

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
KİMYA ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI**

**NESNELERİN İNTERNETİ (IoT) DESTEKLİ NANO-STEM-GLASS
ETKİNLİKLERİNİN TASARLANMASI VE UYGULAMA SÜRECİNİN
İNCELENMESİ**

**İsmail ATEŞ
(Doktora Tezi)**

İstanbul, 2022

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
KİMYA ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI**

**NESNELERİN İNTERNETİ (IoT) DESTEKLİ NANO-STEM-GLASS
ETKİNLİKLERİNİN TASARLANMASI VE UYGULAMA SÜRECİNİN
İNCELENMESİ**

**PLANNING INTERNET OF THINGS (IoT) AIDED NANO-STEM-GLASS
ACTIVITIES AND STUDYING THE IMPLEMENTATION PROCESS**

**İsmail ATEŞ
(Doktora Tezi)**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Musa ÜCE**

İstanbul, 2022

Tüm kullanım hakları

M.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü'ne aittir.

© 2022

**Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Yedinci Ulusal Kimya
Kongresi'nde (VII. UKEK) Sözlü Bildiri olarak sunulmuştur.**

24-26 EYLÜL 2021

Kongre Kitabında yayınlanmıştır (s. 55). ISBN: 978-605-4163-48-9

**1. Baskı, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Yayınları, Nevşehir,
2021**

ÖZGEÇMİŞ

- 1996 Konya Ereğli İvriz Anadolu Öğretmen Lisesi
- 2000 Konya Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Bölümünden mezun
- 2000 Sınıf Öğretmenliği
- 2003 Fen Bilgisi Öğretmenliği
- 2004 Kimya Öğretmenliği
- 2012 Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Kimya Öğretmenliği Bilim Dalı Yüksek Lisans Programına Giriş
- 2015 Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Kimya Öğretmenliği Bilim Dalı Yüksek Lisans Programından Mezun
- 2016 Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Kimya Öğretmenliği Bilim Dalı Doktora Programına Giriş

ETİK BEYAN

Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırladığım çalışmamda;

- Sunduğum bilgileri, dokümanları ve verileri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Çalışmamda yararlandığım eserlerin tamamına atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Elde ettiğim verilerde ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı bildirir, aksi bir durumda aleyhimde doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

....../....../....

(İmza)

İsmail ATEŞ

ÖNSÖZ

Doktora çalışmam boyunca her zaman bilgisi ve tecrübesinden yaralandığım, samimiyeti, içtenliği ve kolaylaştırıcılığıyla motivasyonumu hiç düşürmeyen her zaman yanımda olan, desteğini yanımda hissettiğim, aynı zamanda kendimi akademik ve sosyal açıdan geliştirmeme de katkısı olan ve bu süreç boyunca birlikte çalışmaktan onur duyduğum danışmanım kıymetli hocam Prof. Dr. Musa ÜCE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Süreç boyunca tezimin her aşamasında gelişimime katkıda bulunan kıymetli önerileri, yapıcı eleştirileri, görüşleri ve katkılarıyla destek veren, yanımda hissettiğim Prof. Dr. Filiz KABAPINAR ve Prof. Dr. Nesrin ÖZDENER DÖNMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezimin gerçekleşmesinde en önemli aşama olan hazırladığım etkinliklerin uygulamasını yaptığım İstanbul Atatürk Fen Lisesi 10. sınıf öğrencilerine, kolaylaştırıcı yaklaşımıyla katkıda bulunan kurum müdürü Sayın Muzaffer GÜNEŞ'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca doktora tezimin pilot çalışmasında kapılarını açan Ataşehir Nuri Cingilioğlu MTAL 9. Sınıf öğrencileri ve kurum müdürü Sayın Osman KARADENİZ'e de teşekkürlerimi sunarım.

Bu sürecin her anında yanımda hissettiğim oğulları olmaktan onur duyduğum rahmetli babam Hacı Ali ATEŞ'e ve annem Fatma ATEŞ'e teşekkür ederim.

Desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, yaşadığım zorluklarda beni motive eden, sabır ve anlayış gösteren her zaman yanımda olan sevgili eşim Sibel Leyla ATEŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezimi; başta eşim Sibel Leyla ATEŞ'e ve onlara geride bir eser bırakmanın onuru ile kendimi *gururlu hissetmemin sebebi olan, yarınlarımızın umudu çocuklarım Günsu Öykü ATEŞ ve Yunus Emre ATEŞ'e ithaf ediyorum.*

İsmail ATEŞ

ÖZET

Nesnelerin İnterneti (IoT) Destekli Nano-STEM-GLASS Etkinliklerinin Tasarlanması ve Uygulama Sürecinin İncelenmesi

Günümüzde toplumun yaşam, çalışma ve ilişkilerini kökten değiştirebilme potansiyeline sahip Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte eşi benzeri görülmemiş bir teknolojik ilerleme söz konusudur. Bu teknolojik ilerleme bilginin üretilmesi, işlenmesi, depolanması, erişilmesi ve iletilmesi faaliyetlerinde topluma eşsiz fırsatlar sunmaktadır. Bu fırsatlar nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ, nano-biyo-info-cogno teknolojiler, robotik, enerji depolama, özerk taşıtlar, yeni malzemeler, 3D yazıcılar ve kuantum bilgi işleme gibi teknolojilerdir. Nanoteknoloji ve nesnelerin interneti bu tez çalışmasında önemli bir içeriktir. STEM+ bütünleşik eğitim yaklaşımlarından biri olan STEM-GLASS ise bu iki içeriğin eğitimde uygulanmasında yardımcı olacak bir alternatif uygulamadır. Öğrencilerimizin erken dönemlerinde Endüstri 4.0 devriminin çok yönlü etkisinin farkında olmaları önemlidir. Bu çalışmada kimya öğretim programında bulunan nanobilimsel konuların belirlenmesi ve STEM-GLASS bütünleşik eğitim yaklaşımıyla öğretiminin gerçekleştirilmesinin yanında nano seviyede deneysel bir çalışmanın IoT teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 16 ders saatinde uygulanan bir etkinlik modülü hazırlanmıştır. Hazırlanan etkinliklerin uygulama süreci amaçlı örneklem yöntemlerinden biri olan ölçüt örneklem kullanılarak seçilen 2019-2020 eğitim öğretim yılında İstanbul'da bir fen lisesinde öğretim gören 10. sınıf seviyesindeki 12 öğrenciyle birlikte gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada karma araştırma yöntemi kullanılmıştır. Temel karma yöntem desenlerinden biri olan Birleştirme (Çeşitleme) Deseni ve bu temel desene ilave edilen Müdahale Deseni birlikte kullanılmıştır. Uygulamalar araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak çalışma öncesi ve sonrasında Nanoteknoloji Tutum Ölçeği, Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu, Bilimsel Süreç Becerileri Testi, STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği, STEM Mesleklerine Yönelik Tutum Ölçeği, Nanobilim Kavramsal Anlama Testi kullanılmıştır. Bunun yanında hazırlanan öğrenci çalışma yaprakları, öğretime ilişkin ses ve video kayıtları, araştırma günlüğü ve öğrencilerle yapılan görüşmelerle de veriler toplanmıştır. Nicel verilerin analizinde SPSS 20 istatistik programı kullanılmıştır. Nitel verilerin analizinde ise tümevarım analizi ile temalar ve kodlar oluşturulmuştur. Katılımcıların NBT kavramsal anlamalarına, tutumuna, bilimsel

süreç becerilerinin değişimine yönelik nicel veriler ve süreç boyunca elde edilen nitel veriler toplanarak analiz edilmiştir. Öğrencilerin süreçteki gelişimleri belirlenerek değişim ortaya konulmaya çalışılmıştır. Uygulama etkinliklerinin NBT eğitiminde öğretimi gerçekleştirebileceği görülmüştür. Nano-STEM-GLASS etkinlikleri hem öğretim hem de tasarım boyutunda öğrencilere problem çözme, işbirliği, iletişim, yaratıcılık, estetik, eleştirel düşünme gibi becerileri ortaya çıkardığı ve geliştirdiği söylenebilir. Bunun yanında STEM entegrasyonun özellikle teknolojik boyutunda IoT kullanılarak kimya deneylerinin yapılabilirliğinin öğretimi gerçekleştirilmiştir. IoT başka kimya konularının öğretilmesinde ve deneylerin tasarlanmasında kullanılabilir. STEM-GLASS bütünlük yaklaşımıyla IoT'nin nano sentez deneyinde kullanılması öğrenme ortamına katkı sağlamıştır. Çalışma sürecinde öğrencilerin araştırma, tartışma, yardımlaşma, problemleri fark edip çözüm bulma, hatalarını fark etme gibi becerilerin yanında sosyal ve duygusal olarak da geliştirdikleri gözlenmiştir. Çalışmalardan keyif aldıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bu gibi öğrenme ortamlarının yaygınlaştırılması önerilebilir. Nanobilim, STEM, STEM+, IoT çalışmalarının ve bunların hibritlerinin yapıldığı etkinlikler geliştirilebilir ve yaygınlaştırılabilir.

Anahtar Kelimeler: Nanobilim, nanoteknoloji, STEM, STEM-GLASS, Endüstri 4.0, nesnelerin interneti (IoT)

ABSTRACT

Planning Internet of Things (IoT) Aided Nano-STEM-GLASS Activities and Studying the Implementation Process

Today, there is an unprecedented technological progress with the Industry 4.0 revolution, which has the potential to radically change the life, work and relations of society. This technological progress offers society unique opportunities in the activities of producing, processing, storing, accessing and transmitting information. These opportunities are technologies such as the internet of things (IoT), artificial intelligence, robotics, autonomous vehicles, 3D printers, nano-bio-info-cogno technologies, new materials, energy storage and quantum information processing. Nanotechnology and the Internet of Things is an important content in this thesis. STEM-GLASS, which is one of the STEM+ integrated education approaches, is an alternative application that will help in the application of these two contents in education. It is important for our students to be aware of the multifaceted impact of the Industry 4.0 revolution in their early stages. In this study, it is aimed to determine the nanoscientific topics in the chemistry curriculum and to teach with STEM-GLASS integrated education approach, as well as to carry out an experimental study at the nano level using IoT technology. For this purpose, an activity module applied in 16 lesson hours was prepared. The implementation process of the prepared activities was carried out with 12 (6 girls, 6 boys) 10th grade students in a science high school in Istanbul, which was selected using criterion sampling, one of the purposeful sampling methods, in the 2019-2020 academic year. In this study, the Combination (Diversification) Pattern, which is one of the basic mixed method designs from mixed research methods, and the Intervention Design added to this basic design were used together. The applications were carried out by the researcher. Nanoscience and Nanotechnology Conceptual Understanding Questionnaire (NNCUQ), Attitude Scale for Nanotechnology, Science Process Skills Test for Secondary Students (SPS), Science, Attitude Scale for STEM, Technology, Engineering, and Mathematics Career Interest Survey (STEM-CIS), Nanoscience and Nanotechnology-Industry 4.0 Open-ended Questionnaires Form were used as data collection tools before and after the study. In addition, data were collected through student worksheets, audio and video recordings of teaching, research diary and interviews with students. SPSS 20 statistical program was used in the analysis of quantitative data. In the analysis of qualitative data,

themes and codes were created with inductive analysis. Quantitative data on the participants' conceptual understanding of nanoscience and nanotechnology, their attitudes, and the change of scientific process skills, and qualitative data obtained throughout the process were collected and analyzed. The development of the students in the process was determined and the change was tried to be revealed. It has been seen that the application activities can realize the teaching in nanoscience and nanotechnology education. It can be said that nano-STEM-GLASS activities reveal and develop skills such as problem solving, cooperation, communication, creativity, aesthetics, and critical thinking in both teaching and design dimensions. In addition, the feasibility of chemistry experiments was taught using IoT, especially in the technological dimension of STEM integration. The IoT can be used to teach other chemistry topics and design experiments. The use of IoT in nano synthesis experiment with STEM-GLASS integrated approach contributed to the learning environment. During the study process, it was observed that the students developed social and emotional skills as well as researching, discussing, helping each other, recognizing problems and finding solutions, recognizing their mistakes. It was concluded that they enjoyed the work. It can be suggested that such learning environments should be disseminated. Activities in which nanoscience, STEM, STEM+, IoT studies and their hybrids are conducted can be developed and disseminated.

Keywords: nanoscience, nanotechnology, STEM, STEM-GLASS, Industry 4.0, internet of things (IoT)

İÇİNDEKİLER

ÖZGEÇMİŞ.....	i
ETİK BEYAN	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR VE SEMBOLLER	xviii
1. BÖLÜM: GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Araştırmanın Amacı	5
1.3. Araştırmanın Önemi	6
1.4. Sınırlılıklar.....	7
1.5. Sayıtlar (Varsayımlar)	7
2. BÖLÜM: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	8
2.1. Nanobilim Nanoteknoloji ve Eğitimi	8
2.2. Endüstri 4.0 ve Eğitim.....	9
2.3. Arduino Destekli Kimya Eğitimi (ChemDuino)	10
2.4. Nesnelerin İnterneti ve Eğitim.....	10
2.5. Nesnelerin İnterneti ve Nanoteknoloji.....	11
2.6. STEM –GLASS Yaklaşımı ve Nanoteknoloji Eğitimi.....	12
2.6.1. STEM, STEAM, STREAM ve STEM-GLASS	12
2.6.2. STEM-L (Science, Technology, Engineering, Mathematic and Linguistic) ...	14
2.7. Nesnelerin İnterneti ve STEM-GLASS Yaklaşımı	15
2.8. 21. Yüzyıl Becerileri.....	15
2.9. Geleceğin Meslekleri.....	16
2.10. Araştırmada Kullanılan Öğretim Yöntemleri	16
2.11. İlgili Alanyazın.....	17
2.11.1. Karma araştırma yöntemi ve kuramsal çerçeve.....	17
2.11.2. Çalışmanın değişkenleri ile ilgili araştırmalar.....	18
2.12. Öğretim Programı ile İlişkilendirme.....	22
2.12.1. NBT'den Nano-STEM kavramsallaştırması	22
2.12.2. Boyut ve ölçek.....	23

3. BÖLÜM: YÖNTEM	25
3.1. Araştırmanın Modeli	25
3.2. Çalışma Grubu.....	27
3.3. Çalışma Ortamının Özellikleri	27
3.4. Veri Toplama Araçları.....	28
3.4.1. Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT) (Ön test-son test).....	28
3.4.2. Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu	29
3.4.3. Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ).....	29
3.4.4. Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT) (Ön test-son test).....	29
3.4.5. STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYAT) (Ön test-son test)	29
3.4.6. Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ) (Ön test-son test)	30
3.4.7. Etkinlik formları ve çalışma yaprakları	30
3.4.8. Öğrenci görüşmeleri (Öğretime ilişkin ses ve video kayıtları).....	30
3.5. Öğretim Programının Tasarlanması ve Öğretim Modülünün Tanıtımı	31
3. 5. 1. Modülün sınırlılıkları.....	33
3. 5. 2. Modülün kazanımları.....	33
3.6. Uygulama	34
3.6.1. Çalışmanın yapılması için gerekli izinlerin alınması	34
3.6.2. Pilot gruba uygulanan öğretim süreci	34
3.6.2.1. Seviyeye uygunluk-zorluk/kolaylık.....	35
3.6.2.2. Bağlantısallık	35
3.6.2.3. İlgi-merak	36
3.6.2.4. Süre	36
3.6.2.5. İmla ve cümle yapıları düzeltmeler	36
3.6.3. Asıl uygulama.....	36
3.6.3.1. Birinci ve ikinci hafta - STEM alan bilgisi fen-matematik-sosyal: Nanobilim etkinliği.....	36
3.6.3.2. Üçüncü ve dördüncü hafta - Mühendislik dizayn süreçleri: STEM-GLASS tasarım etkinliği	37
3.6.3.3. Beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci hafta - Mühendislik dizayn süreçleri: Teknoloji entegrasyonu	38
3.7. Veri Analizi	40
3.7.1.Nicel verilerin analizi	40
3.7. 2. Nitel verilerin çözümlenmesi	41
3.7.2.1. Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT) ve Açık Uçlu Nanobilim ve Endüstri 4. 0_IoT Açık Uçlu Anketi	43

3.7.2.2. Etkinlik Formları ve Çalışma Yapraklarının Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notlarının Analizi	44
3.7.2.3. Öğrenci Görüşmelerinin Analizi (Öğretime İlişkin Ses ve Video Kayıtları)	44
3.8. Araştırmadaki Geçerlik ve Güvenilirlik Çalışması	44
3.8.1. Güvenirlik	45
3.8.2. Geçerlik	48
3.9. Araştırmacının Rolü	52
3.10. Etik Değerler.....	53
4. BÖLÜM: BULGULAR	55
4.1. Bilimsel Süreç Becerileri (BSB) Ait Bulguları	55
4.2. Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ) Bulguları.....	60
4.3. STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYTÖ) Bulguları	61
4.4. Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgili Ölçeği (STEMYİÖ) Bulguları.....	65
4.5. NBT İle İlişkilendirilebilecek MEB Ortaöğretim Kimya Öğretim Programında Bulunan Çekirdek Konuları İle İlgili Bulgular.....	68
4.6. STEM-GLASS Yaklaşımına IoT İle Yapılan NBT Deneyinin Entegre Edilmesinin Öğrenme Ortamına Katkısı İle İlgili Bulgular.....	70
4.7. Uygulanan Nano-STEM-GLASS Etkinlikleri Öğrencilerin Gelecekteki Mesleklere Yönelik Görüşleri İle İlgili Bulgular	73
4.8. NBT Kavramsal Anlama Testinden Elde Edilen Bulgular.....	75
4.8.1. Nanobilim ve nanoteknolojiden haberdar olma	75
4.8.2. Nanoparçacık kavramından haberdar olma	77
4.8.3. Karbon nanotüp kavramından haberdar olma	78
4.8.4. Nanoteknolojiye kullanılan görüntüleme cihazlarından haberdar olma.....	80
4.8.5. Nanoteknoloji uygulamaları ile ilgili öğrenci görüşleri	82
4.8.6. Boyut	83
4.8.7.Kuvvet ve etkileşimler.....	84
4.9. NBT ve Endüstri 4.0 Anketinden Elde Edilen Bulgular	87
4.9.1. Öğrencilerin çalışmaya katılma nedenleri	87
4.9.2. Öğrencilerin NBT terimleriyle nerede karşılaştıkları.....	89
4.9.3. Öğrencilere göre NBT	91
4.9.4. Öğrencilerin NBT hakkında merak ettikleri ve öğrenmek istedikleri	95
4.9.5. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri ile karşılaşma durumları	98
4.9.6. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri nerede karşılaştıkları	100
4.9.7. Öğrencilere göre Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT).....	100

4.9.8. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) hakkında merak ettikleri	103
4.10. STEM Fen Bilgisi -Matematik-Sosyal Alanı: Nanobilim Etkinliği Öğrenci Çalışma Sayfaları Bulguları.....	104
4.10.1. Giriş etkinliklerine ait öğrencilerin çalışma sayfalarına ait bulgular	105
4.10.1.1. Giriş senaryosundan elde edilen bulgular.....	105
4.10.1.2. Ön bilgileri ortaya çıkarma / motive etme aşamasına ait bulgular	108
4.10.1.3. Keşif zamanı aşamasına ait bulgular	113
4.10.1.3.1. Kaktüs, çam ağacının yaprakları, reçinesi ve kabuk örneklerinin incelenmesi	113
4.10.1.3.2. Geko kertenkelesinin incelenmesi	116
4.10.1.3.3. Küp şeker, toz şeker ve pudra şekeri incelenmesi	119
4.10.1.4. Açıklama zamanı aşamasına ait bulgular	125
4.10.1.5. Derinleştirme zamanı aşamasına ait bulgular.....	126
4.10.1.6. Değerlendirme zamanı aşamasına ait bulgular	127
4.11. STEM Tasarım Etkinliği: Kuş ve Sinek Kanadı Öğrenci Çalışma Sayfaları Bulguları	128
4.11.1. Ön araştırma bulguları	128
4.11.1.1. Uçma Olayına İlişkin Değişkenler	128
4.11.1.2. Boyut-Uçma İlişkisi.....	129
4.11.2. Bilim insanların uzmanlaşması ve bilim disiplinleri	129
4.11.3. Bilim insanların karşılaştığı sorunlar ve çözümler	131
4.11.4. Bilim insanların çözüm geliştirirken bilim disiplinlerinden yararlanması .	132
4.11.5. Kuşkanadı ve sinek kanadı tasarımının gerçekleştirilmesi sırasında elde edilen bulgular	134
4.11.5. 1. Tasarımının gerçekleştirilmesi için ön çizim ve malzemeler	134
4.11.5. 2. Tasarımlarda kanatların özelliklerinin karşılaştırılması ve etkileri	136
4.11.5. 3. Öğrencilerin geliştirdikleri tasarımlarında yapılması gereken hesaplamalar	142
4.11.5. 4. Öğrencilerin tasarımlarının önemine yönelik görüşleri.....	143
4.11.5.5. Öğrencilerin tasarımlarından ulaştıkları sonuçlar.....	145
4.11.5.6. Öğrencilerin tasarımlarının sunumu	145
4.11.5.7. Çalışmayı gerçekleştirirken kullandıkları performanslarını etkileyen durumlar / uygulayıcı gözlemleri	148
4.12. Mühendislik Dizayn Süreçleri –Teknoloji Entegrasyonu: “Nanosensörler-Endüstri 4.0 Nedir? IoT Nedir? STEM-IoT Etkinliği” Öğrenci Çalışma Sayfaları Bulguları....	150
4.12.1. Evlerde kullanılan sensörler	150
4.12.2. Laboratuvar çalışmalarında IoT	154

4.12.3. Laboratuvarı IoT'nin avantaj ve dezavantajları	159
4.13. Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notlarına ait Bulgular.....	162
5. BÖLÜM: SONUÇ	167
5.1. Sonuç ve Tartışma	167
5.2. Öneriler.....	194
5.2.1. Araştırmacılara, program geliştiricilere ve kurumlara yönelik öneriler	194
5.2.2. Ders kitabı yazarlarına/ders materyali geliştiricilere öneriler	195
5.2.3. Öğretmenlere ve uygulayıcılara yönelik öneriler	195
6. BÖLÜM: KAYNAKÇA	197
7. EKLER	217
EK 1 DERS PLANLARI-ÖĞRETMEN ETKİNLİK İÇERİĞİ	217
EK 2 ETKİNLİK FORMLARI-ÖĞRENCİ ÇALIŞMA YAPRAĞI.....	261
EK 3 NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ (NBT) KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ	287
EK 4 AÇIK UÇLU NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ_ENDÜSTRİ 4.0 FORMU	289
EK 5 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_NANOTEKNOLOJİ TUTUM ÖLÇEĞİ	290
EK 6 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_ ORTAÖĞRETİM ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİ TESTİ	291
EK 7 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_ LİSE ÖĞRENCİLERİNİN STEM'E KARŞI TUTUMU	303
EK 8 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_ FEN, TEKNOLOJİ, MATEMATİK VE MÜHENDİSLİK MESLEKLERİNE YÖNELİK İLGİ ÖLÇEĞİ.....	307
EK 9 KONGRE SÖZLÜ BİLDİRİ ÖZETİ	311
EK 10 ANKET VE ARAŞTIRMA İZİNLERİ	312
EK 11 UYGULAMA OKULUNA VERİLEN UYGULAMA PLANI, UYGULAMAYA DAİR KATILIMCILARI BİLGİLENDİRİCİ AÇIKLAMA METNİ VE POSTER	313

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Çalışmada Kullanılan Ölçme Araçları	28
Tablo 3.2 Modüldeki Etkinliklerin İçeriği ve Uygulama Planı (Etkinlik Akış Şeması)	32
Tablo 3.3 Modülün Kazanımları Tablosu.....	33
Tablo 3.4 Araştırmacı ve İkinci Araştırmacının Oluşturdıkları Kodlara İlişkin Tutarlılık Yüzdeleri	47
Tablo 3.5 Etkinlik Değerlendirme Ölçütleri.....	50
Tablo 3.6 KGO İçin Minimum Değerler	51
Tablo 3.7 Etkinliklerin Değerlendirme Ölçütlerine Göre KGO Değerleri.....	51
Tablo 4.1 Bilimsel Süreç Becerileri (BSB) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri	55
Tablo 4.2 Öğrencilerin Ön test-Son test BSBT Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon Uyumlu Çiftler İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.....	55
Tablo 4.3 Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri	61
Tablo 4.4 Öğrencilerin Ön test-Son test Nanoteknoloji Tutum Ölçeği Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.....	61
Tablo 4.5 STEM'e Yönelik Matematik Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_MAT) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri.....	61
Tablo 4.6 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Matematikçe Karşı Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.....	62
Tablo 4.7 STEM'e Yönelik Fen Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_FEN) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri	62
Tablo 4.8 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Fen'e Karşı Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.....	63
Tablo 4.9 STEM'e Yönelik Mühendislik Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_MÜH) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri.....	63
Tablo 4.10 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Mühendisliğe Karşı Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.....	63
Tablo 4.11 STEM'e Yönelik 21.yy Becerileri Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_21.yy) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri.....	64
Tablo 4.12 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in 21. yy Becerilerine İlişkin Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları	64
Tablo 4.13 STEM'in Fenle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi (STEMYİÖ_FEN) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri	65
Tablo 4.14 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Fenle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları	65
Tablo 4.15 STEM'in Matematikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi (STEMYİÖ_MAT) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri.....	66
Tablo 4.16 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Matematikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları	66
Tablo 4.17 STEM'in Teknoloji İlgili Mesleklerine Karşı İlgi (STEMYİÖ_TEK) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri.....	67
Tablo 4.18 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Teknolojiyle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları	67
Tablo 4.19 STEM'in Mühendislikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi (STEMYİÖ_MÜH) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri	67
Tablo 4.20 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Mühendislikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları	68

Tablo 4.21 NBT İle İlişkilendirilebilecek MEB Ortaöğretim Kimya Öğretim Programında Bulunan Çekirdek Konuları.....	69
Tablo 4.22 NBT İle İlişkilendirilebilecek Modüldeki Fen ve Matematik Derslerine ait Kavram ve Beceriler ile Araştırma Soruları	70
Tablo 4.23 Öğrencilerin Gelecekte Hangi Alanda Çalışmayı Düşündükleri Hakkındaki Görüşlerindeki Değişimler	74
Tablo 4.24 Öğrencilerden Boyutlarını Tahmin Edecekleri Örnekler ve Doğru Değerleri..	84
Tablo 4.25 Öğrencilerin Giriş Senaryosuna Buldukları Başlıklar.....	108
Tablo 4.26 Çalışmadaki Varlıkların Büyükten Küçüğe Doğru Sıralaması	110
Tablo 4.27 Verilen Varlıkların Ölçeklerine Göre Sıralanmasına Ait Öğrencilerin Çalışmaların Değerlendirilmesi.....	112
Tablo 4.28 Öğrencilerin Varlıkların Makro-, Mikro- ve Nano- Ölçeklerine Göre Belirledikleri Sınırlar	112
Tablo 4.29 Öğrencilerin Çam Ağacının Yaprakları ve Dalları Durgun ya da Hareketli Durumuna İlişkin Görüşleri.....	115
Tablo 4.30 Gözlem Temaları.....	116
Tablo 4.31 Öğrencileri Geko Kertenkelesi ile Gözlemleri.....	117
Tablo 4.32 Öğrencilerin Geko Kertenkelesinin Ayak Yapısıyla İlgili Görüşleri.....	117
Tablo 4.33 Öğrencilerin Kertenkeleye Parmak Yapısındaki Özellik/Özelliklerin Sağladığı Faydalar ile İlgili Görüşleri	118
Tablo 4.34 Öğrenci Gruplarının Araştırma Sorusu ile İlgili Görüşleri	121
Tablo 4.35 Etkinliğin Deney Tasarımı Bölümünde Öğrencilerin Belirlediği Değişkenlerin Değerlendirilmesi	122
Tablo 4.36 Öğrencilerin Hacim, Yüzey Alan ve S/V Oranlarını Hesaplamalarının Değerlendirilmesi	122
Tablo 4.37 Öğrenci Gruplarının Etkinlikten Sonra Araştırma Sorusuna Yönelik Ulaştığınız Sonuçlar.....	145
Tablo 4.38 Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notları	162

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Araştırmada Kullanılan Karma Araştırma Yönteminin Şematik Gösterimi	26
Şekil 3.2 Çalışmadaki Karma Yöntemin Akış Şeması	26
Şekil 3.3 Modüle Genel Bakış	31
Şekil 3.4 Massachusetts Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Programı Programı Çerçevesi (Lyn, Hudso, Dawes ve Les, 2012, s.27’den Türkçeye çevrilmiştir.)	32
Şekil 3.5 Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu: Kimya Deneyinin IoT Uygulaması Döngüsü	39
Şekil 3.6 Ag NP’nin Sentezinin IoT İle Takip Edilmesi	40
Şekil 3.7 İdeografik Analiz Haritası Örneği	42
Şekil 3.8 Bireysel Profil Analiz Haritası Örneği	42
Şekil 3.9 Anlamayı Kolaylaştırıcı Bazı Görselleştirme Örnekleri	43
Şekil 3.10 Öğrencilerin Cinsiyetlerine Göre Dağılımı ve Atanan Kodlar	43
Şekil 3.11 Grup Çalışmalarındaki Öğrencilerin Grubu ve Atanan Kodlar	43
Şekil 3.12 İkinci Kodlayıcıya Ait Kodlama Teyidi Örneği	47
Şekil 4.1 Öğrencilerin Kullandıkları Yöntemsel Beceriler	56
Şekil 4.2 Etkinlik Boyunca Öğrencilerin Kullandığı Beceriler	57
Şekil 4.3 Öğrencilerin Çalışmaların Kendilerine Neler Kazandırdığına İlişkin Görüşleri..	57
Şekil 4.4 Öğrencilerin Tasarımlarında Karşılaşılan Zorluklar ve Çözümlerine İlişkin Görüşleri	59
Şekil 4.5 Öğrencilerin Çalışmalarındaki Bazı Çözümler	60
Şekil 4.6 Etkinlik Sonu Değerlendirme Ölçeği	71
Şekil 4.7 Öğrencilerin Etkinliği Nasıl Tanımladığı Görüşü	72
Şekil 4.8 IoT Etkinliğinde Öğrenci Memnuniyeti	72
Şekil 4.9 Öğrencilerin Gelecekte Hangi Alanda Çalışmayı Düşündükleri Hakkındaki Görüşleri	73
Şekil 4.10 Katılımcıların Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavramlarını Duyma Durumları ..	76
Şekil 4.11 Katılımcıların Nanoparçacıklar Kavramını Duyma Durumları	77
Şekil 4.12 Katılımcıların Karbon Nanotüp Kavramını Duyma Durumları	79
Şekil 4.13 Katılımcıların Görüntüleme Cihazlarını Duyma Durumları	80
Şekil 4.14 Öğrencilerin Kavramsal Anlamalarının Değişimi.....	81
Şekil 4.15 Katılımcıların Nanoteknoloji Uygulamaları ile İlgili Görüşleri.....	82
Şekil 4.16 Öğrencilerin Boyutların Sıralanmasındaki Doğru ve Yanlış Cevaplar	84
Şekil 4.17 Su Damlasının Zeminle Etkileşimi Hakkında Öğrenci Görüşleri	85
Şekil 4.18 Geko Kertenkelesinin Ayaklarının Kirlenmemesinin Nedenleriyle İlgili Öğrencilerin Görüşleri	85
Şekil 4.19 Bir Su Örumceğinin Suyun Yüzeyinde Yürüyerek Dolaşabilmesinin Nedeniyle İlgili Öğrencilerin Görüşleri	86
Şekil 4.20 Öğrencilerin Çalışmaya Katılmak İstemelerinin Nedenleri	87
Şekil 4.21 Nanobilim ve Nanoteknoloji Terimleri ile Daha Önce Karşılaşma Durumları..	90
Şekil 4.22 Nanobilim ve Nanoteknoloji Ne Olduğu ile İlgili Öğrencilerin Görüşleri	91
Şekil 4.23 Öğrencilerin Nanobilim ve Nanoteknoloji Hakkında Neleri Merak Ettikleri Hakkındaki Görüşleri	95
Şekil 4.24 Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) Terimleriyle Daha Önce Karşılaşma Durumları ile İlgili Görüşleri.....	99
Şekil 4.25 Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(Iot) Terimleriyle Nerede Karşılaştıkları ile İlgili Görüşleri.....	100
Şekil 4.26 Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (Iot) Ne Demek Olduğu ile İlgili Görüşleri	101

