Açıkel, 2018), öğrenme düzeyi (Şenel, 2009), fayda risk algıları (Güzeloğlu, 2015), nanookuyazarlık (Sagun Gököz ve Akaygün, 2014) ve akademik başarı (Kılınç Alpat vd., 2017) konularında çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Yapılan araştırma sırasında tüm çalışmaların incelenip bu konularda sahip olduğumuz konumu gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Nanobilim ve nanoteknoloji konularındaki yapılan çalışmaların bilimsel araştırma yönleri ve amaçları gibi özelliklerinin içerik analizlerinin yapıp belli düzen içerisinde verilmesi ülkemizde bu konularda yapılan, yapılmayan ve yapılması gereken çalışmalar hakkında yeni fikirler oluşturabilir. Ayrıca yapılan bu çalışmalardaki eksiklerin belirlenmesi de yeni yapılacak bilimsel çalışmaların, bilimsel yöntemlere daha uygun şekilde yapılmasını sağlayarak hem literatüre katkı sağlayabileceği hem de yeni araştırmacılara yol gösterici nitelik taşıyabileceği düşünülmektedir.

#### **1.4. Varsayımlar**

Bu araştırmada;

1. Fen eğitimi alanında yapılan nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili tüm çalışmalara ulaşıldığı varsayılmaktadır.
2. İçerik analizi yapılan çalışmaların verilerinin doğru olduğu kabul edilmektedir.
3. İncelenen çalışmalarda yöntem ve teknikleri ile ilgili kısımların tam ve uygun verildiği kabul edilmektedir.

#### **1.5. Sınırlılıklar**

Bu araştırmada;

1. Doküman incelemesi yapıldığı için araştırma kapsamında incelenen verilerdeki eksik bilgiler tamamlanamamıştır.
2. Çalışmalardan elde edilen veriler araştırmacı tarafından beyan edilenler ile sınırlıdır.

#### **1.6. Tanımlar**

Nano: Yunanca da cüce anlamı taşıyan bir kelimedir.

Nanometre: 1 mertenin milyarda biri 1 nanometredir. (Uldrich ve Newberry, 2005).

Nanobilim: Malzemelerin atomik, moleküler ve makro moleküler boyutta önemli ölçüde farklı özellikler sergiledikleri olayları ve davranışları inceleyen bilim alanı şeklinde tanımlanmaktadır (Dowling vd., 2004).

Nanoteknoloji: 0,1 nm ile 100 nm ölçek arasında atomik hassaslıkta mühendislik yapmaktır (Ramsden, 2009).

İçerik analizi: Derinlemesine incelenen konuların belirli başlıklar altında toplanarak okuyucuya daha kolay anlayabileceği bir düzey oluşturulmasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2006).

Doküman analizi: Kurumsal, program kayıt, not ve yazışmaların, resmi yayınlar ve raporların, kişisel günlüklerin, anketler ve anketlere verilen açık uçlu yazılı yanıtların alıntılarının veya tam metinlerin incelenmesidir (Patton, 2002).

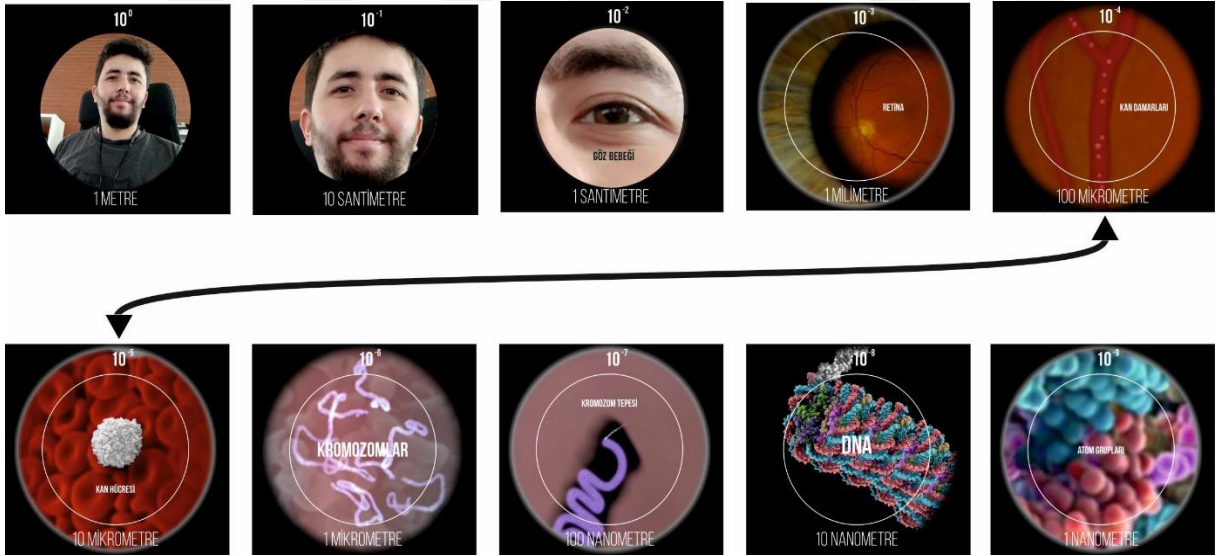


## BÖLÜM 2

### 2. ALAN YAZIN

#### 2.1. Nano Nedir?

Yunan kaynaklarında “nanos” olarak kullanılan kelime “cüce” anlamına gelmekte olup verilen bir ölçütteki milyarda biri ifade etmektedir. Yani 1 metrenin milyarda birini ifade etmek için kullandığımız ifade 1 nanometredir. (Uldrich ve Newberry, 2005). Nanometreyi daha anlaşılır bir şekilde ifade etmek gerekirse, bir insanın omuz genişliğini yaklaşık 1 metre ( $10^0\text{m}$ ) kabul edersek, yüz genişliği 10 santimetre ( $10^{-1}\text{m}$ ), göz bebeği 1 santimetre ( $10^{-2}\text{m}$ ), retinası 1 milimetre ( $10^{-3}\text{m}$ ) retinasının üzerinde bulunan kan damarları 100 mikrometredir ( $10^{-4}\text{m}$ ). Kan damarlarının içerisinde gezen kan hücrelerinin büyüklüğü ise 10 mikrometre ( $10^{-5}\text{m}$ ), kan hücrelerinin bulunan kromozomlar 1 mikrometre ( $10^{-6}\text{m}$ ), kromozom tepeleri ise 100 nanometre ( $10^{-7}\text{m}$ ) boyutuna sahiptir. Kromozomların daha içeresine girdiğimizde karşılaştığımız DNA molekülünün büyüklüğü 10 nanometre ( $10^{-8}\text{m}$ ) ve DNA üzerinde bulunan atom grupları metre ölçü birimde milyarda biri yani 1 nanometre ( $10^{-9}\text{m}$ ) boyutunu temsil etmektedir (Barış Özcan, 2018). Şekil 2.1’de bu boyutların temsili görselleri ve sıralamaları verilmiştir.



Şekil 2. 1. Makrodan nanoya temsili görselleştirme.

Nano boyuta doğru ilerlediğimizde karşımıza şaşırtan bir detay ortaya çıkmaktadır. Maddeler makro boyuttayken sahip oldukları özellikleri terk edip olağanüstü yeni davranışlar sergilemektedirler. Maddelerdeki meydana gelen bu fiziksel ve kimyasal değişmelerin sebepleri, atom yapılarındaki ayrıntılar, yapının büyüklüğü, yapıya dışardan bağlanan yabancı

atomun cinsi ve bağlanma yeri olarak sıralanabilir (Ban ve Kocijancic, 2011; Bhushan, 2011; Çıracı, 2007).

Tablo 1.1'de bir nikel taneciğinin boyut değişimiyle yapısında gözlemlenen değişiklikler verilmiştir.

**Tablo 1. 1.** Nikel tanesinin boyutuna göre değişen özellikleri.

<b>1 Nikel tanesinin 10 µm'den 10 nm'ye inildikçe özelliklerinde meydana gelen değişiklikler</b>	
Sertlik	5 kat artar
Kuvvet/dayanma gücü/sağlamlık	3-10 kat artar
Aşınmaya karşı direnç	170 kat artar
Sürtünme katsayısı	Yarıya iner
Korozyon direnci	Azalır ya da bölgesel korozyon durur
Manyetik özellikler	Daha düşük zorlayıcılık, doyumluk mıknatıslanması %5 düzeyine iner
Elektriksel özellikler	Direnç 3 kat artar
Hidrojen difüzyonu	Artar
Elektrokatalitik özellikler	Hidrojen üretimi için gelişmiş elektrokatalitik aktivite

(Kaynak: Murty vd., 2013)

Tablo 1.1'de verildiği üzere, bir nikel taneciğinin nano boyuta inildiğinde sertliği, sağlamlığı, aşınmaya karşı direnci, elektriksel direnci ve hidrojen difüzyonu artarken, sürtünme katsayısı, korozyon direnci ve doyumluk mıknatıslanması azalmaktadır. Ayrıca hidrojen üretimi için gelişmiş elektrokatalitik aktiviteye sahip hale gelmektedir. Böylece maddenin farklılaşan bu özelliklerinden faydalanılarak daha verimli kullanıma olanak sağlanabilmektedir.

## 2.2. Nanobilim ve Nanoteknoloji Nedir?

Modern araştırmaların ön safhalarında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji aynı zamanda 21. yüzyılın yeni devrimi olarak kabul görmektedir (Sebastian ve Gimenez, 2016). Nanobilim ve nanoteknoloji kavramları farklı bilgi kaynaklarına ve yazarlara göre değişik tanımlarla ifade edilebilmektedir. Dünya genelindeki kaynakların nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarını birbirleri yerine kullanılıyor olması yaygın olarak karşılaşılan birdurumdur. Fakat bu iki kavramın arasında belirgin farkların olduğu bilinmektedir (Ng, 2009).

Nanobilim kavramı malzemelerin atomik, moleküler ve makro moleküler boyutta önemli ölçüde farklı özellikler sergiledikleri olayları ve davranışları inceleyen bilim alanı şeklinde tanımlanmaktadır (Dowling vd., 2004). Farklı bir deyişle nanobilim, maddelerin en az bir boyutta, 1 nm - 100 nm arasındaki boyutlarında meydana gelen özel olayları araştırmakta olan disiplinler arası bir bilim alanıdır (Ateş, 2015). Nanobilim, üzerine bir teknolojinin inşa edilebileceği sağlam bir teori bütünü önermektedir (Ramsden, 2009). Bu durumda karşımıza

çıkan nanoteknoloji ise, ortaya çıkan nano yapıların büyük sistemlere entegrasyonu, atom ve moleküllerin mikronaltı boyutlarda farklı ölçeklerde, fiziksel kimyasal ve biyolojik sistemlerinin nano üretimini ve uygulamalarını kapsayan bir alanı temsil etmektedir (Bhushan, 2015). Nanoteknoloji en kısa anlamda atomik hassaslıkta mühendislik yapmak olarak da tanımlanabilir (Ramsden, 2009). Nanoteknoloji, atom ve molekül boyutunun yanında nano küme boyutlarında da malzemelerin şekillerinin kontrol edilmesi, nano yapıların organizasyonun sağlanması, aygıtlara dönüştürülmesi, malzemelerle birlikte yüzeylerinin taranması ve işlenmesi üzerine inşa edilmektedir (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, [TÜBİTAK], 2004a). Nano yapıları malzemelerin erime noktası, optik absorpsiyon ve floresan, katalitik aktivite, elektrik ve termal iletkenlik, manyetizma gibi kimyasal ve fiziksel özellikleri normal boyutlarında farklıdır ve bu malzemeler bir boyutta nano-gözenekli malzemeler, iki boyutta nano-katmanlar ve üç boyutta nano-tüpler olarak sınıflandırılmaktadır (Luther, 2004). Nanoteknolojinin biyoteknolojiye entegrasyonu ile nanobiyoteknoloji adında yeni bir alan ortaya çıkmaktadır. Nanobiyoteknoloji biyosistemleri anlamak ve dönüştürmek için nano ölçekli ilke ve tekniklerin uygulandığı bir alanıdır (Roco, 2003).

### 2.3. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Tarihi

Nanobilim ve nanoteknoloji kavramları hayatımızda yeni olmalarına rağmen, nano malzemelerin yüzyıllardır kullanıldığı bilinmektedir. Örnek olarak alternatif ölçekli gümüş ve altın parçacıkların yüzlerce yıl öncesinde vitray pencerelere renk kattığı görülmektedir (Zor, 2016). 4. yüzyılda roma döneminde cam ustalarının şaheserlerinden olan “Lycurgus cup” British Museum’da bulunmakta olup kupa yüzeyinde Homeros destanındaki Kral Lycurgus’un efsanesini canlandırılmıştır. Bu kupanın ünlü olma sebebi, camın erimiş haline katılmış olan nano partiküllerle ışığı yansıtma ve geçirme durumuna göre farklı renkler almasından kaynaklanan optik özelliğidir (Benli, 2008). Şekil 2.2’de görseli verilmiş olan Lycurgus cup ışığı geçirdiğinde kırmızı, yansıttığında ise yeşil rengini almaktadır (Crerar, 2014).



Şekil 2. 2. Kral Lycurgus kupası.

19. yüzyılda fizikçi Lord Faraday altındaki renk değiştirme etkisini keşfederken 1913'te Avusturyalı fizikçi Richard Zigsimondy, partikülleri 1 nm'de görmememizi sağlayan mikroskobu icat etmiştir (Ateş, 2015). Fakat nanobilim ve nanoteknolojinin başlangıç tarihi olarak 1959 yılında fizikçi Richard Feynman (1959) 'ın Amerikan Fizik Derneği, Kaliforniya Teknoloji Enstitüsünde nanoteknolojinin potansiyelini açıkladığı "There's Plenty of Room at the Bottom" yani "Aşağıda Bir Sürü Yer Var" isimli konuşması görölmektedir. İlk kez "Nanoteknoloji" terimi olarak kullanılması ise 1974 yılında Tokyo Bilim Üniversitesi akademisyenlerinden Norio Taniguchi tarafından yayınlanan bir makalede görölmektedir. Yayınlanan bu makale Taniguchi nanoteknolojiyi, malzemelerin atom ya da moleköl boyutunda işlenmesi, birleştirilmesi, ayrılması ve bozulması olarak tanımlamaktadır (Perker, 2010).

1981 yılında atom parçacıklarını 2000 kez büyütebilen ve atomik boyutta çözünürlük sağlayabilmekte olan tarama tünel mikroskobu Heinrich Rohrer ve Gerd Karl Binning tarafından keşfedilmiş ve bu keşif ile fizik alanında Nobel ödölü almaya hak kazanmışlardır. Bunların hemen ardından 1986 yılında ise G. K. Binning, C.F. Quate ve Ch. Gerber yüzey taraması yapabilen Atomik Kuvvet Mikroskobu'nu keşfetmişlerdir (Özer, 2008). 1990'lı yıllarda nanobilim ve nanoteknolojinin bilimsel çalışmalarda merkezi bir yeri olmuş ve nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili temel bilgiler, işletme eğitimleri ve endüstri alınıdaki varlığı ile bilgilendirmeler başlamıştır (Hornyak, Tibbals, Dutta ve Moore, 2009). 1991 yılında, 1985'de keşfi yapılan karbon nano tüpler, Sumio Lijima tarafından üretilmeye başlanmıştır (Özer, 2008).

2006'da ise kanser tedavilerinde tüm vücuda ilaç dağıtımı yerine nano parçacık kullanılarak vücudun istenilen bölgesine müdahale edebilme yöntemi keşfedilmiştir (Özer, 2008). 2020'li yıllara gelindiğinde ise eğitim, tıp, savunma sanayi, endüstri, bilimsel araştırmalar, malzeme bilimi, enerji, elektrik elektronik, gıda, tarım, tekstil, havacılık ve uzay gibi hayatımızın her alanında nanobilim ve nanoteknoloji karşımıza çıkmaktadır.

#### **2.4. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Amacı**

Malzemelerin nano ölçeklerde, madde ve enerjilerinin farklı özellikler göstermesinden kaynaklı olarak nanoteknoloji de önem kazanmaktadır. Makro boyuttaki parçacıklar nano boyutta, nano-parçacık haline geldiğinde fiziksel ve kimyasal özelliklerinin etkileşimi farklılaşır ve nano boyutta kuantum özellikleri netleşir. Bu durumda geometrik düzenleri maddelerin fiziksel yapısını değiştirebilir. Altın elementinin makro dünyada sarı nano boyutta ise kırmızı renkte görölmesi buna bir örnektir. Nanobilim ve nanoteknoloji, maddelerin

özelliklerinin kontrol edebilmesi, olumlu ya da olumsuz özelliklerinin şekillendirilmesi konusunda olanak tanımaktadır. (Erkoç, 2012).

Bozkaya (2006) nanobilim ve nanoteknolojinin genel amaçlarını şu şekilde açıklamıştır,

1. Nanometre boyutundaki yapıların analizleri,
2. Nanometre boyutundaki yapıların fiziksel özelliklerini anlayabilme,
3. Normalde kullanılanlardan farklı ve üstün malzeme özelliklerinin ve üretim süreçlerinin elde edilmesi,
4. Daha hafif, daha dayanıklı ve daha hızlı yapıların üretilmesi,
5. Enerji ve malzeme kullanımının daha aza indirilmesi,
6. Nanometre boyutlarındaki yapıların imalatları,
7. Nano hassasiyete sahip cihazlar geliştirilmesi,
8. Nano ölçekli cihazların geliştirilmesi,
9. Makro dünya ile nano boyut arasındaki bağın uygun yöntemler bulunarak kurulması (Akt: İpek, 2017).

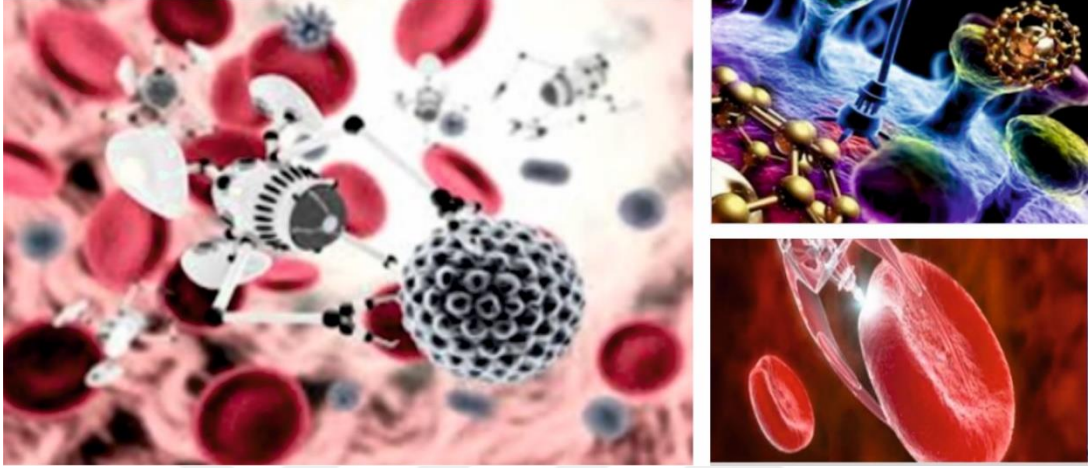
## **2.5. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları**

Nanoteknoloji alanında yapılan araştırmalara ve yeniliklere bakıldığında, nano-malzeme ve nano üretim, tıp, bilgi teknolojisi, biyoteknoloji, otomotiv, gıda, ulusal güvenlik, tarım, nano-elektronik, enerji, tekstil ve kozmetik gibi pek çok alana katkıda bulunduğu söylenebilir (Aktürk, 2013; Bhushan, 2010; Erkoç, 2012; Singh, 2017; Turgut vd., 2011). Bu alanlara sağladığı katkılarla ve çıkarılan ürünlerle hayatımıza hızla giren nanoteknoloji, bilimsel ve endüstriyel bir devrim olarak kabul görmekte olup daha az maliyet ile daha çok üretim sağlamayı mümkün hale getirmektedir (Aktürk, 2013).