Şekil 4.27 Öğrencileri Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) Hakkında Neleri Merak Ettikleri Hakkındaki Görüşleri	103
Şekil 4.28 Giriş Senaryosu Çalışıldıktan Sonra “Senaryo Dikkatinizi Neler Çekti?” Sorusuna Verilen Cevaplar. (N=12)	106
Şekil 4.29 Giriş Senaryosu Çalışıldıktan Sonra “Senaryo İle İlgili Günümüzde Var Olan ve Gelecekte Karşılaşabileceğimiz Durumlar Neler Olabilir?” Sorusuna Verilen Cevaplar (N=12)	107
Şekil 4.30 Öğrencilerin Verilen Eşyaların Büyüklükleri ve Birimleri İle İlgili Tahminlerinin Değerlendirilmesi	109
Şekil 4.31 Verilen Varlıkların Ölçeklerine Göre Sıralanmasına Ait Öğrencilerin Çalışmaları.....	111
Şekil 4.32 Öğrenciler Kaktüs, Çam Ağacının Yaprakları, Reçinesi ve Kabuk Örneklerini İncelerken	113
Şekil 4.33 Öğrencilerin Çam Ağacının Yaprakları, Reçinesi ve Kabuk Örneklerine İlişkin Gözlemleri	114
Şekil 4.34 Öğrencilerin Örneklerle Dokunarak Hissettiklerine İlişkin Görüşleri	115
Şekil 4.35 Geko Kertenkelesinin Ayak Yapısı	116
Şekil 4.36 Grupların Çam, Örümcek ve Geko Parmaklarına Ait Titrek, Yapışkan ve Engebeli Özelliklerin Neler Olduğuna İlişkin Görüşleri	118
Şekil 4.37 Öğrencilerin Küp Şeker, Toz Şeker ve Pudra Şekeri İncelemeleri	119
Şekil 4.38 Etkinlik Sırasında Öğrencilerin Konuşmalarından Geçen Kavramlar	120
Şekil 4.39 Deneyle İlgili Öğrencilerin Yorumlarına Ait Bulgular	124
Şekil 4.40 Öğrenciler Tarafından Yapılmış Çalışma Yaprakları	126
Şekil 4.41 Öğrencilerin Cep Telefonu ve Bilgisayarlardaki Küçülme ile Ortaya Çıkan Değişimlerle İlgili Görüşleri.....	126
Şekil 4.42 Öğrencilerin yaptıkları Çalışma Yaprakları	127
Şekil 4.43 Ön Araştırma Bulguları (Uçma Olayının Değişkenleri Nelerdir?)	128
Şekil 4.44 Öğrencilerin ‘Boyut-Uçma İlişkisi’ Hakkında Görüşleri	129
Şekil 4.45 Öğrencilerin Bilim İnsanlarının Bilim ve Teknolojileri Geliştirmeleri İçin Tek Bir Bilim Dalında Uzmanlaşmış Olmaları Yeterli Olup Olmadığı ile İlgili Görüşleri	130
Şekil 4.46 Öğrencileri ‘Yeterli ve Yeterli Olmama’ Temalarına Sevk Eden Nedenlere Yönelik “Olumlu ve Olumsuz Düşüncelerinin Nedenleri	131
Şekil 4.47 Öğrencilerin Bilim İnsanları Bilim ve Teknolojileri Geliştirirken Ne Gibi Sorunlarla Karşılaştıkları ve Geliştirdikleri Çözümler Hakkındaki Görüşleri	132
Şekil 4.48 Öğrencilerin Bilim İnsanlarının Karşılaştığı Problemlere Çözüm Önerisi Geliştirebilmek İçin Bilim Dallarından Nasıl Yararlandıkları Hakkındaki Görüşleri	133
Şekil 4.49 Öğrencilerin Tasarım İçin Ön Çizimleri	134
Şekil 4.50 Öğrenci Gruplarının Tasarımlarında Kullanmayı Planladıkları Malzemeler... ..	135
Şekil 4.51 Öğrencilerin Kendi Tasarımlarında Kullanmayı Düşündükleri Malzemelerin Listesi	135
Şekil 4.52 Kuşkanadı ve Sinek Kanadının Öğrenci Görüşlerinden Ortaya Çıkan Özellikleri	137
Şekil 4.53 Öğrencilerin Sinek Kanadına ait Bazı Özelliklerle İlgili Görüşleri	138
Şekil 4.54 Öğrencilerin Tasarımların Kanatlarını Birbiriyle Karşılaştırtırken Başarısı Durumuyla İlgili Görüşleri	139
Şekil 4.55 Öğrencilerin Tasarımlarını Daha İyi Hale Getirebilmek İçin Yapabilecekleri Değişiklikler Hakkındaki Görüşleri	140

Şekil 4.56 Öğrencilerin Farklı Tasarımlar Araştırma Sorusunun Cevabını Nasıl Etkilediği Hakkındaki Görüşleri	141
Şekil 4.57 Üründeki Tür Farklılığı Dikkate Alınarak Malzemelere Bağlı Etkiler	141
Şekil 4.58 Öğrencilerin Geliştirdiğiniz Yeni Tasarımları ya da Fikriniz için Yapılması Gereken Hesaplamalara İlişkin Görüşleri.....	142
Şekil 4.59 Öğrencilerin Tasarımlarının Önemine İlişkin Görüşleri	143
Şekil 4.60 Öğrencilerin Tasarımları için Hangi Alanlarda Uzmanlaşmış Bilim İnsanlarıyla Birlikte Çalışmanız Gerektiğine İlişkin Görüşleri.....	144
Şekil 4.61 Öğrenci Çalışmaları ve Sunumlarından Resimler	145
Şekil 4.62 Öğrencilerin Tasarımları	146
Şekil 4.63 Çalışmayı Gerçekleştirirken Kullandıkları Performanslarını Etkileyen Durumlar	148
Şekil 4.64 Uygulayıcının Çalışma Sırasındaki Gözlemleri	149
Şekil 4.65 Öğrenci Görüşlerine Göre Evelerindeki Kullandıkları Sensörler	151
Şekil 4.66 Öğrenci Görüşlerine Göre Kullanılan Sensörlerden Nano-Sensör Olanlar.....	152
Şekil 4.67 Öğrenci Görüşlerine Göre Televizyon Ekranlarındaki Zamanla Ortaya Çıkan Değişiklikler	152
Şekil 4.68 Öğrenci Görüşlerine Göre Televizyonlarda Kullanılan Ekranlar.....	153
Şekil 4.69 Öğrenci Görüşlerine Göre Ekran Türleriyle Nerelerde Karşılaşılabileceği	154
Şekil 4.70 IoT'nin Laboratuvarda Kullanılması İle İlgili Öğrenci Görüşleri.....	155
Şekil 4.71 Bulut Bağlantılı sıcaklık Sensörü ile İlgili Öğrenci Görüşleri	156
Şekil 4.72 Makine-Makine Etkileşimine Yönelik Öğrenci Görüşleri	157
Şekil 4.73 İnsan-Makine Etkileşimine Yönelik Öğrenci Görüşleri.....	158
Şekil 4.74 IoT'nin Sağladığı Avantajlar	159
Şekil 4.75 IoT'nin Dezavantajları il İlgili Öğrenci Görüşleri	160
Şekil 4.76 Laboratuvarda Iot'nin Kullanılması ile İlgili Diğer Öğrenci Görüşleri	161

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

ASIoT	Application Specific Internet of Things
bioFET	Transistör Tabanlı Biyosensörler
BSB	Bilimsel Süreç Becerileri
ChemDuino	Arduino Destekli Kimya
CNT	Karbon Nanotüp
GNR	Grafen Nanoşerit
IoBNT	Bio Nano Nesnelerin İnterneti
IoMNT	Multimedya Nano Nesnelerin İnterneti
IoNT	Nano Nesnelerin İnterneti
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MTS	Mühendislik Tasarım Süreci
N	Katılımcı Sayısı
Nano-STEAM+	Nano- Fen, Teknoloji, Mühendislik, Sanat, Matematik+
NBT	Nanobilim ve Nanoteknoloji
nm	nanometre
NNIN	Ulusal Nanoteknoloji Altyapı Ağı
NSE	Nanoscale Science and Engineering; NBM: Nanoölçekli Bilim ve Mühendislik
NSEC	Nano Ölçekli Bilim ve Mühendislik Merkezi
NSF	National Science Foundation; Ulusal Bilim Vakfı
Sh $\bar{x}$	Standart Hata
ss	Standart Sapma
STEAM (STEM+ART)	Science, Technology, Engineering, Math, Art; Fen, Teknoloji, Mühendislik, Sanat, Matematik
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics; Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik-FeTeMM
STEM+C	STEM+ Computing; STEM+ Bilişim
STEM-GLASS	Science, Technology, Engineering, Math, Geography, Language Arts, Social Studies; Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik, Coğrafya, Dil, Sanat, Sosyal Bilimler
STEM-L	Science, Technology, Engineering, Matchematic and Linguistic, Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik, Dil
STREAM	Science, Technology, Reading/ Religion, Engineering, Arts, Math; Fen, Teknoloji, Okuma/Din, Mühendislik, Sanat, Matematik
TBSB	Temel Bilimsel Süreç Becerileri
$\bar{x}$	Aritmetik Ortalama
Σ	Toplam Puan
KGO	Kapsam Geçerlilik Oranı

1. BÖLÜM: GİRİŞ

1.1. Problem Durumu

Kimyanın başlangıcından beri, deneyciler araştırmalarını yürütmek için ayrıntılı aygıtlar inşa etmeye ihtiyaç duymuşlardır. Temel cam üfleme becerileri, ünlü kimya öncüleri için vazgeçilmezdi. İlk kimyagerler (Liebig, Dumas, Kjeldahl) çağdaşları ve sonraki nesiller tarafından kullanılan aletleri de icat ettiler. Modern kimyacılar yalnızca özelleştirilmiş cam eşyalarla yetinmediler, aynı zamanda yüksek teknoloji gerektiren donanımlara da ihtiyaç duydular. Bu nedenle, dünya çapındaki araştırma ekipleri, bilimsel hedeflere ulaşmak için özelleştirilmiş düşük maliyetli donanımlar geliştirdiler (Pearce 2012; Gibney, 2016). Devam etmekte olan “Endüstriyel Devrim 4.0”ın hedeflerinden biri, faydalı donanım ve yazılımlar oluşturarak insanları yenilik yapmaya teşvik etmektir (Duüren, 2016).

Kimyada elektronik ve bilgi teknolojisinin artan varlığı söz konusudur. Ancak, ileri teknoloji elektronik platformlar genellikle kimya eğitime dâhil edilemeyecek kadar pahalıdır. Bu zorluk, açık kaynaklı elektronik donanımın yanı sıra ilgili yazılımdan yararlanılarak şu anda ortadan kaldırılabilir. Bu tür cihazlar ucuzdur ve kimya ve malzeme bilimindeki uygulamalara çoktan girmiştir (Pearce, 2012; Pearce, 2014). En popüler açık kaynaklı elektronik platformlardan biri Arduino'dur. Resmi Web sitesine göre; Arduino, sensörlerden aldığı girdi sayesinde çevreyi tanıyarak uyarıcılar (ses, ışık vb.), motorlar ve aktüatörlerle çevreyle etkileşim kurar (Arduino Web Sitesi, 2018). Daha karmaşık mikrodenetleyiciler ve mikrobilgisayarlar da düşük maliyetle mevcuttur. Örneğin, öğrenciler, Raspberry Pi (Raspberry Pi Web Sitesi, n.d.), veya BeagleBone (BeagleBone Web Sitesi, n.d.) gibi diğer platformlarla da yeteneklerini test edebilirler. Her ikisi de Linux ile ilgili bir ortamda çalışan mikro bilgisayarlardır. Bu, daha az gelişmiş BT becerilerine sahip öğrencilerin daha fazla sabrını gerektirmesine rağmen, programlama ve uygulama geliştirme açısından daha fazla esneklik sağlar. Belirli görevler için özelleştirilmiş, yukarıdaki platformların çok sayıda türevi mevcuttur. Örneğin, IntelGalileo, "Uno R3 için tasarlanmış Arduino kalkanları ile donanım ve yazılım pin uyumlu olacak şekilde tasarlanmış" yeni tanıtılan bir mikrobilgisayardır (IntelGalileo Web Sitesi, n.d.). Bu tür yükseltilmiş elektronik cihazlar, projenin başlangıcında yazılan komut dosyalarını genişletme fırsatı verebilir (Urban, 2014).

Nesnelerin İnterneti (IoT), Endüstri 4.0 ve iş süreçlerinin dijitalleştirilmesi, eğitim ve öğretim dâhil olmak üzere süreç endüstrisi için yeni fırsatlar ve iş modelleri sunmaktadır (Kockmann, 2019).

Endüstri 4.0 devrimi endüstriyel ortamda, birbirine bağlı teknolojiler, küresel zorluklara akıllı üretim çözümleri sunmak için makineleri, cihazları, otomasyonu ve yapay zekâyı birleştirmektedir. IoT'nin üretimi dönüştürmesi gibi, siber teknolojilerin kimyasal araştırmalarda nasıl kullanılacağını şekillendirecek Kimya Nesneleri İnterneti ortaya çıkmıştır. Bu gelişmelerle birlikte deneylerin daha verimli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayarak sentez ve süreç optimizasyonu için çok disiplinli bir yaklaşımı ortaya çıkaran daha zengin veri kümeleri üretilmektedir. Sentetik kimyanın yürütülme biçimini yavaş, işgücü yoğun manuel yöntemlerden yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş, veriye dayalı yaklaşımlara geçerek dönüştürmek için 2010 yılında Birleşik Krallık'ta Dial-a-Molecule Grand Challenge Network platformu kurulmuştur (Dial-a-Molecule, 2011). Bu amaçla sentetik kimya araştırmalarının daha iyi zirai kimyasallar, akıllı malzemeler ve ilaçlar bunun yanında artan küresel talebi karşılamak için gerekli olan keşif sürecini hızlandırmada veri bilimi ve otomasyondaki ilerlemeleri benimseyerek gelişmeye devam etmesi gerekmektedir. Kimyasal sentezin son yıllarda değişmesiyle birlikte yüksek verimli otomatik ekipmanlar; reaktan-katalizör-çözücü kombinasyonları gibi çoklu reaksiyon parametrelerini hızlı bir şekilde taramak (Sawicki ve diğ., 2019) ve reaksiyonlarda elde edilen verilerin, istatistiksel veya mekanik yöntemlerin büyük veri kümelerine uygulanabileceği çok sayıda reaksiyonu paralel olarak yürütmek için (Galaverna, 2019; Hone ve diğ., 2019, Christensen, 2019) rutin olarak kullanılmaktadır. Akıllı cihazların ve teknolojilerin kullanımı (örn. veri görselleştirme, ağ bağlantılı sistemler, çevrimiçi analitik, robotik ve internete bağlı cihazlar) kimya laboratuvarlarında giderek daha yaygın hale gelmiştir (Kockmann, 2019; Chung ve diğ., 2019; Harvie ve diğ., 2019; Prabhu, 2019). Bu cihazların bilimsel topluluğa daha fazla erişilebilirliği, çoklu reaksiyon karakterizasyonu ve optimizasyon platformlarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu platformlar, daha zengin süreç verileri ve daha iyi anlaşılabilirlik için otomatikleştirilmiş ekipmanı çevrimiçi analitik araçlar ve algoritmalarla birleştirmektedir (Mateos ve diğ., 2019; Galaverna ve diğ., 2019; Wyvratt ve diğ., 2019; Waldron ve diğ., 2019; Sagmeister ve diğ., 2019; Wimmer ve diğ., 2019). Dijital alanda, sentetik yolların tahmininde kural tabanlı ve makine öğrenimi yöntemlerinin uygulanması için algoritmalar geliştirilmeye devam edilmektedir (Molga ve diğ., 2019; Li ve Eastgate, 2019). Bütün bu örneklerde görüldüğü

üzere veriye dayalı sentez yaklaşımları benzersiz fırsatlar ve zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Akademik ve endüstriyel laboratuvarlarda çok disiplinli bir yaklaşımla çalışarak ortaya çıkan yeni fırsatların yanı sıra gelecekteki zorlukları vurgulamak için “Sentez 4.0” teması ortaya çıkmıştır.

Mikrodenetleyiciler olarak bilinen programlanabilir entegre devre yongaları laboratuvar için sayısız olanaklara sahiptir ve kimya öğretim programlarında yer almayı hak etmektedir. Özellikle son yirmi yılda endüstriyel uygulamalarda ekipman, araç ve aletler hızla çoğalmıştır. Mikrodenetleyicileri C yazılım dilinden türetilen programlama dilleriyle uyumlu destekleyici iletişim cihazlarıyla birleştiren ucuz devre kartlarının yakın zamanda bulunması, bilimsel ekipmanların bilgisayarlara bağlanabilmesi için onları çekici hale getirmiştir. Mabbott (2014) makalesinde laboratuvar otomasyonu için Arduino mikrodenetleyici kartlarını kullanmanın avantajlarını açıklamıştır. Ayrıca analitik kimya müfredatında bunların nasıl kullanılacağını öğretmek için ders planları ve alıştırmalara yer vermiştir. Bu alıştırmalardan ikisi, basit spektrometrelerden veri elde etmeyi ve PCR için bir termal döngüleyicinin kontrolünü içermektedir. Bu cihazların çok yönlülüğü, onları analitik kimyagerin araç setinde bir başka önemli araç haline getirecektir.

Soong ve diğerleri (2019) engelli öğrencilerin STEM alanlarında fırsat ve uyum kaynaklarının eksikliklerini gidermek konusunda laboratuvar faaliyetlerinden yararlanmaları için yaptığı çalışmada fiziksel engelleri ortadan kaldırmak için, mevcut titrasyon kurulumlarına ve evrensel tasarım konseptlerine dayalı otomatik bir titrasyon ünitesi, metinden konuşmaya (TTS) yeteneği ile birlikte tasarlamıştır. Bu tasarım, Bluetooth aracılığıyla herhangi bir mobil platforma sorunsuz bir şekilde bağlanabilir. Tablet veya akıllı telefondaki TTS gibi yardımcı özelliklerdeki geliştirmelerden yararlanır. Ayrıca, kodlama okuryazarlığına vurgu yapan bu otomatik titrasyon kurulumu, bir kimya laboratuvarında tasarım düşüncesi ve otomasyon konusunda mükemmel bir örnek ve alıştırma olarak hizmet etmektedir.

Nanobilim ve nanoteknoloji (NBT), bilim ve mühendisliğin en hızlı ilerleyen alanlarıdır. NBT ile ilgili fikirleri anlamak önemlidir. Çünkü günümüzde NBT'nin bize sunduğu ürün ve teknolojilerini kullanmaktayız. Bu ürünleri tüketirken NBT hakkında bildiklerimiz kullanıp kullanmama noktasında karar vermemiz için gerekli bilgi ve becerileri geliştirir. NBT alanında çalışacak bilim insanlarını ve mühendislerini geleceğe hazırlar. Bu ihtiyaçtan dolayı, farklı eğitim seviyelerindeki öğrencilere NBT ile ilgili temel fikirlerin

tanıtılması şiddetle önerilmektedir (Adadan ve diğ., 2017). Öğrencilerin NBT'ye karşı tutumlarının belirlenmesi ve geliştirilmesi öğrencilerin nanoteknoloji alanına karşı yönlendirmelerde etkili olacağı düşünülmektedir. NBT'ye olumlu tutum geliştiren özellikle NBT'ye değer veren ve farkındalık oluşturan öğrenciler bu alana yönlenebilecek potansiyel öğrencileri ortaya çıkarmada faydalı olacaktır (Kurnaz ve Bayraktar, 2012).

Bu çalışmada ayrıca öğrencilerin STEM'e karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiğinin de belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çünkü öğrencilerin STEM eğitime yönelik tutumlarının belirlenmesi, bu öğrencilerin STEM-GLASS alt alanlarını öğrenmelerine ve STEM-GLASS ile ilgili bir alanda kariyer planı kararlarını ve hazırbulunuşluklarını etkilemektedir. İhtiyaç duyulan donanımlı insan gücünün yetiştirilmesine katkı sunmaktadır (Kennedy, Quinn ve Taylor, 2016). Öğrencilerin STEM mesleklerinde çalışma yapmaya yönelik ilgilerinin belirlenmesi ve bu mesleklere ilgilerinin yönlendirilmesi bu çalışmanın ihtiyaçlarından biridir.

Çalışmada uygulanan etkinlikler öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimine yönelik planlanmış etkinliklerdir. NBT, STEM, STEM-GLASS ve IoT etkinliklerinin entegrasyonunda BSB'nin kullanılmasına ve geliştirilmesine yönelik etkinliklerin olması uygulanan etkinliklerinin BSB'nin nasıl geliştirilebileceğine yönelik fırsatlar sunması bakımından önemlidir.

Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı paralelinde “Nanobilim ve Nanoteknoloji” konusunun Bütünleşik STEM-GLASS Öğretim Programı Modeli yaklaşımına entegre edilmiş etkinliklerin tasarlanması, uygulanması, süreç boyunca ve sonunda Endüstri 4.0 devrimine yönelik ürünlerin ve uygulamaların ortaya çıkarılması bu araştırmanın konusudur.

Endüstri 4. 0 devrimiyle birlikte ortaya çıkan teknolojik ve toplumsal değişiklikler sonucunda lise kimya konularıyla ilişkili, NBT eğitime yönelik STEM-GLASS eğitim yaklaşımının kullanılarak ve teknolojinin entegre edildiği etkinliklere gereksinim duyulmaktadır. Bunun yanında öğrencilerin BSB'nin, NBT'ye karşı tutumlarının, NBT kavramsal öğrenmelerinin gelişiminin, STEM'e karşı tutumlarının, STEM mesleklerine yönelik ilgilerinin süreç boyunca incelenmesi çalışmada önemli bir yer tutmaktadır.

Literatürde kimya eğitiminde kullanılan farklı mikroişlemcilerle yapılan uygulamalar görülsede ülkemizde yapılan çalışmalarda özellikle nesnelerin interneti destekli çalışmalarda kimya eğitimiyle ilgili etkinliklere rastlanmamıştır. Ayrıca hem NBT eğitime

yönelik etkinlikler de yetersizdir. Bu nedenle kimya öğretim programındaki NBT ile ilgili olan konuları destekleyici STEM-GLASS bütünleşik eğitim yaklaşımı ile birlikte nesnelerin internetinin de entegre edildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu tez çalışmasında kimya öğretim programıyla ilişkili nanobilimsel öğretim içeriğinin olması, STEM-GLASS bütünleşik eğitim yaklaşımının ve deneysel çalışmada nesnelerin internetinin kullanılması kimya eğitimine katkı sağlayacağı düşünüldüğünden önemlidir. Yurtdışı örnekler görülse de ülkemizde tez çalışmalarına bakıldığında bu çalışmaya benzer çalışmalar görülmemiştir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu karma araştırma çalışmasının amacı, lise öğrencileri için MEB ortaöğretim kimya öğretim programında yer alan NBT bağlantılı konular paralelinde, Endüstri 4.0 devrimiyle ortaya çıkan teknolojik ve toplumsal gelişmeler neticesinde STEM-GLASS bütünleşik eğitim yaklaşımı ve yapılandırmacılık temelli öğretim yöntem ve tekniklerinin kullanıldığı, IoT temelli nanobilimsel deneyler ve kimya derslerine teknolojiyi entegre eden etkinlikler tasarlamak uygulama sürecini incelemektir. Bu amacı gerçekleştirmek için aşağıdaki araştırma soruları cevaplanmaya çalışılmıştır.

1. Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?

2. Öğrencilerin nanoteknolojiye karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?

3. Öğrencilerin STEM'e karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?

4. Öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?

5. NBT ile ilişkilendirilebilecek MEB ortaöğretim kimya öğretim programında bulunan çekirdek konular nelerdir?

6. Öğrencilerin NBT kavramsal anlamaları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?

7. STEM-GLASS yaklaşımına IoT ile yapılan NBT deneyinin entegre edilmesi nasıl bir öğrenme ortamı sağlar?

8. Uygulanan Nano-STEM-GLASS etkinlikleri öğrencilerin gelecekteki mesleklere yönelik görüşlerini nasıl etkilemiştir?

1.3.Araştırmanın Önemi

Endüstri 4.0 günümüzde paradigma değişikliğine yol açan önemli bir toplumsal ve teknolojik gelişmelerin olduğu bir dönemdir. Bu devrim, bireylerin birbiriyle olan ilişkilerini, yaşam biçimlerini, iletişimlerini, bilgiye ulaşma, depolama ve işleme alışkanlıklarını değiştirebilecek bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyeller arasında yapay zekâ (YZ), nano-biyo-info-cogno teknolojiler, robotik, nesnelerin interneti (Nİ), otonom taşıtlar, 3D yazıcılar, yeni malzeme, enerji depolama gibi yeni teknolojiler sayılabilir. Bu gelişmeler neticesinde yeni iş alanlar ve mesleklerle birlikte yeni bir toplumsal hayat değişimleriyle karşı karşıya kalmış bulunmaktayız. Bu değişimle birlikte birey olarak teknolojinin bizim ve gelecekteki nesillerimizin hayatını nasıl değiştireceği, ekonomik, sosyal, kültürel, insani değerlerimizi nasıl yeniden biçimlendireceğine dair geniş çaplı ve küresel bir bakış açısına sahip olmamız gerekmektedir. Nanoteknolojinin, bu yeni teknolojiler arasında önemli bir yeri vardır. Nanoteknoloji bu teknolojik devrimde maddelerin nanoboyuttaki eşsiz işlevsel özelliklerinin uygulama alanlarıyla Endüstri 4.0 çağında önemli rol oynamaktadır. Öğrencilerimizin erken dönemlerde bu devrime ve etkisine olan farkındalığı önemlidir. Nanobilimler ve nanoteknolojiler özelinde öğrencilerimizin uygulamaya dönük öğretim programları paralelinde sınıf içi ve dış ortam etkinliklerinin planlaması ve öğretimin sağlanması elzemdir. Endüstri 4.0 devriminin ortaya koyduğu beklentiler ve öngörüler doğrultusunda eğitim etkinliklerinin tasarlanmasında STEM-GLASS bütünleşik eğitim yaklaşımının kullanılması NBT eğitimi etkinliklerinin tasarlanmasında ve uygulanmasında doğru bir seçim olacaktır. Yapılandırmacılık temelli öğretim yöntem ve tekniklerinin bu etkinliklerde kullanılması da hazırlanan etkinliklerin öğrenciler tarafından öğrenilmesinde öğrenci merkezli bir öğrenme sağlayacaktır. Tüm bileşenler (Endüstri 4.0, STEM-GLASS, NBT Eğitimi ve Yapılandırmacı yaklaşım öğretim yöntemleri) beraber düşünülerek hazırlanan eğitim ve öğretim etkinlikleri öğrencilerimizi geleceğe hazırlayacaktır.

1.4. Sınırlılıklar

Araştırmanın sınırlılıkları aşağıda belirtilmiştir.

- 2019-2020 eğitim öğretim yılıyla sınırlıdır.
- Araştırmanın katılımcıları, Kadıköy ilçesinde bulunan Fen Lisesi 10. sınıf düzeyinde amaçlı örnekleme yöntemlerinde ölçüt örnekleme ile seçilmiş gönüllü 12 öğrenci ile sınırlıdır.
- Çalışmadan elde edilen veriler, kullanılan veri toplama araçlarıyla sınırlıdır.

1.5. Sayıtlar (Varsayımlar)

Araştırmada aşağıdaki verilen varsayımlar söz konusudur.

- Öğrencilerin, uygulanan veri toplama araçlarındaki maddelere kendi ifadeleri ile içten ve yansız cevapladıkları varsayılmıştır.
- Öğrencilerin mikrodenetleyiciler hakkında bilgi sahibi oldukları varsayılmaktadır.
- Çalışmanın uygulandığı ortamda öğrencilerin etkinliklerin akışını etkileyen dış etkilere eşit şekilde etkilendikleri varsayılmıştır.
- Uygulamanın yapıldığı ve ölçeklerin uygulandığı ortamın çalışmanın amacına uygun olduğu varsayılmaktadır.

2. BÖLÜM: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Nanobilim Nanoteknoloji ve Eğitimi

Teknoloji tarihini incelediğimizde binlerce yıl öncesine dayanan nanoteknoloji uygulamalarına rastlamaktayız. MS 4.yüzyıl Roma dönemine ait farklı ışık koşullarında rengi yeşil veya kırmızıya değişen cam bir kupa olan Lycurgus Kupası, cam ustalarının nano-boyutta ilave ettikleri renkli katkılardan dolayı nanoteknolojik ilk uygulamalarından olduğu söylenebilir.

MS 400 yıldan günümüze kadar gelişme gösteren nanoteknolojik uygulamalar şimdilerde pazara giren ticari nanoteknolojik ürünlerin, şeffaf güneş kremlerinden dişçilik yapıştırma malzemelerine, optik fiberlerden askeri alandaki uygulamalara mürekkeplerden biyo-görüntü ürünlerine kadar hayatımızın her alanına girmiştir. Bunun yanında nanoteknoloji günümüzde olduğu gibi gelecekte tıpta; hastalık mikroplarının imha edilmesinde, tümör hücrelerinin yok edilmesinde, nano-denizaltılar ile damarlardaki tıkanıklıkların anında açılmasına, DNA yongaları, biyo-uyumlu malzemeler, analiz ve ilaç salınımı amaçlı protezler, sinir/beyin temas elektrotları, antijen/antibody/DNA patternle kaplı parçacıklar, optik işaretleme, ayırma için manyetik veya ısıtma, ilaç salınımında, yaşlanmanın geciktirilmesi, çevre biliminde; zehirli atıkların temizlenerek ekolojiye hizmette, çevre koruma ürünleri, elektronikte; optik/elektron/ iyon-ışın litografisi, nano-sensörler, mekanik veri toplama problemleri, iletken ve devre elemanı olarak nanotüpler, fizikte; analiz cihazları ve manipülasyon sistemleri, taramalı prob mikroskobu, yakın alan optik mikroskobu, optik cımbız, nanomekanik, kendi kendine organizasyon, kimya/malzeme biliminde; parçacıklar, kaplamalar, gözenekli malzemeler, dendritik moleküller, nano elyafli kompozitler, DNA esaslı iskeleler, bilişimde; atomik boyutta süper bilgisayarlar, DNA bilgisayarları, moleküler hesaplama, biyolojide; biyomolekül analiz, hücre süreç analizi, biyomineralizasyon, biyolojik motorlar, ucuz ve bol yiyecek kaynakları gibi bir çok alanda beklentileri olan bir bilim dalıdır. Görüldüğü gibi nanoteknolojinin bu kadar çok uygulama alanı bulmasının nedeni nano düzeyde maddenin makro boyutta bilinen kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin eşsiz özellikler göstermesidir. Nanometre boyutlarında madde dalga gibi davranmakta ve erime sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, ısı iletkenliği, manyetik özellikler, yüzey özellikleri gibi temel madde özelliklerinde değişiklik olmaktadır. Bu özellik değişimleri NBT araştırmalarında heyecan yaratmakta ve beklentileri arttırmaktadır. Bu durum yeni nesillerin eğitiminde NBT eğitiminin önemini ortaya koymaktadır. “Nano”

bilim ve teknoloji alanında popülerdir. Günümüzde NBT, yeni teknolojilerin ortaya çıkmasında ve bilimsel araştırmalarda başrol oynamaktadır. İleri bilimsel araştırmalar olduğundan teknolojik, sosyal, ekonomik beklentiler oluşturacak ve cevap verecek potansiyelde araştırmalardır. Sınırları gittikçe gelişen bilimsel bilgi bu araştırmalar sonucu oluşmaktadır. NBT eğitimi bu yüzden önemli ve ilginç bir alandır.

Nanoteknoloji; maddenin, belirgin özelliklere bağlı yeni uygulamaların gerçekleştirilebileceği yaklaşık 1-100 nm boyutlarında anlaşılması ve kontrolü bilimidir (NNI, 2011). Nanoteknoloji; nanometre ölçeğinde şekil ve büyüklüklerin kontrolü ile yapıların, donanımların ve sistemlerin tasarımları, tanımlamaları, üretim ve uygulamalarıdır (RS/RAeng, 2004).

Nano öneki “Küçük yaşlı adam ya da cüce” anlamına gelen Yunanca “Nanos” kelimesinden gelmektedir (nanno, n.d.). 1 nanometre, Uluslararası Birimler Sistemi’ne (SI) göre 1×10^{-9} metre(m) 'dir (1 metrenin milyarda biri). Nanometrenin standart sembolü nm'dir. Nanoteknoloji; nanometre ölçekte (atomik, moleküler ve makromoleküler ölçekte) boyut ve şeklin manipülasyonu yoluyla; yapıların, araçların ve sistemlerin tasarımı, karakterizasyonu, üretimi ve uygulaması sonucunda yeni/ üstün niteliğe ya da özelliğe sahip yapılar, araçlar ve sistemler üretmektir (Drexler, 1992). Nanoteknoloji kısaca “Atomik hassaslıkta mühendislik” faaliyetleridir.(Ramsden, 2009).

2.2. Endüstri 4.0 ve Eğitim

Endüstri 4.0, internet ve geleceğe yönelik teknolojilerin gelişmiş insan-makina etkileşimi paradigması, siber- fiziksel ve akıllı sistemlerin ilkelerini uygulayan dördüncü endüstri devrimidir. Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi ortaya çıkmasında kuşkusuz bilişim, iletişim ve internet teknolojileri alanlarındaki gelişmeler olmuştur. 20. yüzyılın son çeyreğindeki mekanikten kimyaya, fizikten elektroniğe kadar imalat teknolojilerinde önemli bilimsel, teknolojik, metodolojik ve teknik gelişmeler sonucunda otomasyon, mekatronik, robotik, nanoteknoloji ve 3D baskı alanlarında önemli yenilikler meydana gelmiştir (Sanders ve diğ., 2016).

Endüstri 4.0, teknolojiler ve değer zinciri organizasyonu kavramları için ortaklaşa bir terimdir. Endüstri 4.0'ın modüler yapılanmış akıllı fabrikalar için Siber Fiziksel Sistemler (SFS, CPS) fiziksel süreçleri izler, fiziksel dünyanın sanal kopyasını yaratır ve merkezi olmayan kararlar verir. Nesnelerin interneti üzerinden siber fiziksel sistemler birbirleri ve

insanlarla gerçek zamanlı haberleşir ve işbirliği yaparlar. Hizmetlerin interneti aracılığı ile hem iç hem de çapraz örgütsel hizmetler sunulur ve değer zincirinin katılımcıları tarafından yararlanılır (Banger, 2017; Hermann ve diğ., 2016) .

2. 3. Arduino Destekli Kimya Eğitimi (ChemDuino)

Arduino, sensörlerden alınan verilerin kullanılabileceği bir araçtır. Arduino'ya bağlı sensörler yardımıyla sıcaklık, reaksiyon hızı, basınç, nem, mesafe, ışık, renk ve ivme gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal değerler ölçülebilir. Ayrıca, meydana gelen değişiklikler takip edilebilir. Arduino, teknolojinin eğitim ortamında kullanılmasını sağlayan, deneyler ve projeleri gerçekleştirebilecek çok uygun bir arayüz, sensörlerin birbirine entegre olduğu bir mikroişlemcidir. Walkowiak ve Nehring (2016), tarafından geliştirilen kullanımı kolay dijital veri toplayıcısı ChemDuino (Chemistry-Arduino) geliştirilmiştir. ChemDuino, Arduino donanım ve yazılım uygulaması kullanılarak kimya öğretimini ve öğrenmesini gerçekleştirecek fırsatlar sunmaktadır. Sıcaklık, pH ve iletkenlik gibi sensörler arasındaki ilişkiler farklı sensörler kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bu arada gerçek zamanlı veri eldesi ve takibi yapılabilmektedir. Bu araştırmasında Walkowiak ve Nehring (2016), sistemi pH ve sıcaklık sensörlerini birleştirerek nötrleştirme reaksiyonlarındaki sıcaklık artışına bağlı olarak pH değişimindeki verilerin kaydedilmesinde ve grafiğe aktarılmasında kullanmışlardır.

Türkoğuz (2019), Arduino destekli analitik kimya deneylerinin öğretmen adaylarının bilgi teknolojilerine olan öz yeterlikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesini amaçladığı çalışmada yapılan deneylerin teknolojinin öz yeterlik üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Kimya eğitimindeki yeni eğilim, müfredata mikrodenetleyicileri dâhil etmektir; bu da deneyleri daha çekici kılar ve öğrenci merakını motive eder (Urban, 2014; Mabbott, 2014; Kubínová ve Šlégr, 2015; Walkowiak ve Nehring, 2016).

2.4. Nesnelerin İnterneti ve Eğitim

Nesnelerin İnterneti günlük hayatımızda gün geçtikçe daha yaygın hale gelmektedir. İlk çalışmalar gösteriyor ki, IoT'nin eğitim ve öğretim ortamlarında kullanılması sürece olumlu etkiler göstermiştir. Gómez ve arkadaşları (2013), QR kodları ile elde ettikleri dijital bilgileri içeren fiziksel öğrenme nesneleriyle çalışmıştır. Bu basit yöntemle fiziksel ve sanal dünyalar birbirine bağlanabiliyor ve analog öğrenme içeriği multimedya ile zenginleşebiliyordu.

Başka bir çalışma, aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi harici faktörlerin otomatik kontrolünün öğrenme süreçlerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir (Uzelac ve diğ., 2015).

2.5. Nesnelerin İnterneti ve Nanoteknoloji

Nano Nesnelerin İnterneti (IoNT) (Akyıldız ve Jornet, 2010; Jornet ve Akyıldız, 2012) belirli bir kısıtlama alanı olan teknolojiyi (bu durumda nanoteknoloji) hedefleyen tasarımı gerçekleştirilmeyi bir ASIoT (Application Specific Internet of Things) örneği olarak hizmet eder. Tasarım parametreleri, tasarımın gerçekleştirilmesinde bu (nanoteknoloji) alanda hangi iletişim ve bilgi işleminin gerçekleştirilebileceğinden güçlü bir şekilde etkilenir. Nanoölçekte iletişim iki şekilde olabilir: 1. Moleküler iletişim moleküllerde kodlanan bilginin iletiminde ve alımında kullanma ve 2. Nanoelektromanyetik iletişim- yeni nanomalzemelere dayalı elektromanyetik radyasyonunun iletimi ve alımının kullanılması (Jornet ve Akyıldız, 2012). Nanoteknoloji alanındaki akıllı nesneler arasında nano-sensörler, nano-aktüatörler, nano-düğüm, nano-yönlendiriciler, nano-mikro arayüz ve IoNT'yi küresel İnternet'e bağlamak için ağ geçitleri (ör. akıllı telefonlar) bulunur. IoNT için tasarım zorlukları kullanılan nanomalzemelerin özelliklerinden kaynaklanmaktadır (örneğin grafen nanoşerit (GNR) veya karbon nanotüp (CNT)). Jornet ve Akyıldız (2012), Akyıldız ve arkadaşlarının (2015) çalışmalarında, IoNT kavramını, Multimedya Nano Nesnelerin İnterneti'ne (IoMNT) ve Bio Nano Nesnelerin İnterneti'ne (IoBNT) genişlettiler. IoBNT, Moleküler nano ağların biyokimyasal alanı ile elektromanyetik ağların elektriksel alanı arasında, sürekli sağlık izleme ve insan vücudundaki bakteriyel sensör aktüatör ağları vaadiyle bağlantıların geliştirilmesini gerektirir. IoBNT, insan vücudunun sağlık durumunu sürekli izleme ve bakteriyel sensör aktüatör ağları vaadiyle elektromanyetik ağların elektrik alanı ile moleküler nano ağların biyokimyasal alanı arasında bağlantıların geliştirilmesini gerektirir. Kuşcu ve Akan (2015), moleküler mesajları elektrik sinyallerine dönüştürebilen bir moleküler anten oluşturmak için alan etkili transistör tabanlı biyosensörlerin (bioFET'ler) kullanılmasını önermişlerdir.

Nesnelerin interneti için kullanıcıların ve cihazların durumu hakkında ortak bir anlayış; bağlamsal bilgi sunmak için yazılım mimarileri ve yaygın ağlar; akıllı teknolojiyi gösteren yüksek performanslı veri analitik araçları gereklidir (Gubbi ve diğ., 2013).

2.6. STEM –GLASS Yaklaşımı ve Nanoteknoloji Eğitimi

Taşınabilir ve güvenilir bir çip üstü laboratuvarı (lab-on-a-chip) platformu, tıbbi teknolojide devrim yaratacaktır. Çünkü bu teknoloji gerçek zamanlı testlere erişilebilirliği artırır ve test maliyetini önemli ölçüde düşürür. Ortaya çıkan bu disiplinlerarası nano özellikli teknoloji platformu, küresel yarı iletken endüstrisi tarafından elde edilen küçültülmüş önemli yeni iş fırsatları yaratıyor.

2.6.1.STEM, STEAM, STREAM ve STEM-GLASS

Nanoteknoloji bağlamında STEM-GLASS yalnızca fen, matematik, mühendislik ve teknolojinin öğretilmesi ve öğrenilmesinde değil, aynı zamanda sosyal ve beşeri bilimlerin öğretilmesi ve öğrenilmesinde etkilidir. STEM-GLASS deneyimleri, dil sanatları, sosyoloji ve tarih, sivil toplum ve siyaset bilimi, fizik, kimya, biyoloji ve matematiği içeren çok çeşitli disiplinlerden seçilen öğretmen ekipleri tarafından yürütülmelidir. Fen ve matematik öğretmenleri beşeri ve sosyal bilimleri öğrenmelidirler; ancak, daha da önemlisi, beşeri bilimler ve sosyal bilimler öğretmenleri matematik ve fen bilimleri öğrenmek zorundadır. Son olarak, yalnızca yaşam boyu öğrenen öğretmenler, öğrencilerini etkin bir şekilde yaşam boyu öğrenenlere dönüştürebilecektir.

Nano-STEAM+ eğitimi transdisiplinler arası eğitim platformalarında geliştirilmiş bir süreçtir; fen, matematik, teknoloji ve mühendisliği aşan ve derinleştiren bir süreç olduğundan “+” ve sanatla kusursuz entegrasyonu mümkündür. Öğrencileri yaratıcılık ve yenilikçiliğe değer veren kariyerlere hazırlamaya yardımcı olur. Var olan problemleri çözmeye, eleştirel düşünme ve iletişim becerilerini geliştirir. Ayrıca, topluma fayda sağlayacak ve küresel zorluklara karşı gelecek nanoteknolojiler için son derece küçük malzeme ve nanoskopik süreçlerin keşfedilmesi, anlaşılması, uygulanması, entegrasyonu, uygulamaları ve sonuçlarının yorumlanması ile ilgili fikir sahibi olmalarını sağlar. Gelişmekte olan 21. yüzyıl eğitim paradigması bilgi, enerji, ulaştırma tarım, sağlık ve biyoteknoloji gibi ilişkili sektörlerde görülmeye başlanmıştır. Nano-STEAM+ eğitimi inovasyonu ve iletişimi katalize eden, örneğin matematik, fizik, kimya, biyoloji, malzeme, bilgisayar bilimi ve mühendislik gibi nano ölçekli uygulamalı bilimin birbirleriyle yakınlaşmasını kolaylaştıran ve sosyal bilimler ve sosyoloji gibi diğer önemli disiplin alanlarıyla ilişkileri yönlendiren ve teşvik eden bir platform sağlar (Herr, 2016).

STEM kavramı 19. yüzyılın ilk zamanlarına dayanmakla (Ostler, 2012) birlikte 2001 yılında Judith Rahmaley tarafından kavramsal olarak ortaya atılmıştır (White, 2014).

Eğitim öğretim faaliyetleri, öğretimin tasarlanmasıyla okul öncesinden başlayarak yükseköğrenime kadar öğrencilerin programın öngördüğü sözel ve sayısal kazanımların yanında eleştirel düşünme, yaratıcılık, iletişim, problem çözme becerilerine sahip olmalarını ve öğrencilerin bu becerileri kullanabilmelerini hedeflemelidir. Türkiye’de 2017 yılında değişikliğe gidilen fen öğretim programlarında STEM anlayışına bir yönelim olduğu görülmektedir. STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik-FeTeMM) eğitimi, gittikçe daha çok mühendislik ve teknolojiye dayanan yeni ekonominin ihtiyaç duyduğu insan kaynağını yetiştirmek için ortaya atılmış yeni bir paradigmadır (Kılıç ve Ertekin, 2017). STEM, matematik, doğa bilimleri, mühendislik, mühendislik teknolojileri, bilgisayar ve bilgi bilimleri alanlarını (Chen, 2009), bunun yanında sosyal/davranış bilimleri, psikoloji, ekonomi, sosyoloji ve politikayı (Green, 2007) içine alan geniş bir faaliyet alanını ifade etmektedir. Sanders (2009), entegre STEM eğitimi “STEM konusu alanların herhangi biri veya daha fazlası arasında ve / veya STEM konusu ile bir veya daha fazla diğer okul konusu arasında öğretim ve öğrenmeyi araştıran yaklaşımlar” olarak tanımlamıştır. Sanders (2009), diğer STEM bileşenlerinden en az birini öğrenmek için elde edilen sonuçların, bir teknoloji ya da mühendislik dersinde matematik ya da fen öğrenme sonucu gibi bir amaç doğrultusunda tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Sanders, 2009). Moore ve diğerleri (2014), entegre STEM eğitimi “bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin tümünü veya bir kısmını, dersler ve gerçek dünya sorunları arasındaki bağlantılara dayanan bir sınıf, birim veya derste bir araya getirme çabası olarak tanımlamıştır. Entegre STEM müfredat modelleri, öncelikli olarak bir konuya odaklanmış STEM içerik öğrenme hedeflerini içerebilir, ancak bağlamlar diğer STEM bileşenlerinden gelebilir (Moore ve diğ. 2014). Bununla birlikte, entegre STEM eğitimi, öğrenci öğrenimini geliştirmek için bu konuların bağlanması amacıyla, özgün bir bağlamda STEM uygulamalarına bağlı iki veya daha fazla STEM alanının STEM içeriğini öğretme yaklaşımı olarak tanımlarız (Kelley, 2016).

STEM eğitimi, problemleri çözmek için mühendislik tasarım sürecine girmeden önce öğrenciyi bilgilendirmek için soruşturma yoluyla cevaplanmış soruları formüle ederek bilimsel araştırmayı birbirine bağlayabilir (Kennedy ve diğ. 2014). STEM eğitiminin

iyileştirilmesi, aynı zamanda, teknolojik ve bilimsel alanlarda nüfus içindeki tüm insanların okur-yazarlığını artırabilir (NAE ve NRC 2009; NRC 2011).

Akgündüz ve arkadaşları (2015), hazırladıkları STEM Eğitimi Türkiye Raporu'nda ülkenin eğitim politikaları ve ihtiyaçları göz önüne alınarak STEM eğitimi, programlama STEM+C (STEM+ Computing), girişimcilik STEM+E (STEM+Entrepreneurship) ve sanat/tasarım STEAM (STEM+ART) uygulamalarının da yapılmasını önermektedirler. STEM'e zamanla yeni bileşenler eklenmiş STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Math), STREAM (Science, Technology, Reading/ Religion, Engineering, Arts, Math) ve STEAM GLASS (Science, Technology, Engineering, Arts, Math, Geography, Language Arts, Social Studies) şeklinde yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır (Kılıç ve Ertekin, 2017). 21. yüzyıl iş ekosistemi becerileri, FeTeMM okuryazarlığı çerçevesinde tanımlanmakta ve günümüzün rekabete dayalı dünyasının sosyal, ekonomik, kültürel ve politik sorunları ile ilişkilendirilmektedir (Kılıç ve Ertekin, 2017). Alanyazında STEM eğitiminin nasıl uygulanacağı ve eğitim içeriğiyle nasıl bütünleştirileceği hakkında iki türlü yaklaşım karşımıza çıkmaktadır. Birincisi içerik (content) bütünleştirmesinde fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının tek bir disiplin olarak tek bir müfredatta tasarlanması öngörülmektedir (Breiner ve diğ., 2012; Roehrig ve diğ., 2012). İkincisi bağlam (context) bütünleştirmesinde ise, ilgili alanlardan herhangi biri merkeze alınır ve diğerlerinden en az biri merkeze alınan disiplinin daha iyi öğretilmesi için yardımcı olarak tasarlanır (Roehrig ve diğ., 2012; Corlu, Copraro ve Copraro, 2014). STEM kısaltması üst disiplinlerin baş harfleriyle oluşsa da Green (2007), bu disiplinlerin yanı sıra sosyal bilimler (SS), psikoloji, ekonomi ve politika gibi disiplinlerin de STEM içinde yer aldığını ifade etmiştir.

2.6.2. STEM-L (Science, Technology, Engineering, Matchematic and Linguistic)

Öğrenciler yeni kavramlar kullanırlar ve bunları öğrenirler. Bu kavramları kullandıkları tartışma ortamları oluşur. Böylece öğrencilere kavram öğretimi ve öğrenimi üzerinden hem kendi ana/bilim dilini, hem bilimsel / literatür dilini hem de bu kavramların İngilizce/yabancı dildeki kullanılma biçimlerini öğrenme fırsatı bulurlar. Önce bilimsel süreç becerilerine hitap eden uygulamalardan sonra kavram/kelime öğretimi yapılır. Mühendislik uygulamaları yapıp tasarım üzerinden kavramların öğretilerek öğrencilerin dil gelişimi sağlanmış olur.

2.7. Nesnelerin İnterneti ve STEM-GLASS Yaklaşımı

Nesnelerin İnterneti (IoT), dünyadaki çeşitli fiziksel varlıkların birbirleriyle bağlantı kurmasını sağlayan yeni bir ağ paradigması olarak ortaya çıkmıştır. Her yerde bulunan bilgi işlem ve iletişim için sayısız çok ölçekli sensör ve cihazın sorunsuz bir şekilde harmanlandığı yeni nesil iletişim altyapısıdır. Bu varlıkların gözlemlenen veya üretilen bilgileri, bina yönetimi, enerji tasarrufu sistemleri, gözetim hizmetleri, akıllı evler, akıllı şehirler vb. gibi farklı hizmet alanlarında faydalı bilgiler sağlama konusunda büyük bir potansiyele sahiptir (Gubbi ve diğ., 2013). IoT tabanlı öğrenme çerçevesi, sınıflarda veya öğretim sırasında öğretilen soyut kavramları ve teorileri pratik, uygulamalı deneyimsel bilgilere dönüştürmek için iletişimsel, entegre bilgi işlem cihazları ve araçlarının bir koleksiyonudur (He ve diğ., 2016). Kullanımı her alanda giderek artmaktadır. IoT uygulamalarının hızla artması bu alanda ihtiyaç olan profesyonellere olan talebi arttırmaktadır. Teknoloji becerileriyle donatılmış yeni nesil öğrencileri eğitmek için laboratuvar tabanlı bir öğrenme çerçevesine ihtiyaç vardır. Bunun için IoT'nin, STEM öğrenme paradigması ile birarada düşünülmesi öğrencinin öğrenme deneyimini hazırlayan ve geliştiren uygulamalı, problem çözme, tasarım odaklı ve pedagojiyi kullanarak bilişim teknolojileri ile STEM-GLASS alanlarını birarada düşünmesini sağlayan bir ortamdır. Kimya dersi özelinde yapılan kimya laboratuvar deneylerinin kavramlarını, teorilerini öğretmek ve uygulamasını gerçekleştirmek için STEM yaklaşımının kullanıldığı etkinliklerde öğrenciler 21. yüzyıl bilim ve endüstrisine hazırlanacaktır. Teknolojinin bir laboratuvar deneyine sorunsuz şekilde kullanılması öğrencilerin STEM becerilerini ortaya çıkarmaları ve geliştirmelerinde bilişim teknolojilerinin bu çerçeveye entegre etmeleri önemlidir.

2.8. 21. Yüzyıl Becerileri

Eğitimin en önemli amaçlarından biri bireyleri geleceğe hazırlayarak yaşanan değişim gelişmelere uyum sağlamak ve bu süreçte sahip olması gereken bilgi ve becerileri kazandırmaktır. Hızla değişen dünyada eğitimde gerçekleşen yenilik ve gelişmeleri kavrayan, kendilerine düşen görevin farkında olan (Erdem ve Demirel, 2002) ve bilgi çağının kendisine özgü koşullarına uyum sağlayabilen, kritik düşünebilen, sorunlara farklı çözümler geliştirebilen (Dağ, 2016) bireylerin yetiştirilmesi gereklidir. 21. yüzyıl bireyinin, Uluyol ve Eryılmaz'ın (2015) belirttiği gibi iş yaşamı ve eğitim yaşamında bireylerin başarılı olmaları için yaratıcı ve eleştirel düşünebilen, işbirlikçi, problem çözücü, iletişim becerilerine sahip, bilgiye nasıl ulaşılabileceğini bilen, teknolojiyi kullanabilen, yeni fikirlere açık, esnek ve uyumlu, sorumluluk sahibi, öz yönetimli, inisiyatif kullanabilen,

sosyal ve kültürel becerileri gelişmiş, üretken ve liderlik özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Hazırlanacak olan eğitim programları 21. yüzyıl becerilerini karşılayacak ve gelecekte karşılaşılabileceğimiz değişimlere ve gelişmelere bireyi hazırlamalıdır.

2.9. Geleceğin Meslekleri

Gelecekteki mesleklere yönelik beceriler düşünüldüğünde temel beceriler yanında çoklu işlevsel beceriler söz konusu olmaktadır. Bu beceriler problem çözme, bilgi teknolojileri kullanımı, yaratıcılık ve insan yönetimi gibi becerilerdir. Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte meslek ve sahip olunması gereken beceriler yıllara göre değişmektedir. Meslek seçiminde kişisel özelliklerin çok ön plana çıktığı bir çağı yaşamaktayız. Yakın gelecekte önem kazanan meslekler arasında; Sodexo'nun (2014), 2030 yılı için öngördüğü 30 meslek şunlardır; arttırılmış gerçeklik mimarı, özerk araç operatörü, avatar ilişki yöneticisi, çiftçi şef, deneyimli şef memuru, dijital kimlik planlayıcısı, dijital arkeolog, enerji hasatçısı, çevresel sağlık hemşiresi, finansal teknoloji uzmanı, gelecek rehberi, küresel kaynak yöneticisi, küresel sistem mimarı, halka yakın araştırmacı, yeşil kart koçu, hekim, ofis kapıcısı, çevrimiçi topluluk organizatörü, örgütsel dönem yöneticisi, kişisel marka yöneticisi, kişisel bakım koordinatörü, bitki psikoloğu, post-normal iş danışmanı, rezidans teknisyeni, tohum sermayecisi, akıllı yol tasarımcısı/mühendisi, yetenek avcısı, terabayter (yaşam günlükçüsü), transhumanist danışmanı, wiki yazarı (Çepni ve Ormancı, 2017). Ülkemizde önem kazanacak mesleklerin, yaşlı sağlığı yöneticisi-özel danışmanı, nano tıp uzmanı, yeni bilim etiği, sosyal ağ oluşturma işçisi, sanal avukat, kişisel bakım koordinatörü, çiftçi şef, yetenek avcısı, dikey düzlem çiftçisi, iklim değişikliğini tersine çevirme sorumlusu, etik bilgisayar korsanı olabileceği düşünülmektedir (Çepni ve Ormancı, 2017).

2.10. Araştırmada Kullanılan Öğretim Yöntemleri

Literatürlerde STEM'in sınıf içi ve dışı entegrasyonunda öğretim yöntemleri olarak 5E öğrenme modeli, proje tabanlı öğrenme modeli ve STEM SOS modeli karşımıza çıkmaktadır (Capraro, 2013). Tasarlanan etkinlikler uygulanırken bu öğretim yöntemlerinin kullanılması, özellikle bireylerin Endüstri 4.0 çağında karşılaşılabilecekleri NBT özelindeki problemlerde katılımcıların bilimsel araştırma becerilerini geliştirecektir. Bunun yanında bu uygulamalar katılımcıların başta mühendislik becerilerini kullanarak disiplinlerarası süreç becerilerine odaklı, öğrencilerin kendi yapılandırdıkları öğrenme ve değerlendirme sürecinde öğrenci merkezli bir öğretim sağlayacaktır.

2.11. İlgili Alanyazın

2.11.1. Karma araştırma yöntemi ve kuramsal çerçeve

Creswell'e (2017) göre Karma yöntem araştırmaları; araştırmacının problemleri anlamak amacıyla nicel ve nitel veriler toplayarak iki veri setini birbiriyle bütünleştirdiği ve daha sonra bu iki veri setini bütünleştirmenin avantajını kullanarak sonuçlar çıkardığı, sağlık, sosyal ve davranış bilimleri alanında kullanılan bir araştırma yaklaşımıdır. Karma yöntem araştırmalarında araştırma sorularına cevap bulmak için nicel ve nitel veriler toplanır ve analiz edilir. Hem nicel hem de nitel yöntemlerinin güçlü yönleri kullanılır. Nicel ve nitel verilerin birleştirilmesi ve bütünleştirilmesi için bir özel karma deseni kullanılmasına imkân sağlar.

Karma yöntem araştırması geniş ve soyut seviyede işlevsel olan felsefi varsayımlar tarafından kuşatılmış olup felsefi varsayımları bilgiyi sorgulamaya yol gösteren bir dizi inanış ve varsayımlardan oluşur. Karma yöntem araştırmalarında dünya görüşü bağlamında farklı yazarlar çeşitli dünya görüşü önermişlerdir. Bunlardan biri postpozitivizm genellikle nicel yaklaşımlarla ilişkilendirilerek determinizm veya sebep-sonuç ilişkisi, seçilen değişkenlerin daraltılıp odaklanarak indirgemecilik, değişkenlere yönelik yapılan ayrıntılı gözlemler ve ölçümler ve sürekli yinelenen kuramları test etme yoluyla bilgi hakkındaki iddiaları temellendirir (Slife ve Williams, 1995). Bir diğeri nitel yaklaşımlarla ilişkilendirilen yapılandırmacılık, katılımcıların kendi anlayışlarını yansıttıkları kendi kişisel geçmişleri ve başkalarıyla olan sosyal etkileşimleri ile şekillenen anlamaları kullanarak kişisel bakış açılarından genellemeler kullanır. Katılımcı dünya görüşü politik meselelerden etkilenerek toplumu iyileştirmeye yönelik, yetkilendirme ve sorun odaklı, işbirlikli ve değişim odaklı, nicel yaklaşımlardan çok nitel yaklaşımlarla ilişkilendirilen dünya görüşüdür. Son olarak, pragmatizm ise araştırmanın odağında yöntemden çok araştırmanın sonuçlarının önemli olduğu, araştırma probleminin önemi ve çalışılan konunun problemi için çoklu veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı çoğulcu bakış açıları ile işe yararlılık ve uygulamaya yönelik dünya görüşüdür. Bunun yanında bir karma yöntem araştırması için en iyi dünya görüşü uygulanması noktasında pragmatizm, dönüştürücü-özgürlükçü paradigma, eleştirel realist bakış açısı da önerilmiştir (Creswell, 2017).

Karma yöntem araştırma deseniyle ilgili önerilen bir başka dünya görüşü yaklaşımı ise birden fazla dünya görüşünün kullanılabileceği ve çoklu dünya görüşlerinin seçiminin araştırmacının sosyal dünyayı nasıl "bilme" girişiminin bulunmasından öte karma yöntem deseninin türü ile ilişkili olduğunu ifade eder. Araştırmalarda kullanılan nicel yöntemler

postpozitivist dünya görüşü içinde kullanılır. Örneğin araştırmaya bir anketle başlanılmışsa araştırmacının postpozitivist dünya görüşünü örtük biçimde kullanarak çalışmanın özel değişkenlerle, deneysel ölçümlerle ve anketlerle test edilecek bir ön kuramla başladığı anlaşılır. Devamında araştırmacı anket sonuçlarını takip etmek ve açıklamak için nitel yöntemlere geçiş yaptığında dünya görüşü yapılandırmacı dünya görüşüne kaymış olur. Çalışma grubunda hedef anketin sağlayabileceğinden daha derinlemesine bir anlayış elde etmek için katılımcılardan çoklu anlamlar ortaya çıkararak anket sonuçlarını açıklayacak bir kuram veya cevaplara yönelik kalıplar geliştirmektir.

Bu karma yöntem araştırmasında birleştirme-müdahale karma deseni kullanıldığı için birden fazla dünya görüşü kullanabileceği yaklaşımı ve çoklu dünya görüşlerinin seçiminde araştırmacının sosyal dünyayı bilme çabasından dolayı postpozitivist ve yapılandırmacılık dünya görüşlerinin benimsendiği çoklu dünya görüşü benimsenmiştir. Çünkü araştırmanın başında ve sonunda nicel veriler (anket, ölçek) toplanılmış ve analiz edilmiştir. Süreçte gerçekleşen değişim belirlenmiş ve uygulamanın etkililiği veri toplama araçlarıyla ölçülmüştür. Bu nicel süreç postpozitivist varsayımlardan hareketle çalışacaktır. Süreç boyunca yapılan uygulamanın her aşamasında nitel veriler toplanılmış ve analiz edilmiştir. Bu nitel süreçte ise çoklu katılımcı genellemelere ve derinlemesine anlamaya yönelik sürecin tümevarımsal değerlendirildiği bir bakış açısı söz konusudur.

2.11.2. Çalışmanın değişkenleri ile ilgili araştırmalar

Bu çalışmada öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin, nanoteknolojiye karşı tutumlarının, STEM'e karşı tutumlarının, STEM mesleklerine yönelik ilgilerinin, NBT kavramsal anlamaları etkinliklerin uygulanması sürecindeki değişimi, NBT ile ilişkilendirilebilecek MEB ortaöğretim kimya öğretim programında bulunan çekirdek konular, STEM-GLASS yaklaşımına IoT ile yapılan NBT deneyinin entegre edilmesi, uygulanan Nano-STEM-GLASS etkinliklerinin öğrencilerin gelecekteki mesleklere yönelik görüşlerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu bölümde bu değişkenlere ilişkin alan yazına yer verilmiştir.

Herr (2016), kitap bölümünde stratejik açıdan yirmi birinci yüzyıl akademik, hükümet, sanayi ve toplumsal ihtiyaçları ele alabilen Nano Ölçekli STEAM+ eğitim sistemlerinin gerekli niteliklerini incelemiştir. Bu tür sistemlerin eğitim tedarik zinciri içerisindeki tüm kilit paydaşların karşılıklı olarak destekleyici karşılıklı bağımlılıklarından yararlandığını

ifade etmiştir. Aynı zamanda yakınsak, disiplinlerarası ve uygulamalı platformda geliştirilmiş eğitim fırsatlarını da beslediğini belirtmiştir.

Kähkönen ve diğerleri (2016), nanobilimlerin disiplinler arası doğası, farklı düzeylerde fen eğitimine ne gibi fırsatlar ve zorluklar getirdiğini araştırdığı çalışmada günümüzde nanobilimlerin çok tartışılan disiplinlerarasılığını analiz etmekte ve sonra bu özelliklerin eğitimde nasıl ve neden ele alınması gerektiğini tartışmışlardır.

Bhushan (2016), nanoteknolojinin bir “mega trend” i temsil ettiğini ve “genel amaçlı” bir teknolojiye dönüştüğünü iddia etmektedir. 2000 yılının bir icra faaliyeti olan Ulusal Nanoteknoloji Girişimi’nin 2003 yılında 21. Yüzyıl Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Yasası ile resmiyet kazandığını belirtmiştir. ABD’ndeki FY 2015 ile federal Ar-Ge yatırımı, 2015 yılı yıllık yatırımlarıyla yaklaşık 20 milyar dolar olduğunu ve özel sektör tarafından yaklaşık 1.5 milyar ve iki kattan fazla olduğunu ifade etmiştir. Nano özellikli ürünlerden elde edilen gelirler, yalnızca ABD’de 200 milyar dolar ve dünya çapında 700 milyar doların üzerinde artışla büyümeye devam etmektedir. Bu, yatırımın etkileyici bir geri dönüşünü temsil ettiğini ve nanoteknolojinin potansiyel güvenlik konuları, işgücünün gelişimi, eğitim ve müfredat üzerine araştırmaların sürdürülmesi gerektiğini önermektedir.

Blonder ve Sakhnini (2016), NBT’nin karşılaştığı en büyük sorunlardan birinin eğitim olduğunu belirtmişlerdir. Bu zorlukla baş etme çabası, NBT alanındaki birçok eğitim programı, müfredat ve modülün ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak NBT’nin eğitimsel yönünü geliştirmek için yeterli bir temel oluşturmak amacıyla, öğretilmesi gereken NBT kavramlarının belirlenmesine ihtiyaç olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bu konuyu ele almak için, NBT’yi oluşturan temel kavramların haritalandırılması ve bu kavramlar üzerine uygun eğitim programlarının tasarlanması gerekliliğini belirtmişlerdir.

Cohen ve arkadaşlarının (2016), çalışmalarında eğitimden fazla olmamakla birlikte internetin nasıl, nerede ve ne zaman öğrendiğimize yönelik yeni fırsatlar sunarak modern toplumun tüm yönlerini etkilediğini anlattığı makalesinde NBT, internetin hızlı bir şekilde büyümesiyle benzer bir zaman çerçevesinde geliştiğini ve böylece nanobilim eğitimi için internet kullanımı, genel olarak internet-etkin eğitim için ilginç bir paradigma işlevi gördüğünü iddia etmişlerdir.

Schönborn ve arkadaşlarının (2016), nano eğitimde, algılanamaz küçük nesneler ve süreçleri kavramsallaştırmanın zorluğuna dikkat çekmiştir. Etkileşimli görselleştirmenin,

nano ölçekli kavramların ve ilkelerin aktif olarak araştırılması yoluyla nanodünyaya erişim sağlamak için tek bir potansiyel çözüm olarak hizmet vermekte olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma literatürdeki bir dizi interaktif görselleştirmeyi ortaya koymakta ve açıklamaktadır ve eğitim, algısal ve bilişsel etkileriyle ilgili araştırma bulgularını gözden geçirmektedir. Nano öğrenme ve öğretme için etkileşimli görselleştirme uygulamalarını sunmaktadır.

Trybula ve arkadaşlarının (2016), çalışması nanoteknoloji güvenliği ile ilgilidir. 2006'dan başlayarak, Teksas Devlet Üniversitesi'nde çalışanlara ve öğrencilere nanoteknoloji güvenliği unsurlarında eğitim vermek için bir eğitim süreci geliştirmişlerdir. Aksiliklerin ortaya çıktığından ve yavaş ilerleyen bir süreç olduğundan bahsetmiştir. Çalışma nanoteknoloji güvenliği eğitiminde ve nanoteknoloji güvenliği sertifikasyonundaki iki kurstan oluşan faaliyetin içeriğini ve detaylarını göstermektedir.

Atomik kuvvet mikroskopisi (AFM), nanobilimin önemli bir parçasıdır. Pic ve arkadaşları (2016), tasarımının sadeliğine rağmen AFM'yi öğrenmenin ve öğretmenin zor olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında mevcut eğitim literatüründen AFM için beş eğitim seviyesi tanımlamışlardır. AFM eğitmenlerinin görüşleri ve anketten toplanan verilerden yola çıkarak tavsiyeleri, genel uygulamaları ve kaynakların listesini bir web sitesinde ve ilgili kitap bölümünde derlemişlerdir. Bu çalışma, eğitimcilerin kendi AFM eğitim deneyimlerini tasarlamalarına yardımcı olacak bir kaynak niteliğindedir.

Nonninger ve arkadaşları (2016), günlük yaşam, endüstri ve araştırmalara olan farklı bağlantıları nedeniyle nanoteknolojinin bilim sınıfı için yüksek potansiyel sağladığını belirtmişlerdir. Nanoscience Eğitiminin (Alman) eğitim sistemine kapsamlı bir şekilde uygulanması için Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim kavramı uygun bir eğitim çerçevesi sunmakta olduğunu düşünmektedirler. Çalışmada konuyla ilgili içeriklerin yanı sıra (uluslararası) müfredatlı yenilikler için ekolojik, ekonomik ve sosyal perspektifler sunmaktadırlar.

Bell (2016), yazdığı kitap bölümünde 2005 yılında Ulusal Bilim Vakfı ödülü ile kurulan Nano Ölçekli Bilişsel Eğitim Eğitimi Ağı (NISE Net)'nin, yüzlerce yaygın eğitimci ve üniversite araştırma bilimcisinden oluşan bir ağ oluşturduğu ile ilgilidir. Bölüm, bu amaçla ve geliştirmekte olan teknolojiler hakkında bilgi edinmek için halkın ilgisini çeken yeni bilgileri içermekte ve zorlukların nasıl karşılandığını ve geleceğe yönelik düşüncelerin araştırılmasıyla ilgilidir.