### **2.5.1. Tıp**

Nanobilim ve nanoteknolojinin içinde yer alan ve alt disiplini olarak düşünülen nanotıp, nanobilim ve nanoteknolojinin tıp alanında faaliyetlerinin sürdürülmesini sağlamaktadır (Kawasaki ve Player, 2005). Nanoteknolojinin ortaya çıkmasıyla biyoyumlu nano malzemeler geliştirilmiş ve biyotıp alanında bir devrim yaşanmıştır (Prajnamitra vd., 2019). Tıpta kullanılan erken teşhis yöntemleri ve tedaviler sınırlı olduğundan araştırmacılar alternatif tedavi arama yoluna girmişler ve nanotıpla nano cihazlardaki gelişmeler onlar için ilham kaynağı olmuştur (Anjum vd., 2021). Nanotıp, solunum yolları (Hussain vd., 2021; Pison vd., 2006) ve kanser (Cho vd., 2008; Liu ve Grodzinski, 2021; Zhang vd., 2019) gibi birçok hastalığın teşhis ve tedavisinde kullanılmaktayken nükleer tıpta (Reilly, 2007) da yerini aldığı görülmektedir.

Mevcut yöntemlerde ilaçlar tüm dokulara homojen olarak dağılıp tedavi edilecek bölge dışındaki organlara da zarar verirken, nano partiküller etki etmesi istenen bölgeye doğrudan gönderilebilir ve bu durumu da hedefi vuran bir kurşun yani “nano kurşun” olarak düşünülebilir (Turgut vd., 2011). Aşağıda yer alan Şekil 2.3’te nanoteknoloji ile hücelere müdahalenin görselleştirilmesine örnek verilmiştir (Kocatepe Üniversitesi, 2016).



Şekil 2. 3. Nanoteknoloji ile hücelere müdahalenin görselleştirilmesi.

### 2.5.2. Gıda

Biyonanoteknoloji ve nanoteknoloji hızla ilerlemekte olup yeni fonksiyonel gıdalar üretilmesiyle büyük bir önem taşıyacağı öngörülmektedir. Gıdaların makro moleküllerinden oluşturulan nano emülsiyonlar, nano parçacıklar, biyopolimerik nano kompozitler, nano fiberler, nano tüpler ve nano sensörlerde farklı amaçlarla gıda üzerindeki uygulamalarda kullanılabilme özellikleri mevcuttur. Gıda içeriğindeki maddeler moleküler düzeylerde istenilen özellikleri taşıyabilecek, gıdanın mekanik ve duyuşsal özellikleri işlenerek yeni ürünler geliştirilmesi sağlanabilecektir. Nano kompozitle paketleme yöntemiyle de ürün koruma ve raf ömrünü uzatma sağlanırken, nano sensör yardımıyla gıda güvenliği de koruma altında olacaktır(Tarhan vd., 2010).

### 2.5.3. Malzeme ve imalat

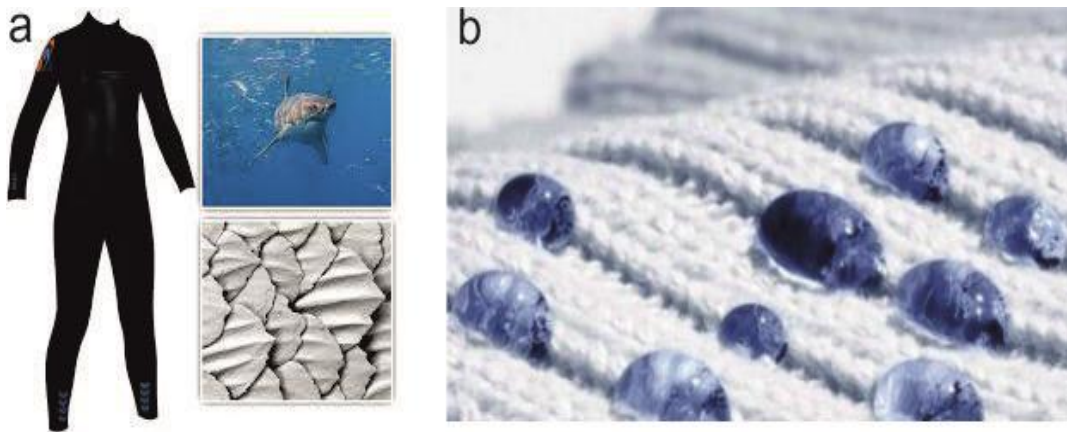
Tabiat var olduğundan beri canlılar tarafından kullanılan pek çok nano malzeme vardır (Tüylek, 2016). Nanoteknoloji yardımıyla da malzemelerin daha sağlam ve daha hafif olması, üretimleri sırasında daha az enerjiye ihtiyaç duyulması ve atık malzeme üretilmemesi sağlanacaktır (Erkoç, 2012). Günümüzde metale göre daha hafif ama metalden daha dayanıklı ve kimyasal direnci yüksek nano kopolit malzemelerle üretimler gerçekleştirilmektedir (Santosh Bahadur vd., 2014).

#### 2.5.4. Savunma sanayi

Nanoteknolojinin savunma sanayinde çok önemli bir yeri vardır. Askeri uygulamalar konusuna bakıldığında nanoteknolojinin kendisini gösterebilecek potansiyele sahip olduğu pek çok alan mevcuttur (Rai ve Rai, 2015). Erkoç (2012) nano-elektronik ile haberleşme sağlanması, insan gücüne olan ihtiyacı azaltacak robot sistemlerinin kullanılması, nano malzemelerden üretilen hafif, sağlam ve uzun ömürlü aygıtlar üretilebilmesi, nükleer savunma sistemlerini kontrol edebilmek adına mikro ve nano mekanik aygıtların birleştirilmesini sağlayacak çalışmaları ön görmüştür. Örnek olarak Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından kullanılan elektrooptik sistem boyut, ağırlık ve güç tüketimi yönünden önemli avantaj sağlamakta ve geliştirilen nano biyosensörler ve kimyasal nano sensörlerin yüksek hassasiyetleri sayesinde kimyasal ve biyolojik ajanlara karşı kullanılmaktadır (Aydoğdu, 2018).

#### 2.5.5. Tekstil

Nanoteknolojinin uygulamaları sonucu ortaya çıkan tekstil ürünlerine genel olarak nano-tekstil adı verilebilir (Güneşoğlu, 2005). Var olan malzemelere nano yapılar katılarak, güzel koku verme, suyu itme gibi özellikler kazandırılıp nano ürünler elde edilmektedir (Turgut vd, 2011). Bu nano-tekstil kumaşları günlük hayatta olduğu gibi askeri alanlarda da kullanılıp fayda sağlayabilir (Erkoç, 2012). Şekil 2.4' de nanoteknoloji kullanılarak üretilen köpek balığı derisine benzer yüzücü kıyafeti ve su geçirmeyen kumaş örnekleri verilmiştir (Atilla Tekstil, 2020).



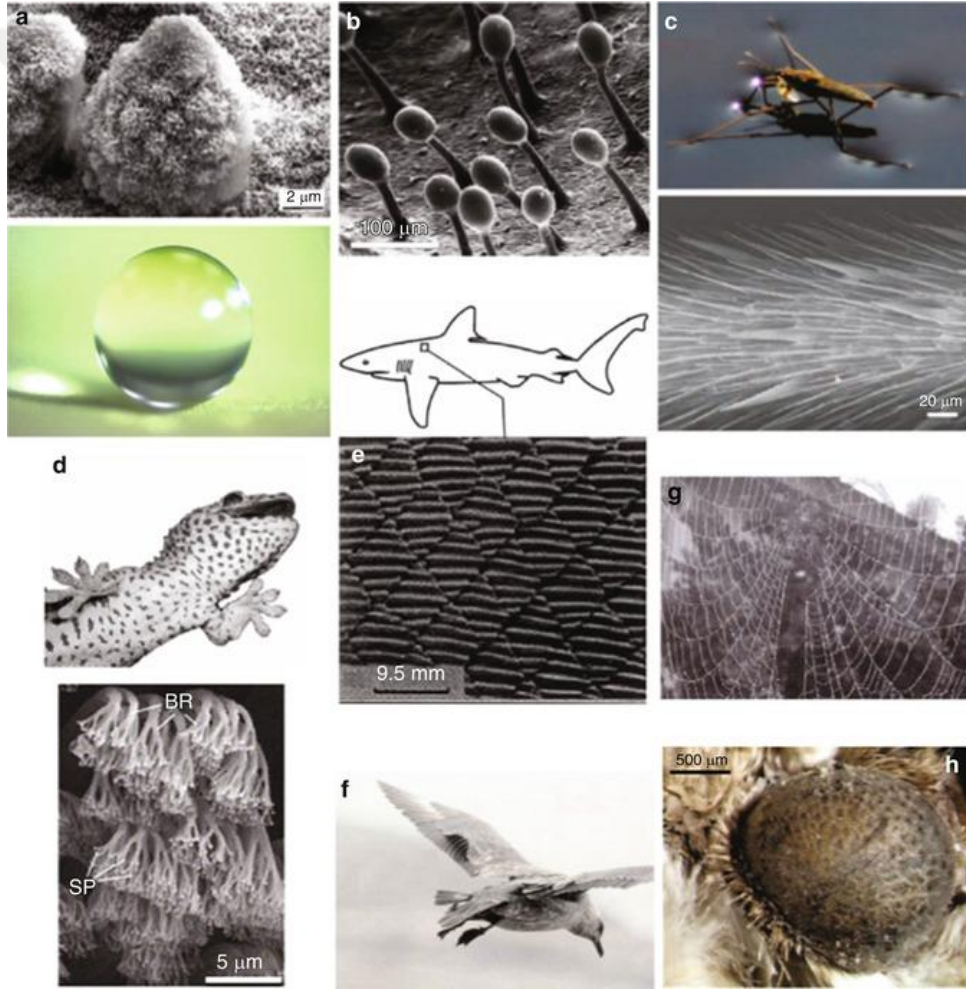
Şekil 2. 4. Nanoteknolojinin tekstilde kullanımı.

a) Köpek balığı derisine benzer yüzücü kıyafeti, b) Su geçirmeyen kumaş

#### 2.6. Doğada Nanobilim ve Nanoteknoloji

Doğada yaygın bulunan ve yüksek performans sağlayan bazı nesnelere ve süreçlere mevcuttur. Bu nesnelere ve süreçlerin anlaşılması insanlara nano malzemeleri, nano cihazları

ve süreçleri taklit etme imkânı verebilmektedir. Biyolojiden ilham alınarak tasarlanan ve doğadan insan yaşamına uyarlanan bu işlem “biomimetics” ismini almaktadır (Bhushan, 2009). Lotus (beyaz nilüfer) bitkisinin hidrofobik mikro noktalar ile kendini temizlemesi, köpek balığı derisinde uzunlamasına bulunan mikro yivlerle türbülansı azaltması, Geko kertenkelesinin elastik nano-tüyler sayesinde duvar yüzeylerinde hareket edebilmesi (Cullinane vd., 2013; Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2016), kum kertenkelesinin nano-eğiklerle aşınma ve sürtünmeyi azaltması, güvelerdeki nano-yumrular sayesinde görünmez olabilme sanatı (Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2016) nanoteknoloji uygulamalarıyla ortaya çıkarılan ve günlük yaşamda kullanılmaya başlanmış olan doğa örneklerinden bazılarıdır. Doğadan esinlenmelerin bu örneklerden bazıları şekil 2.5’te resim olarak verilmiştir (Bhushan, 2009).



**Şekil 2. 5.** Nanobilim ve nanoteknolojinin doğadaki örnekleri.

a- Lotus etkisi yaratan nano tüyler b- Etçil bitkilerdeki yapıştırma özelliği bulunan salgıları salgılayan bezler, c- Su üzerinde durabilen bir gerid böceği, d-Geko kertenkelesinin ayakları, e- Köpek balığının hızlı hareket etmesini sağlayan pul yapısı, f- Su yüzeyine inen bir kuşun ıslanmayan kanatları, g- İpekten yapılmış bir örümcek ağı, h- Güvelerin anti-yansıtıcı gözleri.

## 2.7. Nanobilim ve Nanoteknolojide Kullanılan Araçlar

Nanobilim ve nanoteknoloji alanında boyut küçüldükçe onları görmek için kullanılan cihazlar da farklılık göstermeye başlamaktadır. Laboratuvarda kullanılan ışık mikroskopları bize nano boyutta gözlem yapma fırsatını sağlamamaktadır. Nano boyutta gözlem yapmak için yüzey taramasında kullanılan Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM), mikro ve nano boyutları gözlemlmek için kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), nano boyutu gözlemlmek için Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) ve Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) gibi mikroskoplar bulunmaktadır.

AFM 1986 yılında geliştirilmiş olup (Ng, 2009), hareket eden bir kola sabitlenmiş olan iğne yardımıyla mekanik hareketten faydalanılarak yüzey taraması yapabilen ve optik bir düzenek yardımıyla bu hareketler yansıtılarak görüntüleme elde edilebilen bir cihazdır (Erkoç, 2007). Yüksek çözünürlüğe sahip bu mikroskop polimer, kompozit, cam, seramik, metaller ve yarı iletkenlerin nano boyutta topografik, elektriksel manyetik ve optik incelemelerinde kullanılan bir cihazdır. Elektronik, otomotiv, uzay enerjileri, iletişim, mühendislik, kimya, biyoloji ve özellikle de nanoteknoloji alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Zor, 2016).

SEM 1930'lu yıllarda geliştirilen ve çalışma prensibi olarak çok küçük bir alana odaklanmış olan yüksek enerji seviyesine sahip atomlarla yüzeyin taramasının yapılmasını sağlayan bir mikroskoptur. İki boyutlu görüntü alınmasını sağlayan bu cihaz, numune atomlar ile elektronlar arasında girişimler oluşturup ortaya çıkan etkinin bazı uygun algılayıcılar yardımıyla toplanıp sinyal güçlendiriciden geçirilmesinin ardından katot ışını tüpünün ekranına aktarmasıyla görüntüyü oluşturmaktadır (Vikipedi, 2021).

TEM mikro ve nano yapılarda içyapıyı incelemek için kullanılan ve atomik düzeyde görüntü elde etmemizi sağlayan çok hassa bir mikroskoptur. Çalışma prensibi olarak ışık mikroskobuna benzeyen bu cihaz ışık yerine elektronları kullanmaktadır (The Royal Society, 2004).

FE-SEM, TEM ile benzer olan bu mikroskop, istenilen büyütmelelerde yüksek çözünürlüklü ikincil elektronların görüntülemesini sağlayabilir. TEM de karbon partikülleri boyutlandırmak ve ayırt etmek zorken FE-SEM, parçacıkları bireysel olarak göstermekte ve morfolojik bilgilerini açıkça ortaya koymaktadır (Bunker vd., 2008).

## 2.8. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Riskleri

Yeni ortaya çıkmış ve gelişmeye devam eden her teknolojide olduğu gibi nano yapıların kullanımından kaynaklı olarak oluşabilecek yan etkiler de tartışma konusudur (Medina vd., 2007). Nanoteknoloji uygulamaları ve araştırmaları gün geçtikçe artarken, doğadaki nano partiküllerin konsantrasyonları artış göstermektedir (Seaton ve Donaldson, 2005; Üçüncü Tunca, 2015). Atomik boyutlara inildikçe değişen özellikler sayesinde dayanıklı, güvenli, temiz ve akıllı ürünler elde edilmekte olup, nano boyuttaki bu malzemeler nano kristaller, nano teller, nano partiküller, nano tüpler, nano çubuklar gibi farklı gruplara ayrılmakta ve genel olarak nano partiküller olarak isimlendirilmektedir (Tüylek, 2018). Bahsettiğimiz nano partiküllerin insan vücuduna girişleri solunum, beslenme ve deri yoluyla olabilmekte ve nano partiküllerin kana geçmesiyle de insan vücudundaki pek çok organın etkilenebilmektedir (Medina vd., 2007). Nano malzemelerin ve nano partiküllerin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri olduğunun belirlenmesi için pek çok çalışma yapılmış ama bu etkilere neden olan mekanizma net bir şekilde açıklanamamıştır (Özkaleli ve Erdem, 2016). Buna rağmen yapılan birçok çalışmada NBT'nin faydalarının risklerinden ağır bastığı bulunmaktadır (Beumer, 2014; Farshchi vd., 2011; Güzeloğlu, 2015). Bu konudaki olumlu tutumun farklı ülkelerde medyaya da aynı şekilde yansıdığı görülmektedir (Anderson vd., 2005; Kamanlıoğlu ve Güzeloğlu, 2010; Kjærsgaard, 2010; Şenocak, 2017; Çalık vd., 2021).

## 2.9. Fen Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji

Nanobilim ve nanoteknoloji multidisipliner bir alandır (Özer, 2008; Porter ve Youtie, 2009). Şekil 2.6'da görüldüğü gibi fizik, kimya, biyoloji, mühendislik ve malzeme bilimi nano ölçekte aynı ilkelere ve araçlara doğru birleşerek, bu alandaki ilerlemelere geniş katkılar sağlamaktadır (Roco, 2001).



Şekil 2. 6. Multidisipliner bir bilim alanı olan NBT.

Dünya çapında gelişmekte olan bir nanobilim ve nanoteknoloji varken bunun eğitime yansması kaçınılmaz olmakta ve öğrencilerin ilgilerini çekerek önümüzdeki yıllarda yeni iş alanı oluşturabilecek meslekler gruplarına ilgilerini arttırma adına öğretim programlarına dahil edilmektedir (Şenel Özer, 2017). Nanobilim ve nanoteknoloji orta yaş grubu öğrencilerin ilgisini çekebilecek ve bu alanı öğrenmelerini sağlayacak potansiyele sahiptir (Ng, 2009). Nano dünyanın sahip olduğu özellikler, baskın güçler ve davranışlar makro dünyadan daha farklıdır. Bu noktada öğrencilerden kavramları yeniden düşünüp özgür düşünen ve problem çözen bireyler olmaları beklenmektedir (Chang, 2006). Gelişen nanobilim ve nanoteknoloji ile oluşan yeni alanlarla ve bu alanlarda çalışacak bireylere ihtiyaç vardır (Akdeniz 2017). Bu alanda çalışan insanlara duyulan ihtiyaç nanoteknolojinin gelişmesinde kilit bir zorluk olup bu yeni teknolojinin gelişmesinde yeni vasıflı insanların eğitilmesi gerekmektedir (Roco, 2003). Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin muhatabı ana okuldan başlayıp tüm öğrencileri ve yaşlıları olarak görülmektedir (Kulik ve Fidelus, 2007). Nanobilim ve nanoteknolojinin yaşadığımız çağdaki önemi bütün eğitim öğretim faaliyetlerinde de karşımıza çıkmakta olup Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi (NBTE)'nin yaygınlaştırılmasıyla öğrencilerin bu alanlarda bilgi sahibi kişiler olmaları sağlanmalıdır (Ateş, 2015). Ancak literatürde NBTE ile eksik olduğumuz görülmektedir (Karataş ve Ülker, 2014). Günümüzde NBTE ortaöğretim düzeyinde verilmektedir. Ortaöğretim biyoloji, fizik ve kimya kitaplarında nanobilim, nanoteknoloji ve nano boyuta ait kavramlar geçerken ortaöğretim 12. sınıf fizik ve kimya kitaplarında nanoteknoloji konu olarak ele alınmaktadır. Nanobilim ve nanoteknolojinin eğitimi ile ilgili öğrenme araçlarının tasarlanmasından yeni içerik geliştirmeye kadar tüm zorlukları ele almak için yoğun ve küresel bir iş birliği gerekmektedir (Chang, 2006). Kulik ve Fidelus (2007), nano dünyanın kavram ve özelliklerinin anlaşılabilmesi için temel doğa bilgilerinde yeterli bilgiye sahip olunması gerektiği için NBTE'nin üniversite düzeyinde verilmesini uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Nanobilim alanına yönelik birçok çalışma yapıldığı gibi nanobilim, nanoteknoloji ve onların alt alanlarından biri olan nanobiyoteknolojinin eğitimine yönelik de çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

## 2.10. Ulusal Literatürde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Özer (2008), NBT hakkında bilgi sağlama, savunma alanındaki birimlerde bu konuda farkındalık yaratma ve ulusal çapta yeni bir yapılanma modeli önermek amacı ile yaptığı çalışmasında, ulusal nanoteknoloji yapılanma modelini önermiştir.