Newberry (2016), nanoteknolojinin -moleküler ve atomik düzeyde anlama, ölçme ve oluşturma- sadece üst düzey öğrenciler ve araştırma kurumları için değil, aynı zamanda teknik ve toplum kolejlerinde ve ayrıca yüksekokullarda da popülerlik kazanmakta olduğu görüşündedir. Talep açısından bakıldığında, çok sayıda çalışma, sadece doktora düzeyinde değil, teknisyen seviyesinde de yüz binlerce nanoteknoloji bilgisine sahip çalışana ihtiyaç olduğunu göstermiştir (Roco, 2011).

Healy (2016), kitap bölümünde 2004-2015’de Ulusal Nanoteknoloji Altyapı Ağı (NNIN), geniş ve çeşitli bir eğitim ve sosyal yardım (E & O) programı olan ve Ulusal Bilim Vakfı (National Science Foundation, NSF) tarafından finanse edilen tesis programında bahsetmektedir. NNIN’in E & O misyonunun, nanoteknolojinin büyümesine ve bireylere (okul çağındaki öğrencilerden yetişkinlere) eğitim ve öğretim sunarak yetenekli bir işgücüne ve bilgilendirilmiş kamuya duyulan ihtiyaçlara yönelik geniş kapsamlı ihtiyacını ele aldığını belirtmiştir. Ulusal ve yerel programların iki yönlü bir yaklaşımını kullanarak NNIN, çeşitli yenilikçi faaliyetleri tanımladığını, geliştirdiğini ve uyguladığını anlatmıştır. Bu bölümde, sayısız programından üçüne odaklanmaktadır: Lisans Öğrencileri için Araştırma Deneyimi; Lisansüstü Öğrenciler için Uluslararası Araştırma Deneyimi ve Uluslararası Araştırma Deneyimi. Ayrıca, program uygulamasının yanı sıra değerlendirme sonuçları hakkında ayrıntılar sunmuştur.

Möller (2016), Basel Üniversitesi'ndeki İsviçre Nanobilim Enstitüsü, nanobilimlerde kapsamlı disiplinlerarası ve uygulamaya yönelik bir eğitim sunmakta olduğunu belirttiği makalesinde Lisans programından ve yüksek lisans programından SNI Doktora Okuluna kadar, Basel, öğrencilerine mükemmel bir genç nanobilimci olma yolunda ilerlemeleri fırsatı sunulduğunu belirtmektedir. Bize programın tarihini ve genel bir görünümünü ve başarılarını sunmuştur.

Fastman (2016), Ulusal Nanoteknoloji Girişimi tarafından yetkilendirilmesiyle, Nano Ölçekli Bilim ve Mühendislik Merkezlerinin (NSEC'ler) yetenekli bir işgücünü geliştirmek ve etik, yasal ve toplumsal çıkarımlara (ELSI) dikkat etmek de dâhil olmak üzere nanoteknolojinin sorumlu gelişimini desteklemek için görevlendirildiğinden bahsetmiştir. Kaliforniya Üniversitesi'ndeki Toplumda Nanoteknoloji Ulusal Bilim Vakfı Merkezi olan NSEC, her ikisi de bu hedefleri Bilim ve Mühendislik Katılımcı Programı kapsamında ele almaktadır. ELSI odaklı takım tabanlı sosyal bilimler projelerinde fen ve mühendislik disiplinlerinden doktora öğrencileri yerleştirerek, bu program laboratuvar bilim adamları ve

sosyal perspektifler arasında daha sıkı bağlar oluşturduğunu belirtmiştir. Çalışmasında programa genel bir bakış sunmakta, katılımcıların iki özel araştırma akışına nasıl entegre olduklarını ve katılımcılar ile yapılan görüşmelerin analizlerini paylaşmıştır. Programın bir değerlendirmesinin bir parçası olarak yürütülen bu görüşmeler, Fen ve Mühendislik Akademisyenleri Programı'nın, mezunlarında sorumlu inovasyon savunucuları tarafından ortaya konan dönüşümlülüğü teşvik ettiğini kanıtlar niteliktedir.

2.12. Öğretim Programı ile İlişkilendirme

2.12.1. NBT'den Nano-STEM kavramsallaştırması

Nanoölçekli Bilim ve Mühendislik (NBM, Nanoscale Science and Engineering, NSE), modern bir araştırma alanıdır. Devrim niteliğinde yeni uygulamaların ortaya çıkması için maddeyi nano ölçekte manipüle etme ve bu ölçekte meydana gelen benzersiz özelliklerden ve olgulardan yararlanma becerisiyle ilgilenir. Biyomedikal uygulamalar, elektronik ve gelişmiş malzemelerden benzeri görülmemiş bir ilerleme hızıyla gelişmektedir. (Jones ve diğ., 2013).

NBT çalışmalarındaki başarılı gelişme eğitim alanında da adımlar atılmasını gerektirmiştir. Bu zorlukla yüzleşmeye çalışırken, NBM eğitimiyle ilgili tüm dünyada eğitimin tüm kademelerinde girişimler yapılmıştır (Feather ve Aznar 2011).

Bununla birlikte, NBM'nin eğitime dâhil edilmesi zorlu bir görev gibi görünmektedir. Öğretilecek içeriğin belirlenmesi, öğretmen eğitimi ve NSE içeriğini öğrenciler için erişilebilir hale getirecek deneysel etkinliklerin tasarımı gibi çeşitli konular ortaya çıkar (Hingant ve Albe 2010, Jones ve diğ., 2013).

Günümüz öğrencilerinin NBM'nin gelecekteki işgücünü oluşturabileceği düşünüldüğünde, ortaya çıkan bu alanla mümkün olan en kısa sürede etkileşim birincil odak noktası olmalıdır (Lin ve diğ., 2015).

Öğrencilerin STEM çalışmalarına ve ilgili kariyerlere olan ilgisinin belgelenmiş düşüşü nedeniyle eğitilmiş bir iş gücü sağlama endişesi artabilir. Bu dezavantaj, ya öğrencilerin okullarda öğrendikleri bilim ile günlük yaşamları arasında giderek artan bir uçurumun var olması ya da öğrencilere modern bilimsel ve teknolojik gelişmeler hakkında öğretmenin çoğu zaman hafife alınmasından kaynaklanıyor olabilir (Kähkönen, Laherto ve Lindell 2011).

Öte yandan, öğrencilere NBM ilerlemelerini öğretmenin, onları klasik fizik, kimya ve biyoloji alanlarında heyecanlandırmak ve STEM'de çalışma ve kariyer yapmaya yönlendirmek için bir motive edici olabileceği iddia edilmektedir (Healy 2009, Jones ve diğ., 2013).

İkinci tür argümantasyon, tüm eğitim düzeylerinde ortak bir tema olan yapı-özellik ilişkisinin açıklamasından kaynaklanmaktadır. Geleneksel okul müfredatı önce makroskopik özelliklere odaklanır ve atom düzeyinde açıklamalara götürür. Bununla birlikte, günlük yaşamımızda deneyimlediğimiz makro ölçekli olayların çoğu nano ölçek düzeyinde açıklamalar gerektirir. Örneğin, bazı bitkilerin süperhidrofobik özelliğinin kökeni hiyerarşik nano ölçekli yapılara dayanmaktadır (Bhushan 2016). Sonuç olarak, sadece atomlar ve moleküller ile karakterize edilen alt-nanodünya hayatımıza etki etmekle kalmaz, aynı zamanda nanodünya da manipüle ettiğimiz makro ölçekli materyallerin özelliklerini belirleyebilir.

2.12.2. Boyut ve ölçek

Boyut ve Ölçek, tüm NSE kavramlarının anlaşılması için temel olarak kabul edilir (Delgado ve diğ., 2015). Boyut, bir şeyin gerçek kapsamını veya miktarını ifade eder ve nano ölçek, NSE'nin odaklandığı nesnelerin boyutuna göre tanımlanabilir. Boyut ve ölçek değiştiğinde, sadece maddenin özellikleri değil, bu değişikliklerin altında yatan modeller, araçlar veya baskın kuvvetler de değişebilir (Stevens ve diğ., 2009). Jones ve diğerleri (2013), öğretmenler nanometrelerin boyutu ve ölçeği hakkında temel bilgilerden yoksunlarsa, materyallerin nasıl farklı davrandığını ve bu küçük ölçekte çalışırken araçların ve tekniklerin nasıl farklılaştığını öğrencilere nasıl anlayabilecekleri ve öğretebilecekleri açık olamayacağını belirtmişlerdir.

Magana ve diğerleri (2012), “Boyut ve ölçeğin” kavramsallaştırılmasına ilişkin beş düşünme düzeyi önermektedirler: (a) Kategorilere ayırma, benzer boyutlara sahip nesneleri kategorilere gruplamayı içerir. b) Sıralama, birkaç nesneyi boyutlarına göre sıraya koymayı içerir (en büyüğünden en küçüğüne örnekler sunma). c) “A nesnesi ile B nesnesi arasındaki boyut farkı, yaklaşık olarak C nesnesi ve D nesnesi arasındaki boyut farkıyla aynıdır” ifadesi ile tanımlanabilecek niteliksel olarak ilişkilendirilen nesneler d) Niceliksel olarak “A nesnesi ile B nesnesi arasındaki boyut farkı, C ve D nesnesi arasındaki boyut farkı kadar sayıdadır” ve e) Bir nesnenin sayısal mutlak boyutunu standart ölçü birimleri, örneğin bakteri boyutu 1

mikrometredir. İlk üç seviye büyüklüğe ve son ikisi bilişî ölçeklendirmeye yöneliktir ve hepsi NSE öğrenme hedeflerinde bağlamsallaştırılabilir.

Öğrencilerin NSE hakkında anlayış geliştirmede zorluklarla karşılaşmalarının ana nedenlerinden biri, sezgi eksikliğidir (Xie ve Pallant 2011). Sadece bir nanometrenin ne kadar küçük olduğu veya bazı nanomalzemelerin yapılarının neye benzediği gibi gerçekleri bilmek için değil, daha da önemlisi malzemelerin nano ölçekte nasıl davrandığı veya nano ölçekli sistemlerin nasıl davrandığı gibi daha yüksek bir düşünme düzeyi elde edilir. Nano ölçekli dünya, elektromanyetik kuvvetler ve kuantum mekaniği tarafından yönetilen dünya olduğu için öğrenenlere yabancısıdır ve bu ölçekte meydana gelen olgular genellikle mantıksızdır (Xie ve Pallant 2011, Jones ve diğ., 2013).



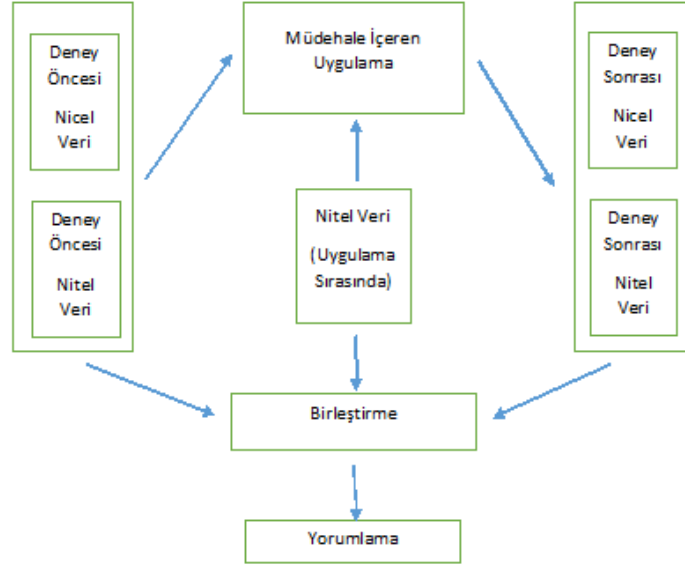
3. BÖLÜM: YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli, çalışma grubunun belirlenmesi ve özellikleri, verilerin toplanmasında kullanılan araçlar, verilerin toplanması, çözümlenmesi ve değerlendirilmesi süreci, tasarlanan öğretim içerikleri uygulama süreci, geçerlilik ve güvenilirliğin belirlenmesi, araştırmacının rolü ve uyulması gereken etik değerler ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

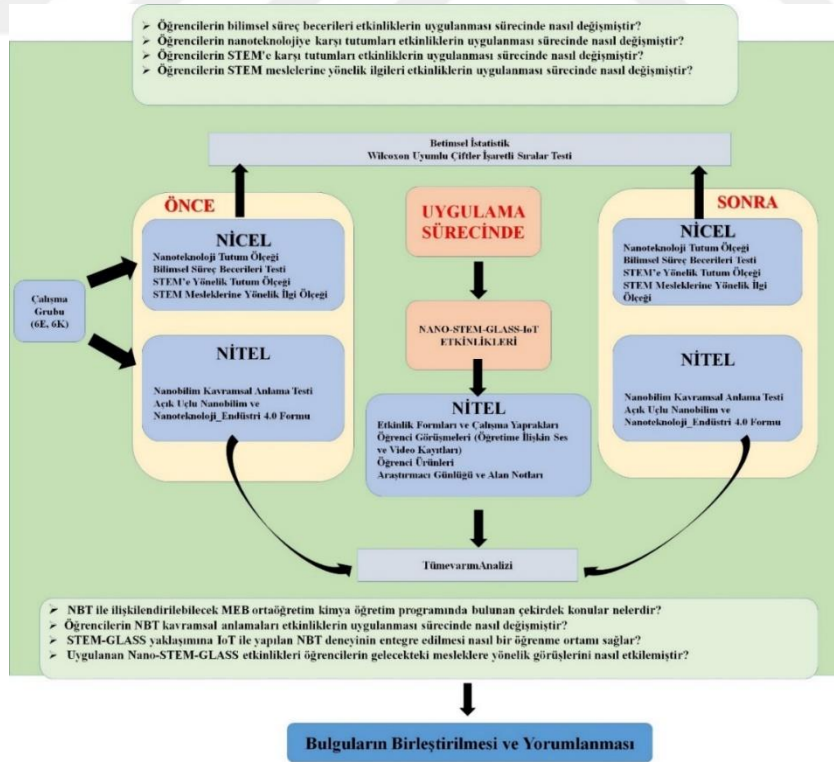
3.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada Karma Araştırma yöntemlerinden temel karma yöntem desenlerinden biri olan Birleştirme (Çeşitleme) deseni ve bu temel desene ilave edilen Müdahale Deseni birlikte kullanılmıştır. Birleştirme (çeşitleme) deseni nicel ve nitel verilerin ayrı ayrı toplanması ve analizini içermektedir (Şekil 3.1). “Birleştirme deseninin amacı nicel ve nitel verilerden elde edilen sonuçları birleştirmektir” (Creswell, 2017, s.37). “Müdahale deseninde amaç, bir deney veya müdahale programı yürütülerek araştırma sürecine nitel veriyi ekleyerek bir araştırma problemini çalışmaktır” (Creswell, 2017, s.43).

Bu desenin kullanılmasının gerekçesi hem nicel hem de nitel verilerin analizinden elde edilen sonuçlar birleştirilerek her iki veri türü farklı bakış açısı sağladığından probleme farklı görüş ve açıdan bakılmasını sağlamasıdır. Uygulanan etkinliklerin etkisini belirleyebilmek için çalışma gruplarının öğretim öncesi ve sonrası kavramsal anlamaları, bilimsel süreç becerileri, STEM’e yönelik tutumları, STEM mesleklerine yönelik ilgileri ve 21. yüzyıl becerileri ölçülmüştür. Uygulama sırasında kullanılan öğrenci çalışma yapıtları, öğretime ilişkin ses ve video kayıtları, araştırmacı günlüğü ve öğrenci görüşmeleri sonucu elde edilen nitel veriler kullanılmıştır. Hem uygulama öncesi ve sonrası verilerin toplandığı nicel ve nitel veri toplama araçlarının kullanılması hem de uygulama sırasında kullanılan nitel veri toplama yolları bu çalışmanın karma araştırma yöntemine göre yapılmasını gerektirmiştir. Problemin çözümünde ve uygulama ortamında her iki veri türünde veri toplanması yararlı olmuştur. İki veri türünün bir araya getirilerek kullanılması araştırma probleminin çeşitli açılardan görülmesini kolaylaştırmıştır. Çalışmaya yorumlama açısından zenginlik kazandırmıştır. Şekil 3.2’de çalışmada kullanılan araştırma soruları, çalışma grubu ve karma yöntem süreci ile ilgili bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırmada Kullanılan Karma Araştırma Yönteminin Şematik Gösterimi



Şekil 3.2 Çalışmadaki Karma Yöntemin Akış Şeması

Tasarlanan öğretim programı 16 ders saatinde tamamlanmıştır. Uygulama toplam 8 haftalık bir zaman sürecinde gerçekleştirilmiştir. Öğretmen etkisiyle oluşabilecek etkilerin olmaması için uygulamalar araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu İstanbul’da bulunan Atatürk Fen Lisesi’nde 2019-2020 eğitim öğretim yılında, 10. sınıf seviyesinde 12 (6 kız, 6 erkek) öğrencidir. Çalışma grubu amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme ile seçilmiştir. Amaçlı örneklem zengin bilgiye sahip olduğu düşünülen durumların derinlemesine çalışılmasında önemlidir (Patton, 2002). “Ölçüt örnekleme yönteminde önceden belirlenmiş bir dizi ölçütü karşılayan bütün durumlar çalışılır” (Yıldırım, Şimşek, 2016 s.122). Birleştirme (çeşitleme) deseninde örnekleme ile ilgili olarak hem nicel hem de nitel veriler toplanıyor olmasından kaynaklı veriler aynı veri tabanından yani aynı bireylerden toplanmıştır. Aynı zamanda karma yöntem araştırmasının nitel ve nicel olmak üzere her iki boyutu için de aynı örneklem büyüklüğü kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki ölçütler araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. Örneklem büyüklüğünde belirlenirken belirli özelliklerini taşıyan bir grup öğrenci, daha derin ve geniş veri miktarı toplayacak şekilde belirlenmiştir. Bunun yanında araştırma konusunun kuramsal olarak az çalışılmış olması örneklem büyüklüğünü belirlemede etkili olmuştur (Yıldırım, Şimşek, 2016 s.125). Araştırmanın örnekleme seçilirken gönüllülük ve istekli oluşları esası dikkate alınmıştır. Katılımcılar Fen Lisesi olmaları nedeniyle lise geçiş sınavlarında %1.0’lık dilimin altındadırlar. Gönüllü olanlardan daha önce mikroişlemcilerle ilgili kodlama eğitimi almış olmaları dikkate alınmıştır. Öğrencilerin hazırbulunuşluk durumu noktasında 9.sınıf kimya öğretim programında yer alan “Maddenin Yapısı ve Kimyasal Türler Arası Etkileşimler” konularının işlenmiş olması 10. sınıf öğrencilerinin çalışma grubu olarak seçilmesinde sınıf kriteri olmuştur. Bunun yanında kimya ile ilgili olan tüm mühendislik alanlarını seçecek öğrenciler hedef kitesidir. Çalışmaya katılanlar gönüllülük ve etik kurallara uygun şekilde belirlenmiştir.

3.3. Çalışma Ortamının Özellikleri

Çalışma öğrencilerin kendi sınıflarında ve okul laboratuvarında yürütülmüştür. Sınıf normal standart sınıf düzenidir. Öğrenciler özellikle bireysel çalışmalarda klasik sınıf oturma düzeninde etkinliği gerçekleştirmişlerdir. Grup çalışmalarının yapıldığı etkinliklerde

sıralar birleştirilerek uygun çalışma ortamı kümeler şeklinde oluşturulmuştur. Etkinlikler sırasında öğrencilerin ihtiyaç duydukları teknolojik araç ve gereçler, kırtasiye, güvenlik malzemeleri, tasarımda kullanacakları malzemeler araştırmacı tarafından temin edilerek etkinlik öncesinde hazır bulunmuştur. Öğrencilerin kendi belirleyip kullanmak istedikleri malzemeler ise yine araştırmacı tarafından sağlanmıştır. Çalışma ortamında bilgisayar bulunmadığından öğrencilerin akıllı telefonlarını kullanmalarına izin verilmiştir. İnternet bağlantısı olmayan öğrencilere araştırmacı tarafından internet paylaşımı yapılmıştır.

3.4. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın amacı ve deseni göz önünde bulundurularak verilerin toplanmasında kullanılacak ölçme araçları belirlenmiştir. Tablo 3.1’de görüldüğü gibi, araştırmada veri toplama araçları olarak kullanılacak ön test anketleri, son test anketleri ve süreç ölçeklerinin özeti verilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmada Kullanılan Ölçme Araçları

Grup	Ön Testler	Son Testler	Süreç Ölçekleri
Çalışma Grubu	Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT)	Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT)	Etkinlik Formları ve Çalışma Yaprakları
	Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu	Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu	Öğrenci Görüşmeleri (Öğretime İlişkin Ses ve Video Kayıtları)
	Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ)	Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ)	
	Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT)	Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT)	Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notları
	STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYAT)	STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYAT)	
	Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ)	Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ)	

3.4.1. Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT) (Ön test-son test)

Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (Akaygün, 2010a, b) araştırma çalışmasından uyarlanmış ve üç bölümden oluşmuştur. İlk bölüm olan “**Nanobilim/ Nanoteknoloji**” bölümü iki madde içermektedir. İkinci bölüm “**Boyut**” bölümü bir madde ve son bölümü “**Kuvvet ve Etkileşimler**” ise üç açık uçlu soru içermektedir (EK: 3).

3.4.2. Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu

Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu sekiz tane açık uçlu sorudan oluşmuştur. Form aslı Akaygün (2010a, b) tarafından hazırlanan açık uçlu “Nanobilim ve Nanoteknoloji Formu”ndaki görüşme sorularına Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti ile ilgili açık uçlu sorular eklenerek çalışmaya uyarlanmıştır (EK:4).

3.4.3. Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ)

Kurnaz ve Bayraktar (2012) tarafından geliştirilen “Nanoteknoloji Tutum Ölçeği” kullanılmıştır (EK:5). Ölçek 4’lü likert tipindeki 19 maddeden oluşan ve 4’lü Likert tipindeki ölçek 454 lise öğrencisine uygulanarak geçerlik ve güvenirlik çalışması yapılmıştır. Ölçeğin açımlayıcı faktör analiziyle elde edilen Cronbach-Alfa iç tutarlık katsayısı 0.88’dir. İki alt faktöre sahip bir ölçek olup Faktör 1 maddelerinin faktör yük değerleri 0.65-0.82 arasında ve faktör 2 maddelerinin yük değerleri 0.71-0.78 arasında değişmektedir (Kurnaz ve Bayraktar, 2012).

3.4.4. Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT) (Ön test-son test)

Feyzioğlu ve arkadaşları (2012) tarafından geliştirilen “Ortaöğretim Öğrencilerine Yönelik Bilimsel Süreç Becerileri testi” uygulanmıştır (EK:6). Ölçek toplam 30 çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Meslek lisesi ve Anadolu Lisesinden toplam 222 öğrencinin katıldığı testin KR20 güvenirlik katsayısı 0.83 olarak hesaplanmıştır. Testin alt faktörleri gözlem, sınıflama, ölçme, ilişki kurma, çıkarım yapma, tahminde bulunma, hipotez kurma, değişken belirleme ve kontrol etme, araştırma tasarlama, veri toplama ve kaydetme ve verilerin analizidir. Testin ilk modele göre yapısının doğrulayıcı faktör analizinin RMSEA değeri 0.024, ikinci modele göre ise 0.034’tür (Feyzioğlu, Demirdağ, Akyıldız ve Altun, 2012, s. 1892).

3.4.5. STEM’e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYAT) (Ön test-son test)

Faber, Wiebe, Corn, Townsend ve Collins (2013) tarafından geliştirilen orijinali 4-12. sınıf düzeyini kapsayan “STEM Tutum Ölçeği”nin ilkökul ve lise düzeyinde uyarlanma çalışması Özyurt ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Ek:7). Ölçek, "matematik", "fen", "mühendislik-teknoloji" ve "21. yüzyıl becerileri" olmak üzere dört alt boyut ve 37 maddeden oluşan 5'li Likert türünde bir ölçektir. 967 lise öğrencisine uygulanan uyarlama çalışmasının açımlayıcı faktör analizi sonucunda öz değeri 2.00 değerini aşan dört faktör

bulunmuştur. Cronbach Alpha katsayıları, alt ölçekler lise öğrencileri için sırasıyla .86, .91, .89 ve .91 olarak hesaplanmıştır (Özyurt, Kayıran ve Başaran, 2017).

3.4.6. Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ) (Ön test-son test)

Orjinali Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilen “Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği” Koyunlu-Ünlü, Dökme, Ünlü (2016) tarafından STEM Meslek İlgi Ölçeği olarak Türkçeye uyarlanmıştır (EK:8). Ölçek 5’li likert tipindedir. Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alt boyutlarından 44 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin orjinlini alt boyutlarının uyum indeksleri, ölçeğin Türkçe formunda formunun orijinal ölçekte uyum içinde olduğu söylenebilir. Son olarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematik olmak üzere dört alt boyuttan ve 40 maddeden oluşan bir ölçek elde edilmiştir. Ölçeğin tümünün Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı 0.93 ve alt boyutlar için sırasıyla 0.86, 0.88, 0.94 ve 0.90 olarak hesaplanmıştır (Ünlü, Dökme ve Ünlü, 2016).

3.4.7. Etkinlik formları ve çalışma yaprakları

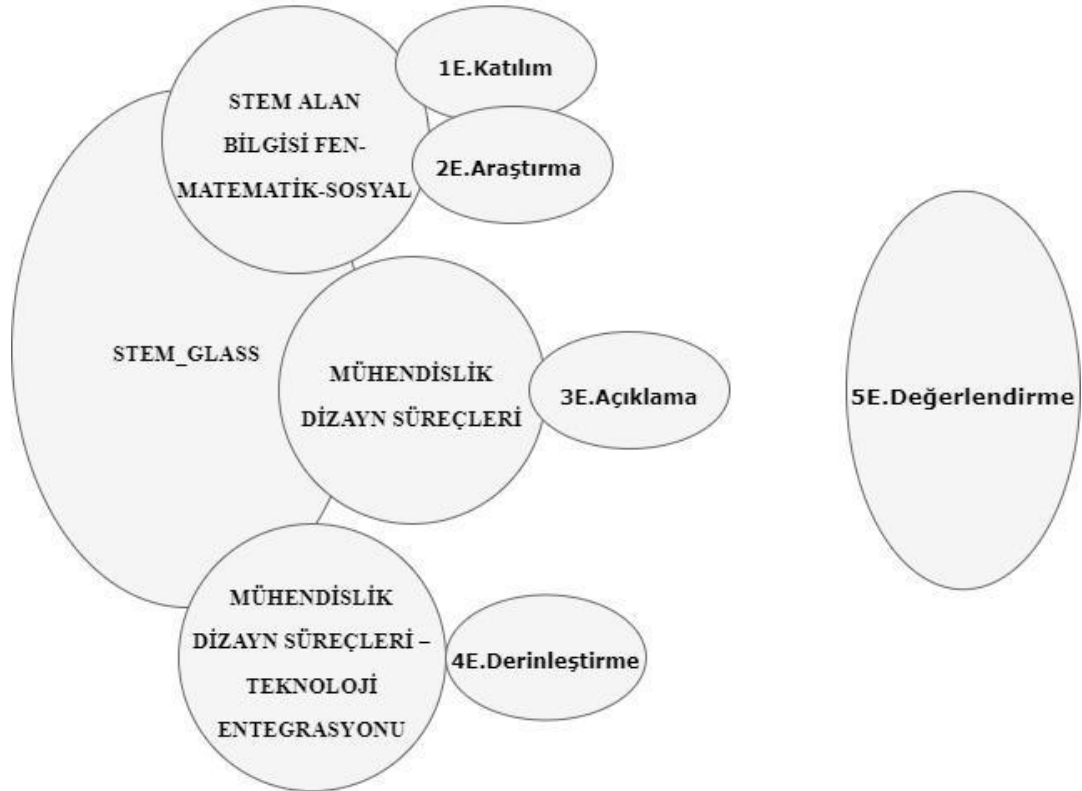
Araştırmacı tarafından hazırlanan ve uygulamada kullanılan çalışma yaprakları konuların içeriğine uygun olarak öğrencilerin kestirim/tahmin etme, karşılaştırma, eşleştirme, yapıştırma, sıralama, gruplama, yorumlama, çizim, tasarlama ve sunma becerilerinin ortaya çıkmasına fırsat verecek açık uçlu tartışma sorularının, odak/araştırma sorularının bulunduğu bireysel ve grupla çalışma yapabilecekleri şekilde düzenlenmiştir. Çalışma yaprakları öğretmene rehber olacak şekilde ve öğrenciye çıktı olarak verilip öğrencinin üzerinde görüşlerini ve cevaplarını yazabileceği, çizim yapabileceği boşluklar bırakılmıştır. Öğretmene yönelik çalışma yaprağında etkinliklerin künyesi bulunmaktadır. Etkinlik formları ve çalışma yapraklarındaki her bir soruya verilen cevap, sundukları görüşlerden elde edilen nitel veriler değerlendirilmiştir.

3.4.8. Öğrenci görüşmeleri (Öğretime ilişkin ses ve video kayıtları)

Uygulama sürecinin gözden geçirilebilmesi ve gerektiğinde referans olarak kullanılabilmesi amacıyla tasarlanan öğretim uygulamaları bir kamera ve ses kayıt cihazı yardımıyla kaydedilmiştir. Böylelikle gerek öğretimin detaylarını raporlaştırmada, gerekse analiz sırasında referans olarak kullanılması olanaklı olmuştur.

3.5. Öğretim Programının Tasarlanması ve Öğretim Modülünün Tanıtımı

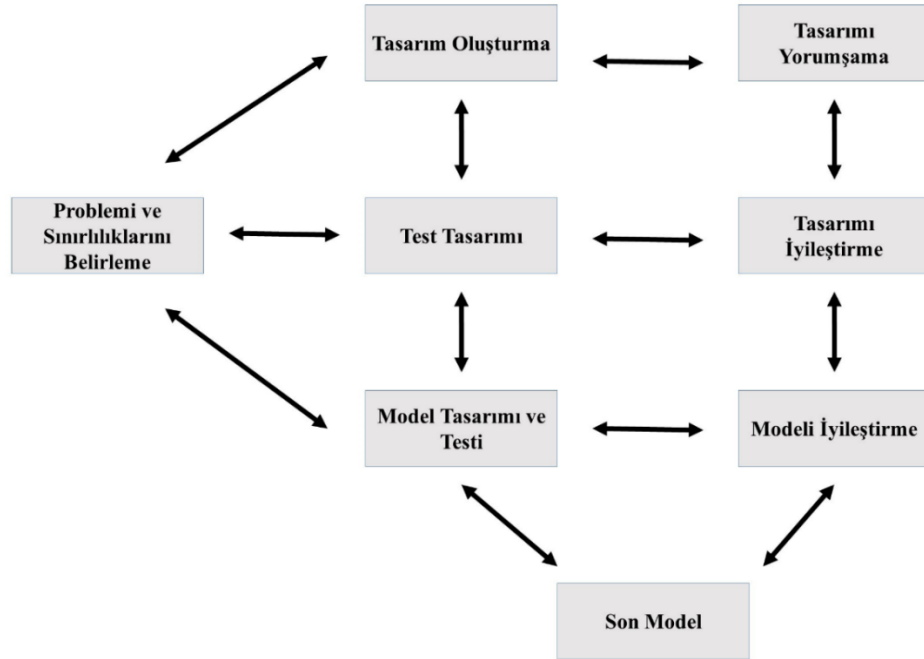
Bu modül STEM-GLASS bütünlük yaklaşımını esas alarak Araştırmaya Dayalı Fen Eğitimi (5E) yönteminin kullanıldığı bir etkinlik paketidir. Nanobilim Etkinliği odağında STEM Alan Bilgisi ile başlamıştır. Nanobilimin temel fikirlerinden olan büyüklük ve ölçek, büyüklüğe bağlı özellikler, kuvvetler ve etkileşimler büyük fikirlerinden yola çıkmıştır. Boyut ve ölçek, boyuta bağlı özellikler kavramının öneminin işe koşulduğu tasarım temelli etkinlikle öğrencilerin temel bilim alanlarının kullanıldığı mühendislik dizayn süreçlerinin uygulandığı STEM-GLASS Tasarım Etkinliği ile devam etmiştir. Öğrencilerin edindiği kazanımların farklı durumlara uygulamasının amaçlandığı derinleştirme aşamasında ise nanobilimle ilgili bir sentez deneyinde nesnelerin interneti kullanılarak akıllı laboratuvar uygulaması ile teknoloji entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Modül değerlendirme çalışmaları ile son bulmuştur. Modül bir bütün halinde 8 hafta boyunca 16 ders saatini içermektedir. Modüle ilgili genel bir şema Şekil 3.3'te ve modüldeki etkinliklerin içeriği ve uygulama planına ait çizelge Tablo 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Modüle Genel Bakış

Tablo 3.2 Modüldeki Etkinliklerin İçeriği ve Uygulama Planı (Etkinlik Akış Şeması)

Ön Değerlendirme	Ön-testlerin Uygulanması				
STEM-GLASS AŞAMALARI	Öğretim Modelinin Aşamaları	Ders no (40 dk)	Büyük Fikir	Konu	Araştırma Sorusu
STEM Alan Bilgisi Fen-Matematik-Sosyal: Nanobilim Etkinliği	1- Katılım	1	Ölçek ve Boyut	1. Nanoboyut Nedir?	-Nanometre ne kadar küçüktür? -Küçük nasıl bir şeydir?"
	2- Keşfetme	2	Boyuta Bağlı Özellikler Kuvvetler ve Etkileşimler	2. Nanoteknolojinin Doğası: Yapışkan, Titre, Engeli	-Küçük dünyanın kuralları nelerdir? -Nano Neden Farklı Davranıyor?
	3- Açıklama	3			
	4- Derinleştirme	4			
	5-Değerlendirme				
Mühendislik Dizayn Süreçleri: STEM-GLASS Tasarım Etkinliği	STEM-GLASS	5 6 7 8	Ölçek ve Boyut Boyuta Bağlı Özellikler	3. Sinek ve kuşkanadının özelliklerini ve farklılıkları	-Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?
Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu	1- Katılım	9	Ölçek ve Boyut Boyuta Bağlı Özellikler Araçlar ve Enstrümanlar	4. Nanosensörler	-Basit kurallar karmaşık şeyleri bir araya nasıl getirir? -Nanoteknoloji Nerede Kullanılır? -Nanoteknolojinin teknoloji, mühendislik ve topluma olan etkileri nelerdir? -Endüstri 4.0 devrimi bağlamında disiplinlerarası bir yaklaşım, STEM-GLASS alanlarını bir araya getirerek IoT ile öğrenme ortamına nasıl bir katkı sağlar? -Kimya konuları mikrodenetleyiciler kullanılarak pratik uygulamalara nasıl dönüştürülebilir?
	2- Keşfetme	10		5. Evimizde Kullandığımız Sensörler	
	3- Açıklama	11		6. Endüstri 4.0 Nedir? 7. IoT nedir?	
	4- Derinleştirme	12		8.Gümüş Nanoparçacık Sentezi 9. STEM-IoT Etkinliği	
		13			
		14			
		15			
	16				
5-Değerlendirme	Açık uçlu sorular, öğrencinin yansıtıcı görüşleri, Etkinlik Değerlendirme Ölçeği, Likert Dereceleme Ölçeği				
Son değerlendirme		Son-testlerin Uygulanması			



Şekil 3.4 Massachusetts Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Programı Çerçevesi (Lyn, Hudso, Dawes ve Les, 2012, s.27'den Türkçeye çevrilmiştir).

Uygulama sırasında kullanılan etkinliklerdeki STEM döngüsü Massachusetts Bilim ve teknoloji/Mühendislik Çerçeve Öğretim Programındaki (2006) genel etkinlik döngülerinden (Şekil 3.4) esinlenilmiştir.

3. 5. 1. Modülün sınırlılıkları

Etkinliklerin hazırlanmasında Nano-STEM yaklaşımının bilim (Science) öğretimi aşamasında Boyut ve Ölçek, Boyuta Bağlı Özellikler ve Kuvvetler ve Etkileşimler kavramları ile sınırlıdır. Çünkü bu bağlamlar nano ölçekli bilim ve mühendislik konularına temel teşkil eden başlangıç konularıdır. Bu planlamada öğretim programındaki konu başlıklarına yakınlık ve ilgili olmasına da dikkat edilmiştir. 'Boyut ve ölçek' 1993'te Amerikan Bilimi İlerleme Derneği (AAAS, 1993) tarafından farklı disiplinler arasında bağlantılar kurmak için yararlı olan birleştirici temalardan biri olarak kabul edilen bir konudur.

3. 5. 2. Modülün kazanımları

Tablo 3.3 Modülün Kazanımları Tablosu

STEM Alan Bilgisi Fen-Matematik-Sosyal: Nanobilim Etkinliği	Mühendislik Dizayn Süreçleri: STEM-GLASS Tasarım Etkinliği	Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu
Nano ölçeği boyut aralığına göre tanımlar.	Farklı büyüklükte verilen nesnelerin boyut farklılıklarını keşfeder.	Endüstri 4.0 kavramını bilir.
Makro- mikro- nano- ölçekteki sınır nesneleri ayırt eder.	Bilim insanlarının çok disiplinli çalışmalar yapmasının avantajlarını ve dezavantajları tartışır.	IoT teknolojiyi bilir.
Makro ölçeğin farklı özelliklere sahip nesneleri içerdiğinin farkına varır.	Bilim insanlarının çok disiplinli çalışmalar yaparken karşılaşılan güçlükleri tartışır.	Çevresinde kullanılan sensörleri keşfeder.
Mikro ölçeğin farklı özelliklere sahip nesneleri içerdiğinin farkına varır.	Bilim insanlarının çok disiplinli çalışmalar yaparken karşılaşılan güçlükleri çözümler geliştirir.	Laboratuvar çalışmalarında IoT'nin kullanılması ile ilgili uygulamalar tasarlar.
Optik mikroskopun mikro ölçekli nesneleri görüntülemek için bir araç olduğunu bilir.	Yapacak olduğu tasarımın sınırlılıklarını bilir.	Makine-makine etkileşimine örnekler verir.
Nano ölçeğin farklı özelliklere sahip nesneler içerdiğinin farkına varır.	Tasarımının çizimini yapar.	Makine-insan etkileşimine örnekler verir.
Nano ölçeğin günlük dünyamızı etkileyebileceğini anlar.	Tasarımında kullanacağı malzemeleri belirler.	IoT'nin avantajlarını ve dezavantajlarını tartışır.
Nanobilim ve nanoteknoloji hakkında genel bilgi edinir.	Planladığı tasarımı gerçekleştirir.	Ag NP sentezi deney düzeneğini tasarlar.
Nanoboyutta bilimi farklı yapan anahtar kavramların neler olduğunu kavrar.	Tasarımının özelliklerini anlatır.	Ag Np sentezini gerçekleştirir.
Nanoboyutun disiplinlerarası doğasını anlar.	Tasarımında kullandığı parametreleri değerlendirir.	Kullanılacak mikrodenetleyici bilir.
Nano boyutta bilim ve mühendislik faaliyetleri neden eşsiz olduğunu anlar.	Tasarımını geliştirmek için değişiklikler uygular.	Mikrodenetleticinin telefona ve bilgisayara kurulumunu gerçekleştirir.
Nanoölçekteki kavramlar hakkında bilgi edinir.	Tasarımını farklı tasarımlarla kıyaslar.	IoT-deneyisel düzenek tasarımının genel özelliklerini araştırır.
Nanoteknolojinin teknoloji, mühendislik ve topluma olan etkilerini öğrenir.	Tasarımındaki STEM-GLASS alanlarıyla ilişkisini yorumlar.	IoT-deneyisel düzenek tasarımının genel özelliklerini belirler.

Nanoboyuttaki ilginç etkilerin neler olduğunu öğrenir.		IoT-deneysel düzenek tasarımına yönelik öneriler geliştirir.
Bir nesnenin boyutunu bilmek için onu bir referansla karşılaştırmanın gerekli olduğunu anlar.		IoT-deneysel çalışmasını gerçekleştirir.
Mikro, nano ve atomik ve moleküler dünyalar dâhil bazı dünyaların çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olduğunu anlar.		Tasarımını değerlendirir, test eder ve değişiklik önerir.
Bir nesnenin boyutunun hem nitel hem de nicel olmak üzere birçok şekilde temsil edilebileceğini anlar.		
21. yy yaşam becerilerini kazanır ve geliştirir. (İletişim, İşbirliği, Eleştirel Düşünme, Yaratıcılık)		

Modülün kazanımları Tablo 3.3'te görüldüğü gibi STEM Alan Bilgisi Fen-Matematik-Sosyal: Nanobilim Etkinliği, Mühendislik Dizayn Süreçleri: STEM-GLASS Tasarım Etkinliği, Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu Etkinliğinin içeriğine yönelik ayrı ayrı düzenlenmiştir.

3.6. Uygulama

3.6.1. Çalışmanın yapılması için gerekli izinlerin alınması

Uygulamaya başlanmadan önce İl Milli eğitim Müdürlüğünden araştırma izni alındıktan sonra uygulama planı ile Atatürk Fen Lisesi müdürlüğüne başvuruldu. Okul müdür yardımcısı tarafından öğrencilere duyuru yapıldı. Neticede 10. sınıftan 12 (6 kız ve 6 erkek) öğrenci gönüllü olarak çalışmaya katılmak için müracaat etti. Okula verilen uygulama planı, uygulamaya dair katılımcıları bilgilendirici açıklama metni ve poster Ek 11'de sunulmuştur.

3.6.2. Pilot gruba uygulanan öğretim süreci

Pilot uygulama sürecinde Sampson (2004) pilot test uygulaması ile araştırma materyallerinin geliştirilmesi ve düzeltilmesini, gözlemcinin önyargı düzeyinin değerlendirilmesini, sorunların çerçevelerinin belirlenmesini, geçmişe yönelik bilgi toplanmasının ve araştırma sürecinin adapte edilmesini önermektedir. Yin (2009) ise pilot uygulamayı veri toplama planlarının düzeltilmesi ve soruların birbiri ile ilişkilerinin kurulması için önermektedir.

Creswell (2018) pilot uygulamalarda uygunluk, bireylere ulaşma ve coğrafi yakınlığa dayalı olarak belirlenmesini önermektedir. Pilot çalışma amaçlı örneklem ile seçilen katılımcılarla gerçekleştirilmiştir. Pilot çalışma etkinliklerin etkililik durumunu görmek için bir Meslek ve Teknik Anadolu Lisesinde 9. Sınıfta öğrenim gören 10 (4 kız,6 erkek) öğrenciye uygulanmıştır. Öğretmen görüşü alınmış bunun yanında seviye olarak daha iyi

olduğu düşünölen öğrencilere de inceletilmiştir. Hazırlanan içeriğın bir bölümü tezin asıl katılımcılarına uygulanmadan önce pilot olarak belirlenen öğrencilere uygulanmıştır. Uygulama sırasında karşılaşılabilecek olumsuz durumları önceden belirleyebilmek, gerekli görölenleri yeniden düzenleyebilmek ve önlemleri almak için pilot uygulama yapılmıştır. Seviyeye uygunluk-zorluk/kolaylık durumu, içeriğın bağlantısallığı, içeriğe duyulan ilgi/merak, uygulama süreleri, imla ve cümle yapıları değerdendirilerek eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır. Bu değerdendirmeler ve alınan önlemler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

3.6.2.1. Seviyeye uygunluk-zorluk/kolaylık

Pilot çalışmaya katılan öğrenciler meslek lisesinde henüz alan seçmemiş 9. sınıf öğrencileriydi. Okulun kimya bölümü vardı. Öğrenciler henüz alan seçmemişlerdi. Nanobilim konularıyla ilk defa karşılaştılar. Sadece bir öğrencinin nano kavramını duyduğu göröldü.

Öğretmenleri asıl uygulamadaki örnekleme kimya bölümü öğrencilerinden seçilmesi önerisinde bulundular. Ayrıca lisenin bilişim bölümü de vardı. Tezin IoT ile ilgili bölümlerinden uygulanabilirliğini sağlayacağı düşünüyorum. Örneklemin 10. sınıflarla daha uygulanabilir olduğunu ve daha fazla faydalı olacağını düşünüyorum (ML kimya bölümü için). Ancak eğer asıl uygulama normal lise öğrencilerine 9. sınıfa uygulanabilir.

Ayrıca pilot uygulama bir fen bilgisi öğretmeni tarafından gözlenmiştir. Senaryo içeriğının uygun olduğunu düşünmektedir. Gerçek hayatla ilişkisinin kurulduğunu söylemiştir. Başlığın gözden geçirilebileceğı söylemiştir.

3.6.2.2. Bağlantısallık

Etkinliklerin tamamı pilot çalışmada izinlerin gecikmesi ve sene sonunun yaklaşması nedeniyle uygulanamamıştır. Sadece nanobilim konularıyla ilgili «giriş» bölümü uygulanabilmiştir. Buna rağmen etkinlik içeriğının diğerdere bölümlere ışık tuttuğı düşünölmektedir. Bu düşüncede, içerikte temel nanobilim kavramlarının yanında nanobilimin kullanıldığı bilişim ve teknolojik alanlara vurgu yapmasının görölməsi önemli olmuştur. Bu öngörüyle etkinlik paketinin tamamının bir bütönlük arz ettiğini söyleyebiliriz.

3.6.2.3. İlgi-merak

Etkinlikler öğrenciler tarafından ilgiyle karşılanmıştır. Merak uyandırmıştır. Öğrenciler çalışılacak konuları duyduklarında tereddütsüz katılmak istemişlerdir. Hatta öğrencilerin ders öğretmenleri de asıl uygulamayı sabırsızlıkla beklediklerini ifade etmişlerdir.

3.6.2.4. Süre

Uygulamanın öğrenci merkezli ve materyaller kullanımını gerektirdiği için öngörülen süre aşılmıştır. Asıl uygulamada sürenin daha etkin kullanılması iki şekilde düzenlenmiştir. İçerikteki tezin amacı ve konunun öğrenilmesindeki gereksiz yerler belirlenip çıkartılmıştır. Tasarım etkinliklerinin uygulama süresi uzatılmıştır.

3.6.2.5. İmla ve cümle yapıları düzeltmeler

Pilot uygulama öncesi ve sonrasında sürekli düzeltmeler yapılmıştır. Başka bir öğretmen ve iki başka öğrenci etkinlik metinlerini okumuşlardır. Göze çarpan düzeltmeler yapılmıştır. Dil uzmanı tarafından imla ve cümle yapılarını kontrol edilmiş ve düzeltilmiştir.

3.6.3. Asıl uygulama

3.6.3.1. Birinci ve ikinci hafta - STEM alan bilgisi fen-matematik-sosyal: Nanobilim etkinliği

İlk haftanın birinci dersi nano, nanoboyut, küçülme, büyüklük, boyut ve ölçek kavramları ile ilgilidir. Bu derste “**Ölçek ve Boyut**” büyük fıkri başlığı altında “Nanoboyut nedir?” konusu işlenmiştir. “Nanometre ne kadar küçüktür?” ve “Küçük nasıl bir şeydir?” sorularına cevap aranmıştır. Nesnelerin birbirine göre ne kadar büyük olduğu ile ilgili göreceli büyüklükleri karşılaştırılmıştır. Nano dünyanın atomik, mikro ve makro ölçekler arasındaki benzersiz yerleşimi, özelliklerin atomik davranıştan tanıdık makro davranışa geçiş yaptığı bölgenin keşfedilmesine olanak tanır. Bir nesnenin boyutunu bilmek için onu bir referans noktasıyla karşılaştırabilmek gerekir. Ders süresi 1 ders saati (1x40 dakika) olarak planlanmıştır. Bu bir ders saati 5E öğretim modelinin Hazırlık / Hedeften Haberdar Etme ve Ön Bilgileri Ortaya Çıkarma / Motive Etme aşamalarını kapsamıştır. Hazırlık / Hedeften Haberdar Etme aşamasında, öğrencilerin konuya dikkatlerini çekmek ve ön bilgilerini hatırlatmak amacıyla ilk olarak nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren bir senaryo sunulmuştur. Senaryo ile ilgili sorular sorulmuştur. Görüşleri ve yorumları alınarak tartışılmıştır. Ön Bilgileri Ortaya Çıkarma / Motive Etme aşamasında ise öğrencilere günlük yaşamda kullandığımız makro, mikro ve nano ölçekli farklı ölçeklerde yolculuk yaptırmak

için çalışma yaprağında görseller verilmiştir. Bu görsellerdeki varlıkların büyüklüklerini ölçü ve birimleri ile tahmin etmeleri, bu varlıkların gerçek ölçeklerine göre büyükten küçüğe sıralamaları ve görsellerdeki varlıkları makro-, mikro- ve nano- ölçeklerine göre sınırlarını belirleyerek verilen bölümlere yazmaları istenmiştir.

İlk haftanın ikinci dersi ve izleyen haftadaki iki derste yapışkan, titreşim ve engibeli kavramlarını makro- mikro ve nano- örnekler üzerinden yapılan gözlem ve deneysel çalışmalardır. **“Boyuta Bağlı Özellikler”** ve **“Kuvvetler ve Etkileşimler”** büyük fikirleri başlığı altında “Nanoteknolojinin Doğası: Yapışkan, Titreşim, Engibeli” konusu işlenmiştir. “Küçük dünyanın kuralları nelerdir?” ve “Nano neden farklı davranıyor?” sorularına cevap aranmıştır. Ders süresi 3 ders saati (3x40 dakika) olarak planlanmıştır. Bu bir ders saati 5E öğretim modelinin Keşfetme, Açıklama, Derinleştirme ve Değerlendirme aşamalarını kapsamıştır. Keşfetme aşamasında makro boyutta yapışkan, titreşim ve engibeli ortamlar ve materyaller sayesinde bu kavramları anlamalarını sağlamak amacıyla sınıfa getirilen çam ağacının yaprakları, reçinesi incelenmiştir. Öğrencilerin görüşleri alınmıştır. Titreşen yapraklar, yapışkan reçine ve pürüzlü yapıya vurgu yapılarak öğrencilerin bu kavramları keşfetmelerine çalışılmıştır. Bu çalışmadan sonra, öğrenciler küp şeker, toz şeker ve pudra şekerinin yapısal ve işlevsel farklılıklarını sorgulayacakları deneysel çalışma yapmışlardır. Yüzey alan hacim oranlarını ve etkilerini araştırmışlardır. Yapışkanlığı gözlemişlerdir. Moleküllerin titreşimliliği ve engibeli yapısı ile ilgili olarak deney yaprağındaki verilen çalışmaları yaparak gözlem ve bulgularını tartışmışlardır. Açıklama aşamasında, “Nano” kavramının kökeni, anlamı hakkında, metrenin milyarda biri olduğu hakkında onlara verilen çıkartmalardaki ölçek bilgisi ve ona ait görsel bulunan bilgi kartlarını eşleştirmeleri istenmiştir. Derinleştirme aşamasında görselde verilen cep telefonu ve bilgisayarın zaman içinde minikleşmesiyle ilgili olarak, minikleşme ile ürünlerin görünümünde, fonksiyonlarında ne gibi değişimler meydana geldiği sorularak tartışmalar yapılmıştır. Son olarak değerlendirme aşamasında öğrencilerin iki hafta boyunca edindikleri bilgi ve beceriler sıralama ve eşleştirme etkinlikleriyle değerlendirilmiştir.

3.6.3.2. Üçüncü ve dördüncü hafta - Mühendislik dizayn süreçleri: STEM-GLASS tasarım etkinliği

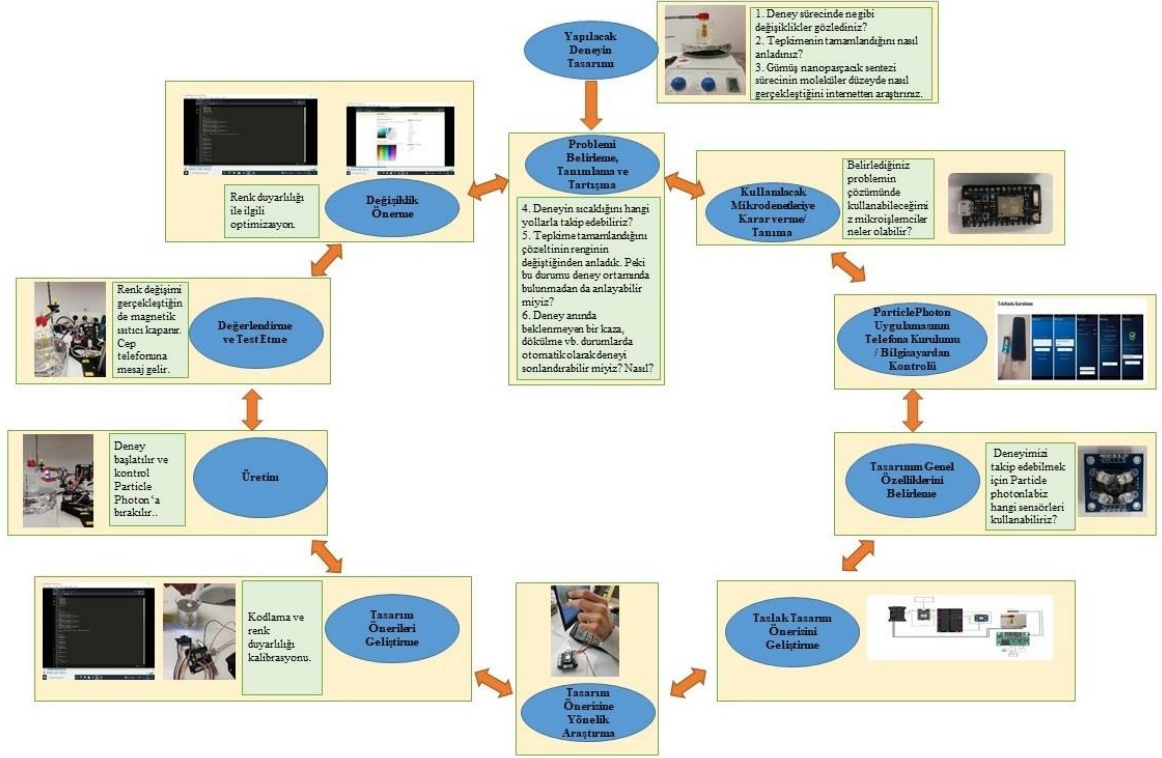
Bu süreçte “Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpışmasında ne gibi farklar olabilir?” tartışma konusundan hareketle öğrenciler kuşkanadı ve sinek kanadının özelliklerini yansıtan tasarım yapmışlardır. Bu tasarım etkinliğinde öğrenciler “Sinek ve Kuşkanadının Özelliklerini ve Farklılıkları”nı araştırarak öğrendiklerini uygun malzemeler kullanarak tasarıma dönüştürmüşlerdir. Tasarımlarında büyük ve küçük olma durumlarının karşılaştırmalarını yaparak sonuçlarını keşfetmişlerdir. Bu çalışmayı yaparken STEM-

GLASS alanlarını birlikte kullanmaya çalışmışlardır. Bu süreçte yaşadıklarında bilim insanlarının farklı disiplin alanlarıyla çalışırken nasıl bir yol izlediklerini, karşılaştıkları güçlükleri ve olası çözüm yollarını tartışmışlardır. Süreç boyunca öğrencilerin kullandıkları ve geliştirdikleri beceriler değerlendirilmiştir. Etkinlik dört ders saati (4x40 dakika) sürmüştür.

3.6.3.3. Beşinci, altıncı, yedinci ve sekizinci hafta - Mühendislik dizayn süreçleri: Teknoloji entegrasyonu

Sürecin beşinci haftasında “Nanosensörler” başlığı altında “Basit kurallar karmaşık şeyleri bir araya nasıl getirir?” ve “Nanoteknoloji Nerede Kullanılır?” sorularından hareketle nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren senaryo üzerinedir. 5E öğretim modelinin Hazırlık / Hedeften Haberdar Etme aşamasında modülün başındaki ilk etkinlikteki nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren aynı senaryo sunulmuştur. Senaryo ile ilgili sorular tekrar sorulmuştur. 5E öğretim modelinin Keşfetme aşamasında küçük gruplar halinde çalışarak “Evimizde Kullandığımız Sensörler” temalı ayrıntılar içeren çevrelerinde karşılaştıkları ve kullandıkları teknoloji, materyaller ve ürünlerle ilgili olarak hazırlanan çalışma sayfasındaki sorular tartışılmıştır. Bu bölüm iki ders saati (2x40 dakika) da gerçekleşmiştir.

Sürecin devamındaki altıncı, yedinci ve sekizinci haftalarda “Endüstri 4.0 Nedir?”, “IoT Nedir?” ve “STEM-IoT Etkinliği” başlığı altında etkinlikler gerçekleştirilmiştir. Altıncı haftanın ilk ders saatinde 5E öğretim modelinin Açıklama aşamasına karşılık gelen bölümde Endüstri 4.0 konulu power point sunumu yapılmıştır. Devamında öğrencilere Nesnelerin İnterneti içerikli metin verilmiştir. Bu metinle ilgili çalışma yaprağındaki sorular cevaplanmış ve tartışılmıştır. Bu bölüm bir ders saati (1x40 dakika) sürmüştür.



Şekil 3.5 Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu: Kimya Deneyinin IoT Uygulaması Döngüsü

Süreçin altıncı haftası ikinci ders saati ve yedinci ve sekizinci haftalardaki ders saatleri tümüyle Şekil 3.5'teki döngüde görüldüğü gibi STEM-IoT Etkinliğine ayrılmıştır. 5E öğretim modelinin Derinleştirme aşamasına karşılık gelen bu bölümde öğrenciler “Gümüş Nanoparçacık Sentezi” yaparak bu deneyi Mikrodenetleyici ile takip etmişlerdir. İlk olarak Gümüş Nanoparçacık Sentezi gerçekleştirmişlerdir. Deney çalışması yapılandırılmış deney formatında gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, deney düzeneğinin kurulmasından ve gümüş nanoparçacık sentezi tamamlandıktan sonra deney ortamını uzaktan nasıl kontrol ve takip edebileceklerini deneyle ilgili çalışma yapraklarında bulunan sorularla tartışmışlardır. Devamında öğrencilere bu deneyin bir mikrodenetleyici kullanılarak nasıl yapılması gerektiği sorularak nasıl bir sistem tasarlanabileceği sorulmuştur. **Problemin Belirlenmesi, Tanımlanması ve Tartışma** aşamasından sonra **Kullanılacak Mikrodenetleyici Tanım** aşaması gerçekleştirilmiştir. Kullanılan mikrodenetleyici tanıtılmıştır. Kullanılan Particle Photon cihazı uygulamasının telefona kurulumu çalışması gerçekleştirilmiştir. **IoT Tasarımının Genel Özellikleri** belirlenerek nasıl bir **Taslak Tasarım** yapılacağı ile ilgili öneriler tartışılmıştır. **Tasarım Önerisine Yönelik Araştırmasında** sensörlerin kurulumu ile ilgili öneriler değerlendirilmiştir. **Tasarım Önerileri Geliştirme** bölümünde deney

düzenegi ve IoT Tasarımı gerçekleştirilmiştir. **Üretim** aşamasında da tasarımın çalışması gerçekleştirilmiştir. **Değerlendirme ve Test Etme** aşamasında sistemin çalışması veriler alınarak değerlendirilmiştir. Karşılaşılan sorunlar ve güçlüklerle yönelik **Değişiklik Önerme** aşamasında ortaya çıkan öneriler değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6 Ag NP'ın Sentezinin IoT İle Takip Edilmesi

Şekil 3.6'da deney düzeneginde verilen Ag NP'in sentezinin IoT ile takip edilmesinin videosuna yandaki barkod okutularak ulaşılabilir. Deneyde sentez tamamlandığında renk değişikliği gerçekleşmektedir. Renk değişikliğinin gerçekleşmesiyle Particle Photon ısıtıcıyı otomatik olarak kapatmakta ve sentezin tamamlandığı e-mail yoluyla bildirilmektedir.

3.7. Veri Analizi

Karma yöntem araştırması doğası gereği nicel ve nitel veri araçları kullanılmıştır. Bu bölümde her ölçme aracının analizinin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

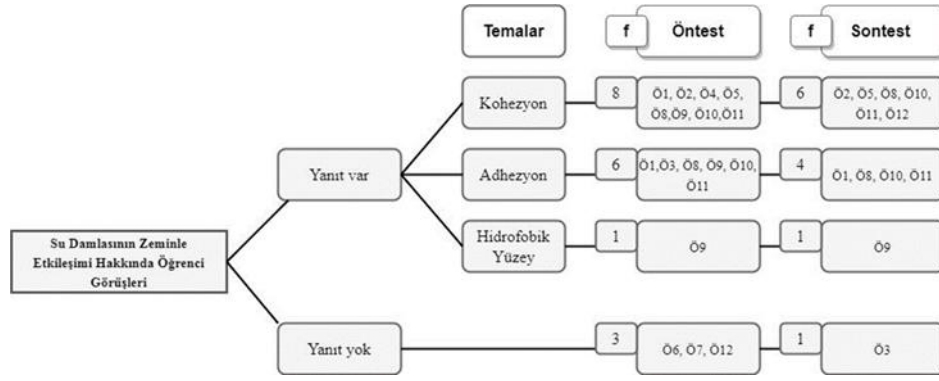
3.7.1. Nicel verilerin analizi

Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarından Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ), Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT), STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYAT), Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ)' ön test ve son testlerinden elde edilen nicel veriler SPSS-21 programında analiz edilmiştir. Anketlerden elde edilen nicel verilerin analizinde 12 öğrenci normal dağılım göstermediğinden parametrik olmayan ilişkili ve bağımlı iki ortalama arasındaki farkın test edilmesinde kullanılabilecek alternatif bir test olan Wilcoxon Uyumlu Çiftler İşaretli Sıralar Testi kullanılmıştır. Ayrıca ölçeklerden elde edilen ön test ve son test puanlarına ait betimsel istatistikleri de tablolaştırılarak sunulmuştur. Tablolardaki bulguların daha anlaşılır olmasını sağlamak için tabloların altına ilgili açıklamalar yazılmıştır.

3.7. 2. Nitel verilerin çözümlenmesi

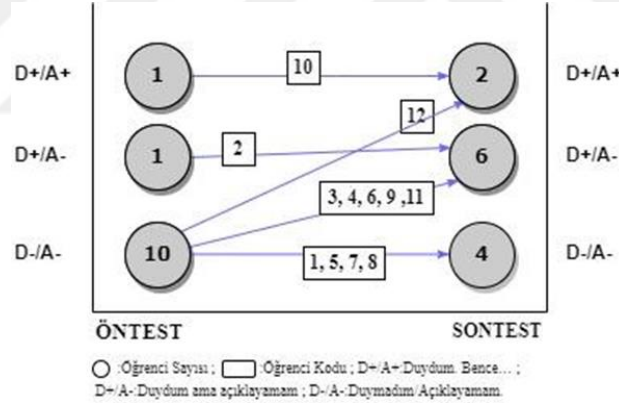
Nitel veri analizi, katılımcılar tarafından açık uçlu sorulara verilen cevapların temelinde yatan nedenleri ve araştırmacının verilen cevaplardan yola çıkarak verileri tanımlayıp yorumlama ve onlara anlam yükleme sürecidir (Merriam, 2013). Araştırmanın nitel verileri, araştırma sürecinde “Veri Toplama Araçları” ile elde edilen veriler Tümevarım Analizi kullanılarak analiz edilmiştir. “Tümevarım Analizi; bir alana veya bir grup veriye bakmak ve gruplar içinde gözlemleni düzenleyerek tümevarmaya ya da bir düzen oluşturmaya gayret etmek anlamına gelir” (Johnson, s.112, 2015).

Araştırmada kullanılan nitel veri toplama araçları olan Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT), Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu, etkinlik formları, çalışma yaprakları, öğretime ilişkin ses ve video kayıtları, görüşmeler, araştırmacı günlüğü ve alan notlarından elde edilen ham verilerden yola çıkarak temalar ve temalara ait kodlar elde edilmiştir. Elde edilen kodlar ve temalar önceden belirlenen temalardan değil tümevarımsal olarak elde edilmiştir. Bu durumda temalar ve kodların önceden belli olmadığı durumlarda kullanılabilen ideografik analiz çalışmanın nitel analizinde de kullanılmıştır. İdeografik analizde elde edilen tüm veriler uygun ifadeler kullanılarak açıklanır, bağlantılar kurulur, anlaşılır halde düzenlenir ve yorumlanır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bunun yanında araştırmacının rolü, uygulama süreci şeffaf bir yaklaşımla ele alınmış ve tümevarım ve ideografik analizle bulgular düzenlenmiştir. İdeografik analiz haritaları ve öğrenci profili analizi haritaları sayesinde elde edilen tema, kodlar, frekansları, katılımcı öğrencinin profili ve süreçteki görüşlerinin değişimi gözlemlenebilmektedir. İdeografik analiz haritası ile ilgili bir örnek Şekil 3.7’da gösterilmiştir.



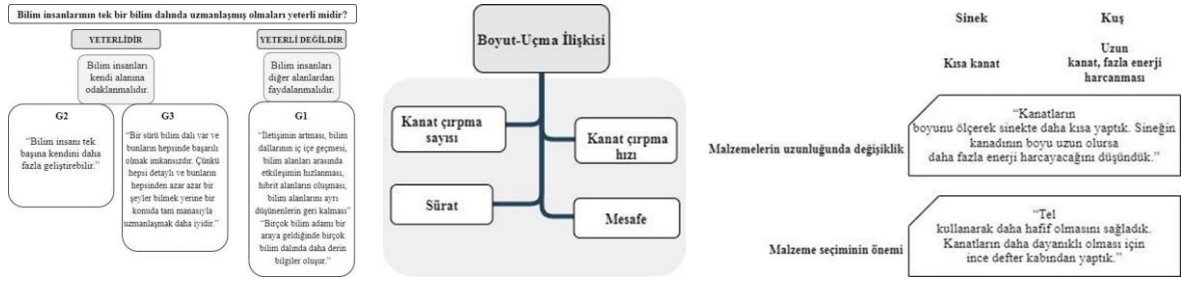
Şekil 3.7 İdeografik Analiz Haritası Örneği

Bireysel profil analizi haritasında, katılımcı öğrencilerin cevapları ve görüşlerine uygun temalar ya da kodların içine aynı görüşteki öğrencilerin sayısı yazılır. Öğrencilerin ya da gruplarının kodlarının (Ö1; G1 gibi..) bulunduğu haritalamada öğrencinin ön test ve son testte verdiği cevaplar ayrı ayrı belirlenir. Görüşlerdeki değişimleri bağlantı oklarıyla gösterilir. Böylece ön test ve son test arasındaki değişim rahatlıkla görülebilir. Bireysel Profil Analiz Haritası Örneği ile ilgili bir örnek Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Bireysel Profil Analiz Haritası Örneği

Ayrıca verilerin düzenlenmesinde ve görselleştirilmesinde Şekil 3.9’de gösterilen anlamayı kolaylaştırıcı bazı görselleştirme örnekleri verilmiştir. Bunun yanında grafikler ve tablolar da kullanılmıştır.



Şekil 3.9 Anlamayı Kolaylaştırıcı Bazı Görselleştirme Örnekleri

Verilerin düzenlenmesi ve analizi sürecinde, katılımcı öğrencilerin bireysel çalışmalarında, isimlerinin yerine Ö1, Ö2 gibi kodlar kullanılmıştır (Şekil 3.9). Grup çalışmalarında ise gruplar G1,G2 gibi kodlar kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Öğrencilerin Cinsiyetlerine Göre Dağılımı ve Atanan Kodlar



Şekil 3.11 Grup Çalışmalarındaki Öğrencilerin Grubu ve Atanan Kodlar

Her bir nitel veri toplama araçlarından nasıl veri analizi yapıldığı aşağıda anlatılmıştır.