Şenel (2009), biyoloji, fizik, kimya ve matematik öğretmen adaylarıyla yaptığı, nanoteknoloji konusundaki temel kavramları öğretebilmek için geliştirilen, rehber materyal ve bu materyalin öğrenme düzeyine etkisiyle, bilgisayar destekli eğitim materyalleri hakkındaki görüşlerini incelediği çalışmasında, çalışma kapsamında geliştirilen rehber materyal ile öğrenmenin gerçekleştiğini tespit etmiştir.

Ak (2009), lise düzeyinde nanoteknoloji eğitiminin nasıl uyarlandığını göstermek amacı ile yaptığı çalışmasında, literatürde yer alan nanoteknoloji ile ilgili bilimsel çalışmalarını incelemiş nanoteknoloji eğitiminin lisans düzeyinden ortaöğretim düzeyine indirilmesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Kılıç (2009), biyoloji öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada öğretmen adaylarının nanobiyoteknoloji ilgilerini ve bilgileri tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda yaş, mezun olunan orta öğretim kurumu, cinsiyet ve akademik başarı değişkenlerine bağlı bir farklılaşma olmadığını fakat nanobiyoteknoloji bilgileri ile eğitim kademeleri arasında pozitif yönlü bir bağlantı olduğunu bulmuştur.

Balemen (2009), biyoloji öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada nanobiyoteknoloji konularındaki bilgi düzeylerini belirlemeyi amaçlamış ve bilgi düzeylerin orta düzeyde olduğunu bulmuştur. Nanobiyoteknoloji bilgi testinin, mezun oldukları ortaöğretim türü, cinsiyet, ailelerin eğitim ve gelir durumuna göre anlamlı bir farklılaşma görülmezken sınıf düzeyine göre anlamlı bir farklılık gösterdiğini bulmuştur.

Ekli (2010), ortaokul (6., 7. ve 8. sınıf) öğrencileriyle yaptığı ve öğrencilerin nanoteknoloji hakkındaki temel bilgileri ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarını incelediği çalışmasında, nanoteknolojiye karşı olumlu tutum sahibi olduklarını bulmuştur. Nanoteknoloji ile ilgili duyuların az olduğu ve ilk duyum kaynağı olarak televizyon programlarının olduğunu tespit etmiştir. Öğrencilerin nanoteknolojiye yönelik risk algıları, temel bilgi ve görüşleriyle, fen derslerindeki notları, cinsiyet ve sınıf düzeyleri arasında anlamlı farklılıklar bulmuştur.

Kadıoğlu (2010), fen alanlarında öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknoloji hakkında şimdiki ve geleceğe yönelik düşüncelerini tespit etmeyi amaçladığı çalışmasında, öğretmen adaylarının bu konuda yeterli bilgiye sahip olmamasında kaynaklı olabileceğini düşündüğü olumlu veya olumsuz düşünce belirtmediklerini, nanoteknoloji ilgi seviyelerinde ve bilgi düzeylerinde bölümler arasında önemli fark bulunamadığı belirtmiştir.

Kurnaz ve Bayraktar (2012), ortaöğretim öğrencileriyle yaptıkları ve ortaöğretim öğrencilerinin nanoteknoloji tutumlarını tespit etmek için geçerli ve güvenilir bir tutum ölçeği geliştirmeyi amaçladıkları çalışmalarında, cronbach-alfa katsayısı 0,88 olan bir tutum ölçeği geliştirmişlerdir.

Sagun Gököz (2012), ortaöğretim 11. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirdiği çalışmada, NBT atölyesi geliştirerek öğrencilerin NBT konusundaki farkındalık değişimi ve kavramsal değişimlerini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucu NBT atölyesinin öğrencilerin farkındalık ve kavramsal anlamalarında artış sağladığı yönünde sonuçlara ulaşmıştır.

Atabaş (2012), ilkokul ve ortaokul öğrencileri ile yaptığı çalışmasında, nanoteknoloji ile biyoteknoloji konularında eğitim verip bilinçlendirmek ve konuları müfredata entegre etmek için eğitimleri cesaretlendirmeyi amaçlamıştır. Hazırladığı nanoteknoloji ve biyoteknoloji ders planları uygulamış ve öğrencilerin bu derslere karşı yüksek motivasyona ve ilgiye sahip oldukları bulurken ek olarak konuları rahat anlayabildikleri soncuna da ulaşmıştır.

Karataş ve Ülker (2014), kimya öğretmenliği ve kimya bölümü öğrencilerinin NBT hakkındaki bilgi seviyelerinin belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında iki bölümdeki öğrencilerinde NBT kavramlarını anlama seviyelerini oldukça düşük bulmuşlar ve sahip oldukları kimya alanındaki bilgilerini nanoteknoloji alanına yeterince transfer edemedikleri tespit etmişlerdir.

Sagun Gököz ve Akaygün (2014), ortaöğretim 11. sınıf öğrencileriyle yaptıkları çalışmalarında NBT alanındaki farkındalıklarını ve okuryazarlıklarını arttırmak için 7 etkinlik içeren bir atölye çalışması tasarlamışlardır. Yapılan etkinlikler sonrasında katılımcıların çoğunluğu etkinlikleri etkileyici ve eğlenceli bulurken, sununun da bilgilendirici ve pek çok alanda yol gösterici olabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Ateş (2015), çeşitli okullarda kimya dersi alan ortaokul öğrencileri ve farklı okullardaki kimya öğretmenleri ile yaptığı çalışmasında, farklı değişkenlere göre NBT farkındalık

düzeylerini araştırmıştır. Bunlara ek olarak ortaöğretim kimya ders kitaplarını da incelenmiştir. Öğrencilerin NBT farkındalık üzerine sonuçları, cinsiyette kız öğrenciler, okul türünde fen liseleri ve sınıf düzeylerinde 12. sınıflar lehinde anlamlı farklılık göstermiştir. Öğrencilerin nanoteknoloji öğrenme istekleri, merakları ve farkındalıkları görüşmeler sonunda ortaya çıkmıştır. Medya, öğretmen ve öğrencilerin nanoteknoloji ile ilgili duyuları için en etkili araç olarak bulunmuştur. Nanoteknolojinin fayda ve riskleri konusunda öğrencilerin farkındalığı sahip olduğu görülmüştür. Öğretmenlerin nanoteknoloji konusunda bilgilerinin sınırlı ve kavramları öğretemeyecek düzeyde olduğu ve ders kitaplarında yer verildiği kadar bilgi sahibi oldukları bulunmuştur. Bunlara ek olarak kişisel ilgi ve merakları doğrultusunda bilgi sahibi oldukları bulunmuştur. Son olarak ders kitaplarında NBT konusundan yüzeysel olarak bahsedildiği tespit edilmiştir.

Güzeloğlu (2015), üniversitede öğrenim gören fen, sağlık ve sosyal bilimler öğrencileriyle yaptığı çalışmada, Türkiye'deki gençlerin nanoteknoloji farkındalıklarını, nano ürünlerinde algıladıkları özelliklerini ve fayda-risk algılarını araştırmıştır. Sonuç olarak gençlerinin nanoteknolojiye yönelik genel bir iyimserlik taşıdıkları fakat genetiği değiştirilmiş organizmalar, katkı maddeleri ve benzeri tepki duyulan konularda endişeli oldukları ve nanoteknolojik gıda ürünlerine yaklaşımlarının temkinli olduğunu bulmuştur.

Aslan ve Şenel (2015), fen alanlarında öğrenim gören öğretmen adaylarının NBT farkındalıkları belirlemek ve farklı değişkenlere göre incelemek için yaptıkları çalışmalarında NBT farkındalıklarını orta düzeyde bulmuşlar ve değişkenlerden akademik başarı düzeyi ile cinsiyetlerine göre anlamlı fark bulunamazken bölüm değişkenine göre anlamlı fark olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Seviş (2016), ortaöğretim öğrencilerinin nanobiyoteknoloji ile ilgili güncel ve geleceğe yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında, nanobiyoteknolojiye yönelik tutumlarının orta düzeyde olduğunu ve bilgi seviyelerinin düşük düzeyde olduğunu bulmuştur. Cinsiyet, sınıf, mezun olunan liseye göre herhangi bir farklılaşma bulunmazken, öğrenim gördükleri bölüme göre anlamlı bir farklılaşma olduğunu tespit etmiştir.

Enil ve Köseoğlu (2016), pedagojik formasyon eğitimi alan fen bilgisi öğretmen adaylarının, nanoteknolojik gelişmelerle ilgili farkındalık ve ilgi düzeylerin belirlenmesi ve geleceğe yönelik düşüncelerinin alınması amacıyla yaptıkları çalışmada, nanoteknoloji

farkındalık düzeylerinde anlamlı farklılığa rastlamamışlardır. Bu konudaki bilgilerin az olduğunu ve ilk duyum kaynaklarının daha çok televizyon olduğunu bulmuşlardır.

Gürsu (2017), belediye işçileriyle yaptığı, nanoteknolojinin iş sağlığı ve güvenliği ile nasıl bir ilişki içinde olduğunu araştırdığı çalışmasında, aralarındaki ilişkinin orta kuvvetli bir ilişki olduğunu yani nanoteknoloji algısındaki bir artışın iş güvenliği algısında da artış sağlayabilecek olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ateş ve Üce (2017), farklı liselerde öğrenim gören öğrencilerin NBT alanındaki farkındalıklarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, öğrencilerin nanoteknolojiye karşı merakları, farkındalıkları ve öğrenme istekleri olduğu sonuca ulaşmışlardır. Gelecekte çalışmayı istedikleri alanlara yönelik NBTE'nin fayda sağlayacağını düşündüklerini ayrıca medyanın nanoteknoloji alanındaki duyumlarda en etkili araç olduğu, ama güncel araştırmalar hakkındaki duyumlarının az olduğunu tespit etmişlerdir.

Akdeniz (2017), fizik, kimya ve biyoloji alanında okuyan öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada nanobilim alanında 'ölçek ve büyüklük', 'nano ölçeğe bağlı olarak değişen özellik' ve 'yüzey alanı etkileşimleri' konularda kavramsal anlamayı ölçmeye yarayan bir ölçek geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonrasında fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ile ilgili kavramsal anlamalarını belirlemede kullanılabilir geçerli ve güvenilir olan bir test geliştirmiştir.

Şenel Zor (2017), fen bilimleri öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmasında, etkinlik temelli NBT eğitimin öğretmen adaylarının farkındalıkları ve kavramsal anlayışlarına etkisini incelemek amacıyla etkinlik programı düzenlemiştir. Uygulanan etkinlik öncesi ve etkinlik sonrası verilerin değerlendirilmesiyle öğretmen adaylarının kavramsal anlayışlarının, farkındalık ve bilişsel düzeylerinin geliştiğini tespit etmiştir.

Ergün vd. (2017), fen bilimleri öğretmenleriyle yaptıkları çalışmalarında, fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknoloji hakkındaki görüşlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonunda farkındalık düzeylerinin bilimsel düzeyde olmadığı ve daha çok güncel bilgiler şeklinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İpek (2017), yaptığı çalışmada ortaöğretimde görev yapmakta olan fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerinin NBT konusundaki farkındalıklarını belirlemeyi ve biyoloji öğretmenlerinin NBT konusundaki görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Öğretmenlerin

öğrenim durumu, mesleki kıdem, görev yapılan okul türü, bireysel yayın takip etme durumları, hizmet içi eğitim alma durumları, görev yaptıkları şehir ve bilimsel bir belgesel takip etme durumlarına göre anlamlı farklılık oluşturduğunu bulmuştur. Ayrıca NBT farkındalık düzeylerinin karasızım düzeyinde olduğunu belirtmiştir. Ek olarak biyoloji öğretmenlerinin NBT konularının programda yer almadığı bu konuda eğitimsiz oldukları ve bilgi sahibi olmadıkları sonucuna ulaşmıştır.

Kılınç Alpat vd. (2017), ortaöğretim 10. Sınıf öğrencileri ile yaptıkları çalışmada nanoteknoloji konusunda işbirlikli öğrenme yöntemi uygulayıp bunun öğrencilerin görüşlerine ve akademik başarısına etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlarda deney grubu öğrencilerinin akademik başarı puanlarına göre lehine anlamlı farklılık olduğu ve etkinlikle ilgili olumlu görüşler alırken kontrol grubundan uygulamaya yönelik eksiklerin olduğu, derslerin etkisiz ve sıkıcı olduğu yönünde dönütler almışlardır.

Şener Özer (2017), fizik kimya ve biyoloji öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmasında, nanoteknolojiye yönelik tutumlarını ve bu tutumlarının farklı değişkenlere göre incelenmesini amaçlamıştır. Çalışma sonunda nanoteknoloji tutum ölçeğindeki toplam puanlar arasında ve anne-baba meslekleri, bölüm tercihleri, cinsiyet değişkenleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir. Nanoteknoloji tutum ölçeğindeki gelecekte beklenen alt boyutunda cinsiyete ait ortalamalarında kadınlar lehine anlamlı farklılık bulunurken ölçeğin toplam puanı ve bireysel tercih alt boyutunda da teknoloji alanına sahip kişiler lehine anlamlı bir fark olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Tüylek (2018), nanoteknolojinin çevreye ve insan sağlığı üzerine risklerini araştırdığı çalışmasında, nanoteknolojinin fayda ve zararlarından, nano partiküllerin oluşumundan ve bu oluşumun çevre ve insana etkisini literatürden faydalanarak ortaya koymuştur.

Harman ve Şeker (2018), fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yaptıkları ve öğretmen adaylarının nanoteknoloji farkındalıklarını ortaya koymayı amaçladıkları çalışmalarında fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji farkındalıklarının az olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Açıkel (2018), ortaöğretimdeki kimya öğretmenleri ve öğrencileriyle yaptığı çalışmasında, nanoteknoloji uygulamalarına sorumlu araştırma ve inovasyon temasını entegre ederek, sergi ürünü geliştirme ve sergileme sürecinin öncesinde ve sonrasında bilim sergisi ve etkileşimli sergi hakkındaki bilgileri, bu süreçteki uygulama yaklaşımları, karşılıklı çıkan zorluklar ve deneyimlerinden kazandıkları faydaları araştırmıştır.

Köseoğlu ve Mercan (2018), biyoloji öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmalarında nanoteknoloji konusunda algıları ortaya koymayı amaçlamışlardır. Araştırma sonucunda biyoloji alanı öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunda yeterince bilgiye sahip olmadıklarını tespit etmişlerdir.

Bilici (2019), ortaokul (5., 6. ve 7. sınıf) öğrencileriyle yeni teknolojilerin paylaşıldığı bir sergide nanoteknoloji sergisi ile nanoteknoloji etkinlikleriyle ilişkilendirilmiş ve uygulanan etkinlikler yardımıyla nanoteknolojiye ait kavramları anlamaları araştırmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerde makroskopik düzeyde kavramsallaştırmadan tanecik düzeyinde kavramsallaştırmaya doğru bir geçiş olduğunu sonucuna ulaşmıştır.

Enil (2019), farklı devlet üniversitesinde okuyan fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmada nanoteknoloji hakkındaki farkındalıklarının farklı değişkenler açısından incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda öğretmen adaylarının cinsiyete, bölümlere, ders alma durumlarına göre anlamlı farkındalığa sahip olduklarını ve ilk bilgi kaynağı okul olan öğretmen adaylarının farkındalıkların daha yüksek olduğunu sonucuna ulaşmıştır.

Demircioğlu ve Özdemir (2019), kimya ve fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada bağlam temelli yaklaşımın nanoteknoloji konusunu anlamaları üzerine etkisini araştırmışlardır. Öğretmen adaylarının konuyu anlamaları arasında anlamlı bir fark bulunamazken kullanılan bağlam temelli yaklaşımın nanoteknoloji konusunun öğretiminde etkili olduğu ve kullanılan materyalin ilgi çekici ve konuyu anlamada faydalı olduğu görüşüne ulaşmışlardır.

Tekelioğlu (2019), 7.sınıf öğrencileriyle yaptığı ve verilen nanoteknoloji etkinlikleri sonrasında, etkinliklerin nanoteknoloji farkındalıklarına ve kavramsal anlamalarına olan etkisini araştırdığı çalışmada ön test ve son testler arasında anlamlı farklılık olduğu tespit etmiştir. Fakat fen bilimleri dersindeki başarılarına ve cinsiyetlerine göre anlamlı bir fark görülmediğini bulmuştur. Öğrenciler etkinlikler ile ilgili olarak olumlu görüşe sahip olduğunu ve öğrencilerin etkinlikle öğretilmek istenen kavramları öğrendiği ve kazanımların eğlenceli bir şekilde verildiğini ortaya koyulmuştur.

Ocak (2019), fen bilimleri öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada öğretmen adaylarının nanoteknoloji hakkındaki görüşlerini belirlemeye çalışmıştır. Araştırma sonuçlarına göre 3.

sınıfların 2. sınıflara göre algılarının daha somut ve yüksek olduğu görülürken 3. sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik bilgilerinin daha fazla olduğunu bulmuştur.

Bektaş (2019), fen bilgisi ve sınıf öğretmenli öğretmen adayları ile yaptığı çalışmasında mikroteknoloji ve nanoteknoloji konularındaki farkındalıklarını sorgulayan bir farkındalık ölçeği geliştirmeyi amaçlamıştır. Fen bilgisi öğretmen adayları için güvenilirliği çok yüksek olan mikroteknoloji ve nanoteknoloji farkındalık ölçeği geliştirmiş ve ölçeğin genelinde 3,79 ortalama “kararsızım” seçeneğinden “katılıyorum” seçeneğine yaklaştığını göstermiştir. Farkındalıkları ile konu hakkında duymuş oldukları bilgilerin düzeyleri arasında pozitif ama zayıf düzeyde bir ilişki bulunurken sınıf düzeyi, cinsiyet ve akademik ortalamalarına göre anlamlı farklılık bulunmadığını belirtmiştir.

Demirkıran (2019), yaptığı çalışma ile nanoteknolojinin temeli olan nano partiküllerin insanlar üzerindeki olası etkilerini araştırmak istemiştir. Çalışmasında yaptığı literatür taramasına dayalı olarak nanoteknolojinin insan üzerindeki faydalarının ve zararlarının sunulduğu bir çalışma ortaya koymuştur.

Işık Erol (2020), fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptığı çalışmasında, doğada bulunan mikro ve nano yapıların 3 boyutlu modellerini oluşturarak argümantasyon yöntemiyle öğretilmesinin kavramsal anlamalarına etkisini incelemiştir. Çalışma kapsamında verilen NBT dersine katılan öğrencilerin diğer yöntemlerle işlenen derslere katılan öğrencilerden daha yüksek puana sahip olduğunu bulmuştur. Buna ek olarak kavram yanlışlarının olumlu yönde değiştiğini fakat akademik başarıya katkısında anlamlı bir farklılık çıkmadığını tespit etmiştir.