3.7.2.1. Nanobilim Kavramsal Anlama Testi (NKAT) ve Açık Uçlu Nanobilim ve Endüstri 4.0 _IoT Açık Uçlu Anketi

Katılımcıların açık uçlu sorulara verdikleri cevaplar okunmuş ve verilen cevaplara uygun ifadelerden oluşan kodlar ve bu kodların benzer ifadeleri bir araya getirilerek en iyi anlamı ifade edecek temalar oluşturulmuştur. Bu temalar ve kodların hangi öğrenciye ait olduğu ve frekansı ideografik haritalar, bireysel profil analiz haritaları, grafikler ve tablolar kullanılarak gösterilmiştir. Böylece bu haritalar sayesinde katılımcı öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrası cevaplarındaki ve görüşlerindeki değişim gözlemlenebilmektedir.

3.7.2.2. Etkinlik Formları ve Çalışma Yapraklarının Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notlarının Analizi

Etkinlik formları ve çalışma yaprakları araştırma sürecinin tamamında kullanılmıştır. Etkinlik formları ve çalışma yaprakları önce tamamı okunmuştur. Daha sonra bölümlere ayrılarak okunmuştur. Analizde sözcüksel aramalar yapılmıştır. Kodlar oluşturulmuştur. Bu elde edilen kodlardan benzer olan kodlar bir araya getirilmiş, ilgisiz olanlar ayıklanmıştır. Böylece kodların sayıları azaltılmış ve bu kodlardan temalar oluşturulmuştur. Kodlar belirlenirken yaşayan kodlar, beklenen kodlar ve beklenmedik sıra dışı (şaşırtıcı) kodlar gözetilerek dikkatle incelenmiştir. Bu temalara ilişkin tema başlıkları altında paragraflara yer verilmiştir. Bu temalar gerekli görüldüğü yerlerde kavram haritaları ve ilişkili anlatı hikâyeleriyle desteklenmiştir. Çalışma yapraklarındaki görsel tanımlamalar, imgeler ve çizimler görsel sanatlar uzmanı ile birlikte analiz edilmiştir. Elde edilen kod ve temalarla ilişkilendirilmiştir. Yeni ortaya çıkan kod ve temalara da yer verilmiştir. Aynı zamanda bu veri toplama araçlarından elde edilen veriler diğer verilerle birlikte analiz edilmiştir. Elde edilen veriler ideografik haritalar, bireysel profil analiz haritaları, grafikler ve tablolar kullanılarak görselleştirilmiştir.

3.7.2.3. Öğrenci Görüşmelerinin Analizi (Öğretime İlişkin Ses ve Video Kayıtları)

Araştırmacı, her öğrenci ile hem etkinlik sırasında hem de etkinlikler sonunda bireysel ve grup olarak görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerde ses kaydı ve çalışma sırasında da video görüntüleri alınmıştır. Bu görüntü ve ses kayıtları analiz sürecinde bilgisayar aktarılmış ve yazıya dökülmüştür. Bu görüşmelerden elde edilen bulgular diğer bulgularla birlikte bir bütün olarak değerlendirilmiştir.

3.8. Araştırmadaki Geçerlik ve Güvenilirlik Çalışması

Araştırmanın amacına ulaşmasında yöntem seçimi önemli rol oynar. Nicel araştırmaların yöntem seçimi çalışmanın başından itibaren sonuna kadar sistematiktir. Nitel

araştırmalar ise daha esnek olup kullanılan desen elde edinilen veriler ve süreçteki olası durumlara göre yeniden düzenlenebilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Nitel ve nicel araştırmalar geçerlik ve güvenirlik farklı felsefi bakış açılarından ortaya çıktığından benzer fikirleri içerse bile ayrı süreçleri kapsar (Neuman, 2014). Bu çalışma karma desen araştırması olarak tasarlandığından geçerlik ve güvenirlik incelemeleri, veri toplama araçlarının bir arada kullanılmasına hizmet edecek, elde edilen verilerin bütünlüğünü bozmayacak şekilde verilerin toplanmasından yorumlanmasına kadar her aşamada eşit, objektif, ayrıntılı açıklama yapma ve şeffaf bir yaklaşımla gerçekleştirilmeye çaba gösterilmiştir.

3.8.1. Güvenirlik

Nicel araştırmacılar güvenirlikle ilgili konuları dikkate alır. Nicel çalışmalarda güvenirlik katılımcılardan elde edinilen puanların tutarlılığı ve zamanla değişmezliği ile ilgilidir. Nicel çalışmalarda puanların güvenirliği, güvenirlik katsayılarıyla değerlendirilir. Aynı zamanda veri toplama araçlarının ön test son test bulgularının karşılaştırılması ve elde edilen puanların güvenirliğinin (iç güvenirlik, dış güvenirlik) istatistiksel hesaplama süreçlerinde belirlenmesiyle gerçekleşir.

Nicel çalışmalarda dış güvenirlik çalışmada nesnel olmayı ifade eder. Nitel çalışmalarda dış güvenirlik teyit edilebilirliktir. Benzer ortamlarda çalışmanın yeniden gerçekleşmesinin ve benzer sonuçların elde edilmesinin bir ölçüsüdür.

Nicel araştırmalarda güvenirlik istatistiksel hesaplamalar süreciyle gerçekleşirken, nitel araştırmalarda kodlayıcılar arasındaki uzlaşma, güvenirliğin sağlanması için verileri kodlarken iki ya da daha fazla araştırmacı arasındaki tutarlılığı kontrol etme imkânı sağlar. Diğer kodlayıcılar veri tabanını analiz etmesi, veri tabanına kodları vermesi ve kodlar üzerine anlaşma için kodlayıcıların sonuçları karşılaştırması sürecidir. Bu süreç güvenirlik kontrolü sağlar ve nitel veri tabanını analiz etme yolunda yorumlama sürecinin titizliğine katkıda bulunur. Kuckartz (2014), birden fazla kodlayıcı kullanıldığında kodlayıcılar arası uzlaşmayı önermiştir. Bu güvenirlik kontrolü nitel veri analizine inanılrlık ve titizlik katmaktadır.

Nitel araştırmalarda ise araştırmacının ve katılımcıların araştırmaya doğru, güvenilir ve inandırıcı olup olmadığını belirlemek için güvenirlikten daha çok geçerliğe odaklanılır (Lincoln ve Guba, 1985). Nicel çalışmalarda iç güvenirlik çalışmanın tutarlı olduğunu

gösterir. Tutarlılık nitel çalışmalarda tekrar edilebilirlikle ilişkilidir. İç güvenilirlik, aynı veri seti ile farklı araştırmacıların ulaştığı sonucun aynı olması, verilerin anlaşılır şekilde sunulması, araştırmacının okuyucuya veri analizini nasıl yapıldığıyla ilgili bir kavramsal çerçeve sunarak açık ve anlaşılır bir şekilde anlatmasıyla aktarılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

Çalışmada hazırlanan etkinliğin bir bölümünün pilot uygulaması yapılmıştır. “Pilot Uygulama”nın anlatıldığı bölümdeki değerlendirmeler ve düzenlemeler yapılmıştır. Bir STEM alanında tecrübeli olan bir öğretmen görüşü alınmış bunun yanında pilot çalışma grubundaki öğrencilerden seviye olarak daha iyi olduğu düşünülen öğrencilere de incelenmiştir. Hazırlanan etkinlikler tezin amacına uygunluk, içerik, öğretim yöntemi açısından alan uzmanlarının görüşleri alınarak gerekli tedbirler alınarak gözden geçirilmiş, düzenlemiştir. Nitel çalışmanın doğası gereği süreç boyunca da sürekli bu tutum sergilenmiştir. Etkinliklerin uygulanması sürecinde güvenilirliği kanıtlanmış nicel ölçeklerden toplanmıştır. Toplanan verilerin analizi yine tezin “Verilerin Analizi” bölümünde anlatıldığı gibi güvenilir istatistik programı ve yöntemiyle analiz edilmiştir. Nitel verilerin analizinde elde edilen nitel verilerden transkript edilen metin dosyası araştırmacı tarafından “Verilerin Analizi” bölümünde anlatıldığı gibi yapılmıştır. Metin dosyasındaki nitel verilerden kod ve temaların belirlenmesi yaklaşık iki ay aralıklarla üç defa yapılmıştır. Daha sonra metin dosyasından rastgele seçilen yaklaşık %10’luk bölüm nitel analiz konusunda araştırmacı ve bir uzmana da yaptırılmıştır. Daha sonra kodlayıcıların belirlediği tema/kodlardaki benzer ve aynı olanlar listelenmiştir. Daha sonra birlikte bakıldığında son tema/kodlar arasında uzlaşma sağlanmıştır. Şekil 3.12’de ikinci kodlayıcıya ait kodlama uzlaşmasına ait örnek verilmiştir.

Nesnelerin interneti laboratuvarında bire daha başka ne gibi avantajlar sağlar?

- ✓ Eğer ihtiyaçlı bir deneyse laboratuvarında insan olmadan deneylerin yapılmasını sağlar. Yeni iş alanları sağlar. Başka teknolojilerin testini açar.
- ✓ Daha fazla laboratuvarında kullanımına gerek kalmaz. İnsanların yaptığı hatalar, tutturamadığı ölçimleri bunlar yapacağı için daha çok tercih edilecek.
- ✓ Zaman kaybetim azalır. İnsanların kendilerine daha çok zaman ayırmalarını sağlar. İnsanlar deneylerini yaptıkları daha çok yordamlar.
- ✓ Laboratuvarın uzaktan kontrol etmesini sağlar. Zamanında ve paradan tasarruf ederiz.
- ✓ Vakit kaybını azalır ve zamanı iyi yönetmesini sağlar.
- ✓ Deney ve projemaddeki ölçimlerde daha konusuz sonuçlar elde edebiliriz. Deney ve projemaddeki sonuçları ve verileri yanlış olarak saklamamız gerek kalmaz. Nesnelerin interneti sayesinde bütün değişkenler daha kalıcı bir şekilde saklanabilir.
- ✓ Veriler derinli olarak depolanacağı için deneyin sonuçları daha iyi anlaşılır. Laboratuvarlara zaman kazandırır. Daha basucu ölçimler ölçücü için deneyin başarı oranı artar.

Nesnelerin internetinin laboratuvarında kullanımının ne gibi dezavantajları olabilir?

- ✓ Bu sensörler hata verebilir ve her zaman çalışmayabilir. İnsanlar makineler tarafından yapılan çalışmalara güvenemeyebilir.
- ✓ İnsan sağlığı açısından radyasyon gibi zararları vardır. Laboratuvar çalışanlarında azalmalar olacağından içi sayısı düşecektir. Elektrikler kesilebilir.
- ✓ İşsizlik artar, küçük makineler insanların yapacağı işleri yapar. Teknik aksaklıklardan dolayı deney yanlış çıkabilir.
- ✓ Robotlara yanlış en ufak bir hata çok ciddi sıkıntılar yaratabilir ve bir insanın hayatına mal olabilir. Bu yüzden bence robotlar insan yerine geçmemeli hayatı kolaylatmamalıdır.
- ✓ Elektrik kesilmesi veya herhangi bir aksaklık olmasında deneyler kontrolünden çıkabilir.
- ✓ İnsan gücü azaldığından dolayı işsizlik oranı artacaktır ve zamanla daha çok makinelere bağlı bir yaşamı deneyimleyebiliriz.
- ✓ Herhangi bir arıza ya da elektrik kesilmesi dışında bir dezavantajı göremiyorum.

Araştırmacı	İkinci Kodlayıcı	
	Var	Yok
Temalar		
Güvenlik, Tezdeki kimyasallarla temas etmeden çalıştırma	+	
Yeni iş alanları-yeni teknolojiler	+	
Veri teknolojileri	+	
Veri depolama		
Zaman yönetimi	+	
Ekonomik tasarruf	+	
Uzaktan kontrol	+	
Hataların azalması	+	

Araştırmacı	İkinci Kodlayıcı	
	Var	Yok
Temalar		
Sensörler hatalı veri sağlayabilir	+	
Teknik sorunlar olabilir	+	
İnsanlara güvenememek deneyim	+	
İşsizlik artar	+	
Radyasyon riski	+	
Hataların ciddi sonuçları	+	
Robotların konusundan çıkması	+	
Makinelerin bağlı yaşamı	+	

Şekil 3.12 İkinci Kodlayıcıya Ait Kodlama Teyidi Örneği

Şekil 3.12’de seçilen “Laboratuvar Çalışmalarında IoT Kullanımı” bölümündeki 5. ve 6. sorularına ait öğrenci görüşleri ve ikinci kodlayıcı tarafından değerlendirilmesi gösterilmektedir. Görüldüğü gibi ikinci kodlamacı 5. soruda yedi maddede uzlaşırken bir maddede uzlaşmamıştır. Altıncı sorudaki değerlendirmede sekiz maddede uzlaşırken iki maddenin tek bir maddede ifade edilmesi gerektiğini önermektedir.

Tablo 3.4 Araştırmacı ve İkinci Araştırmacının Oluşturdukları Kodlara İlişkin Tutarlılık Yüzdeleri

Kodlayıcı 1					
Kodlayıcı 2		Evet	Hayır		
	Evet	Uzlaşma-Her iki kodlayıcının da kodu bir metin bölmesine kod atadığı anların sayısı.	Uyuşmazlık-Bir metin bölmesine bir kodlayıcı tarafından atanan ama diğeri tarafından atanmayan kod sayısı.		
	Hayır	Uyuşmazlık-Bir metin bölmesine bir kodlayıcı tarafından atanan ama diğeri tarafından atanmayan kod sayısı.	Uzlaşma-Her iki kodlayıcının bir metin bölmesine kod atamamış olduğu anların sayısı.		
Kodlayıcı 1			Uyum Yüzdesi		
Kodlayıcı 2			Evet	Hayır	%
	1.soru	Evet	6	1	85.71
		Hayır	0	0	
	2.soru	Evet	5	0	100.00
		Hayır	0	0	
	3.soru	Evet	5	1	71,40
		Hayır	1	0	
	4.soru	Evet	7	0	87.50
		Hayır	1	0	
	5.soru	Evet	7	1	87.50
		Hayır	0	0	
	6.soru	Evet	8	0	88.89
Hayır		1	0		
Ortalama Uyum Yüzdesi					86,83

Rastgele seçilen “Laboratuvar Çalışmalarında IoT Kullanımı” ile ilgili bölümden altı sorunun ikinci kodlayıcı tarafından temalarının kodlanmasıyla oluşan uyum yüzdesinin hesaplanması Carey ve diğerlerinin (1996) tarafından önerilen Tablo 3.4’teki gibi her soru için hesaplanmıştır. Bu hesaplamada uyum yüzdeleri hesaplarken *Miles ve Huberman güvenilirlik formülü* ($Güvenirlik = \frac{Görüş\ Birliği}{Görüş\ Birliği + Görüş\ Ayrılığı}$) kullanılmış ve kodlayıcılar arasındaki uyum oranı her bir soru için hesaplanmıştır. En sonunda altı soru için hesaplanan güvenilirlik yüzdeleri ortalaması %86.83 olarak hesaplanmıştır. İki kodlama arasında %80 ve üzeri bir tutarlık olması analizin güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada iki araştırmacı tarafından elde edilen %86.83 uyum

yüzdesi % 85 ile % 90 arasında olduğundan analizin ve dolayısıyla çalışmanın tutarlılığının yüksek güvenilirlikte olduğunu göstermektedir (Miles, Huberman ve Saladana, 2014).

3.8.2. Geçerlik

İyi bir araştırmada verilerin, bulguların ve yorumların geçerliğini sağlamak için çeşitli süreçler kullanmaktır. Geçerlik, nicel ve nitel araştırmalarda farklılık göstermekle birlikte her iki türde de verilerin, bulguların ve yorumları kontrol etme amacına hizmet eder (Creswell ve Clark, 2014). Karma yöntem araştırmaları hem nicel hem de nitel araştırmalarını içerdiğinden geçerlik, iyi titiz bir çalışmanın merkezinde yer alarak bulguların doğru olduğu anlamına gelir. Bu doğruluk, (Felsefi Yaklaşım ve Bakış açısı) araştırmacı gözüyle, katılımcı görüşleriyle, okuyucular ve araştırmayı gözden geçiren hakemler (eleştirmenler) aracılığıyla değerlendirilebilir (Creswell ve Miller, 2000). Lincoln ve Guba (1985) inanılrlık, aktarılabilirlik, güvenilirlik ve doğrulanabilirlik gibi ölçülebilir kriterler geliştirmiştir. Yorumların doğruluğunu değerlendirmek için veri üçlemesi, katılımcı teyidi ve (dış) denetim “pozitivizm sonrası görüşte” sistematik ve titiz yaklaşımlar; “Yapılandırmacı yönelimde” uzun süreli görüşme (alana uzun süre dâhil olma) ile yoğun ve zengin açıklamalar (tanımlamalar), çelişkili kanıt “Katılımcı ve daha eleştirel bir bakış açısı” edinen araştırmacılar, araştırma/cı yansiyabilirliği, katılımcılarla işbirliği ve akran araştırması benimsenmiştir.

Bu karma yöntem araştırmasında birleştirme-müdahale karma deseni kullanıldığı için birden fazla dünya görüşü kullanabileceği yaklaşımı ve çoklu dünya görüşlerinin seçiminde araştırmacının sosyal dünyayı bilme çabasından dolayı **postpozitivist** ve **yapılandırmacılık** dünya görüşleri varsayımı söz konusudur. Çoklu dünya görüşü benimsendiğinden, geçerlik önlemleri -veri üçlemesi, katılımcı teyidi, çalışma ortamına çalışma süresince dâhil olma, çalışmaya ilişkin yoğun ve zengin açıklamalar- yoluyla sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca araştırmacının rolünden bahsedilerek yansiyabilirlik ile geçerlik desteklenmiştir. Geçerliğin sağlanmasında araştırmacının deneyimlerinin, geçmişlerinin, açıklamalarını şekillendirmede nasıl bir etkisi olduğu, önyargı ve inançları paylaşarak, açıklamalar daha doğru hale gelir. Eğer araştırmacının çalışmaya getirdiği ön yargı ve inançları ve bunların araştırmacının yorumunu nasıl şekillendirildiği bilinirse nitel açıklamanın daha geçerli hale geleceği kabul edilir. Araştırmacının rolü başlıklı bir bölüm açılmıştır.

Nicel veri toplama araçlarının seçilmesinde ve uygulama sürecinde uzman görüşleri alınmıştır. Kullanılması için ölçek sahiplerinden izin alınmıştır. Kullanılan ölçekler bilimsel

olarak geçerliğı sağlanmış ölçekler olup istatistiksel geçerlik bilgileri tezin “Veri Analizi” bölümünde verilmiştir.

Çalışmadaki temaları oluşturmak için farklı kaynaklardan kanıt ortaya koymak için veri çlemesi kullanılmıştır. Ortaya konan kanıtlar, görüşme notlarından yazıya aktarılmış deşifreleri ve alan notları gibi bilgi kaynakları ile desteklenmiştir. Katılımcı öğrencilerden elde edilen görüşme verilerinden elde edilen temalar için kanıt bulunan kodlama süresince doğal olarak gelişmiştir. Elde edilen tema ve kodlara ilişkin uzman görüşü alınmıştır.

Katılımcıların görüşleri bilgi öğrenmeye yönelik bir yaklaşım katılımcı teyididir. Araştırmacının temaları ya da tüm hikyeleri katılımcılara geri götürüp katılımcılara, temaların ya da hikyelerin, söylediklerinin doğru bir göstergesi olup olmadığının sorulması katılımcı teyididir. Bu geri dntler görüşme deşifreleri ve alan notları değildir. Temalar veya genel hikyenin tartışması gibi verilerle ilgili kapsamlı zet ifadelerdir. Temalar ve hikyeler doğruluğu ve temalarda eksikliğin olup olmadığı, katılımcıların katıldığı ve katılmadığı hususlar dikkate alınarak temalar hem süreç içinde hem de süreçten sonra gözden geirilmifitir.

Alanda katılımcılarla uyum içinde olmanın göstergesi olarak uygulama alanında uzun süreli ya da geniş çaplı katılım sağlanmıştır. Araştırma leklerin uygulanması ve uygulamanın gerçekleşmesi süresince on haftalık süreçte araştırmacının alanda olması elde edilen verilerin ve değerlendirmenin doğruluğunun ortaya konmasında güçlü bir kanıt olabilir. Yöntem bölümünde bahsedilen katılımcılarla birlikte geçirilen süre ve veri toplama düzeyleri, kodları, temaları ve hikyeyi katılımcılarla birlikte kontrol etme ve gerekirse değiştirme olanağı çalışmanın geçerliğini arttırdığını düşündürebilir.

Katılımcılarla işbirliği araştırma sürecindeki tüm aşamalarda her düzeydeki katılımda birlikte gerçekleştirilmesi ve kontrol edilmesi katılımcılarında karar vermede rolünü göstermektedir.

Çalışmada süreç boyunca geçerlik önlemleri olarak; veri çlemesi, alanda uzun süre vakit harcayarak öğrencileri gözleme, birlikte işbirliği yaparak ğretimi gerçekleştirme, bu süreç boyunca kapsamlı veri toplama, çözümleme ve raporlama, karşılaşılan güçlüklere ve olumsuz durumlara çözümler üretme, okuyucuyu çalışma alanında hissettirecek şekilde temaların ayrıntılı açıklamalarını yapma ve yansıyabilirlik yoluyla kişisel önyargıları ve inançları netleştirerek ifade etme yaklaşımları kullanılmıştır. Ayrıca dıştan (dış geçerlik)

noktasında en az doktora yapmış okuyuculardan ve akranlardan zaman zaman görüşler alınmış, bazı bölümler okutturulmuş ve başka birinin gözden geçirmesiyle birlikte çalışmanın informal denetimi sağlanmıştır. Bunun yanında tez izleme süreçlerinde jüri üyelerinin eleştirileri ve önerileri dikkate alınarak gerekli düzeltmeler ve geliştirmeler süreç boyunca yapılmıştır.

Hazırlanan etkinlikler kapsam geçerliği için etkinlik geliştirme sürecinde iki kimya eğitimi uzmanı, bir bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi uzmanı, iki fen bilgisi eğitimi uzmanı ve iki öğretmen olmak üzere yedi uzmana inceletirilmiştir. Uzmanlardan etkinlik ve çalışma yapraklarında görülen eksiklikler ya da hataların düzeltilmesi ve her bir kazanımlar için etkinlik tasarımı gerçekleştirirken dikkat edilmesi gereken değerlendirme kriterlerine (Kerpiç ve Bozkurt, 2011) göre düzenlenen “Etkinlik Değerlendirme Ölçütleri” (Tablo 3. 5) doldurmaları sağlanmıştır. Uzmanların değerlendirmelerinde etkinlik ve çalışma yapraklarının geçerliğinin kabulü için literatürde nitel veri toplama araçlarının geçerliliğinin hesaplanması için kullanılan Lawshe testi (1975) kullanılmıştır. Bu teste göre veri toplama aracıyla ilgili bir KGO (Kapsam Geçerlilik Oranı) tespit edilir ve bu oranın değerlendirmeye katılan uzman sayısına göre hesaplanan değer altı altında olması durumunda ilgili madde veri toplama aracından çıkarılır. Test maddeleri, "Nitelikli", "Geliştirilmeli" ve "Uygun Değil" gibi kriterler ile uzmanlarca değerlendirilmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Etkinlik Değerlendirme Ölçütleri

Ölçütler	Değerlendirme için cevap beklenen sorular	Nitelikli	Geliştirilmeli	Uygun Değil
Amaç	Etkinlik kazanımın amacına uygun mudur?			
Zaman kullanımı	-Zaman planlaması yapılmış mıdır?			
Sınıf organizasyonu	-Etkinlik uygulamasında öğrencilerin nasıl organize olacaklarına (bireysel, grup, tüm sınıf vb) karar verilmiş midir?			
Öğrenci ön bilgileri	Etkinlik öğrencinin ön bilgilerini kullanmasını gerektirmekte midir?			
Kapsayıcılık	Etkinlik için sınıfın nasıl düzenleneceği açıklanmış mıdır?			
Kullanılan materyallerin uygunluğu	-Etkinlik sırasında kullanılacak materyallerin öğretimi destekleyici, öğrenmeyi kolaylaştırıcı boyutlarının dikkate alınmış mıdır?			
Öğretmen rolü	Etkinliğin planlanan şekilde uygulanabilmesi için öğretmen tarafından kendisi için belirlenen görevlerin belirtilmiş midir?			
Öğrenci rolü	-Etkinliğin planlanan şekilde uygulanabilmesi için öğrencinin görevleri belirtilmiş midir?			
Öğrenci zorluğu	Etkinlikler öğrenci düzeyine uygun mudur?			
Ölçme ve değerlendirme	Etkinliklerin ulaşmak istediği amaçlara ne derecede ulaşmış olmasının belirlenebilmesi için ölçme değerlendirmeye yer verilmiş midir?			
Esneklik	Etkinliklerin uygulanmasında beklenmedik durumlara karşı tedbir alınmış mıdır?			

$$KGO = \frac{N_G}{N / 2} - 1$$

NG = "Madde gereklidir/uygundur"
cevabı veren uzmanların sayısı
N = Görüş bildiren toplam uzman sayısı

Formül uygulandığında matematiksel olarak uzmanların tamamı uygundur derse KGO = 1, uzmanların yarısı uygundur derse KGO = 0, uzmanların yarısından fazlası uygundur derse KGO > 0 ve uzmanların yarısından azı uygundur derse KGO < 0 değerleri ortaya çıkacaktır. Buna göre, elde edilen bulguların değerlendirilmesinde bakılacak KGO değerleri Tablo 3. 6'da verilmiştir (Yurdugül, 2005).

Tablo 3.6 KGO İçin Minimum Değerler

Uzman Sayısı	Minimum Değer	Uzman sayısı	Minimum Değer
5	0.99	13	0.54
6	0.99	14	0.51
7	0.99	15	0.49
8	0.78	20	0.42
9	0.75	25	0.37
10	0.62	30	0.33
11	0.59	35	0.31
12	0.56	40	0.29

Not: p < 0.05 (Venaziano ve Hooper, 1997, Akt.Yurdugül, 2005, s. 2).

Tablo 3.6'te yedi uzman için formül sonucu elde edilen bulgular .05 anlamlılık düzeyinde 0.99 değeri ölçüt alınarak değerlendirilecektir.

Tablo 3.7 Etkinliklerin Değerlendirme Ölçütlerine Göre KGO Değerleri

Etkinlik	Amaç	Zaman kullanımı	Sınıf organizasyonu	Öğrenci ön bilgileri	Kapsayıcılık	Kullanılan materyallerin uygunluğu	Öğretmen rolü	Öğrenci rolü	Öğrenci zorluğu	Ölçme ve değerlendirme	Esneklik
1.Nanobilim etkinliği	1	1	1	0.43	1	1	1	1	1	1	1
2.STEM-GLASS tasarım etkinliği	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.Mühendislik dizayn süreçleri: Teknoloji entegrasyonu	1	0.72	1	1	1	1	1	1	0.43	1	1
Kapsam Geçerlik İndeksi	1	0.91	1	0.81	1	1	1	1	0.81	1	1

Tablo 3.7’de görüldüğü gibi uzman görüşü neticesinde etkinliklerin KGO değerlerine göre geçerli olduğu tespit edilmiştir. Nanobilim etkinliğindeki “öğrencilerin önbilgileri” ölçütü 0.43 KGO değeri, ve Mühendislik dizayn süreçleri etkinliğindeki “zaman kullanımı ve öğrenci zorluğu” ölçütleri sırasıyla 0.72 ve 0.43 KGO değerleri dikkat çekmektedir. Nanobilim etkinliği “öğrenci ön bilgileri” kriterine iki uzman olumlu görüş belirtmemiştir. Bu nedenle ön bilgilere ortaya çıkarmaya ve öğretimine yönelik etkinlik içeriği geliştirilmiştir. Mühendislik dizayn süreçleri bölümünde zaman kullanımı ile bir uzman olumlu görüş belirtmemiştir. Zamanı etkin kullanmak için uzmanın görüşleri doğrultusunda düzenlemeler yapılmıştır. Aynı bölümde öğrenci zorluğu ölçütünde iki uzman olumlu görüş belirtmemişlerdir. Uzmanlarla görüş birliği kurularak gerekli kolaylaştırmalar yapılmıştır.

Tablo 3.7’de görülen Kapsam Geçerlik İndeksi sonuçlarına göre etkinliklerin genel olarak uzmanlar tarafından uygun bulunduğu görülmüştür. Olumsuz görüşler de olmasına rağmen kapsam geçerlik oranlarının ortalaması ile elde edilen kapsam geçerlik indeksine göre, belirlenen ölçütlere (Tablo 3. 5) göre geçerli etkinliklerin hazırlandığı görülmektedir.

Çalışmanın sonuçsal geçerliği açısından tezde geliştirilen etkinliklerin alanda diğer öğretmenler tarafından uygulamalı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

3.9. Araştırmacının Rolü

Araştırmacı rolünün nitel çalışmaların ağırlıklı olarak kullanıldığı karma yöntem araştırmalarında oldukça etkili olduğu görülmektedir. Araştırmanın gerçekleşmesi süresince araştırmacı katılımcılarla sürekli ve sıkı bir etkileşim içindedir. Tam katılımcı olarak rol oynayan araştırmacı aynı zamanda süreci yorumlar. Araştırmacı karşılıklı etkileşim içinde bulunduğu kişilerle tamamen devreye girerek ilgilenir. Bu durum araştırmacının ilgilendiği kişilerle sıkı bir bağ kurmasına katkı yapabilmektedir (Angrosino, 2007). Araştırmacının araştırma boyunca bulunduğu konumu, ilgisi, değerleri, önyargıları, araştırma konusu ve uygulama sürecine yaklaşımı araştırma güvenilirliğinin sağlanması açısından önemlidir (Creswell, 2003).

Öğrencilik yıllarımdan başlayan bilime ve teknolojiye karşı olan ilgim gün geçtikçe arttı. Çok iyi eğitim aldığım lise eğitimimden sonra üniversite sınavı kazanmamla kimya alanındaki eğitim sürecim Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği bölümünde başladı. Kimya bilimini öğrendikçe ve ayrıntılarına tanık olmamla birlikte ilgim zamanla arttı. Öğretmenlik kariyerim boyunca geniş yaş aralıklarına sahip öğrencilerle öğrenme ve öğretim süreci

deneyimi yaşadım. Onların bilime ve teknolojiye karşı yaklaşımlarında farkındalıklarını artırmayı ve bilimdeki gelişmelere karşı sorgulayıcı bir bakış açısıyla değerlendirme yapabilmelerini hedefledim.

Yüksek lisans ve doktora eğitim/araştırma sürecimde hedefime ulaşabilme heyecanım ve motivasyonum canlı kaldı. Araştırma süreçlerimi kimya eğitimindeki güncel bilimsel araştırma konularında, sorumlu ve yenilikçi öğretmenlik deneyimi yaşamak ve öğrencilere bu süreci yaşatmak için bir fırsat olarak gördüm. Özellikle araştırma konularım olan NBT Eğitimi, STEM entegrasyonu, Endüstri 4.0' bileşenlerinden biri olan Nesnelerin İnternetinin deney ortamına uygulanması çok yakından ilgilendiğim konulardı. Araştırmadaki çalışma grubumu oluşturan öğrencilerle yaşadığım deneyimler farklı içerikleri bir araya getirmenin zorluğu ve heyecanıydı. Nanobilimin ilginç, şaşırtıcı yönlerini, hayatımızdaki yerini ve önemini işbirlikçi uygulayıcı ve katılımcı olarak öğrencilerle birlikte bir takım ruhu anlayışıyla deneyimledik. Tezin uygulanması süreci boyunca öğrencilerin bireysel farklılıklarını göz önünde tutmayı, öğrencilerin aktif katılımcı olmaları için fırsatlar oluşturmayı, eleştirel ve özgür düşünme ortamı sunmayı, tartışan ve eksikliklerini fark ettirmeyi hedefleyen bir tutum içinde olmaya gayret gösterdim.

Pilot çalışma ve gerçek uygulamayı tam katılımcı olarak kendim gerçekleştirdim. Öğrencilere rehberlik ederek onların ortaya koydukları görüşlere müdahale etmeden yargılamadan yansız bir anlayışla değerlendirdim. Etkinliklerdeki soruların cevaplarını kendilerinin ve grup arkadaşlarıyla birlikte bulmaları için ortamlar ve fırsatlar oluşturdum. Uygulama boyunca bu tutumum araştırma verilerinin toplanması, analizi, bulgular ve sonuç bölümüne de yansımıştır.