Özmen Koç (2020), fen bilgisi öğretmenliği 4 sınıf öğrencileri ile yaptığı NBT’ye yönelik tutumları belirlemek amaçlı çalışmasında, 5 hafta nanoteknoloji ile ilgili bilgilerin verildiği bir sunum yaparak öğretmen adaylarının öncesindeki ve sonrasındaki durumları incelemiş ve sunumun olumlu yönde etki ettiğini bulmuştur. Öğretmen adaylarının konuyla ilgili bilgilerinin olması bu konuya olan ilgi ve meraklarındaki artışın tutumlarına yansıdığını, dersi alamayan öğretmen adayların da kendilerini yetersiz hissettiklerini ve bu durum tutumlarına yansıdığını belirtmiştir. Değişkenlere göre incelediğinde ise sadece cinsiyet değişkeninde anlamlı farklılık oluştuğunu sonucuna ulaşmıştır.

Yavuz ve Bektaş (2020), fen bilgisi öğretmen adaylarının mikroteknoloji ve nanoteknoloji ile ilgili dünyada yaşanan gelişmelerdeki farkındalıklarını ve sözü edilen teknolojiye ne düzeyde önemsediklerini belirleyecek, geçerli ve güvenilir bir farkındalık ölçeği

geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmanın sonunda cronbach's alpha değeri 0,902 olarak bulunan mikroteknoloji ve nanoteknolojiye yönelik farkındalık ölçeği geliştirmişlerdir.

Çalık Bostancı vd. (2021), TÜBİTAK tarafından yayınlanan popüler bilim dergilerindeki nanobilim ve nanoteknolojinin yansımaları inceledikleri çalışmalarında, sırasıyla bilimsel araştırmalar, keşifler, medikal halk ve çevre sağlığı ve geleceğe yönelik beklentileri içeren makalelerin çoğunlukta olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca makalelerin içeriklerinin çoğunlukla olumlu olduğunu tespit etmişlerdir.

## **2.11. Uluslararası Literatürde Nanobilim ve Nanoteknoloji Eğitimi ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar**

Cobb ve Macoubrie (2004), Amerikan halkın nanoteknoloji konusundaki algılarını, risklerini faydalarını ve güvenlerini tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında halkın nanoteknoloji ile ilgili duyularını oldukça az sonucuna ulaşmışlardır.

Sheetz vd. (2005), akademisyenler ve öğrencilerle yaptıkları çalışmada, nanoteknoloji farkındalıkları ve toplumsal kaygılarını ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak nanoteknoloji farkındalığını %17 bulurlarken, nanoteknoloji hakkında bilgi edinmek isteyenlerin sayısı oldukça fazla olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ekli ve Şahin (2010), fen bilimleri öğretmen ve öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada nanoteknolojiyle ilgili temel bilgilerini, görüşlerini ve risk algılarını incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonunda bilgi düzeylerinin yetersiz olduğunu sonucuna ulaşmışlardır. Öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunda sahip oldukları bilgilerin, fen bilimleri öğretmenlerine göre daha yüksek ve olumlu tutuma sahip çıkmasının tespit edilen önemli bir detay olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca nanoteknoloji ile ilgili duyum kaynaklarını en çok internet, radyo ve televizyon programları olarak tespit etmişlerdir.

Daly ve Bryan (2010), yaptıkları çalışmada, 1 ortaokul ve 18 lise fen öğretmeniyle yaptıkları çalışmada, NBT öğretimi için model tasarlama amaçlarını ve model kullanım şekillerini araştırmışlardır. Çalışma yoğun bir öğretim çerçevesinde iki haftada gerçekleştirilmiş ve sonrasında bir yıl boyunca öğretmenlerin çalışmaları izlenmiştir. Veri toplama aracı olarak, açık uçlu sorulardan oluşan bir başarı testi ve ders planları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, modellemenin, fikirleri görselleştirerek somutlaştırmada ve sorgulamayı kolaylaştırmada etkili olduğu gözlenmiştir.

Blonder ve Sakhnini (2012), kimya öğretiminde 9. sınıf öğrencileri için ölçek-boyut ve yüzey alan- hacim konularını kapsayan bir nanoteknoloji modülü geliştirmişler ve öğrencilerin bu konuyu anlamalarında destek olmak amacıyla uygulanmışlardır. Sonuç olarak öğrenciler öğrenmelerinin çoğunu bu metodun kolaylaştırdığını belirtmişlerdir.

Farshchi vd. (2011), İran halkıyla yaptıkları çalışmada, nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık ve tutumunu ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak çalışmada insanların çoğunun nanoteknolojiye hala aşina olmadıkları bulmuşlar ve faydalarının risklerinden ağır bastığını tespit etmişlerdir.

Lin vd. (2015), Tayvan’da ilkokul öğrencileri ile yaptıkları ve uygulanan kamp etkinliği aracılığıyla nanoteknoloji temelli popüler bilim eğitimi teşvik ve öğretimi programının etkinliğini değerlendirdikleri bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonrasında bu uygulamanın nanoteknoloji öğrenme performansını ve sonuçlarını önemli ölçüde geliştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Ahmed vd. (2015), yükseköğretim kurumlarının öğrencileri ve öğretmenleriyle yaptıkları çalışmalarında farkındalıklarını incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonunda öğrenci ve öğretmenlerin çoğunun nanoteknolojiyi duyduğunu bulmuşlar ama yarıdan azının bu konuda bir şey okuduklarını veya uygulama alanlarını bildiklerini yönünde tespitler ortaya koymuşlardır.

Şenel Zor ve Aslan (2018), fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmada etkinlik temelli NBTE’nin fen bilgisi öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknolojiye ilişkin kavramsal anlayışları üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamışlardır. Yapılan uygulama sonrasında etkinlik temelli NBTE’nin öğrencilerdeki nanobilim ve nanoteknolojiye ilişkin kavramsal anlamalarını geliştirdiğini bulmuşlardır.

Mandrikas vd. (2019), 6. sınıf öğrencileriyle yaptıkları, ilköğretim öğrencilerinin NBT’nin temel kavramlarına nasıl yaklaştıklarını ve sorumlu araştırma ve inovasyon konularına ne ölçüde yansıtabileceklerini araştırdıkları çalışmalarında, NBT öğretiminin ilköğretimde fayda sağladığını bulmuşlardır. Ayrıca, NBT’nin fen eğitiminde sorumlu araştırma ve inovasyon tanıtımı için uygun bir bağlam sağladığı sonucuna da ulaşmışlardır.

İpek vd. (2020), fen bilgisi öğretmenleriyle yaptıkları ve nanobilim ve nanoteknoloji konusundaki farkındalık, maruz kalma ve bilgi düzeylerini belirlemek için amacı ile yaptıkları

çalışmada öğretmenlerin eğitim düzeyleri ve konu uzmanlığı açısından maruz kalmaları ve bilgi düzeyi ve farkındalıklarında anlamlı bir farklılık olmadığını bulmuşlardır.

Köse (2021), 5, 6, 7 ve 8. sınıf üstün yetenekli öğrencilerle yaptığı çalışmasında öğrencilerin nanoteknoloji konusundaki bilgi ve farkındalıklarını belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda cinsiyete göre anlamlı bir farklılık olmadığını ama kız öğrencilerin puan ortalamalarının erkek öğrencilere göre daha yüksek olduğunu bulmuştur. Sınıf düzeyleri ile ilgili sonuçlarda ise anlamlı bir farklılık olduğu ve sınıf düzeyi arttıkça bilgi düzeyinin arttığı bulunmuştur. Velilerin eğitimin öğrencilerin nanoteknoloji hakkında bilgi sahibi olmalarında önemli bir faktör olduğunu, nanoteknolojinin duyum kaynağının da televizyon olduğunu tespit etmiştir.

Rathore ve Mahesh (2021), gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki kamuoyunun nanoteknoloji algısını tespit etmek için yaptıkları çalışmalarında kamuoyunun nanoteknolojiye karşı olumlu bir tutuma sahip olduğunu bulmuş ve risklerden çok faydalara yönelttiğini sonucunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca nanoteknolojiye insanların aşına olmalarının yanı sıra bu konuda temel bilgi eksikliğinin var olduğunu tespit etmişlerdir.

## **2.12. Ulusal Literatürde Fen Bilimleri Eğitiminde Nanobilim ve Nanoteknoloji ile İlgili Yapılan Çalışmaların Genel Durumu**

Aşağıda fen eğitiminde NBT ile ilgili yapılan çalışmalar amaçlarına göre genel bir düzenlemeye koyulup verilmiştir.

Farkındalık üzerine yapılan çalışmaları incelediğimizde karşımıza çıkan konulardan biri yapılan çalışmaların mevcut durumu keşfetme yani sahip oldukları farkındalıkları ortaya koyma üzerine çalışmalar olduğunu görmektedir. Bu kapsamda nanoteknoloji farkındalığı üzerine (Enil, 2019; Güzeloğlu, 2015; Harman ve Şeker, 2018), ve nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı üzerine (Aslan ve Şenel, 2015; Ateş ve Üce, 2017; Enil ve Köseoğlu, 2016; İpek, 2017) yapılmış olan çalışmalar bulunmaktadır. Farkındalık üzerine yapılan diğer bir çalışmalar ise uygulamalı çalışmalar olup etkinlik temelli atölye çalışmaları ile bunun nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığına etkisini inceleyen (Sagun Gököz, 2012; Sagun Gököz ve Akaygün, 2014; Şenel Zor, 2017) ve nanoteknoloji ile ilgili uygun eğitimler hazırlayarak nanoteknoloji farkındalığına etkisini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Farkındalık üzerine ölçek geliştiren çalışmalardan, mikroteknoloji ve nanoteknolojiye yönelik farkındalık ölçeğinin

geliştirildiği (Bektaş, 2019; Yavuz ve Bektaş, 2020) çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalar, farkındalık ölçeği geliştirme amacı bulunduran çalışmalardır.

Tutum üzerine yapılan çalışmaları incelediğimizde nanoteknoloji tutumu inceleyen (Ekli 2010; Enil ve Köseoğlu, 2016; Şenel Özer, 2017), nanobiyoteknoloji tutumunu inceleyen (Seviş, 2016), nanobilim ve nanoteknoloji tutumlarını inceleyen (Özmen Koç, 2020) ve nanoteknoloji üzerine tutum ölçeği geliştiren (Kurnaz ve Bayraktar, 2012) çalışmalar mevcuttur.

Algı, görüş ve düşünce üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde nanoteknoloji hakkında algı, görüş ve düşüncelerine (Ergün, Ocak ve Ergün 2017; Köseoğlu ve Mercan, 2019; Kadioğlu, 2010; Ocak, 2019; Seviş, 2016; Şenel, 2009), nanobilim ve nanoteknolojiye karşı görüşlerine (Ateş, 2015), nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine karşı görüşlerine (İpek, 2017), işbirlikli öğrenmenin nanoteknoloji hakkındaki görüşlerine (Kılınç Alpat vd., 2017) ve nanobiyoteknolojiye karşı görüşlerine (Balemen, 2009) yönelik yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

Kavramsal anlamaları üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde nanoteknoloji üzerine yapılan (Bilici, 2019; Tekelioğlu, 2019), nanobilim ve nanoteknoloji üzerine yapılan (Sagun Gököz, 2012; Şenel Zor, 2017) nanobilim üzerine yapılan (Işık Erol, 2020) ve nanobilim kavramsal testinin geliştirildiği (Akdeniz, 2017) çalışmalar mevcuttur.

Bilgi düzeyinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde nanoteknoloji bilgi düzeylerinin incelendiği (Ekli 2010), nanobilim ve nanoteknoloji bilgi düzeylerinin incelendiği (Karataş ve Ülker, 2014) ve nanobiyoteknoloji bilgi düzeylerinin incelendiği (Balemen, 2009; Seviş, 2016) çalışmalar bulunmaktadır.

Nanobilim ve nanoteknoloji üzerine yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde nanobiyoteknolojiye karşı ilgilerinin ölçüldüğü (Kılıç, 2009) ve nanoteknolojiye karşı ilginin ölçüldüğü (Enil, 2019; Enil ve Köseoğlu, 2016) çalışmalar bulunmaktadır.

## BÖLÜM 3

### 3. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan araştırma modeli, evren örneklem, veri toplama araçları, veri toplama süreci ve verilerin analiz edilmesinde yararlanılan teknikler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

#### 3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada araştırma modeli olarak nitel araştırma yöntemi kullanılmış olup doküman incelemesi yapılmıştır. Doküman analizi, kurumsal, program kayıt, not ve yazışmaların, resmi yayınlar ve raporların, kişisel günlükler ve anketler veya anketlere verilen açık uçlu yazılı yanıtlardan elde edilen alıntılar veya tam metinlerin incelenmesidir (Patton, 2002). Elektronik olarak yayınlanmış, araştırma amacına uygun tez ve makalelere ulaşılmış ve bu dokümanların analizi gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2. Araştırmanın Örnekleme

Araştırmanın örnekleme, amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme yöntemi ile oluşturulmuştur. Ölçüt örnekleme yöntemi, araştırmacıların önceden belirlenmiş belirli ölçütleri karşılayan tüm durumları incelemesine olanak tanımlanır (Patton, 2002). Bu çalışmada ölçüt olarak; nanobilim ve nanoteknoloji konularını içermeye, fen eğitimi alanında yer alma, tezler için YÖK’de verilmiş olma ve makaleler için Türkçe (TR) dizininde yayınlanmış olma ölçütleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada ülkemizde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılmış olan tez ve makaleler incelenmiştir. Bu kapsamda 2009 yılından önce fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Araştırmada 2009 - 2021 yılları arasında yapılmış olan fen bilimleri eğitiminde NBT konulu lisansüstü tezlerin ve TR dizininde yayınlanan makalelerin incelemeleri yapılmıştır.

#### 3.3. Veri Toplama Teknikleri

Bu çalışmada kullanılacak olan veri toplama aracı Bıkmaz vd. (2013) tarafından oluşturulup kullanılan temalar dikkate alınmış, fakat Büyüköztürk vd. (2009)’in Bilimsel Araştırma Yöntemleri ve Kasar’ın (2003) Bilimsel Araştırma Yöntemleri kitaplardan faydalanılarak temalar araştırmaya uygun şekilde güncellenmiştir.

### **3.4. Verilerin Toplanması**

Bu araştırma kapsamındaki verilerin toplanması için makalelerde “nano” ve “eğitim” anahtar kelimeleri Google Akademik, Web of Science, ULAKBİM’de, tezlerde ise “nano”, “nanobilim”, “nanoteknoloji”, “nanobiyoteknoloji” kelimeleri YÖK Ulusal Tez Merkezi’nden taratılarak nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Bu incelenen çalışmalar içerisinde sadece fen bilimleri eğitimi alanında NBT ile ilgili yapılan çalışmalar araştırmaya dahil edilmiştir. Nanobilim ve nanoteknoloji üzerine yapılan alan çalışmaları ve fen eğitimi dışı çalışmalar bu araştırmaya dahil edilmemiştir.

Yapılan araştırmada çalışmalar Kasım 2020’de taranmaya başlanıp, Eylül 2021 tarihine kadar taramalar devam etmiştir. Sonuç olarak fen bilimleri eğitiminde NBT alanında yapılmış olan 21 lisansüstü tez ve 15 TR dizininde yayınlanan makaleye ulaşılmış olup bu 36 çalışma araştırma kapsamında incelenmiştir.

### **3.5. Verilerin Analizi**

Doküman analizi genellikle içerik analizi adı verilen özel bir analitik yaklaşım gerektirir (Marshall ve Rossman, 1999). Bu araştırmada elde edilen veriler analiz edilirken “içerik analizi” tekniği kullanılmıştır. İçerik analizinde temel amaç toplanan verileri açıklayabilecek kavram ve ilişkilere ulaşmaktır. Veriler derinlemesine incelenerek belirli konu başlıkları altında toplanır ve okuyucunun anlayabileceği düzeyde sunulması sağlanır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). İçerik analizi yöntemi verileri basit bir şekilde açıklayan bir teknik olup verilerin anlaşılmasının geliştirilmesi için teorik konuların test edilmesine izin vermektedir (Cavanagh, 1997).

Verilerin analiz sürecinde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerin yayımlandıkları yıllar, tez ve makalelerin araştırma yöntemi, çalışma grupları, örnekleme teknikleri, veri toplama araçları, araştırmaların deseni, veri analiz yöntemleri ve araştırmanın amaçları uygun kodlara ayrılmış ve daha sonra bu kodlar farklı kategoriler altında toplanmıştır. Elde edilen veriler yüzde/frekans grafik ve tabloları şeklinde sayısal değerlerine de yer verilerek sunulmuştur.

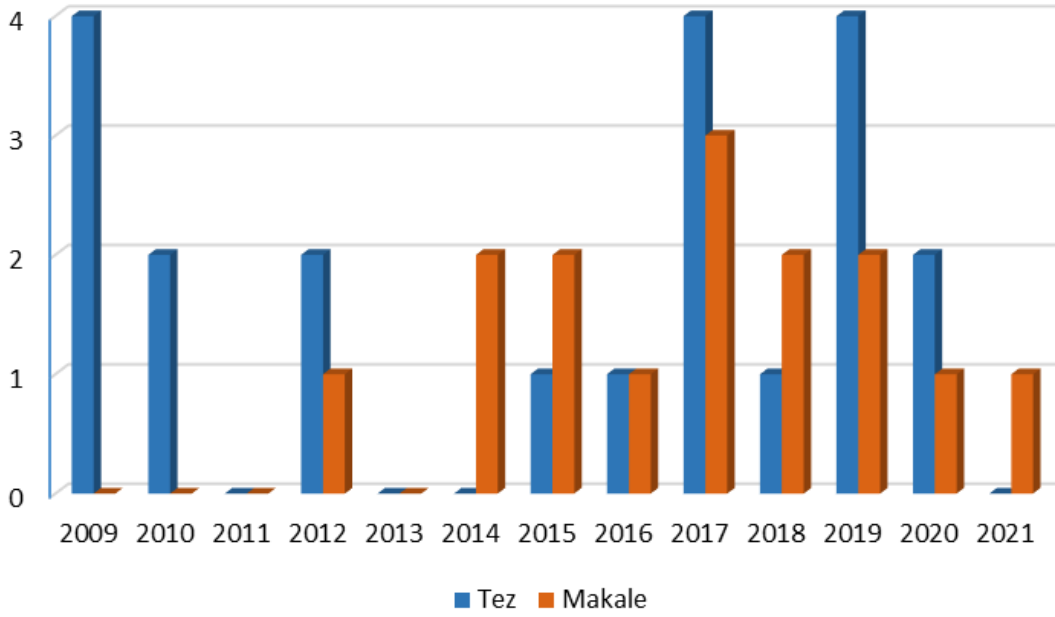
## BÖLÜM 4

### 4. BULGULAR

Araştırmanın bu bölümde fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi ile ilgili çalışmalardan elde edilen bulgular yüzde ve frekans değerleri ile verilmiştir. Verilerin analizi sırasında yöntemine ilişkin özellik açık bir şekilde ifade edilmemişse bu bulgular çalışmada “belirtilmemiş” olarak alınmıştır.

#### 4.1. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Şekil 4.1’de fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yayınlanan tez ve makalelerin yayınlandığı yıllara ilişkin bulgular yer almaktadır.

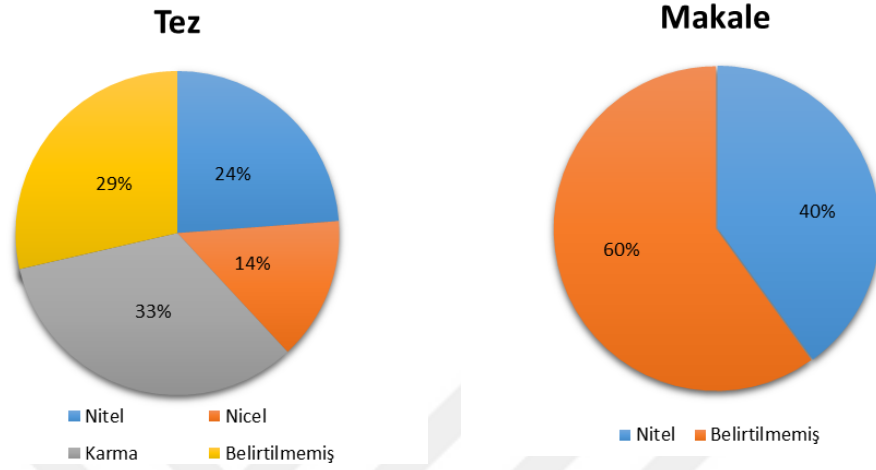


Şekil 4. 1. NBT ile ilgi yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi fen bilimleri eğitiminde NBT alanında yapılan 21 tez ve 15 makale olan toplam 36 çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan ilk yayınlananlar 2009 yılında yayınlanmış olan tezler olup makalelerin ise 2012 yılında yayınlanmaya başladığı görülmektedir. En çok çalışma 2017 yılında (7 tane) yapılırken, 2011 ve 2013 yılında yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

## 4.2. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Yönelik Bulgular

Şekil 4.2’de fen bilimleri eğitiminde NBT alanında yayınlanan tez ve makalelerin araştırma yöntemlerine göre bulgular yer almaktadır.



Şekil 4. 2. NBT ile ilgi yapılan çalışmaların araştırma yöntemine göre dağılımı.

Şekil 4.2’de incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde NBT alanında yayınlanan 21 tezden, 5 nitel (%24), 3 nicel (%14), 7 karma (%33) araştırma yöntemi kullanılmış olup 6 çalışmada da (%29) kullanılan araştırma yöntemiyle ilgili net bir ifadenin kullanılmadığı görülmektedir. Fen bilimleri eğitiminde NBT alanında yayınlanan 15 makalede ise 6 nitel (%40) araştırma yöntemini kullanılan çalışma ve 9 (%60) araştırma yöntemiyle ilgili net bir ifade kullanmayan çalışma olduğu görülmektedir. Makalelerde nicel ve karma araştırma yöntemlerinin kullanılmadığı görülmektedir.

Fen bilimleri eğitimi NBT alanında yapılan tez ve makalelerin kullandıkları araştırma yöntemindeki toplam dağılıma bakıldığında 11 çalışmanın nitel yöntem (%30,56), 7 çalışmanın karma yöntem (%19,44) ve 3 çalışmanın nicel yöntem (%8,33) kullandığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan araştırma yöntemi belirtilmeyen 15 (%41,67) çalışma bulunmaktadır.

## 4.3. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Çalışma Gruplarına Yönelik Bulgular

Tablo 4.1’de fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tez ve makalelerin çalışma gruplarına yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 1.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgi tez ve makalelerin çalışma gruplarına göre dağılımı.

Çalışma Grubu	Tez		Makale		Toplam	
	f	%	f	%	f	%
Lisans Öğrencileri	11	47,83	9	56,25	20	51,28
Ortaöğretim/Lise Öğrencileri	4	17,39	4	25	8	20,51
Öğretmenler	2	8,70	2	12,50	4	10,26
Ortaokul Öğrencileri	3	13,04	0	0	3	7,69
İlkokul Öğrencileri	1	4,35	0	0	1	2,56
Ders Kitapları	1	4,35	0	0	1	2,56
Bilimsel Makaleler	1	4,35	0	0	1	2,56
Dergiler	0	0	1	6,25	1	2,56
<b>Toplam</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

Tablo 4.1'e göre tezlerde araştırmanın örneklemini, lisans öğrencileri 11'ini (%47,83), ortaöğretim/lise öğrencileri 4'ünü (%17,39), ortaokul öğrencileri 3'ünü (%13,04), öğretmenler 2'sini (%8,70), ilkokul öğrencileri ise 1'ini (%4,35) oluşturmaktadır. Bunların yanında ders kitaplarının incelendiği 1 (%4,35) ve bilimsel araştırmaların incelendiği 1 (%4,35) teze rastlanmıştır. Bilimsel dergilerin incelendiği tez çalışmasına rastlanmamıştır.

Tablo 4.1'e göre makalelerde 9 çalışmanın lisans öğrencileriyle (%56,25), 4 çalışmanın ortaöğretim/lise öğrencileriyle (%25), 2 çalışmanın öğretmenlerle (%12,5) ve 1 çalışmanın da dergilerle (%6,25) yapıldığı görülmektedir. İlkokul ve ortaokul öğrencileriyle yapılan ve ders kitaplarının ve bilimsel araştırmaların incelendiği makale çalışmasına rastlanmamıştır.

#### 4.4. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Örnekleme Yöntemine Yönelik Bulgular

Tablo 4.2'de fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tezlerin örnekleme tekniklerine yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 2.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgi tezlerin örnekleme tekniklerine göre dağılımı.

Örnekleme Tekniği	Alt Kategoriler	f	%
Evrenin Tamamı		1	4,76
Raslantısal/Rastgele		2	9,52
Seçkisiz Örnekleme	Tabakalı	1	4,76
Seçkisiz Olmayan Örnekleme	Amaçsal	6	28,57
	Uygun/ kazara/ kolay ulaşılabilir olma	2	9,52
Belirsiz		9	42,85
<b>Toplam</b>		<b>21</b>	<b>100</b>

Tablo 4.2'ye göre tezlerde örneklem seçmede kullanılan örnekleme tekniği olarak, 6 amaçsal örnekleme tekniği (%28,57) kullanan, 2 uygun/kazara örnekleme tekniği (%9,52) kullanan, 2 rastlantısal/rastgele örnekleme tekniği (%9,52) kullanan ve 1 tabakalı örnekleme tekniği (%4,76) kullanan tez çalışması olduğu görülmektedir. İncelenen çalışmalarda örnekleme tekniği ile ilgili herhangi bir yöntem belirtilmemiş 9 (%42,85) tez çalışması olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3'te fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan makalelerin örnekleme tekniklerine yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 3.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin örnekleme tekniklerine göre dağılımı.

Örnekleme Tekniği	Alt Kategoriler	f	%
<b>Evrenin Tamamı</b>		0	0,00
<b>Raslantısal/Rastgele</b>		3	20,00
<b>Seçkisiz Örnekleme</b>	Tabakalı	1	6,67
<b>Seçkisiz Olmayan Örnekleme</b>	Amaçsal	5	33,33
	Uygun/ kazara/ kolay ulaşılabilir olma	1	6,67
<b>Belirsiz</b>		5	33,33
<b>Toplam</b>		15	100

Tablo 4.3 incelendiğinde makalelerde örneklem seçmede kullanılan örnekleme tekniği olarak, 5 amaçsal örnekleme tekniği (%33,33) kullanan, 3 rastlantısal/rastgele örnekleme tekniği (%20,00) kullanan, 1 uygun/kazara örnekleme tekniği (%6,67) kullanan ve 1 sistematik örnekleme tekniği kullanan çalışma olduğu görülmektedir. Evrenin tamamını kullanan herhangi bir makale çalışması görülmemektedir. İncelenen çalışmalarda örnekleme tekniğini ile ilgili herhangi bir yöntem belirtilmeyen 5 makale (%33,33) çalışması bulunmaktadır.

#### **4.5. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Araştırma Desenine Yönelik Bulgular**

Tablo 4.4'te fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tez ve makalelerin araştırma desenleri yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 4.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tezlerin araştırma desenlerine göre dağılımı.

Araştırma Desenleri	Alt Kategoriler	f	%	
Nicel	Deneysel Desen	Geçek deneysel	1	4,55
		Yarı deneysel	3	13,64
		Zayıf deneysel	1	4,55
		Tek denekli	1	4,55
	Deneysel Olmayan Desen	Tarama	4	18,18
		Betimsel tarama	1	4,55
		İlişkisel tarama	1	4,55
		Ölçek geliştirme	0	0,00
Nitel	Etkileşimli	Durum çalışması	2	9,09
	Etkileşimsiz	Doküman analizi	1	4,55
Karma	Açıklayıcı/açımlayıcı	1	4,55	
	Çeşitleme	1	4,55	
Belirtilmemiş		5	22,73	
Toplam		22	100	

Tablo 4.4’de görüldüğü gibi tezlerde, nicel desenlerden içerisinde yer alan deneysel desenlerden; gerçek deneysel kullanan 1 çalışma (%4,55), zayıf deneysel kullanan 1 çalışma (%4,55), tek denekli desen kullanan 1 çalışma (%4,55) ve yarı deneysel desen kullanan 3 çalışma (%13,64) olmak üzere toplam 6 çalışmada (%27,29) deneysel desen kullanıldığı görülmektedir. Nicel desenlerden deneysel olmayan desenlerden ise, betimsel tarama kullanan 1 çalışma (%4,55), ilişkisel tarama kullanan 1 çalışma (%4,55) ve sadece tarama kullandığını belirtilen 4 çalışma (%18,18) olduğu görülmektedir. Nitel desenlerden içerisinde yer alan etkileşimli desenlerden durum çalışması kullanan 2 çalışma (%9,09), etkileşimsiz desenlerden doküman analizi yöntemini kullanan 1 çalışma (%4,55) bulunmaktadır. Karma yöntemler içerisinde yer alan desenlerden açıklayıcı/açımlayıcı desen kullanan 1 çalışma (%4,55) ve çeşitleme yöntemi kullanan 1 çalışma (%4,55) olduğu görülmektedir. Araştırmada, yapılan çalışmada kullanılan araştırma desenini belirtilmeyen 5 tez çalışması (%22,73) bulunmaktadır.

**Tablo 4. 5.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin araştırma desenlerine göre dağılımı.

Araştırma Desenleri	Alt Kategoriler	f	%			
Nicel	Deneysel Desen	Geçek deneysel	0	0,00		
		Yarı deneysel	2	13,33		
		Zayıf deneysel	0	0,00		
		Tek denekli	0	0,00		
	Deneysel Olmayan Desen	Tarama	2	13,33		
		Betimsel tarama	2	13,33		
		İlişkisel tarama	0	0,00		
		Ölçek geliştirme	1	6,67		
		Nitel	Etkileşimli	Durum çalışması	2	13,33
			Etkileşimsiz	Doküman analizi	1	6,67
Karma	Açıklayıcı/açımlayıcı	0	0,00			
	Çeşitleme	0	0,00			
Belirtilmemiş		5	33,33			
Toplam		15	100			

Tablo 4.5 incelendiğinde makalelerde; nicel desenlerden içerisinde yer alan deneysel desenlerden olan yarı deneysel desenin kullanıldığı 2 çalışma (%13,33) olduğu görülmektedir. Nicel desenlerden içerisinde yer alan deneysel olmayan desenlerden ise ölçek geliştirme kullanan 1 çalışma (%6,67), betimsel tarama kullanan 2 çalışma (%13,33) ve sadece tarama yöntemi kullanan 2 çalışma (%13,33) bulunmaktadır. Nitel desenlerden olan etkileşimli desenden ise durum çalışması yöntemi kullanan 2 çalışma (%13,33), etkileşimsel desenden, doküman analizi yöntemini kullan 1 çalışma (%6,67) olduğu görülmektedir. Araştırmada, yapılan çalışmada kullanılan araştırma deseni belirtilmeyen 5 makale çalışması (%33,33) bulunmaktadır.

#### **4.6. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Yönelik Bulgular**

Tablo 4.6'da fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tez ve makalelerin veri toplama araçlarına yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 6.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı.

Veri Toplama Aracı	Tez		Makale		Toplam	
	f	%	f	%	f	%
Anket	14	29,79	3	17,65	17	26,56
Görüşme	7	14,89	5	29,41	12	18,75
Test	9	19,15	2	11,76	11	17,19
Kaynak/Doküman İnceleme	5	10,64	2	11,76	7	10,94
Ölçek	4	8,51	1	5,88	5	7,81
Formlar	3	6,38	1	5,88	4	6,25
Gözlem	2	4,26	0	0,00	2	3,13
Açık Uçlu Soru	0	0	2	11,76	2	3,13
Belirtilmemiş	0	0	1	5,88	1	1,56
Diğer	3	6,38	0	0	3	4,69
<b>Toplam</b>	<b>47</b>	<b>100</b>	<b>17</b>	<b>100</b>	<b>64</b>	<b>100</b>

Tablo 4.6 incelendiğinde tezlerde veri toplama aracı olarak; anket yöntemi kullanılarak yapılan 14 çalışma (%29,79), test yöntemi kullanılarak yapılan 9 çalışma (%19,15), görüşme yöntemi kullanılarak yapılan 7 çalışma (%14,89), kaynak/doküman inceleme yöntemi kullanılarak yapılan 5 çalışma (%10,64), ölçek yöntemi kullanılarak yapılan 4 çalışma (%8,51), form yöntemi kullanılarak yapılan 3 çalışma (%6,38) ve gözlem yöntemi kullanılarak yapılan 2 çalışma (%4,26) olduğu görülmektedir. Bunlarından yanında farklı veri toplama aracı kullanan 3 (%4,69) tez çalışması bulunmaktadır.

Tablo 4.6’da görüldüğü üzere makalelerde veri toplama aracı olarak; görüşme tekniği kullanılarak yapılan 5 çalışma (%29,41), anket yöntemi kullanılarak yapılan 3 çalışma (%17,65), test, yöntemi kullanılarak yapılan 2 çalışma (%11,76), kaynak/doküman inceleme yöntemiyle yapılan 2 çalışma (%11,76), açık uçlu soru yöntemiyle yapılan 2 çalışma (%11,76), ölçek yöntemi kullanılarak yapılan 1 çalışma (%5,88) ve form yöntemi kullanılarak yapılan 1 çalışma (%5,88) bulunmaktadır. Veri toplama aracını belirtilmemiş 1 (%5,88) makale çalışması bulunmaktadır.

#### **4.7. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Veri Analiz Tekniklerine**

##### **Yönelik Bulgular**

Tablo 4.7’de fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tezlerin veri analiz tekniklerine yönelik bulgular yer almaktadır. Bir tez çalışması veri analiz tekniklerine göre birden çok kategoriye dahil edilebilmektedir.

**Tablo 4. 7.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgi tezlerin veri analiz tekniklerine göre dağılımı.

Veri Analiz Teknikleri		Alt Kategoriler	f	%
Nicel	Betimsel (Tanımlayıcı) İstatistik	Frekans/yüzde	6	12,00
		Aritmetik ortama	6	12,00
		Standart sapma	3	6,00
		Belirtilmemiş	0	0,00
	Kestirimsel (Çıkarımsal) İstatistik	Geçerlilik güvenilirlik çalışmaları	2	4,00
		t-testi	8	16,00
		Analysis of Variance (ANOVA)	8	16,00
		Faktör analizi	2	4,00
		Regresyon analizi	1	2,00
		Ki- kare testi	2	4,00
		Mann-Whitney testi	2	4,00
		Wilcoxon işaretli sıralar toplamı ve işaret testi	2	4,00
		Kruskal Wallis testi	2	4,00
		Diğer	2	4,00
Belirtilmemiş	0	0,00		
Nitel		İçerik analizi	3	6,00
		Tematik analiz	1	2,00
		Belirtilmemiş	0	0,00
Belirtilmemiş			0	0,00
Toplam			50	100

Tablo 4.7 incelendiğinde tezlerde nicel verilerinin analiz edildiği betimsel istatistiklerden; frekans/yüzde kullanan 6 çalışma (%12), aritmetik ortalama kullanan 6 çalışma (%12) ve standart sapma kullanan 3 çalışma (%6) olduğu görülmektedir. Kestirimsel istatistiklerden; t-testi kullanan 8 çalışma (%16), ANOVA kullanan 8 çalışma (%16), geçerlilik güvenilirlik çalışması yapan 2 çalışma (%6), faktör analizi yapan 2 çalışma (%4), ki-kare testi kullanan 2 çalışma (%4), Mann-Whitney testi kullanan 2 çalışma (%4), Wilcoxon işaretli sıralar toplamı ve işaret testi kullanan 2 çalışma (%4), Kruskal Wallis testi kullanan 2 çalışma (%4), regresyon analizi kullanan 1 çalışma (%2) ve diğer analiz tekniklerini kullanan 2 çalışma (%4) olduğu görülmektedir. Tezlerde kullanılan nitel verilerin analiz tekniklerine baktığımızda ise içerik analizi yapan 3 çalışma (%6) ve tematik analiz yapan 1 çalışma (%2) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8’de fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan makalelerin veri analiz tekniklerine yönelik bulgular yer almaktadır. Bir makale çalışması veri analiz tekniklerine göre birden çok kategoriye dahil edilebilmektedir.

**Tablo 4. 8.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin veri analiz tekniklerine göre dağılımı.

Veri Analiz Teknikleri	Alt Kategoriler	f	%	
Nicel	Betimsel (Tanımlayıcı) İstatistik	Frekans/yüzde	2	9,52
		Aritmetik ortalama	0	0,00
		Standart sapma	0	0,00
		Belirtilmemiş	3	14,29
	Kestirimsel (Çıkarımsal) İstatistik	Geçerlilik güvenilirlik çalışmaları	0	0,00
		t-testi	2	9,52
		Analysis of Variance (ANOVA)	3	14,29
		Faktör analizi	1	4,76
		Regresyon analizi	0	0,00
		Ki- kare testi	0	0,00
		Mann-Whitney testi	2	9,52
		Wilcoxon işaretli sıralar toplamı ve işaret testi	0	0,00
		Kruskal Wallis testi	2	9,52
		Diğer	0	0,00
Nitel	Belirtilmemiş	0	0,00	
	İçerik analizi	4	19,05	
	Tematik analiz	0	0,00	
Belirtilmemiş		0	0,00	
<b>Toplam</b>		21	100	

Tablo 4.8’de incelendiğinde makalelerde nicel verilerin analiz edildiği betimsel istatistiklerden, frekans/ yüzde analizi kullanan 2 çalışma (%9,52) bulunurken sadece betimsel analiz kullandığını belirten ama alt başlığını belirtmeyen 3 çalışma (%14,29) olduğu görülmektedir. Kestirimsel istatistiklerden ANOVA kullanan 3 çalışma (%14,29), t-testi kullanan 2 çalışma (%9,52), Mann-Whitney testi kullanan 2 çalışma (%9,52), Kruskal Wallis testi kullanan 2 çalışma (%9,52) olduğu bulunmuştur. Makalelerdeki nitel verilerin analiz tekniklerini incelediğimizde ise içerik analizinin yapıldığı 4 çalışma (%19,05) bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda veri analiz tekniğini belirtmeyen 2 çalışmanın (%9,52) olduğu görülmektedir.

#### 4.8. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Konusuna Yönelik Bulgular

Tablo 4.9’da fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tez ve makalelerin konularına yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 9.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin konularına göre dağılımı.