3.10. Etik Değerler

Çalışmanın tüm aşamalarında etik değerler göz önünde bulundurularak hareket edilmiştir. Hem nicel hem de nitel araştırmalarda veri toplamak için, katılımcıların gönüllü olduklarını karşılıklı olarak ortaya koymak, duyarlılık gerektiren konulara dikkat etmek ve araştırmanın amacını net bir biçimde açıklamak gibi önemli etik konular uygulanır (Creswell ve Plano Clark, 2014). Nitel çalışmalar sık sık katılımcılara soru sormayı ve katılımcılara sınıf ortamında veri toplamayı içerdiğinden verilerin nasıl toplanacağına ve toplanan bilgileri korumaya yönelik ayrıntılara yer verilen açıklamalar yapılmıştır. Nicel veriler toplanırken ise katılımcılardan izin alarak ölçme aracı tanıtılarak tamamlanması, davranışların gözlemlenmesi ve işaretletmeleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın

gerçekleştirilmesinde katılımcıların haklarının korunduğunu garanti etmek amacıyla etik kurulundan onay alınmıştır. Araştırma sürecinin farklı aşamalarında ortaya çıkabilecek etik sorunlar öngörülerek çalışmaya başlamadan önce, çalışmanın başında, veri toplama sürecinde, veri analizi boyunca ve verilerin yorumlanması sırasında meydana çıkabilecek sorunlara yönelik tedbirler alınmıştır. Örneğin uygulama yapılan okulun standartları gözden geçirilmiştir. İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden araştırma izni alınmış ve uygulama yapılan okula sunulmuştur. Katılımcı öğrencilere duyurular ve çalışma ile bilgilendirme yapılarak gönüllü öğrencilerin çalışmaya dâhil olmaları sağlanmıştır. Yetki sorunu ortaya çıkarmayacak bir çalışma mekânı seçilmiştir. Çalışmaya başlarken, uygulamanın katılımcılara faydalı olması amacıyla onların öğrenme ihtiyaçlarına uygun olması göz önünde tutulmuştur. Katılımcılarla iletişim içinde çalışmanın genel amacı hakkında bilgi verilmiştir. Veri toplarken, ortama saygı içinde güven ortamı oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın amacı ve nasıl veri toplanacağı anlatılmıştır. Yönlendirici sorulardan, kişisel izlenimleri yargılamaktan, hassas bilgileri paylaşmaktan kaçınılmıştır. İletişim sadece veri toplamak için kullanılmamış, olası güç dengesizliklerinden kaynaklı suistimallerden kaçınılmıştır. Veri toplama araçlarına bağlı kalınmıştır. Katılımcıları en az rahatsız edici durumlardan kaçınılmıştır. Video ve ses kaydı alınma anlarında katılımcılar haberdar edilmiştir. Katılım için öğrencilere uygulama sonunda sertifika verilerek ödüllendirilmiştir. Veri analizi yaparken, farklı bakış açıları yakalanmaya çalışılmıştır. Sadece olumlu bulgular değil bütüncül bir bakış açısı ile değerlendirilmiştir. Karşıt bulgulara da önem verilmiştir. Katılımcıların gizliliğine saygı duyulmuştur. Bunun için öğrencilerin isimlerinin yerine kodlar (Ö1, Ö2 gibi) kullanılmıştır. Veri saklarken ve açıklarken, dürüst davranılmıştır. Kanıt, veri, bulgular ve sonuçlar üzerinde oynama yapılmamış, intihalden, katılımcılara zarar verecek bilgileri açıklamaktan kaçınılmıştır. Ana veri ve detaylar gerekli süre boyunca saklanmaktadır. Tez raporunun bölümleri tez yazım kılavuzu yönergelerine uygun olarak yazılmıştır.

4. BÖLÜM: BULGULAR

Bu bölümde karma yöntem araştırmasının sonucunda elde edilen bulgulara ve bulgulara ait yorumlara yer verilmiştir. Bulgular, araştırma amacına uygun olarak araştırma sorularına göre düzenlenmiştir.

Uygulama sürecinde sınıftaki öğrenci sayısı 12'dir ancak bazı devamsızlık yapan öğrencilerden dolayı sayısal değişiklikler söz konusudur.

4.1. Bilimsel Süreç Becerileri (BSB) Ait Bulguları

Çalışmadaki alt problemlerden biri olan “Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” sorusudur. Bu sorunun cevabını bulmak üzere elde edilen nicel ve nitel bulgular birlikte düzenlenmiştir.

Çalışma grubu öğrencilerinin ön test ve son test bilimsel süreç becerileri testi verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.1'de ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon Uyumlu Çiftler İşaretli Sıralar Testi ile elde edilen bulgular Tablo 4.2'de yer almaktadır.

Tablo 4.1 Bilimsel Süreç Becerileri (BSB) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

BSBT	N	Σ	$\bar{x}$	ss	$Sh_{\bar{x}}$
Ön test	12	282	23,50	3,61	1.04
Son test	12	262	21,83	3.71	1.07

Öğrencilerin BSB aldıkları puanlar Tablo 4.1'de görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 282$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 262$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 23,50$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 23,83$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2 Öğrencilerin Ön test-Son test BSBT Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon Uyumlu Çiftler İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	6	5,33	32.00		
Pozitif Sıra	2	2.00	4.00		
Eşit	4			-1,973	,049*
Toplam	12				

* $p < .05$

Tablo 4.2'ye göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları BSB testi puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır ($z=-1,973$, $p=.049$). Öğrencilerin BSB testi negatif sıra toplamı 32, pozitif sıra toplamı 4 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

Çalışmadan özellikle etkinliğin uygulanması sırasında elde edilen BSB ile ilgili nitel bulgular çalışmanın nicel bulgularla birlikte yorumlanmak amacıyla düzenlenmiştir.

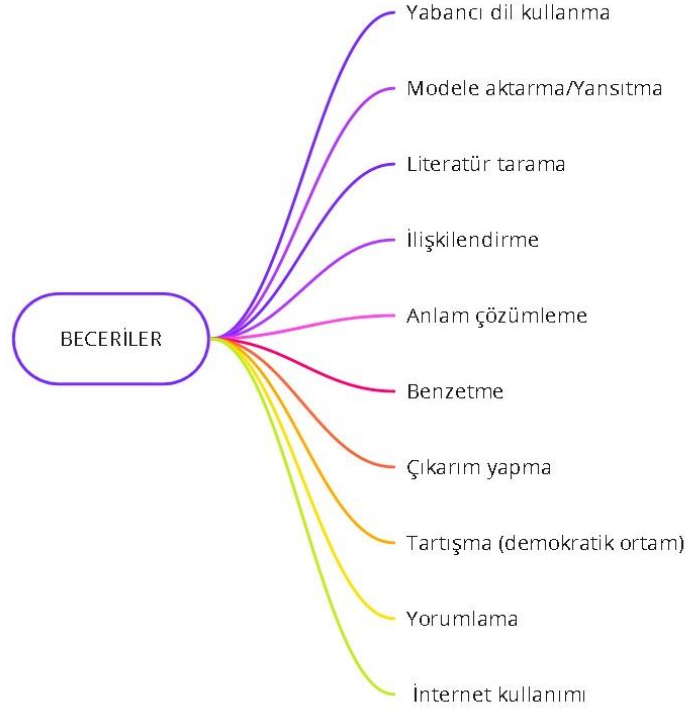
Öğrencilerin “Küp Şeker, Toz Şeker ve Pudra Şekeri İncelemeleri” etkinliğinde değişkenleri belirledikleri bölümde öğrenci konuşmalarından elde edilen Şekil 4. 1'deki yöntemsel beceri temasında karşılaştırma ve gözlem becerilerini kullandıkları belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Öğrencilerin Kullandıkları Yöntemsel Beceriler

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi öğrenci görüşlerinde **sözü geçen yöntemsel beceriler** ile ilgili “Karşılaştırma yapma, Gözlem, Karşılaştırma” becerilerinin çalışma yöntemine yönelik ifadelerinde geçtiği görülmüştür.

STEM Tasarım etkinliğinde öğrencilerin yaptığı ön araştırmalarda ses kayıtları, video kayıtları, etkinlik sayfasındaki verilerden ve öğretmen gözlemlerinden öğrencilerin kullandığı 10 adet beceri tespit edilmiştir. Bunlar Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Etkinlik Boyunca Öğrencilerin Kullandığı Beceriler

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi öğrencilerin çalışmaya başlamadan “Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?” sorusuna yönelik ön araştırmalarda” interneti kullanma, literatür tarama, yabancı dil kullanma, anlam çözümleme, çıkarım yapma, demokratik şekilde tartışma, benzetme, ilişkilendirme, yorumlama ve modele aktarma/yansıtma” becerilerini gösterdikleri görülmüştür.

“Çalışmalar size ne gibi beceriler kazandırdı?” sorusuna cevap olarak öğrencilerin görüşleri Şekil 4.3’te sunulmuştur.

BECERİLER		BECERİLER		BECERİLER		TUTUMLAR	
Yapıştırma	1	Somuttan somuta	1	Seçim yapabilme	5	Özgürlük	7
Kesme	1	Yaratıcılık	1,5	Karar verme	5	Kendine güven	7
El işi	1,3,5,7,8,9 10	Akış	1,5,10	Literatür araştırması	5	Keyif alma	7
Uygun malzeme bulma	8	Bakış açısı geliştirme	9	Sanatsal beceriler	5	Sınırlılık	10
Matematik (hesaplama ve simetri)	1,9	Takım halinde çalışma ruhu İşbirliği	3,9	Çözüm bulma	5	Sosyalleşme	10
						Farkındalık	1,8

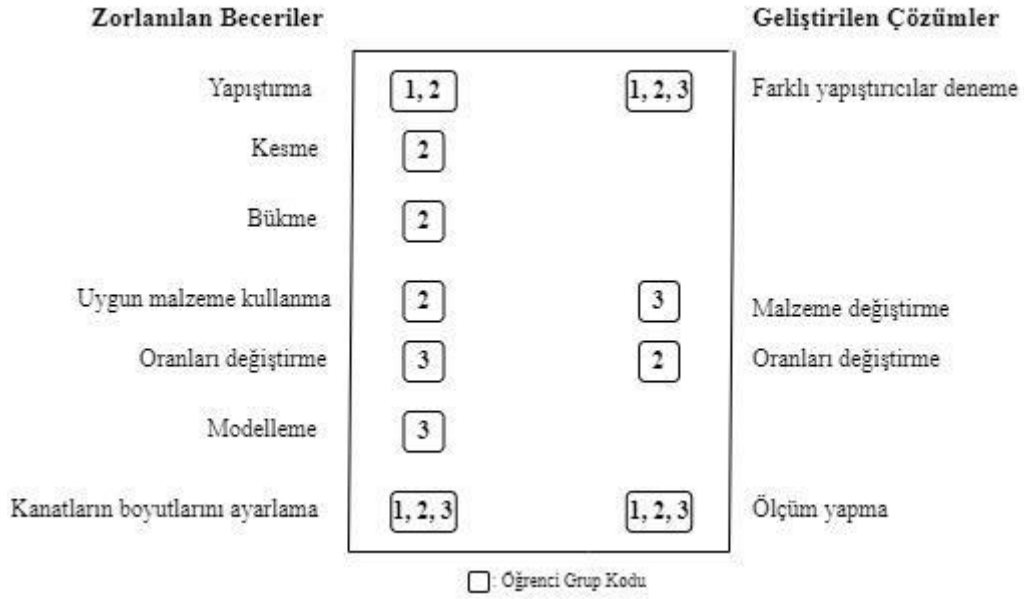
□: Öğrenci Grup Kodu

Şekil 4.3 Öğrencilerin Çalışmaların Kendilerine Neler Kazandırdığına İlişkin Görüşleri

Şekil 4.3’de de görüldüğü gibi öğrencilere bu çalışmanın kazandırdığı “**Beceriler**” şunlardır. “Yapıştırma, Kesme becerisi, El işi becerisi, Farkındalık, Matematik (hesaplama

ve simetri) becerisi, Somuttan somuta, Yaratıcılık, Akış, Bakış açısı, Takım halinde çalışma ruhu İşbirliği, Seçim yapabilme, Karar verme becerisi, Literatür araştırması, Sanatsal beceriler, Çözüm bulma becerisi, Özgürlük, Kendine güven, Keyif alma, Sınırlılık, Sosyalleşme, Uygun malzeme bulma” becerileri olduğu ortaya çıkmıştır. **Ö1** “Yapıştırma ve kesme artık benden sorulur. El işi. Genel olarak hayatta kullandığım materyallerin çoğu umurumda değildi ama şu ana ne kadar önemli olduğunu anlıyorum. Çünkü kuşun ağırlığı vs. önemliydi buradaki yaptığımız çalışmada. Bunun dışında simetri çok önemliydi. Mesela kuşun iki kanadı eşit uzunlukta olmalı. Sineğin iki kanadı eşit olmalı. Kanatların ağırlığı eşit olmalı. O yüzden genel olarak soyuttan somuta. Genel olarak hiçbir şey yapamıyorsun, tıkanıyorsun yapman lazım bir anda geliyor bir şeyler aklına.”, **Ö3** “El becerisi gelişti. İşbirliği becerisi kazandım.”, **Ö5** “İnternette yapabileceğim kuşu seçtim. Araştırma yaparak farklı kuşlara baktım. Yapabileceğimiz doğan kuşuna karar verdik. Sinekte de karasineğe karar verdik. Mesela arkadaşlar farklı papağan kanadı ve kuşunu modellemişler. Bizimki onlardan farkı oluyor. En mümkün olanı seçmeye çalıştım. Aynı şekilde bizde yapıştırma, sanatsal olarak nasıl görünecek, el becerisi. Bir de önceden düşünmediğimiz bazı şeyleri akışta yaratıcılıklarımızı ortaya çıkararak yaptık. Karşılaştığımız sorunlara çözümler bulduk.”, **Ö7** “El becerileri noktasında beni geliştirdiğini düşünüyorum. Özgür hissettik. Kendi tasarımıımızı gerçekleştirdiğimiz için oldukça rahattık. Kendi tasarımıımızı yapmakta ayrı bir zevk verdi.”, **Ö8** “El becerimiz gelişti. Artık çevremizdeki şeyleri daha fazla düşünmeye başladık. Uygun malzemeyi kullanma becerisi kazandık. Uçacağı için hafif olması gerekiyordu. Daha dayanıklı olması gerekiyordu. Ayrıca sinekler daha çok kanat çırpıtığı için daha hafif olmalıydı. Çünkü kanat çırpıtığı için enerji harcıyordu. Artık kuşlar daha yüksekte uçtuğu için kanatları yüksekteki hava şartlarına uygun olmalı.”, **Ö9** “Tasarım olarak bakış açısı kazandırdı. El işi olarak. Hesaplamalarla ilgili becerilerim gelişti. Takım halinde çalışma ruhu kazandık.” ve **Ö10** “El becerisi. Sınırlı malzemelerle iyi iş çıkardık. Arkadaşlarımla kaynaştık. Aramız daha iyi oldu. İletişim kurduk. Daha sosyalleştik. Vakit çok hızlı geçti.” şeklindedir.

Öğrencilere tasarım etkinliğinin bir bölümünde sorulan “**Çalışmanızı tasarlarken hangi zorluklarla karşılaştınız?**” ve “**Bu zorlukların üstesinden nasıl geldiniz?**” sorularına cevap olarak belirlenen temalar Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4 Öğrencilerin Tasarımlarında Karşılaşılan Zorluklar ve Çözümlerine İlişkin Görüşleri

Şekil 4.4’ de görüldüğü gibi “Zorlanılan Beceriler” ve “Çözümler” sunulmuştur. Buna göre “Yapıştırmak, Kesmek, Bükme, Uygun malzeme kullanma, Oranları değiştirme, Modelleme, Kanatların boyutları” gibi zorluklarla karşılaşmış ve bu zorluklara çözüm olarak “Farklı yapıştırıcılar deneme, Malzeme değiştirme, Oranları değiştirme, Ölçüm yapma” çözümleri üretilmiştir.

Video görüntülerinin yorumlanmasıyla elde edilen verilere dayanarak öğrencilerin hesaplama yaparken ve mekanik olarak malzemenin bükülmesinde zorlandıklarını belirtmişlerdir. Öğrencinin söyleminden anlaşıldığı üzere hata olduğunu düşünerek yaptığı şeyin güzel olduğunu ifade etmiştir. Bu durum tasarım sürecinde deneme-yanılma yönteminde işe yarayabileceğinin gösterebilir. “Hesaplarımızda ve bükülmesinde zorlandık ama başardık. Hata gibi oldu ama güzel oldu şuradaki eklemi görebiliyoruz.”- “**Nasıl üstesinden geldiğiniz?**” -sorusuna keserek ayarladığını söylemişlerdir. “Keserek ayarladık.”

“**Hangi zorluklarla karşılaştınız?**” sorusuna öğrenciler yapıştırmada zorluk çektiklerini ve seçtikleri bazı malzemelerin diğer grup üyelerinin onlarda önce aldıklarını söylediler. “Yapıştırırken. Seçtiğimiz bazı malzemeleri diğer grup önce aldı.” -“**Nasıl aştınız?**”- diye sorulduğunda dört kişi olduklarını ve işbirlikçi çalışma ile yardımlaştıklarını söylediler. **İşbirlikçi çalışma** yaptıkları da öğrencilerin “Dört kişi olduğumuz için

yardımlaştık.” İfadelerinden anlaşılmaktadır. Şekil 4.5’te öğrencilerin tasarımlarında ürettikleri bazı çözümler ve devamında grupların görüşlerine yer verilmiştir.



Şekil 4.5 Öğrencilerin Çalışmalarındaki Bazı Çözümler

Grup üyelerinin “**Sorunlar- Çözümler**” olarak görüşleri G1 “*Yapıştırmak çok zordu. Farklı yapıştırıcılar kullandık.*”, G2 “*Sineğin damarlarını kesmek ve banda yapıştırma kısmı. Büken malzemeyi bulmak, tüysü yapıyı bulmak zordu. Yapıştırmak. Farklı yapıştırıcılar kullandık ve yaparken kanatları kısaltmak zorunda kaldık.*”, G 3 “*Kuşkanadını yaparken ilk başta kâğıtla yaptık ama sıcak silikon yüzünden kâğıtta yıpranmalar meydana geldi. Biz de bu yüzden evanın daha yaratıcı olduğunu düşündük. Kâğıt yerine eva kullandık. Silikon elimizi yaktığı için normal yapıştırıcı kullanmaya karar verdik.*” şeklindedir.

4.2. Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ) Bulguları

Çalışmadaki alt problemlerden biri olan “**Öğrencilerin nanoteknolojiye karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?**” sorusudur. Bu sorunun cevabını bulmak üzere deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testteki nanoteknoloji tutum ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.3’te ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.4’de yer almaktadır.

Tablo 4.3 Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

NNTÖ	N	Σ	$\bar{x}$	ss	$Sh_{\bar{x}}$
Ön test	12	634	52,83	5,39	1,56
Son test	12	668	55,67	5,58	1,61

Öğrencilerin NNTÖ'den aldıkları puanlar Tablo 4.3'de görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 634$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 668$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 52,83$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 55,67$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4 Öğrencilerin Ön test-Son test Nanoteknoloji Tutum Ölçeği Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	1	4,50	4,50	-2,361	,018*
Pozitif Sıra	9	5,61	50,50		
Eşit	2				
Toplam	12				

*p< .05

Tablo 4.4'ye göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları NTTÖ puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır. ($z = -2,361$, $p = .018$). Öğrencilerin Nanoteknoloji Tutum Ölçeği testi negatif sıra toplamı 4,50, pozitif sıra toplamı 50,50 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın pozitif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu son test puanları lehine olduğu görülmektedir.

4.3. STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYTÖ) Bulguları

Çalışmadaki alt problemlerden biri olan “Öğrencilerin STEM'e karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” sorusudur. Bu tutum ölçeğinin birinci bölümü Matematiğe karşı tutumla ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testteki STEM'in matematik alanına karşı tutum ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.5'te ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Tablo 4.5 STEM'e Yönelik Matematik Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_MAT) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

STEMYTÖ_MAT	N	Σ	$\bar{x}$	ss	$Sh_{\bar{x}}$
Ön test	12	293	24,42	.753	2,610
Son test	12	294	24,50	.691	2,393

Öğrencilerin STEMYTÖ_MAT ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.5'te görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 293$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 294$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 24,42$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 24,50$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Matematiğe Karşı Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	3	7,00	21,00	-.666	.505*
Pozitif Sıra	7	4,86	34,00		
Eşit	2				
Toplam	12				

*p<.05

Tablo 4.6'ya göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEMYTÖ_MAT ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -.666$, $p = .505$) Öğrencilerin STEM'in Matematik alanına ilişkin tutum ölçeği testi negatif sıra toplamı 21,00, pozitif sıra toplamı 34,00 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

Tutum ölçeğinin ikinci bölümü fene karşı tutumla ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testteki STEM'in fen alanına karşı tutum ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.7 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.8'de yer almaktadır.

Tablo 4.7 STEM'e Yönelik Fen Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_FEN) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

STEMYTÖ_FEN	N	Σ	$\bar{x}$	ss	Sh $\bar{x}$
Ön test	12	399	33,25	4,827	1,393
Son test	12	378	31,50	7,428	2,144

Öğrencilerin STEMYTÖ_FEN ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.7'de görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 399$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 378$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 33,25$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 31,50$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Fen'e Karşı Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	4	8,13	32,50	-,045	,964*
Pozitif Sıra	7	4,79	33,50		
Eşit	1				
Toplam	12				

*p< .05

Tablo 4.8'e göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEMYTÖ_FEN ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -.045$, $p = .964$) Öğrencilerin STEM'in Fen alanına ilişkin tutum ölçeği testi negatif sıra toplamı 32,50, pozitif sıra toplamı 33,50 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

Tutum ölçeğinin üçüncü bölümü Mühendisliğe karşı tutumla ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testteki STEM'in mühendislik alanına karşı tutum ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.9 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.10'da yer almaktadır.

Tablo 4.9 STEM'e Yönelik Mühendislik Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_MÜH) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

STEMYTÖ_MÜH	N	Σ	$\bar{x}$	ss	$Sh_{\bar{x}}$
Ön test	12	402	33,50	6,599	1,905
Son test	12	454	37,83	5,702	1,646

Öğrencilerin STEMYTÖ_MÜH ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.9'da görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 402$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 454$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 33,50$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 37,83$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.10 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Mühendisliğe Karşı Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	3	7,33	22,00	-1,336	,182*
Pozitif Sıra	9	6,22	56,00		
Eşit	0				
Toplam	12				

Tablo 4.10'a göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEMYTÖ_MÜH ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -1,336$, $p = .182$) Öğrencilerin STEM'in Mühendislik alanına ilişkin tutum ölçeği testi negatif sıra toplamı 22,00, pozitif sıra toplamı 56,00 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

Tutum ölçeğinin dördüncü bölümü 21. yüzyıl becerilerine karşı tutumla ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testteki STEM'in 21.yy becerilerine ilişkin tutum ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.11 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.12'de yer almaktadır.

Tablo 4.11 STEM'e Yönelik 21.yy Becerileri Tutum Ölçeği (STEMYTÖ_21.yy) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

STEMYTÖ_21.yy	N	Σ	$\bar{x}$	ss	$Sh_{\bar{x}}$
Ön test	12	521	43,42	6,156	1,777
Son test	12	515	42,92	6,052	1,747

Öğrencilerin STEMYTÖ_21.yy ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.11'de görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 521$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 515$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 43,42$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 42,92$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.12 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in 21. yy Becerilerine İlişkin Tutum Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	6	6,92	41,50		
Pozitif Sıra	6	6,08	36,50		
Eşit	0			-,197	,844*
Toplam	12				

* $p < .05$

Tablo 4.12'ye göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEMYTÖ_21.yy becerilerine ilişkin tutum ölçeği puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -.197$, $p = .844$) Öğrencilerin STEM'in 21. yy becerilerine ilişkin tutum ölçeği testi negatif sıra toplamı 41,50, pozitif sıra toplamı 36,50 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının

sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

4.4. Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgili Ölçeği (STEMYİÖ) Bulguları

Çalışmadaki alt problemlerden biri olan “Öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” sorusudur. Bu ilgi ölçeğinin birinci bölümü Fen meslekleriyle ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere öğrencilerin ön test ve son testteki STEM meslekleri fen alanına karşı ilgi ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.13 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.14’te yer almaktadır.

Tablo 4.13 STEM’in Fenle İlgili Mesleklerine Karşı İlgili Ölçeği (STEMYİÖ_FEN) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

STEMYİÖ_FEN	N	Σ	$\bar{x}$	ss	$Sh_{\bar{x}}$
Ön test	12	510	42,50	5,839	1,685
Son test	12	476	39,67	8,004	2,310

Öğrencilerin STEMYİÖ_FEN ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.13’te görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 510$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 476$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 42,50$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 39,67$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.14 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM’in Fenle İlgili Mesleklerine Karşı İlgili Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	5	7,40	37,00		
Pozitif Sıra	5	3,60	18,00		
Eşit	2			-,970	,332*
Toplam	12				

*p< .05

Tablo 4.14’e göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEM Fen meslekleri ilgili ölçeği (STEMYİÖ_FEN) puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -.970$, $p = .332$) Öğrencilerin STEM’in Fen mesleklerine ilişkin ilgili ölçeği testi negatif sıra toplamı 37,00, pozitif sıra toplamı 18,00 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

İlgi ölçeğinin ikinci bölümü Matematik meslekleriyle ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere öğrencilerin ön test ve son testteki STEM meslekleri matematik alanına karşı ilgi ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.15 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.16’da yer almaktadır.

Tablo 4.15 STEM’in Matematikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi (STEMYİÖ_MAT) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

<i>STEMYİÖ_MAT</i>	<i>N</i>	<i>Σ</i>	<i>$\bar{x}$</i>	<i>ss</i>	<i>Sh$\bar{x}$</i>
Ön test	12	477	39,75	6,240	1,801
Son test	12	474	39,50	7,538	2,176

Öğrencilerin STEMYİÖ_MAT ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.15’te görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 477$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 474$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 39,75$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 39,50$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.16 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM’in Matematikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgi Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	<i>N</i>	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	<i>z</i>	<i>P</i>
Negatif Sıra	6	6,75	40,50		
Pozitif Sıra	6	6,25	37,50	-,118	,906*
Eşit	0				
Toplam	12				

*p< .05

Tablo 4.16’ya göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEM Matematik meslekleri ilgi ölçeği (STEMYİÖ_MAT) puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -.118$, $p = .906$) Öğrencilerin STEM’in Matematik mesleklerine ilişkin ilgi ölçeği testi negatif sıra toplamı 40,50, pozitif sıra toplamı 37,50 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

İlgi ölçeğinin üçüncü bölümü Teknoloji alanı meslekleriyle ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere öğrencilerin ön test ve son testteki STEM meslekleri teknoloji alanına karşı ilgi ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.17 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.18’da yer almaktadır.

Tablo 4.17 STEM'in Teknoloji İlgili Mesleklerine Karşı İlg (STEMYİÖ_TEK) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

<i>STEMYİÖ_TEK</i>	<i>N</i>	<i>Σ</i>	<i>$\bar{x}$</i>	<i>ss</i>	<i>Sh_{$\bar{x}$}</i>
Ön test	12	481	40,08	6,543	1,889
Son test	12	461	38,42	10,405	3,004

Öğrencilerin STEMYİÖ_TEK ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.17'de görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 481$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 461$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 40,08$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 38,42$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.18 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Teknolojiyle İlgili Mesleklerine Karşı İlg Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	<i>N</i>	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	<i>z</i>	<i>P</i>
Negatif Sıra	6	6,75	40,50		
Pozitif Sıra	5	5,10	25,50	-,667	,504*
Eşit	1				
Toplam	12				

*p< .05

Tablo 4.18'e göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEM Teknoloji meslekleri ilgi ölçeği (STEMYİÖ_TEK) puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($z = -.667$, $p = .504$) Öğrencilerin STEM'in Teknoloji mesleklerine ilişkin ilgi ölçeği testi negatif sıra toplamı 40,50, pozitif sıra toplamı 25,50 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehine olduğu görülmektedir.

İlg ölçeğinin dördüncü bölümü Mühendislik meslekleriyle ilgili olup, sorunun cevabını bulmak üzere öğrencilerin ön test ve son testteki STEM meslekleri mühendislik alanına karşı ilgi ölçeği verilerinin betimsel istatistikleri Tablo 4.19 ve non-parametrik istatistik olan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 4.20'de yer almaktadır.

Tablo 4.19 STEM'in Mühendislikle İlgili Mesleklerine Karşı İlg (STEMYİÖ_MÜH) Ön test ve Son test Puanlarının Betimsel İstatistikleri

<i>STEMYİÖ_MÜH</i>	<i>N</i>	<i>Σ</i>	<i>$\bar{x}$</i>	<i>ss</i>	<i>Sh_{$\bar{x}$}</i>
Ön test	12	483	40,25	8,561	2,471
Son test	12	518	43,17	8,321	2,402

Öğrencilerin STEMİYÖ_MÜH ölçeğinden aldıkları puanlar Tablo 4.19'te görüldüğü üzere; ön test toplam puanının ($\Sigma_{\text{ön test}} = 483$), son test toplam puanının ise ($\Sigma_{\text{son test}} = 518$) olduğu, ön test ortalamasının ($\bar{x}_{\text{ön test}} = 40,25$), son test ortalamasının ise ($\bar{x}_{\text{son test}} = 43,17$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.20 Öğrencilerin Ön test-Son test STEM'in Mühendislikle İlgili Mesleklerine Karşı İlgili Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	n	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	z	P
Negatif Sıra	3	3,67	11,00		
Pozitif Sıra	8	6,88	55,00		
Eşit	1			-1,962	,050*
Toplam	12				

*p< .05

Tablo 4.20'ye göre öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında aldıkları STEM Mühendislik meslekleri ilgi ölçeği (STEMİYÖ_MÜH) puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır ($z = -1,962$, $p = .050$) Öğrencilerin STEM'in Matematik mesleklerine ilişkin ilgi ölçeği testi negatif sıra toplamı 11,00, pozitif sıra toplamı 55,00 olarak bulunmuştur. Fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda farkın pozitif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu son test puanları lehine olduğu görülmektedir.

4.5. NBT İle İlişkilendirilebilecek MEB Ortaöğretim Kimya Öğretim Programında Bulunan Çekirdek Konuları İle İlgili Bulgular

Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) "Dokuz Büyük Fikir" (Stevens ve diğ., 2009) dikkate alınarak NBT ile ilişkilendirilebilecek konular belirlenerek her bir büyük fikrin açıklamalarıyla birlikte Tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21 NBT İle İlişkilendirilebilecek MEB Ortaöğretim Kimya Öğretim Programında Bulunan Çekirdek Konuları

Dokuz Büyük Fikir	Açıklama	Kimya Öğretim Programı
Boyut ve Ölçek	Boyut, ölçek, şekil, orantı, boyutsallık	
Maddenin Yapısı	Yapıtaşları oluşturan hiyerarşi; atom, moleküller, nanoboyutlu yapıların oluşumu birbiri ile etkileşimi	Atomun yapısı.
Kuvvetler ve Etkileşimler	Tüm etkileşim birden fazla kuvvet türü ile tanımlanabilir, ancak her tür kuvvetin göreceli etkisi ölçekle değişir. Nanoboyutta, elektromanyetik kuvvetin bir alt kümesi olan elektrik yüklerinden türetilen kuvvetler, genellikle nano ve atomik ölçekte baskındır.	Kimyasal bağlar ve dipol-dipol etkileşimler, indüklenmiş dipol, elektronegatiflik farklılıkları, oktet kuralı, Lewis nokta yapıları, molekül şekilleri ve biyomoleküler göçler, DNA.
Kuantum Etki	Sistemin ölçeğine ve koşullarına bağlı olarak farklı modeller davranışı daha iyi açıklar ve tahmin eder. Özellikle, bir nesnenin boyutu veya kütlesi küçüldükçe ve nano ölçekte kuantum etkisi daha önemli hale gelir.	Kuantum mekaniği, parçacık-dalga ikililiği modeli, enerjinin kuantlaşmış durumu, atomdaki elektronların davranışları, kimyasal bağlar ve etkileşimler, elementlerin renk spektrumları.
Boyuta Bağlı Özellikler	Nanoboyutta maddeler genellikle beklenmedik yeni özellikler gösterebilir.	Maddenin sınıflandırılması, Maddenin ayırt edici özellikleri, intensif özellikler (KN, EN, iletkenlik, dövülgenlik vb.) değişebilir. S/V oranı artması, kimyasal reaksiyonlarda hız, adezyon özellikleri, erime ve çözünme, absorpsiyon.
Kendinden Montaj	Özel koşullarda bazı maddeler kendiliğinden düzenli yapılara dönüşebilirler. Bu özellik maddelerin nanoboyutta manipülasyonda önemlidir.	Moleküllerin oluşması, moleküllerarası etkileşimler, enerji, biyomimikri, canlı sistemler DNA, kristallerin oluşumu, sentetik kimyasallar.
Cihazlar ve Aletler	Yeni görüntüleme cihazlarının geliştirilmesi bilimin ilerlemesine katkı sağlar. Geliştirilen cihazlar nanoboyuttaki maddeleri kesin ve doğru tarama, manipülasyon, hesaplama, ayırma, fabrikasyon ve araştırma gibi fırsatlar sağlar.	Bilimin doğası, soyut kavramların somutlaştırılması, deneysel kanıt, atomun varlığı, gözlem ve hesaplamalar, deney tasarımı, bilimsel gelişmeler ve nanoteknoloji.
Modeller ve Simülasyon	Bilim adamları, fenomenlerin tüm yapılarını, özelliklerini ve davranışlarını (örneğin, nesneler, malzemeler, süreçler, sistemler) görselleştirmelerine, açıklamalarına, tahmin etmelerine ve hipotezlerine yardımcı olmak için modelleri ve simülasyonları kullanır. Nano ölçekli büyüklüğün son derece küçük boyutu ve karmaşıklığı, modelleri ve simülasyonları nano ölçekli fenomenlerin incelenmesi ve tasarlanması için yararlı hale getirir.	Bilimsel süreç becerileri, gözlem, deneyler, teoriler, matematiksel modelleme.
Bilim, Teknoloji ve Toplum (Nano ve Toplum)	Bilimin ilerlemesi, nesnelerin nasıl ve neden çalıştığına dair açıklamalar geliştirmeyi ve teknolojiyi kullanarak bu bilgiyi hedefleri karşılamak, sorunları çözmek ve toplumsal ilgi sorularına cevap vermek için uygulamayı içerir. Çünkü nanoteknoloji yeni ortaya çıkan bir bilimdir. Bilimsel ilerlemeye ve yeni teknolojilerin nasıl kullanılacağına dair karar vermede tanık olma ve aktif olarak katılma fırsatı sağlar.	Bilimin doğası, bilim ve teknoloji ilişkisi, teknolojinin doğası, yararlar ve riskler, doğa ve kimya, kimya her yerde

Tablo 4.21 incelendiğinde NBT'nin dokuz büyük fikir olarak literatürde yer alan Boyut ve Ölçek, Maddenin Yapısı, Kuvvetler ve Etkileşimler, Kuantum Etki, Boyuta Bağlı

Özellikler, Kendinden Montaj, Cihazlar ve Aletler, Modeller ve Simülasyon, Bilim Teknoloji ve Toplum başlıkları altında ele alınmıştır. Görüldüğü gibi öğretim programında yer alan tüm konular NBT ile ilişkilendirilebilmektedir.