Konu	Tez		Makale		Toplam	
	f	%	f	%	f	%
Nanoteknoloji	10	47,62	10	66,67	20	55,56
Nanobilim ve Nanoteknoloji	6	28,57	5	33,33	11	30,56
Nanobiyoteknoloji	3	14,29	0	0	3	8,33
Nanobilim	2	9,52	0	0	2	5,56
<b>Toplam</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

Tablo 4.9 incelendiğinde tez ve makalelerin konu dağılımında tezlerden 10 (%27,28) ve makalelerden 10 (%27,28) olmak üzere toplam 20 çalışmanın (%55,56) nanoteknoloji konusunu üzerine yapıldığı görülmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji konularında 6 tez (%16,67) ve 5 makale (13,89) olmak üzere toplam 11 çalışma (%30,56) olduğu görülmektedir. Tezlerde nanobilim konusu ile ilgili çalışma yapan 2 (%5,56) ve nanobiyoteknoloji konusu ile ilgili çalışma yapan 3 (%8,33) tez çalışması olduğu görülürken nanobilim ve nanobiyoteknoloji alanında çalışma yapan makale çalışmasının bulunmadığı görülmektedir.

#### 4.9. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Araştırma Konusuna Yönelik Bulgular

Tablo 4.10'da fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tezler ve makalelerin araştırdıkları konularına yönelik bulgular yer almaktadır.

**Tablo 4. 10.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili tez ve makalelerin araştırma konularına göre dağılımı.

Araştırma Konuları	Tez		Makale		Toplam	
	f	%	f	%	f	%
Farkındalık	7	23,33	8	38,10	15	29,41
Algı/Görüş Ve Düşünce	4	13,33	4	19,05	8	15,69
Kavramsal Anlama	5	16,67	0	0,00	5	9,80
Tutum	3	10,00	2	9,52	5	9,80
Bilgi Düzeyi	3	10,00	1	4,76	4	7,84
İlgi	2	6,67	1	4,76	3	5,88
Mevcut Durumu Keşfetme	2	6,67	1	4,76	3	5,88
Eğitim Verme	2	6,67	1	4,76	3	5,88
Yaklaşım Kazanım Zorluk	1	3,33	0	0	1	1,96
Öğrenme Düzeyi	1	3,33	0	0	1	1,96
Risk Fayda Algıları	0	0	1	4,76	1	1,96
Nanookuryazarlık	0	0	1	4,76	1	1,96
Akademik Başarı	0	0	1	4,76	1	1,96
<b>Toplam</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>51</b>	<b>100</b>

Tablo 4.10 incelendiğinde 7 tez (%23,33) ve 8 makale (%38,10) olmak üzere toplamda 15 çalışmanın (29,41) farkındalık konusu üzerine yapıldığı görülmektedir. Algı/görüş ve düşünce üzerine tezlerden 4 (%13,33), makalelerde 4 (%19,05) olmak üzere toplamda 8 çalışma (%15,69) bulunurken, bilgi düzeyi üzerine yapılan tezlerde 3 (%10), makalelerde 1 (%4,76) olmak üzere toplamda 4 çalışma (%7,84) olduğu görülmektedir. Tutum üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında tezlerde 3 (%10), makalelerde 2 (%9,52) olmak üzere toplamda 5 çalışma (%9,80) mevcutken, ilgi üzerine yapılan tezlerde 2 (%6,67) ve makalelerde 1 (%4,76) olmak üzere toplamda 3 çalışma (%5,88) mevcuttur. Mevcut durumu keşfetme üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında tezlerde 2 (%6,67) makalelerde 1 (%4,76) ve toplamda 3 çalışma (%5,88) olduğu görülmektedir. Eğitim verme üzerine yapılan 2 tez (%6,67) ve 1 makale (%4,76) olmak üzere toplam 3 (%5,88) çalışma mevcuttur. Tezlerde kavramsal anlama üzerine yapılan 5 çalışma (%16,67) bulunurken bu alanda yapılmış makale çalışması bulunamamıştır. Tezlerde yaklaşım, kazanım, zorluk konusunda 1 çalışma (%3,33), öğrenme düzeyi konusunda 1 çalışma (%3,33) olmak üzere toplamda 1'er çalışma (%1,96) bulunmaktadır. Makalelerde risk fayda algıları konusunda 1 çalışma (%4,76), nanookuryazarlık konusunda 1 çalışma (%4,76) ve akademik başarı konusunda 1 çalışma olmak üzere toplamda her birinden 1 çalışma (%1,96) bulunduğu görülmektedir.

#### **4.10. Fen Bilimleri Eğitiminde NBT ile İlgili Çalışmaların Amaçlarına Yönelik Bulgular**

Tablo 4.11'de fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan tezlerin amaçlarına yönelik bulgular yer almaktadır.

Tablo 4.11 incelendiğinde tezlerde, nanoteknoloji ile ilgili 2 tutum ölçme (%6,67), 2 algı/görüş/düşünce inceleme (%6,67) ve 1'er çalışmada (%3,33) materyal geliştirme ve öğrenme düzeylerine etkisinin incelenmesi, etkinlik geliştirme ve farkındalıklarına etkisinin incelenmesi, sergi geliştirmedeki yaklaşım, kazanım ve zorluğun incelenmesi, farkındalık ölçeğinin geliştirilmesi, farkındalığın incelenmesi, ilgi düzeyinin incelenmesi, bilgi düzeyinin incelenmesi, ortaöğretim kurumlarındaki yerinin incelenmesi ve eğitim vermek için yapılan çalışma olduğu görülmektedir. Nanobilim ile ilgili, 2 çalışmanın etkinlikle kavramları anlatma (%6,67) üzerine ve 1 çalışmanın da kavramsal anlama testi geliştirme (%3,33) üzerine yapıldığı görülmektedir. Nanobiyoteknoloji ile bilgi düzeyinin incelendiği 2 (%6,67) çalışma bulunurken ilgi düzeyinin incelendiği ve nanobiyoteknoloji eğitimine karşı görüşlerini ortaya çıkarması için yapılmış 1'er çalışma (%3,33) bulunmaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili ise farkındalığın incelendiği, farkındalık değişimin incelendiği ve kavramsal anlama

değişimlerinin incelendiği 2'şer çalışma (%6,67) ile tutumun ölçme ve algı/görüş/düşüncelerin incelendiği 1'er çalışma (%3,33) bulunmaktadır.

**Tablo 4. 11.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgi tezlerin amaçlarına göre dağılımı.

Konu	Amaç	f	%
Nanoteknoloji	Materyal geliştirme ve öğrenme düzeylerine etkisi	1	3,33
	Etkinlik geliştirme ve farkındalıklarına etkisi	1	3,33
	Etkinlik geliştirme ve kavramsal anlamalarına etkisi	1	3,33
	Etkinlik/atölye geliştirmenin konuyu anlamaya etkisi	0	0,00
	Sergi geliştirmedeki yaklaşım, kazanım ve zorluk	1	3,33
	Farkındalık ölçeği geliştirme	1	3,33
	Farkındalık ölçme	1	3,33
	Fayda ve risk algıları inceleme	0	0,00
	İlgi düzeyini inceleme	1	3,33
	Tutum ölçme	2	6,67
	Tutum ölçeği geliştirme	0	0,00
	Bilgi düzeyi inceleme	1	3,33
	Algı/görüş/düşünce inceleme	2	6,67
	Ortaöğretim kurumlarındaki yeri	1	3,33
	Eğitim vermek	1	3,33
Nanobilim	Kavramsal anlama testi geliştirme	1	3,33
	Etkinlikle kavramları anlatma	2	6,67
Nanobiyoteknoloji	İlgi düzeylerini inceleme	1	3,33
	Bilgi düzeyleri inceleme	2	6,67
	Nanobiyoteknoloji eğitimine karşı görüşlerini ortaya çıkarma	1	3,33
Nanobilim ve Nanoteknoloji	Etkinlik/atölye geliştirme ve nanookuryazarlıklarını geliştirme	0	0,00
	Etkinlik/atölye geliştirme ve akademik başarıya etkisi	0	0,00
	Farkındalık ölçme	2	6,67
	Farkındalık değişimi inceleme	2	6,67
	Kavramsal anlama değişimi inceleme	2	6,67
	Bilgi seviyelerini inceleme	0	0,00
	Tutum ölçme	1	3,33
	Algı/görüş ve düşüncelerini inceleme	1	3,33
	Ders kitaplarındaki yerini inceleme	1	3,33
	Popüler bilim dergilerinde yeri	0	0,00
<b>Toplam</b>		30	100

Tablo 4.12'de fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yayınlanan makalelerin amaçlarına yönelik bulgular yer almaktadır

**Tablo 4. 12.** Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili makalelerin amaçlarına göre dağılımı.

Konu	Amaç	f	%
Nanoteknoloji	Materyal geliştirme ve öğrenme düzeylerine etkisi	0	0,00
	Etkinlik/atölye geliştirme ve farkındalıklarına etkisi	1	4,76
	Etkinlik/atölye geliştirme ve kavramsal anlamalarına etkisi	0	0,00
	Etkinlik/atölye geliştirmenin konuyu anlamaya etkisi	1	4,76
	Sergi geliştirmedeki yaklaşım, kazanım ve zorluk	0	0,00
	Farkındalık ölçeği geliştirme	1	4,76
	Farkındalık ölçme	4	19,05
	Fayda ve risk algıları inceleme	1	4,76
	İlgi düzeyini inceleme	1	4,76
	Tutum ölçme	1	4,76
	Tutum ölçeği geliştirme	1	4,76
	Bilgi düzeyi inceleme	0	0,00
	Algı/görüş/üşünce inceleme	4	19,05
	Ortaöğretim kurumlarındaki yeri	0	0,00
	Eğitim vermek	0	0,00
Nanobilim	Kavramsal anlama testi geliştirme	0	0,00
	Etkinlikle kavramları anlatma	0	0,00
Nanobiyoteknoloji	İlgi düzeylerini inceleme	0	0,00
	Bilgi düzeyleri inceleme	0	0,00
	Nanobiyoteknoloji eğitimine karşı görüşlerini ortaya çıkarma	0	0,00
Nanobilim ve Nanoteknoloji	Etkinlik/atölye geliştirme ve nanookuryazarlıklarını geliştirme	1	4,76
	Etkinlik/atölye geliştirme ve akademik başarıya etkisi	1	4,76
	Farkındalık ölçme	2	9,52
	Farkındalık değişimi inceleme	0	0,00
	Kavramsal anlama değişimi inceleme	0	0,00
	Bilgi seviyelerini inceleme	1	4,76
	Tutum ölçme	0	0,00
	Algı/görüş ve düşüncelerini inceleme	0	0,00
	Ders kitaplarındaki yerini inceleme	0	0,00
	Popüler bilim dergilerinde yeri	1	4,76
<b>Toplam</b>		21	100

Tablo 4.12’de incelendiğinde makalelerde nanoteknoloji ile ilgili farkındalığın ve algı/görüş/düşüncenin incelendiği 4 çalışma (%19,05), etkinlik/atölye geliştirme ile farkındalıklarına etkisinin incelendiği, etkinlik/atölye geliştirmenin konuyu anlamalarına etkisinin incelendiği, farkındalıklarının incelendiği, farkındalık ölçeğinin geliştirildiği, fayda ve risk algılarının incelendiği, tutumun incelendiği ve tutum ölçeğinin geliştirildiği 1’er çalışma (%4,76) olduğu görülmektedir. Sadece nanobilim ile ilgili ve nanobiyoteknoloji ile yapılan

çalışma bulunmamaktadır. Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili, farkındalığın incelendiği 2 çalışma (%9,52), etkinlik/atölye geliştirme ve bunun nanookuryazarlığı geliştirmesinin incelendiği 1 çalışma (%4,76), etkinlik/atölye geliştirme ve bunun akademik başarıya etkisinin incelendiği 1 çalışma (%4,76), bilgi seviyelerinin incelendiği 1 çalışma (%4,76) ve popüler bilim dergilerine yansımalarının incelendiği 1 çalışma (%4,76) bulunmaktadır.

Tezlerin geneline bakıldığında 10 çalışmada uygulama yaparak (etkinlik, atölye, materyal geliştirme vb.) sonuçlarının değerlendirildiği, 8 çalışmada ise var olan bir durumu tespit etmeye yönelik çalışma yapıldığı görülmektedir. Bunlara ek olarak 3 çalışmada da ölçek geliştirmeye yönelik çalışma yapıldığı görülmektedir. Makalelerde bakıldığında ise, 4 çalışmada uygulama yaparak (etkinlik, atölye, materyal geliştirme vb.) sonuçları değerlendirildiği, 11 çalışmada var olan bir durumu tespit etmeye yönelik çalışma yapıldığı ve 2 çalışmanın da ölçek geliştirilme amacı ile yapıldığı görülmektedir.

## BÖLÜM 5

### 5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1.Tartışma ve Sonuç

Araştırmanın bu bölümde fen bilimleri eğitimi alanında nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen verilerin tartışma ve sonuç kısmı verilmiştir. Sonuçlar araştırmanın yapıldığı zaman aralığında benzer bir çalışmaya rastlanmadığı için fen eğitimi alanında yapılan ve içerik analizi yapan çalışmalarla tartışılmıştır.

#### 5.1.1. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların yıllara göre dağılımına yönelik sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerden, 21 tanesi tez, 15 tanesi makale çalışması olmak üzere toplam 36 çalışma olduğu bulunmuştur. Yapılan araştırmada ilk çalışmalara 2009 yılında ulaşılmaya başlanmış olup araştırma sırasında, araştırma ölçütüne uygun olan 2009 yılı öncesi bir çalışmaya rastlanmamıştır. 2004 yılında TÜBİTAK tarafından yayınlanan Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları-Vizyon 2023 Strateji Belgesinde, hayatımıza hızla giren nanobilim ve nanoteknolojinin önemli kazanımlarının bulunması (TÜBİTAK, 2004b) 2004 yılından sonra NBT ve NBTE'nin üstünde durulup araştırmacıları bu alanda çalışmalara yönlendirmiş olabilir. Yapılan araştırmada yıllara göre orantılı bir artış ya da azalış söz konusu olamamakla birlikte çalışmaların giderek arttığı gözlemlenirken en çok tez ve makalenin yayınlandığı yıl olarak 2017 yılı görülmektedir. 2017 yılında çalışmaların fazla olmasının sebebi, nanobilim ve nanoteknolojiye Vizyon 2023 Strateji Belgesinde yer verilmesinden kaynaklı olabileceği gibi 2017-2018 Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı'nda nanobilim ve nanoteknolojinin bilimsel ve ekonomik yönlerin vurgulanması ve öncelikli alanlara dahil edilmesinden (TÜBİTAK, 2005) kaynaklı da olabilir. Çalık vd. (2021)'nin Türkiye yayınlanan bazı gazetelerdeki nano içerikli haberlerin içerik analizlerini yaptıkları çalışmada, nanobilim ve nanoteknoloji konularına medyada da en fazla yer verilen yıl olarak 2017 yılını bulmuş olmaları bu araştırma ile paralellik göstermektedir. Küçüközer (2016)'in fen eğitiminde yapılan doktora tezlerini incelediği çalışmasında en çok çalışma yapılan yılı 2014 olarak bulurken, Sadak vd. (2021) Türkiye'deki matematik ve fen eğitiminde karşılaştırmalı eğitim konusunda yapılan lisansüstü tez çalışmalarını inceledikleri çalışmada en çok çalışma yapılan yılı 2009- 2014 yılları arası olarak bulmuşlardır.

### **5.1.2. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların araştırma yöntemlerine yönelik sonuçlar**

Araştırma yöntemine göre sonuçlar incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tezlerde en çok kullanılan yöntem karma analiz yöntemi olarak bulunurken, makalelerde tek kullanılan yöntem nitel araştırma yöntemi olarak bulunmuştur. Genel toplama bakıldığında araştırma yöntemi olarak en çok tercih edilen yöntem nitel analiz yöntemi olurken ikinci sırada karma yöntem ve en az kullanılan yöntemin ise nicel analiz yöntemi olduğu görülmektedir.

Sadak vd. (2021) ve Küçüközer (2016) yaptıkları fen eğitimini içeren çalışmalarında en çok tercih edilen yöntem olarak nitel yöntemi bulmuşlardır. Fen eğitiminde nanobilim ve nanoteknoloji konularında olduğu gibi diğer konularda da nitel yöntemin çoğunluklu kullanılması araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Fakat bunların aksine Kiras ve Bahar (2021) fen eğitimi alanındaki tezleri inceledikleri çalışmada en fazla kullanılan yöntem olarak nicel, en az kullanılan yöntemi nitel yöntem olarak bulmuşlardır. Benzer şekilde fen eğitiminde makaleleri inceleyen, Sözbilir ve Kutlu (2008)'da en çok tercih edilen yöntemi nicel yöntem olarak bulmuşlardır. Nitel araştırmalar, araştırma probleminin tartışılmasıyla genellikle ana fikri ortaya koymakta kullanılırken nicel araştırmalarda bu durum araştırma problemi araştırma sorularına ve hipotezlere yönlendirir (Creswell, 2017). Bu çalışmanın ve benzer sonuç bulan diğer çalışmaların ana fikri ortaya koymak için yapıldığı düşünülürse, bu sebepten nitel yöntem daha çok tercih edilmiş olabilir. İncelenen çalışmalarda göze çarpan önemli noktalardan biride çalışma kapsamında incelenen yayınların yarısından çoğunun araştırma yöntemini açık bir şekilde belirtmemiş olmasıdır.

### **5.1.3. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların örneklemlerine yönelik sonuçlar**

Örneklem gruplarına göre sonuçlar incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerde en çok kullanılan örneklem grubunun lisans öğrencileri olduğu görülmektedir. Lisans öğrencileri üzerine bu kadar çok araştırma yapılmasının sebebi içinde öğretmen adaylarını da bulduruyor olmasından dolayı, geleceğin yetişmiş beyinleri ve aktarıcı bireyleri olmalarından kaynaklı olarak NBT hakkındaki bilgi, görüş, farkındalık, tutum vb. konulardaki seviyelerini belirlemek olabilir. İlkokul, ortaokul, öğretmenler, bilimsel çalışmalar popüler bilim dergileri gibi örneklem gruplarını kullanarak çalışma yapan düşük oranda çalışma olduğu görülmektedir. Örneklem grubu olarak okul öncesi öğrencilerin ve lisansüstü

öğrencilerin kullanıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. En temel okul olan anaokulu/kreş öğrencilerinin ve bilimsel çalışmalar yapacak olan lisans üstü öğrencilerin konu ile ilgili herhangi bir çalışmaya dahil edilmemelerinin büyük eksiklik olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızdan farklı olarak fen eğitiminde yapılan çalışmalarda en çok kullanılan örneklem grubu olarak ortaokul öğrencileri (Kiras ve Bahar, 2017; Sadak vd., 2021) ve sadece öğrenciler (Küçüközer, 2016) olarak belirten çalışmalar mevcuttur. Fen eğitimi alanındaki çalışmalarda genel olarak ortaöğretim öğrencileri örneklem olarak kullanılırken yapılan araştırmada lisans öğrencilerinin daha çok kullanılması NBT konularında ortaöğretim öğrencilerinin yeterli görülmemesinden kaynaklı olabilir. Fen eğitimi alanında yapılan başka bir çalışmada örneklem seçimi konusunda, evren örneklem seçiminin yeterli ve kısmen yeterli olduğu bulunmuştur (Evrekli vd., 2011).

#### **5.1.4. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların örnekleme yöntemine yönelik sonuçlar**

Örnekleme yöntemine göre sonuçlar incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerde en çok kullanılan örnekleme yönteminin seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinde amaçsal örnekleme tekniği olduğu görülmektedir. Amaçsal örneklemin çok kullanılma sebebi, zaten problemlerin önceden tespit edilmesi ve üzerine çalışma yapılması aşamasında seçilen örneklemin çalışmanın amacına uyum olmasından dolayı olabilir. Hayat boyu öğrenme üzerine yapılan çalışmaların incelendiği bir araştırmada da amaçsal örneklemin en çok kullanılan yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Yüksel vd., 2016). Bu araştırmadan farklı olarak, fizik alanında yapılan çalışmada kolay ulaşılabilen grupların tercih edildiği (Yılmaz, 2019), fen bilgisi öğretmenliğinde tezler üzerine yapılan çalışmada en çok rastgele örneklemin tercih edildiği (Köseoğlu ve Eroğlu Doğan, 2020) ve kimya alanında yapılan bir çalışmada tesadüfi örneklemin çoğunlukta kullanıldığı (Uzunbaz, 2019) görülmüştür.

İncelenen çalışmalarda örnekleme yöntemini belirtmeyen çok fazla çalışma olduğu görülmektedir. Bu araştırmaya benzer olarak fen bilgisi öğretmenliği alanında (Köseoğlu ve Eroğlu Doğan, 2020) ve kimya alanında (Uzunbaz, 2019) yapılan çalışmalarda da örnekleme tekniğini belirtmeyen fazla sayıda çalışmanın mevcut olduğu ortaya koyulmuştur. Bu durum kullanılan yöntemlerin bilinmemesinden kaynaklı olabileceği gibi araştırmacının bu konuya önem vermemesinden kaynaklı da olabilir.

### **5.1.5. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların araştırma desenine yönelik sonuçlar**

Araştırma desenine göre sonuçlar incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerde en çok tercih edilen desenlerin tarama ve yarı deneysel desen olduğu görülmektedir. Burada tarama desenin sadece tarama olarak belirten, betimsel tarama mı yoksa içeriksel tarama mı olduğunu belirleyen çalışmalar çoğunluktadır. Araştırma desenleri amaca uygun olarak seçildiği için araştırma deseni ona göre şekillenmektedir. Fen eğitimi alanında yapılan analiz çalışmalarında Kiras ve Bahar (2017) yaptıkları çalışmada en çok kullanılan desenin betimsel tarama deseni olduğunu bulurken, Sadak vd. (2021) doküman analizi olduğunu, Sözbilir ve Kutlu (2008) deneysel desen olduğunu ve Küçüközer (2016) deneysel desen ve durum çalışması olduğunu bulmuştur. Ayrıca araştırma sonucunda araştırma deseni belirtilmemiş çalışmalar bulunmaktadır. Fen eğitimi alanında yapılan çalışmalarda da araştırma desenini belirtmeyen çalışmalar olduğu görülmektedir (Küçüközer, 2016; Sadak vd., 2021).

### **5.1.6. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların veri toplama araçlarına yönelik sonuçlar**

Veri toplama aracına yönelik sonuçlar incelendiğinde Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tezlerde en çok kullanılan veri toplama aracı anket olarak bulunurken makalelerde görüşme tekniği olarak bulunmuştur. Genel toplama bakacak olursak en çok kullanılan veri toplama aracı anket iken bunu görüşme tekniği takip etmektedir. Anket, veri toplama aşamasında ve veri analiz sürecinde, kontrol edilmesi kolay ve cevapların net olmasından dolayı en çok tercih edilen araç olmuş olabilir. Bu araştırmadan farklı olarak fen eğitiminde yapılan çalışmalarda en çok test tekniğinin (Doğru vd., 2012; Kiras ve Bahar, 2017; Küçüközer, 2016; Sözbilir ve Kutlu, 2008) ve öğretim programlarının (Sadak vd., 2021) kullanıldığını bulan çalışmalar da mevcuttur. Veri toplama araçları bir çalışma için oldukça önemli olmasına rağmen çalışmalarda veri toplama aracı belirtilmeyen çalışmalar da mevcuttur.

### **5.1.7. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların veri analiz tekniklerine yönelik sonuçlar**

Veri analiz tekniklerine yönelik sonuçlar incelendiğinde Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tezlerde en çok kullanılan veri analiz tekniklerinin kestirimsel istatistiklerden t-testi ve ANOVA olduğu görülmektedir. İkinci sırada ise betimsel istatistiklerden olan frekans/yüzde ve aritmetik ortama gelmektedir. Makalelerde ise en çok nitel analiz yöntemlerinden olan içerik analizinin kullanıldığı görülmektedir. İkinci sırayı kestirimsel

istatistiklerden olan ANOVA testi alırken, yine ikinci sırada betimsel istatistik olduğunu ama alt kategorisinin ne olduğunu belirtmeyen çalışmalar bulunmaktadır. Genel toplamda en çok kullanılan analiz yöntemi kestirimsel analizlerden ANOVA testi olurken, ikinci sırada t-testi'nin geldiği görülmektedir. Fen eğitimi alanında içerik analizi yapılan çalışmalardan Küçüközer (2016), bu araştırmaya paralel olarak en çok kullanılan analiz yöntemini ANOVA olarak bulurken Kiras ve Bahar (2017) betimsel analiz olarak bulmuştur. Yapılan araştırmada verilerin analiz tekniği belirtilmeyen çalışmalar da mevcuttur.

#### **5.1.8. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların konusuna yönelik sonuçlar**

Çalışmaların konusuna yönelik sonuçlar incelendiğinde fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerde konu olarak en çok nanoteknolojinin seçildiği görülmektedir. Daha sonra ise nanobilim ve nanoteknolojinin birlikte incelendiği konular gelmektedir. Tezlerde nanobiyoteknoloji ve nanobilim ile ilgili çalışmalar mevcutken makalelerde bu konularda çalışmalara rastlanmamıştır. Çalışmalarda yer alan konular birbirinden bağımsız konular olmamasının yanında birbirini içerik olan tamamlayan konular olduğu için tüm çalışmaların konuları benzerlik göstermektedir. Fakat ürüne yönelik olmasından kaynaklı olarak nanoteknoloji konusu daha popüler bir konu olabileceğinden çalışmaların çoğunluğunun bu alanda yapılmış olduğu düşünülebilir. Ayrıca ortaöğretim ders kitaplarında “Nanoteknoloji” konusu olarak geçmesi de çalışmaların bu alanda yoğunlaşmasındaki sebeplerden biri olabilir.

#### **5.1.9. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların araştırma konusuna yönelik sonuçlar**

Araştırma konusuna yönelik sonuçlara baktığımızda Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili yapılan tez ve makalelerde konu olarak en çok araştırılan konunun farkındalık olduğu ortaya koyulmuştur. Nanobilim ve nanoteknolojinin gelişmekte olduğu düşünüldüğünde buda insanları diğer insanların konu ile ilgili farkındalık düzeylerinin ne boyutta olduğunu ve bu yeni olan bilim ve teknoloji ile ilgili düşüncelerinin neler olduğunu araştırmaya yöneltmiş olabilir. Literatüre incelendiğinde araştırmada bulunan sonuçlardan farklı olarak, fen eğitimi alanında yapılan çalışmalarda, Küçüközer (2016) en çok çalışılan konunun akademik başarı olduğunu, Doğru vd. (2012), ile Kiras ve Bahar (2017) en çok çalışılan konunun program olduğunu bulmuşlardır. Uluslararası literatür incelendiğinde fen eğitimi alanında yapılan çalışmalarda temalar, yaptığımız araştırmadan farklı olsa da en çok araştırılan konuları, Tsai ve Wen (2005) 1998-2002 yılları arasında ve Chang vd. (2010) 1990-2007 yılları arasında kavram, kavramsal

değişim ve kavram haritalama konuları bulurken, Lee vd. (2009) 2003-2007 yılları arasında, Lin vd.(2014) 2008-2012 yılları arasında ve Lin, vd. (2019) 2013-2017 yılları arasında en çok araştırılan konuyu öğrenme-bağlam olarak bulmuşlardır. Cavas (2015) ise ‘Science Education International’ dergisinde 2011-2015 yılların arasında en çok çalışılan konuyu öğretmen eğitimi, öğrenme anlayışı ve öğrenme bağlamına dayalı makalelerin oluşturduğunu bulmuştur.

#### **5.1.10. Fen bilimleri eğitiminde NBT ile ilgili çalışmaların amacına yönelik sonuçlar**

Çalışmaların amaçlarına yönelik sonuçlar incelendiğinde, tezlerde en çok nanoteknoloji alanında; tutum ölçme, algı görüş ve düşünce inceleme olduğu, nanobilim alanında; etkinlikle kavramları anlatma konusunda, nanobiyoteknoloji alanında; bilgi düzeylerini inceleme konusunda, nanobilim ve nanoteknoloji alanında; farkındalık ölçme, farkındalık değişimi inceleme ve kavramsal anlama değişikliği konularında yapılan çalışmalar görülmektedir. Makalelerde ise nanoteknoloji alanında; farkındalık ölçme ve algı görüş düşünce inceleme konusunda, nanobilim ve nanoteknoloji alanında; farkındalık ölçme konusunda en çok çalışmanın yapıldığı görülmektedir.

Ayrıca yapılan çalışmalardan tezlerin yaklaşık yarısının, makalelerin ise yaklaşık dörtte birinin uygulama yapılan çalışma olduğu görülmektedir. Nanobilim ve nanoteknoloji alanında uygulama yapılan çalışmalardaki amacın sadece mevcut durumu keşfetme değil bir etken yardımıyla kazanç sağlanıp sağlanamayacağını ölçmek olduğu söylenebilir. Tezlerde makalelere göre daha çok etkinlik sonrası araştırılan konudaki değişimlerin incelenmesi, tezlerin yazımı sırasında uzun bir vaktin olmasından dolayı etkinlik yapabilme imkanından kaynaklanıyor olabilir. Farklı bir değişle makalelerin daha kısa sürede çıkabilmesi için sadece var olan durumu ölçmeye yönelik yazılıyor olmasından kaynaklanıyor olabilir.

#### **5.2. Öneriler**

Araştırmanın bu bölümünde araştırma kapsamında elde edilen bulgular ve sonuçlara dayalı olarak, araştırmacının yeni araştırma yapacak kişilere, makale ve tezleri kabul eden kuruluşlara ve ders kitaplarına entegrasi ile ilgili önerileri bulunmaktadır.

Araştırma kapsamında incelen tüm çalışmalar ülkemiz açısından bilimsel değere sahip olan çalışmalardır. Bu çalışmaların konusunun belirlenmesinden yayınlanmasına kadar geçen süreç bilimsel araştırma yöntemlerinin ışığında gerçekleşmektedir. Bu durumda her araştırmacı bu amaçları bilmeleri ve çalışmalarını doğrultusunda kendi araştırmasına uygun olan yöntem ve teknikleri kullanması beklenmektedir. Bu yöntem ve tekniklere ulaşma hususunda, hem

üniversite ders olarak okutuluyor olması hem de yayınlanan kitaplar ve bilimsel çalışmalarda bulunması kolaylık sağlanmaktadır. Araştırmacılar bu konularda bilgi sahibi değilse bilgi edinmeleri, bilgi sahibiyse de çalışmalarında bu yöntem ve tekniklerin hangilerini ve ne amaçla kullandıklarını açık ifadelerle belirtmeleri önerilmektedir. Bilimsel bir çalışmanın içermesi gereken önemli konular, araştırmanın amacı olduğu kadar araştırmanın yöntem ve teknikleri olduğu unutulmamalıdır.

Bilimsel makaleleri kabul eden dergiler ve tezlerin yayınlanmasına onay veren enstitüler, çalışmaların yöntem ve teknik kısmını iyi inceleyebilir ve yayınlanan çalışmaların tüm kısımlarının dergilerin ve enstitülerinin prestijine olan katkılarını düşünüp, gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra çalışmalarını yayınlamak için kabul edilebilirler.

Nanobilim ve nanoteknolojinin şimdinin ve geleceğin bilimi olduğunu düşünülürse bu konuda fen eğitimi alanında yapılan çalışmaların yetersiz olduğu düşünülmektedir. Yaşamımızın her alanında karşımıza çıkan bu konuların örneklem grupların çeşitlendirilerek okul öncesi öğrenciler ve lisansüstü öğrenciler ve halk üzerlerine çalışmalar yapılması yol gösterici olabilir. Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji konusunda toplumsal yönelişin belirlenmesi üzerine çalışmaların yapılması da önerilmektedir.

Fen bilimleri eğitiminde nanobilim ve nanoteknolojinin olası riskleri üzerine çok az çalışmaya rastlanmamış olması da ilginçtir. Bu konular tüm eğitim alanlarını ilgilendirse de en çok fen eğitiminde ön plandadır. Bu sebeple fen eğitimi alanında yapılan çalışmalarda konunun her açıdan değerlendirilmesi, fayda ve risklerinin nasıl algılandığının tespit edilmesi önem teşkil etmektedir. Bunun için nanobilim ve nanoteknolojinin olası riskleri üzerinde farklı örneklem grupları ile çalışmalar yapıp değerlendirilmesi önerilmektedir.

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi ile ilgili olarak ise mevcut sistemde kavramlar ortaöğretim düzeyinde verilmeye başlayıp konular 12. sınıf da ünitelerin alt başlıkları altında verilmesinin çok geç olduğu düşünülmektedir. Farklı ülkelerde bu alanlarda ilkökul ve ortaokul düzeyinde eğitim veren programlar bulunmaktadır (Jones vd., 2015). Ortaokul da fen bilimleri, bilişim teknolojileri ve yazılım veya teknolojik tasarım derslerine entegrasyonu sağlanabilir. Öğrencilerin bu konuları kavrayabilme düzeyleri ile ilgili çalışmalar yapıp bu konunun erken yaşta öğrencilerin hayatına dahil edilmesi sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Açıkel, B. (2018). *Exploring high school teachers' and students' experiences in the development of interactive exhibits on nanotechnology applications integrating responsible research and innovation: practical approaches, challenges and benefits* [Unpublished master of science]. Boğaziçi Üniversitesi.
- Afyon Kocatepe Üniversitesi, (2016). *Nanobilim ve nanoteknoloji anabilim dalı genel bilgiler*. <https://nano.aku.edu.tr/2016/05/12/nano-5/>
- Anderson A., Allan S., Petersen A., & Wilkinson C. (2005). The framing of nanotechnologies in the British newspaper press. *Sci Commun*, 27, 200–220. <https://doi.org/10.1177/1075547005281472>
- Anjum, S., Ishaque, S., Fatima, H., Farooq, W., Hano, C., Abbasi, B. H., & Anjum, I. (2021). Emerging applications of nanotechnology in healthcare systems: Grand challenges and perspectives. *Pharmaceuticals*, 14(8), 707. <https://doi.org/10.3390/ph14080707>
- Ak N. (2009). *Nanoteknoloji eğitiminin lise düzeyine uyarlanması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Akdeniz, N. (2017). *Fen bilimleri öğretmen adaylarına yönelik nanobilim kavramsal anlama testinin geliştirilmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- Ahmed, T., Imdad, S., Yaldram, K., & Raza, S. M. (2015). Awareness and attitude about nanotechnology in Pakistan. *Journal of Nano Education*, 7(1), 44-51. <https://doi.org/10.1166/jne.2015.1074>
- Aslan, O., ve Şenel, T. (2015). Fen alanları öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenlere göre incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 363-389. <https://doi.org/10.14582/DUZGEF.534>
- Atabaş, Ü. (2012). *A study for training and raising awareness of elementary school students about nanotechnology and biotechnology subjects* [Yayınlanmamış yüksek lisan tezi]. Fatih Üniversitesi.
- Ateş, İ. (2015). *Ortaöğretim kimya eğitiminde nanobilim ve nanoteknolojinin yeri* [Yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Ateş, İ., ve Üce, M. (2015). Lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı. *GEFAD / GUJGEF*. 37(2), 685-710.
- Atilla Tekstil (2020, Mayıs 9). *Nanoteknoloji giyisiler*. <https://atillatekstil.com/tekstil-bilgilendirme-atolyesi/nanoteknoloji-giysiler/>
- Aydoğdu, A. (2018). *A nanotechnology roadmap for the turkish defense industry*, [Yayınlanmamış doktora tezi]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Balemen, N. (2009). *Biyoloji öğretmen adaylarının nanobiyoteknoloji konularındaki bilgi seviyelerinin belirlenmesi ve nanobiyoteknoloji öğretim yöntem ve seviyelerinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisan tezi]. Gazi Üniversitesi.

- Ban, K., & Kocijancic, S. (2011). Introducing topics on nanotechnologies to middle and high school curricula. *2nd World Conference on Technology and Engineering Education, Slovenia*, 78-83.
- Barış Özcan. (2018, Şubat 12). Evrende gözlemlenebilen en büyük ve en küçük şey nedir? [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=oB2u8dbYQLI>.
- Bektaş, M. (2019). *Fen bilgisi öğretmen adayları için mikroteknoloji ve nanoteknolojiye yönelik farkındalık ölçeğinin geliştirilmesi*. [Yayınlanmamış yüksek lisan tezi] Bülent Ecevit Üniversitesi.
- Benli, B. (2008). Nanoteknoloji ve antik çağlara uzanan killi nanoyapılar. *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi (Kibited)*, 1(3), 143–162.
- Beumer K. (2014). Nanotechnology and the public in India: A newspaper analysis. In S. Pohit, K. Mehra and P. Banerjee (eds). *Science and technology* (3rd ed., pp 299–303). Cambridge University Press.
- 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, 500–516. <https://doi.org/10.1039/C2RP20026K>
- Bhushan, B. (2009). Biomimetics: Lessons from nature – An overview. *Philosophical Transactions of Royal Society A*, 367, 1445–1486. <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0011>
- Bhushan, B. (2010). Introduction to nanotechnology. In B. Bhushan (Ed.), *Springer handbook of nanotechnology* (3rd ed., pp. 1–13). Springer-Verlag.
- Bhushan, B. (2015). Governance, policy and legislation of nanotechnology: A perspective. *Microsystem Technologies*, 21, 1137–1155. <https://doi.org/10.1007/s00542-015-2511-x>
- Bıkmaz, F. H., Aksoy, E., Tatar, Ö., ve Altınyüzük, C. A. (2013). Eğitim programları ve öğretim alanında yapılan doktora tezlerine ait içerik çözümlemesi (1974-2009). *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 38(168), 288-303.
- Bilici, E. (2019). *Bir bilim merkezinde gerçekleştirilen nanoteknoloji atölye çalışmasının ortaokul öğrencilerinin nanobilim kavramlarını anlamaya etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Bunker, K. L., McAllister, D., Allison, K. A., Wagner, K., Rickabaugh, K., Levine, A. M., Strohmeier, B. R., & Lee R. J. (2008). TEM and FESEM: The Right combination for enhanced particle characterization. *Microsc Microanal*, 14(2), 579-581. <https://doi.org/10.1017/S1431927608083682>
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Cavanagh, S. (1997). Content analysis: concepts, methods and applications. *Nurse Researcher*, 4(3), 5–16. <https://doi.org/10.7748/nr.4.3.5.s2>

- Cavas, B. (2015). Research trends in science education international: A content analysis for the last five years (2011-2015). *Science Education International*, 25(4), 573-588.
- Crerar, B. (2014). The lycurgus cup: Transformation in glass. <https://bristolclassicsandancienthistory.wordpress.com/2014/04/30/the-lycurgus-cup-transformation-in-glass/>
- Chang, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. *Nanotoday*, 1(2), 6–7. [https://doi.org/10.1016/S1748-0132\(06\)70028-7](https://doi.org/10.1016/S1748-0132(06)70028-7)
- Chang, Y., Chang, C., & Tseng, Y. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 315–332. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9202-2>
- Cho, K., Wang, X., Nie, S., Chen, Z., & Shin, D. M. (2008). Therapeutic nanoparticles for drug delivery in cancer. *Clin Cancer Research*, 14(5), 1310-1317. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-07-1441>
- Cobb, M. D., & Macoubrie, J. (2004). Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits and trust. *Journal of Nano particle Research*, 6(4), 395-405. <https://doi.org/10.1007/s11051-004-3394-4>
- Cullinane, A., Murphy, J., & Walshe, G. (2013). Applications of nanoscience in the biology classroom. *Resource & Research Guides*, 4(6), 1–4.
- Creswell, J., W. (2017). Research design. *Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3.bakı). Sage Publications.
- Çalık, Ş., Koç, A., Şenel Zor, T., Zor, E., & Aslan, O. (2021). Content analysis of nano-news published between 2011 and 2018 in Turkish newspapers. *Nanoethics*, 15, 117–132. <https://doi.org/10.1007/s11569-021-00391-x>
- Çalık Bostancı, Ş., Boyraz, A., Şenel Zor, T., Zor, E., ve Aslan, O. (2021). Nanobilim ve nanoteknolojinin TÜBİTAK popüler bilim dergilerine yansımaları. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(17), 90-113. <https://doi.org/10.46778/goputeb.941447>
- Çıracı, S. (2007). *UNAM-Malzeme bilimi ve nanoteknoloji enstitüsü: Nanobilim ve nanoteknolojide Türkiye'nin bir mükemmeliyet merkezi*. [https://www.mfa.gov.tr/unam-malzeme-bilimi-ve-nanoteknoloji-enstitusu\\_nanobilim-ve-nanoteknolojide-turkiye\\_nin-bir-mukemmeliyet-merkezi-tr.mfa](https://www.mfa.gov.tr/unam-malzeme-bilimi-ve-nanoteknoloji-enstitusu_nanobilim-ve-nanoteknolojide-turkiye_nin-bir-mukemmeliyet-merkezi-tr.mfa)
- Daly, S., & Bryan, L. A. (2010). Model use choices of secondary teachers in nanoscale science and engineering education. *Journal of Nano Education*, 2, 76–90. <https://doi.org/10.1166/jne.2010.1009>
- Demircioğlu, H., ve Özdemir, R. (2019). Bağlam temelli öğrenme yaklaşımının öğretmen adaylarının nanoteknoloji konusunu anlamaları üzerindeki etkisi. *Journal of Computer and Education Researc*, 7(14), 314-336. <https://doi.org/10.18009/jcer.576978>
- Demirkıran, A. (2019). Nanoteknolojinin temeli nanopartiküllerin insanlar üzerindeki potansiyel riskleri. *Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 1-17.

- Doğru, M., Gençosman, T., Ataalkın, A. N., ve Şeker, F. (2012). Fen bilimleri eğitiminde çalışılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin analizi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 49-64.
- Dowling, A., Clift, R., Grobert, N., Hutton, D., Oliver, R., O'Neill, O., Pethica, J., Pidgeon, N., Porritt, J., Ryan, J., Seaton, A., Tendler, S., Welland, M., & Whatmore, R. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. Latimer Trend Ltd.
- 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, 2667–2670. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.392>
- Enil G. (2019). *Fizik, kimya ve biyoloji öğretmen adaylarının nanoteknoloji ilgi ve farkındalık algılarının araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Enil, G., ve Köseoğlu, Y. (2016). Fen bilimleri (Fizik, Kimya ve Biyoloji) öğretmen adaylarının nanoteknoloji farkındalık düzeyleri, ilgileri ve tutumlarının araştırılması. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 2(1), 50-63.
- Erkoç, Ş. (2012). *Nanobilim ve nanoteknoloji*. ODTÜ Yayıncılık.
- Ergün, S. S., Ocak, İ., ve Ergün E. (2017). Fen bilimleri öğretmenlerinin nanoteknoloji hakkındaki görüşleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 6(4), 272-282.
- Evrekli, E., İnel, D., Deniz, H., ve Balım, A. G. (2011). Fen eğitimi alanındaki lisansüstü tezlerdeki yöntemsel ve istatistiksel sorunlar. *İlköğretim Online*, 10(1), 206-218.
- Farshchi, P., Sadrnezhaad, S. K., Nejad, N. M., Mahmoodi, M., & Abadi, L. I. G. (2011). Nanotechnology in the public eye: The case of Iran, as a Developing Country. *Journal of Nano Particle Research*, 13(8), 3511–3519. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0274-6>
- Feynman, R. F. (1959). Plenty of room at the bottom. *Engineering and Science*, 23(5), 22-36.
- Güneşoğlu C. (2005). Nanoteknoloji ve tekstil alanındaki uygulamaları. *Mühendis ve Makine*, 50(591), 26-27.
- Gürsu, N. (2017). *Nanoteknoloji farkındalığının iş sağlığı ve güvenliğine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi.
- Güzeloğlu, E. (2015). Akıllı ürünleriyle nano yeniliği: Gençlerin nanoteknoloji farkındalığı, fayda/risk algıları. *International Journal of Human Sciences*, 12(1), 274–297. <https://doi.org/10.14687/ijhs.v12i1.2903>

- Harman, G. ve Şeker, R. (2018). Fen bilgisi öğretmen adaylarının nanoteknoloji kavramı hakkındaki farkındalıkları. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 429–450. <https://doi.org/10.29029/busbed.363179>
- Hornyak, G.L., Tibbals, H. F., Dutta, J., & Moore, J. J. (2009). *Introduction to nanoscience & nanotechnology*. CRC Press.
- Hussain, M. S., Sharma, P., Dhanjal, D. S., Khurana, N., Vyas, M., Sharma, N., Mehta, M., Tambuwala, M. M., Satija, S., Sohal, S. S., Oliver, B. G. G., Sharma, H. S. (2021). Nanotechnology based advanced therapeutic strategies for targeting interleukins in chronic respiratory diseases. *Chemico-Biological Interactions*, 348, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2021.109637>
- Işık Erol, D. (2020). *Doğadaki mikro ve nanoyapıların 3B baskılı modellerinin oluşturulması ve argüman temelli nanobilim öğretiminde kullanılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- İpek, Z. (2017). *Ortaöğretim fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerinin nanobilim ve nanoteknoloji konusundaki farkındalık düzeylerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- İpek, Z., Atik, A. D., Tan, Ş. & Erkoç, F. (2020). Awareness, exposure, and knowledge levels of science teachers about nanoscience and nanotechnology. *Issues in Educational Research*, 30(1), 134-155. <http://www.iier.org.au/iier30/ipek.pdf>
- Jones, M. G., Gardner, G. E., Falvo, M., & Taylor, A. (2015). Precollege nanotechnology education : A different kind of thinking. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 117–127. <http://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0014>
- Kadıoğlu, F. (2010). *Fen öğretiminde öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknoloji ile ilgili güncel ve geleceğe yönelik düşünceleri* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Kamanlıoğlu, E. B., & Güzeloğlu, C. (2010). Frames about nanotechnology agenda in Turkish media, 2005-2009. *International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering*, 4(4), 59–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1060593>
- Karataş, F. Ö., ve Ülker, N. (2014). Kimya öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konularındaki bilgi düzeyleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(3), 103–118. <http://doi.org/10.12973/tused.10121a>
- Kasar, N. (2003). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. (12.baskı). Nobel yayın dağıtım.
- Kawasaki, E. S., & Player, A. (2005). Nanotechnology, nanomedicine, and the development of new, effective therapies for cancer. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 1, 101–109, <http://doi.org/10.1016/j.nano.2005.03.002>
- Kjærsgaard R. S. (2010) Making a small country count: Nanotechnology in Danish newspapers from 1996 to 2006. *Public Underst Sci*, 19, 80–97. <https://doi.org/10.1177/0963662508093090>

- Kılıç, G. (2009). *Üniversitelerin eğitim fakültelerinde öğrenim gören biyoloji eğitimi anabilim dalı öğrencilerinin nanobiyoteknoloji eğitimi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- 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 etkisi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 27 – 57. <https://doi.org/10.17679/inuefd.286128>
- Kiras, B ve Bahar, M. (2021). Türkiye’de 1990-2017 yılları arasında fen eğitimi alanında yapılan tezlerin konu yönelimi ve yöntemsel analizi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*. 4(2), 333-354. <https://doi.org/10.33400/kuje.951253>
- Köse, M. (2021). The knowledge and awareness levels of gifted children on nanotechnology. *Education Quarterly Reviews, Endonezya, Special Issue 1(4)*, 157-168. <https://doi.org/10.31014/aior.1993.04.02.235>
- Köseoğlu, S., ve Eroğlu Doğan, E. (2020). Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında fen bilgisi öğretmenliği bilim dalında yapılmış olan lisansüstü tezlerin analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 2020, 19(75), 1122-1147. <https://doi.org/10.17755/esosder.654747>
- Köseoğlu, P., ve Mercan, G. (2018). Biyoloji öğretmen adaylarının nanoteknoloji bilim dalına yönelik algılarının incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(3), 687-706. <https://doi.org/10.17556/erziefd.406187>
- Kulik, T., & Fidelus, J. D. (2007). Nanoforum report: Education in the field of nanoscience. [https://www.researchgate.net/profile/Janusz-Fidelus/publication/266233257\\_EDUCATION\\_IN\\_THE\\_FIELD\\_OF\\_NANOSCIENCE/links/5508779b0cf26ff55f826a05/EDUCATION-IN-THE-FIELD-OF-NANOSCIENCE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Janusz-Fidelus/publication/266233257_EDUCATION_IN_THE_FIELD_OF_NANOSCIENCE/links/5508779b0cf26ff55f826a05/EDUCATION-IN-THE-FIELD-OF-NANOSCIENCE.pdf)
- Kurnaz, M. A., ve Bayraktar, G. (2012). Nanoteknoloji tutum ölçeği: geliştirilmesi, geçerliliği ve güvenilirliği. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(1), 41-53.
- Küçüközer, A. (2016). Fen bilgisi eğitimi alanında yapılan doktora tezlerine bir bakış. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(1), 107-141. <https://doi.org/10.17522/nefemed.54132>
- Lee, M. H., Wu, Y. T., & Tsai, C.C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999-2020. <https://doi.org/10.1080/09500690802314876>
- 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, <http://doi.org/10.1080/02635143.2014.971733>
- Lin, T. C., Lin, T. C., & Tsai, C. C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.864428>

- Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2019). Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367-387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274>
- Liu, C. H., & Grodzinski, P. (2021). Nanotechnology for cancer imaging: advances, challenges, and clinical opportunities. *Radiol: Imaging Cancer*, 3(3). <https://doi.org/10.1148/rycan.2021200052>
- Luther, W. (2004). *International strategy and foresight report on nanoscience and nanotechnology*, <http://pf-mh.uvt.rnu.tn/455/>
- 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>
- Marshall C., & Rossman G.B. (1999). *Designing qualitative research*. Sage
- Medina C., Santos-Martinez M. J., Radomski A., Corrigan O. I., & Radomski M. W. (2007). Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance. *Br. J. Pharmacol*, 150(5), 552-558.
- Murty, B. S., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B., & Murday, J. (2013). *textbook of nanoscience and nanotechnology*. Springer-Verlag.
- Medina, C., Santos Martinez, M. J., Radomski, A., Corrigan, O. I., ve Radomski, M. W. (2007). Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance. *British Journal of Pharmacology*. 150, 552–558
- Ng, W. (2009). Nanoscience and nanotechnology for the middle years. *Teaching Science*, 55(2), 16–24.
- Ocak Y. S. (2019). Fen bilimleri öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik görüşleri. *Academic Platform Journal of Education and Change*. 2(1), 96-10.
- Özer, Y. (2008). *Nanobilim ve nanoteknoloji: Ülke güvenliği/etkinliği açısından doğru modelin belirlenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Kara Harp Okulu.
- Özer, Y. (2019). Nanoteknoloji'nin askeri uygulamaları üzerine bir değerlendirme. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, IDEF Özel Sayı, 33–52. <https://doi.org/10.28956/gbd.551739>
- Özmen Koç, E. (2020). *Fen bilgisi 4.sınıf öğretmen adaylarının nanobilim ve nanoteknoloji hakkındaki tutumlarının ölçülmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Ahi Evran Üniversitesi.
- Özkaleli M., ve Erdem, A., (2016). Nanoatıklar ve çevre: Atık yönetiminde yeni bir yaklaşım. *Pamukkale üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 22(3), 183-188.
- Patton, M.Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Sage.

- Perker, Z. S. (2010). Nanoteknoloji ve yapı malzemesi alanına etkileri. *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 5(4), 639-648.
- Pison U., Welte T., Giersig M., & Groneberg D. A., (2006). Nanomedicine for respiratory diseases. *European Journal of Pharmacology*, 533, 341–350.
- Porter, A. L., & Youtie, J. (2009). How interdisciplinary is nanotechnology? *Journal of Nanoparticle Research*, 11(5), 1023-1041.
- Prajnamitra, R. P., Chen, H. C., Lin, C. J., Chen, L. L., & Hsieh, P. C. (2019). Nanotechnology approaches in tackling cardiovascular diseases. *Molecules*, 24(10). <https://doi.org/10.3390/molecules24102017>
- Ramsden, J. (2009). *Nanotechnology*. (A. İnce, Ed.). ODTÜ yayınları
- Rai, S. & Rai, A. (2015). Review: Nanotechnology - The secret of fifth industrial revolution and the future of next generation. *Nusantara Bioscience*, 7(2). 61-65. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n070201>
- Rathore, A. & Mahesh, G. (2021). Public perception of nanotechnology: A contrast between developed and developing countries. *Technology in Society* 67. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101751>
- Reilly R. M. (2007). Carbon nanotubes: potential benefits and risks of nanotechnology in nuclear medicine. *Journal of Nuclear Medicine*, 48 (7), 1039-1042.
- Retzbach, A., Marschall, J., Rahnke, M., Otto, L., & Maier, M. (2011). Public understanding of science and the perception of nanotechnology: the roles of interest in science, methodological knowledge, epistemological beliefs, and beliefs about science. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(12), 6231-6244.
- Roco, M. C. (2003). Converging science and technology at the nanoscale: Opportunities for education and training. *Nature Biotechnology*, 21(10), 1247-1249. <https://doi.org/10.1038/nbt1003-1247>
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2001). Societal implications of nanoscience and nanotechnology. National Science Foundation. <http://www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications/nanosi.pdf>
- Sadak, M., İncikapı S., ve Pektaş, O. (2021). Türkiye’de matematik ve fen eğitiminde karşılaştırmalı eğitim konusunda yapılan lisansüstü tez çalışmalarının tematik analizi. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi*, 5(1), 1-23.
- Sagun Gököz, B. (2012). *Design and implementat on of a nanoscience & nanotechnology workshop: Investigating 11th grade students’ awareness and conceptual understanding of nanoscience & nanotechnology* [Unpublished master of science]. 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.

- Santosh Bahadur S., & Praveen Kumar T. (2014). Catalysis: A brief review on nano-catalyst. *Journal of Energy and Chemical Engineering*, 2(3), 106-115.
- Seaton A., & Donaldson K. (2005). Nanoscience, nanotoxicology, and the need to think small. *Lancet*. 365(9463), 923-927.
- Sebastian, V., & Gimenez, M. (2016). Teaching nanoscience and thinking nano at the macroscale : Nanocapsules of wisdom. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 228, 489–495. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.075>
- Seviş, Y. (2016). *Ortaöğretimde okuyan öğrencilerin nanobiyoteknoloji ile ilgili güncel ve geleceğe yönelik görüşlerin belirlenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Sheetz T., Vidal J., Pearson T. D., & Lozano K. (2005). Nanotechnology: Awareness and societal concerns, 27(3), 329-345.
- 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>
- Sözbilir, M., & Kutu, H. (2008). Development and current status of science education research in Turkey. *Essays in Education, Special issue (24)*, 1-22.
- Şenel, A. (2009). *Nanoteknoloji kavramlarına ilişkin rehber materyal geliştirilmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi
- Şenel Özer, A. (2017) *Öğretmen adaylarının nanoteknolojiye yönelik tutumlarının ve tutumlarını etkileyen değişkenlerin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- 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. (2017) A framing theory-based content analysis of a Turkish newspaper's coverage of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 19(255). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3955-y>
- Tsai, C. C., & Wen, M. L. (2005) Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/0950069042000243727>
- Tarhan Ö., Gökmen V., ve Harsal Ş. (2010). Nanoteknolojinin gıda bilim ve teknolojisi alanındaki uygulamaları, *Gıda*, 35(2), 219-225.

- 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.
- The Royal Society And The Royal Academy Of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. [https://royalsociety.org/~media/royal\\_society\\_content/policy/publications/2004/9693.pdf](https://royalsociety.org/~media/royal_society_content/policy/publications/2004/9693.pdf)
- Turgut, O., Keskin, H. L., ve Avşar, A. F. (2011). Nanoteknoloji nedir? *Turkish Medical Journal*, 5, 45-49.
- Türkiye Bilim ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) (2005). *Vizyon 2023 teknoloji öngörü projesi. Eğitim ve insan kaynakları sonuç raporu ve strateji belgesi*. [https://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files/vizyon2023/eik/EIK](https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/eik/EIK)
- Türkiye Bilim ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) (2004b). *Ulusal bilim ve teknoloji politikaları 2003-2023 strateji*. <https://www.tubitak.gov.tr/tubitakcontentfiles/vizyon2023/Vizyon2023StratejiBelgesi.pdf>
- Türkiye Bilim ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) (2004a). *Nanobilim ve nanoteknoloji stratejileri*. [https://www.emo.org.tr/ekler/118806694c9d9b1\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/118806694c9d9b1_ek.pdf)
- Tüylek, Z., (2016). Küçük şeylerin hikâyesi: Nanomalzeme. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2) 130-141.
- Tüylek, Z. (2018). Nanoteknolojinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki riskleri. *Kilis 7 Aralık Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 1-12.
- Uldrich, J. & Newberry, D. (2005). *Sıradaki büyük şey aslında çok küçük*. (T. Alıcı, ed.). Ledo Yayınları.
- Uzunbaz, D. (2019). *Türkiye 'de 2006-2017 yılları arasında kimya öğretmen eğitimi alanında yayınlanmış yüksek lisans ve doktora tezlerinin içerik analizi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Üçüncü Tunca, E. (2015). Nanoteknolojinin temelleri nanopartiküller ve nanopartiküllerin fitoremediasyonu. *Ordu Üniversitesi Bilim Teknik Dergisi*, 5(2), 23-34.
- Vikipedi (2021, 12 Aralık). Taramalı elektron mikroskobu. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Taramalı\\_elektron\\_mikroskobu](https://tr.wikipedia.org/wiki/Taramalı_elektron_mikroskobu)
- Yavuz, S. ve Bektaş, M. (2020). Fen bilgisi öğretmen adayları için mikroteknoloji ve nanoteknolojiye yönelik farkındalık ölçeğinin geliştirilmesi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 9(1), 121-153.
- Yıldırım, A., ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (6.b.). Seçkin.
- Yılmaz, Z. A. (2019). 2000-2017 yılları arasında Türkiye'de fizik eğitimi ile ilgili yapılan tezlerin içerik analiz. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(17), 56-67.

Yun, I. (2021). Advances in nanotechnology and applications. *IEEE Nanotechnology Magazine*, 15(3), 7. <https://10.1109/MNANO.2021.3066233>

Yüksel, S., Gündoğdu, K., Akyol, B., ve Akar-Vural, R. (2016). Hayat boyu öğrenme konusunda yayınlanan tez ve makalelere ilişkin bir içerik analizi: 2000-2015. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 1491–1513.

Zor, E. (2016). *Grafen tabanlı modifiye elektrotların kiral yapıları ayırt etme özelliklerinin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Selçuk Üniversitesi.

Zhang, Y., Li, M., Gao, X., Chen, Y., & Liu, T. (2019). Nanotechnology in cancer diagnosis: Progress, challenges and opportunities. *Journal of Hematology & Oncology*, 12(137). <https://doi.org/10.1186/s13045-019-0833-3>