Tezde uygulanan etkinliklerdeki NBT ile ilişkilendirilebilecek Fen ve Matematik Derslerine ait Kavram ve Beceriler ile Araştırma Sorularına ilişkin tespitler Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22 NBT İle İlişkilendirilebilecek Modüldeki Fen ve Matematik Derslerine ait Kavram ve Beceriler ile Araştırma Soruları

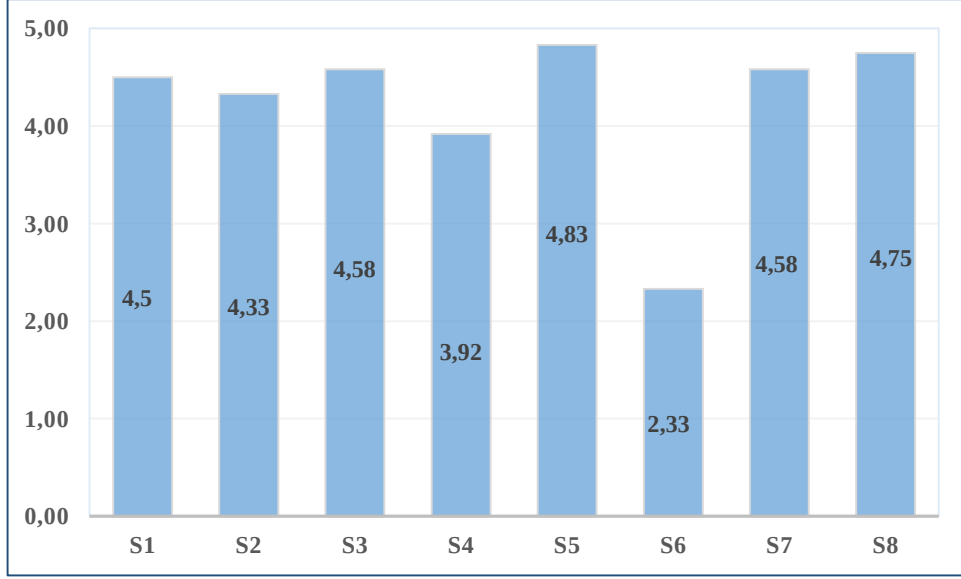
	FEN	Matematik	Araştırma sorusu
Ölçek ve Boyut	Hesaplamalar Tahmin Doğruluk ve Tutarlılık	Oran Büyük ve küçük sayılar Hata	Küçük nasıl bir şeydir?
Maddenin Yapısı Kuvvetler ve Etkileşimler	Maddenin yapısı Moleküller arası kuvvetler	Grafik çizme Görselleştirme	Küçük şeyler nasıl bir düzen içindedir?
Boyuta Bağlı Özellikler	Boyuta bağlı özellikler Deney tasarımı Maddenin özellikleri	Yüzey alan ve hacim Oran ve orantı	Küçük dünyanın kuralları nelerdir?
Nano ve Toplum	Bilimin Doğası	Sayı duygusu (küçük) Oran ve orantı	Nano ve Toplum: Önemli olan nedir?
Model ve Simülasyon	Model Görselleştirme Benzetmeler (Analojiler)	Sunum şekilleri Tahmin	Tüm bölümleri kapsayıcı sorular.

Tablo 4.22 incelendiğinde uygulanan etkinlik, bahsi geçen dokuz büyük fıkirden Ölçek ve Boyut, Maddenin Yapısı, Kuvvetler ve Etkileşimler, Boyuta Bağlı özellikler, Nano ve Toplum ve Modeller ve Simülasyon fikirleriyle bağlantılandırılmıştır. Bu fikirlere karşılık gelen Fen ve Matematik becerileriyle eşleştirilmiştir. Ayrıca etkinlikte cevap aranılan araştırma soruları da tabloda belirtilmiştir.

4.6. STEM-GLASS Yaklaşımına IoT İle Yapılan NBT Deneyinin Entegre Edilmesinin Öğrenme Ortamına Katkısı İle İlgili Bulgular

Bu bölümde “STEM-GLASS yaklaşımına IoT ile yapılan NBT deneyinin entegre edilmesi nasıl bir öğrenme ortamı sağlar?” araştırma sorusu ile ilgili elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

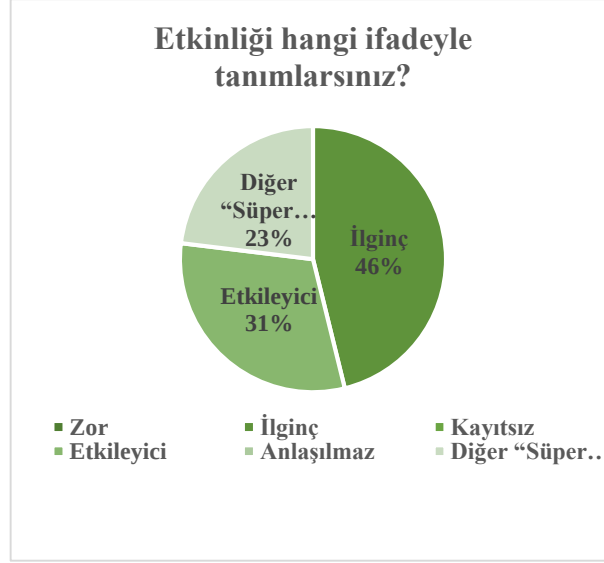
IoT teknolojisi kullanılarak yapılan NBT uygulamalarının kullanılmasının öğrenme ortamına faydalarını değerlendirmek amacıyla öğrencilere bir anket verilmiştir. 5’li Likert Dereceleme Ölçeği şeklindeki anketin kümülatif toplam puanlarına ilişkin sütun grafiği Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Etkinlik Sonu Değerlendirme Ölçeği

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi 5 (Kesinlikle Katılıyorum) maksimum puan üzerinden “Çalışma IoT’nin teorisini anlamama ve uygulama yapmama yardımcı oldu.” şeklindeki birinci soru 4.5 puan, “Geleneksel laboratuvar deneyleri yerine bu tür ekipmanlarla deneyler yapmayı tercih ederim.” ikinci sorusu 4.33 puan, “Ekipmanları kullanmakta zorlandım.” üçüncü sorusu 4.58 puan, “Etkinliğin yönergelerini uygularken zorluklar yaşadım.” dördüncü sorusu 3.92 puan, “IoT, STEM alanlarının öğretilmesi ve anlaşılmasında birçok uygulama ve yeteneğe sahip faydalı bir araçtır.” beşinci sorusu 4.83 puan, “Geleneksel öğretim yöntemini tercih ederim (konunun öğretmeni tarafından sunum ve anlatım)” altıncı sorusu 2.33 puan, “Bu etkinliğin başka bir öğretim konusu olsa daha iyi olur mu? Reaksiyon hızı vb.” yedinci sorusu 4.58 puan, “Sistem, kimyada daha fazla ve farklı deneyler için de yapılandırılabilir ve kullanılabilir.” Sekizinci sorusu 4.75 puan alındığı görülmüştür.

Öğrencilere “**Etkinliği hangi ifadeyle tanımlarsınız?**” diye sorulmuştur. “Zor, ilginç, kayıtsız, etkileyici, anlaşılmaz ve diğer” seçenekleri sunularak seçmeleri istenmiştir. Verilen cevapların yüzdeleri Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Öğrencilerin Etkinliği Nasıl Tanımladığı Görüşü

Şekil 4.7’den anlaşılacağı gibi öğrencilerin %46’sı etkinliğin ilginç, %31’i etkileyici olduğunu ve %23’ü ise diğer (süper, faydalı, yapılabilir) olduğunu düşünmektedirler.

Etkinlikle ilgili “**Bu bölümden memnun kaldım**” ifadesine evet ve hayır seçeneklerinden birini seçmeleri beklenmiştir. Verilen cevapların yüzdesi Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 IoT Etkinliğinde Öğrenci Memnuniyeti

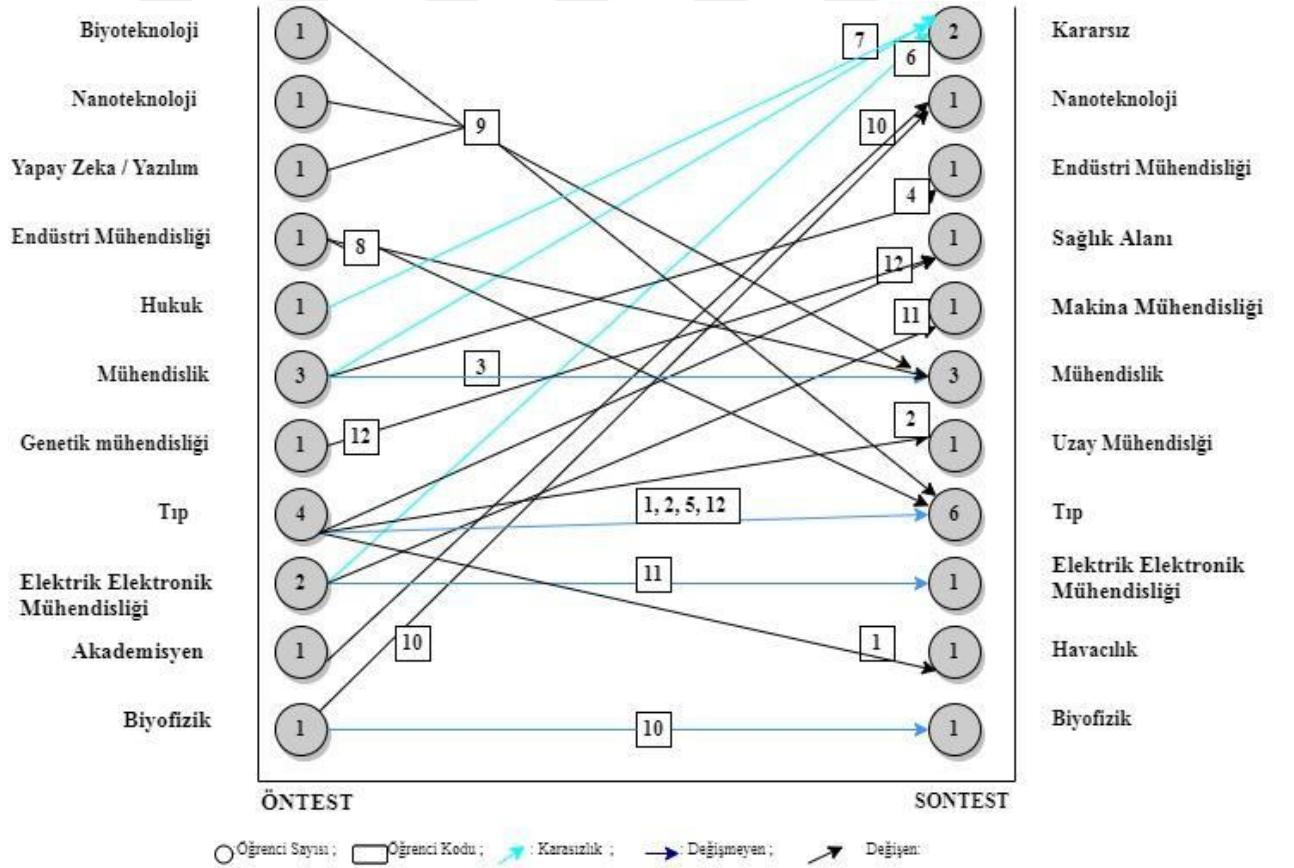
Şekil 4.8’den de anlaşılacağı gibi öğrencilerin %100’ü çalışmadan memnun kalmıştır.

4.7. Uygulanan Nano-STEM-GLASS Etkinlikleri Öğrencilerin Gelecekteki Mesleklere Yönelik Görüşleri İle İlgili Bulgular

Bu bölümde “Uygulanan Nano-STEM-GLASS etkinlikleri öğrencilerin gelecekteki mesleklere yönelik görüşlerini nasıl etkilemiştir?” araştırma sorusu ile ilgili elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

Açık uçlu “NBT ve Endüstri 4.0 Anketi”nin ön test ve son testinde sekizinci sorusu mesleklerle ilgili olup “*Gelecekte hangi alanda çalışmayı düşünüyorsun?*” diye sorulmuştur. Öğrencilerin görüşlerine ait temalar ve kodlar, frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.9’da sunulmuştur.

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi ön testte ve son testte ortaya çıkan temalar aşağıda ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 4.9 Öğrencilerin Gelecekte Hangi Alanda Çalışmayı Düşündükleri Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi ön testte “Tıp” f=4 (Ö1, Ö2, Ö5, Ö12); “Mühendislik” f=7 (Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö11, Ö12); “Biyofizik” f=1 (Ö10); “Nanoteknoloji” f=1 (Ö9);

“Akademisyen” f=1 (Ö10); “Hukuk” f=1 (Ö7); “Yapay zekâ” f=1 (Ö9); “Biyoteknoloji” f=1 (Ö9); “Yazılım” f=1 (Ö9) şeklinde olmuştur.

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi son testte “Tıp” f=6 (Ö1, Ö2, Ö5, Ö8, Ö9, Ö12); “Mühendislik” f=6 (Ö2, Ö3, Ö4, Ö8, Ö9, Ö11); “Biyofizik” f=1 (Ö10); “Nanoteknoloji” f=1 (Ö10); “Havacılık” f=1 (Ö1) şeklinde olmuştur. İki öğrenci (Ö6, Ö7) “Kararsız” kalmıştır.

Tablo 4.23’te öğrencilerin tek tek ön test ve son test görüşlerine bakılarak “Gelecekte hangi alanda çalışmayı düşündükleri” hakkındaki değişimler incelenmiştir.

Tablo 4.23 Öğrencilerin Gelecekte Hangi Alanda Çalışmayı Düşündükleri Hakkındaki Görüşlerindeki Değişimler

K	Ön test	Son test	Açıklama
Ö1	Tıp (cerrah)	Tıp, havacılık	Tıp (havacılık eklemiş)
Ö2	Tıp	Tıp veya uzay mühendisliği	Tıp (uzay müh. eklemiş)
Ö3	Mühendislik	Mühendislik	
Ö4	Mühendislik	Endüstri mühendisliği	Endüstri müh. (End. olarak özelleştirmiş)
Ö5	Tıp	Tıp	Değiştirmemiş
Ö6	Elektrik mühendisliği	Kararsız	(değiştirmiş kararsızlığa dönüşmüş)
Ö7	Hukuk ya da mühendislik	Kararsız	(değiştirmiş kararsızlığa dönüşmüş)
Ö8	Endüstri mühendisliği	Tıp ya da mühendislik	Tıp ya da müh. (tıp eklemiş, genellemiş)
Ö9	Yapay zekâ, nanoteknoloji, biyoteknoloji, yazılım	Tıp ya da mühendislik	Tıp ya da müh. (tıp eklemiş, genellemiş)
Ö10	Biyofizik, akademisyen	Biyofizik, nanoteknoloji	Biyofizik nanoteknoloji düşünmeye başlamış
Ö11	Elektrik elektronik mühendisi	Elektrik elektronik ya da makine mühendisliği	Elektrik elektronik müh.(makine müh. eklemiş)
Ö12	Tıp, genetik mühendisliği	Sağlık alanı	Sağlık alanında (alanını genişletmiş)

Tablo 4.23’te görüldüğü gibi Ö1’in tıp alanına havacılık eklediği, Ö2’nin tıp alanına uzay mühendisliği eklediği, Ö4’ün mühendislik alanını endüstri mühendisliği olarak özelleştirdiği, Ö6 ile Ö7’in son testte kararsızlığa düştüğü, Ö8 ile Ö9’un ön testteki seçimine yeni alanlar (tıp ve mühendislik) eklediği, Ö10’un düşündüğü biyoteknoloji alanına alana hibrit olarak nanoteknolojiyi eklediği, Ö11’in elektrik elektronik mühendisliği alanına makine mühendisliğini de eklediği, Ö12’nin düşündüğü tıp ve genetik mühendisliği alanını

sağlık alanları diye genelleştirdiği görülmüştür. Ö3 ve Ö5 ise çalışmayı düşündükleri alanı değiştirmemişlerdir.

Görülen bu değişikliklerin nedenleri sorulduğunda Ö1'in havacılık eklemesinin nedenini STEM etkinliğindeki kuş ve sinek kanadı ile ilgili çalışmadaki yaptığı araştırmalarda uçuş ile ilgili olayların ilgisini çektiğini ifade etmiştir. Ö2 uzay mühendisliği eklemesinin nedenini hem uçuş ile ilgili olaylarının hem de nanoteknolojinin uzay araştırmalarında kullanılabileceğini söylemiştir. Ön testte mühendislik görüşünü endüstri mühendisliği olarak özelleştiren Ö4 ise yapay zekâ ve IoT gibi uğraşların endüstri mühendisliğinde kullanılabileceğini ifade etmiştir. Aynı zamanda meslek alanı uygulama Ö6 ve Ö7 de kararsızlığa neden olmuştur. Buna sebep olarak çok fazla alanların olduğunu, bunların birbirleri ile ilişkili olduğunu ve seçimin böylece zorlaştığını aynı zamanda bilimsel ve teknolojik gelişmeyle birlikte yeni alanların açılacağını, dolayısıyla acele etmek istemediklerini ifade etmişlerdir. Ö10 ise nanoteknoloji ilgisini çektiği için biyofizik alanda nanoteknolojiyi kullanabileceğini düşünerek nanoteknoloji alanını eklemiştir. Ö11 kuş ve sinek kanadı etkinliğinden etkilendiğini söyleyerek makine mühendisliği alanını düşünmeye başladığını ifade etmiştir.

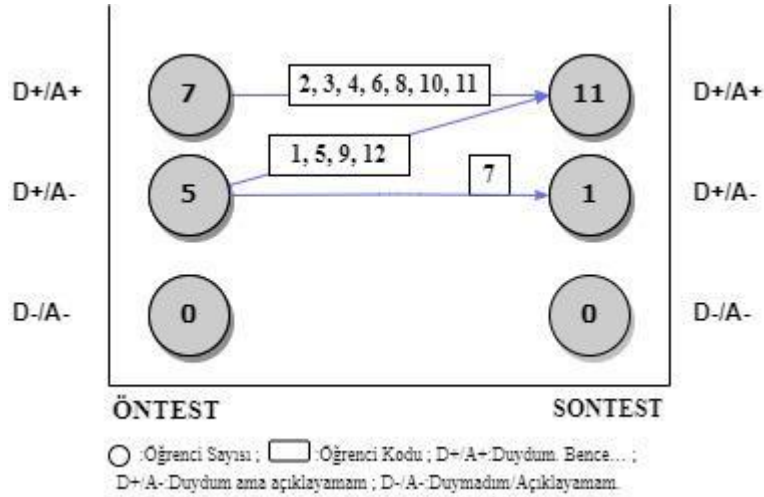
4.8. NBT Kavramsal Anlama Testinden Elde Edilen Bulgular

Çalışmanın araştırma sorularından biri olan “**Öğrencilerin NBT kavramsal anlamaları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?**” sorusuna ait elde NBT Kavramsal Anlama Testi analizinden elde edilen bulgular alt başlıklar halinde verilmiştir.

NBT Kavramsal Anlama Testinin birinci bölümünde “Nanobilim ve Nanoteknoloji “ ilgili bilmeleri beklenen kavramlara ilişkin bulgular verilmiştir.

4.8.1. Nanobilim ve nanoteknolojiden haberdar olma

İlk olarak “**Nanobilim/Nanoteknoloji**” terimlerini duyup duymadıkları sorulmuştur. Öğrenciler “Duymadım/Açıklayamam, Duydum ama açıklayamam, Duydum. Bence...” seçenekleri arasından kendileri için uygun ifadeyi seçip kendi cümleleri ile açıklamaları istenmiştir. Ön test ve son testten elde edilen bulgular Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Katılımcıların Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavramlarını Duyma Durumları

Şekil 4.10’da görüldüğü gibi soruyu 12 öğrenci cevaplamıştır. “Duymadım/Açıklayamam” seçeneğini tercih eden öğrenci hem son testte hem de son testte olmamıştır. “Duydum ama açıklayamam” seçeneğini tercih eden ön testte 5 öğrenci (Ö1, Ö5, Ö7, Ö9, Ö12) ve son testte 1 öğrenci (Ö7) olmuştur. “Duydum. Bence...” tercihinin ise ön testte 7 öğrenci (Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö8, Ö10, Ö11) ve son testte 11 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12) öğrenci olmuştur.

Hem ön test hem de son testte “Nanobilim/nanoteknoloji” kavramına “Duydum” şeklinde cevap veren 7 öğrencinin cevapları şu şekildedir.

Ö2, ön testte “*Teknolojinin en hızlı, bilimsel, aktif detaylı ve gelişmiş halidir*” diyerek son testte ise “*Aşırı küçük ileri teknolojiye sahip parçalar*” olarak ifade etmiştir. Ö3, ön testte “*Nanoboyutta uygulanan bilim*”, son testte “*Nanoboyutta yaşanan olayların bilimidir*” demiştir. Ö4, ön testte “*Nano boyutta (çok küçük) yapılan işler ve deneyler*” son testte “*Nanoboyutta üretilen bilim/teknolojik sistemler*”; Ö6, ön testte “*Çok küçük boyutta teknolojik çalışmalar, üretim*” son testte “*Nanoboyutta araştırma ve teknoloji geliştirmek*”; Ö8, “*Hayatımızı kolaylaştıracak teknolojik ürünlerin tasarımı ve üretimi ile ilgili bilim*” son testte “*Nanoboyutta teknoloji üretimi*”; Ö10, ön test “*Küçük maddelerin bilimi. Nano bir ölçü şeklidir. Aynı kilo ya da deka gibi*” son testte “*Küçük şeylerin bilimi*”; Ö11, ön testte “*Nesnelerin küçültülerek daha konforlu ve daha kullanışlı hale getirilmesi*” son testte “*Nesnelerin küçültülerek daha konforlu ve daha kullanışlı hale getirilmesi*” şeklinde olmuştur.

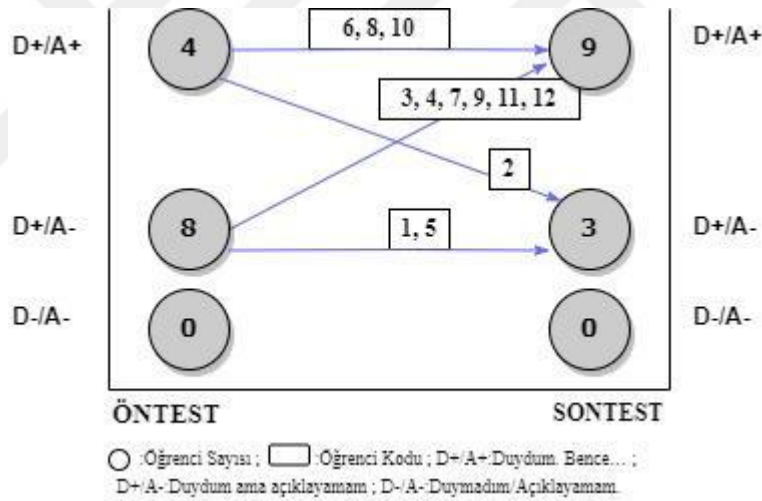
“Nanobilim/nanoteknoloji” kavramını ön testte “Duydum ama açıklayamam” diyen 4 öğrenci süreç sonunda “duydum” demişlerdir. Son testteki görüşleri şu şekildedir.

Ö1, “Küçük bilim”; Ö5, “Mikrodünya teknolojisi”; Ö9, “Nanoboyutta maddelerin davranışlarındaki değişimi açıklayan ve kullanan bilim dalı”; Ö12, “Maddenin nanoboyutta kontrolüdür” şeklinde görüş belirtmişlerdir.

“Nanobilim/nanoteknoloji” kavramını Ö7 kodlu öğrenci ön testte ve son testte “Duydum ama açıklayamam” demiştir. Dolayısıyla bir açıklama yapmamıştır.

4.8.2. Nanoparçacık kavramından haberdar olma

İkinci olarak “Nanoparçacıklar” terimini duyup duymadıkları sorulmuştur. Öğrenciler “Duymadım/Açıklayamam, Duydum ama açıklayamam, Duydum. Bence...” seçenekleri arasından kendileri için uygun ifadeyi seçip kendi cümleleri ile açıklamaları istenmiştir. Ön test ve son testten elde edilen bulgular Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Katılımcıların Nanoparçacıklar Kavramını Duyma Durumları

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi soruyu 12 öğrenci cevaplamıştır. “Duymadım/Açıklayamam” seçeneğini tercih eden öğrenci hem son testte hem de son testte olmamıştır. “Duydum ama açıklayamam” seçeneğini tercih eden ön testte 8 öğrenci (Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö11, Ö12) ve son testte 3 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö5) olmuştur. “Duydum. Bence...” tercihini ise ön testte 4 öğrenci (Ö2, Ö6, Ö8, Ö10) ve son testte 9 öğrenci (Ö3, Ö4, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12) öğrenci olmuştur.

Hem ön test hem de son testte “Nanoparçacıklar” kavramına “Duydum” şeklinde cevap veren 3 öğrenci öğrencilerim cevapları şu şekildedir.

Ö6, ön testte “Çıplak el ve gözlerle algılayamadığımız parçacıklar” son testte “Gözle görülemeyecek kadar küçük parçalar”; Ö10, ön testte “Küçük parçacıklardır. Ancak elektron mikroskopları (SEM gibi) ile görüntülenebilir” son testte “Gümüş nanopartikül gibi gözle görülmeyen küçük parçacıklar”; Ö8, ön testte “Nanoteknolojik ürünlerin üretiminde kullanılan parçacıklar” son testte ise “Nanoteknoloji üretiminde kullanılan parçalar” şeklinde ifade etmişlerdir.

İki öğrenci (Ö1, Ö5) “Nanoparçacıklar” kavramını ön testte ve son testte “Duydum ama açıklayamam” demiştir.

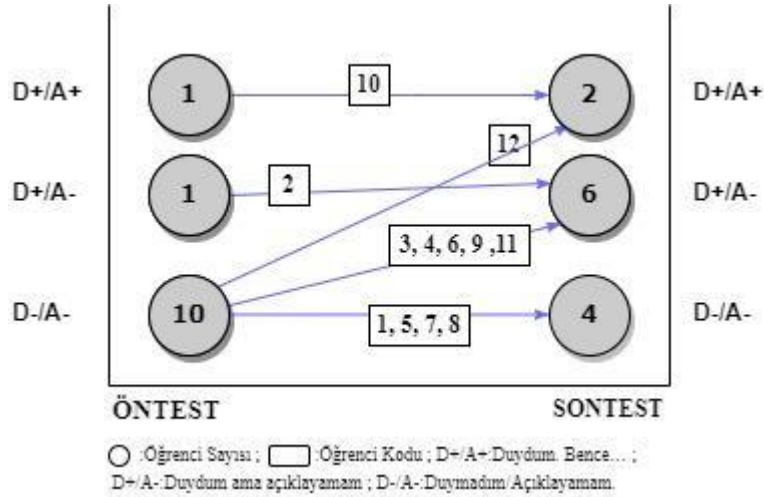
Altı öğrenci “Nanoparçacıklar” kavramını ön testte “Duydum ama açıklayamam” ve son testte ise “Duydum” demiştir. Şu şekilde açıklamışlardır.

Ö3, “Her yerde bulunan atomdan küçük parçacıklar”; Ö4, “Nanoboyutta küçük parçacıklara denir”; Ö7, “Aşırı küçük ileri teknolojiye sahip parçalar”; Ö9, “Nanoboyuttaki parçalar”; Ö11, “Gözle görülemeyecek kadar küçük parçacıklar”; Ö12, “1-100 nm arası parçacıklar” şeklinde ifade etmişlerdir.

“Nanoparçacıklar” kavramını 1 öğrenci (Ö2) ön testte “Duydum.” demiş ve “Görülemeyecek kadar küçük olan parçacıklar” şeklinde açıklamıştır. Son testte ise cevaplamamıştır.

4.8.3. Karbon nanotüp kavramından haberdar olma

Üçüncü olarak “**Karbon nanotüp**” terimini duyup duymadıkları sorulmuştur. Öğrenciler “Duymadım/Açıklayamam, Duydum ama açıklayamam, Duydum. Bence...” seçenekleri arasından kendileri için uygun ifadeyi seçip kendi cümleleri ile açıklamaları istenmiştir. Ön test ve son testten elde edilen veriler Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Katılımcıların Karbon Nanotüp Kavramını Duyma Durumları

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi soruyu 12 öğrenci cevaplamıştır. “Duymadım/Açıklayamam” seçeneğini tercih eden öğrenci ön testte 10 öğrenci (Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12); son testte 4 öğrenci (Ö1, Ö5, Ö7, Ö8) şeklindedir. “Duydum ama açıklayamam” seçeneğini tercih eden ön testte 1 öğrenci (Ö2) ve son testte 6 öğrenci (Ö2, Ö3, Ö4, Ö6, Ö9, Ö11) olmuştur. “Duydum. Bence...” tercihini ise ön testte 1 öğrenci (Ö10) ve son testte 2 öğrenci (Ö10, Ö12) öğrenci olmuştur.

“Karbon nanotüp” kavramını 4 öğrenci (Ö1, Ö5, Ö7, Ö8) hem ön testte hem de son testte “Duymadım/Açıklayamam” demiştir.

“Karbon nanotüp” kavramını 5 öğrenci (Ö3, Ö4, Ö6, Ö9, Ö11) ön testte “Duymadım/Açıklayamam” ve son testte ise “Duydum ama açıklayamam” demiştir.

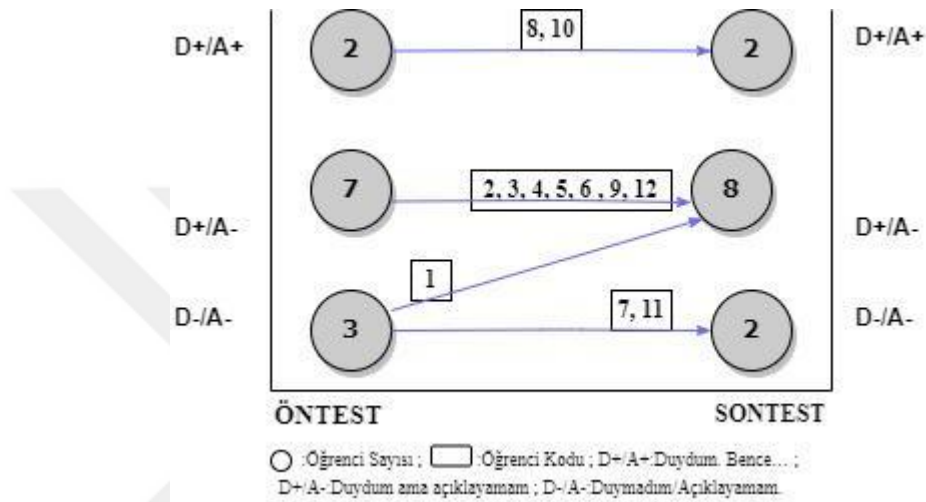
“Karbon nanotüp” kavramını 1 öğrenci ön testte “Duymadım/Açıklayamam” ve son testte ise “Duydum” demiştir. Cevabı şu şekildedir. Ö12, son testte “*Karbon elementinin allotropu*” şeklinde cevaplamıştır.

Bir öğrenci “Karbon nanotüp” kavramını hem ön testte hem de son testte “Duydum” demiştir, Cevabı şu şekildedir. Ö10, ön testte “*Karbondan oluşmuş nanoboyuttaki tüpler. Aynı kutu gibi*” ve son testte ise “*Karbon atomlarıyla oluşturulan bir çeşit kablo*” şeklinde ifade etmiştir.

Ön testte “Karbon nanotüp” kavramını “Duydum ama açıklayamam.” diyen 1 öğrenci (Ö2) son teste cevaplamamıştır,

4.8.4. Nanoteknolojiye kullanılan görüntüleme cihazlarından haberdar olma

Dördüncü olarak “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” terimini duyup duymadıkları sorulmuştur. Öğrenciler “Duymadım/Açıklayamam, Duydum ama açıklayamam, Duydum. Bence...” seçenekleri arasından kendileri için uygun ifadeyi seçip kendi cümleleri ile açıklamaları istenmiştir. Ön test ve son testten elde edilen veriler Şekil 4.13’te gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Katılımcıların Görüntüleme Cihazlarını Duyma Durumları

Şekil 4.13’te görüldüğü gibi soruyu 12 öğrenci cevaplamıştır. “Duymadım/Açıklayamam” seçeneğini tercih eden öğrenci ön testte 3 öğrenci (Ö1, Ö7, Ö11); son testte 2 öğrenci (Ö7, Ö11) şeklindedir. “Duydum ama açıklayamam” seçeneğini tercih eden ön testte 7 öğrenci (Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö9, Ö12) ve son testte 8 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö9, Ö12) olmuştur. “Duydum. Bence...” tercihini ise ön testte 2 öğrenci (Ö8, Ö10) ve son testte 2 öğrenci (Ö8, Ö10) öğrenci olmuştur.

İki öğrenci (Ö7, Ö11) hem ön testte hem de son testte “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını “Duymadım/Açıklayamam” demiştir.

Dört öğrenci (Ö3, Ö6, Ö9, Ö12) hem ön testte hem de son testte “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını “Duydum ama açıklayamam” demiştir.

Bir öğrenci (Ö1) “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını ön testte “Duymadım/Açıklayamam” son testte ise “Duydum ama açıklayamam” demiştir.

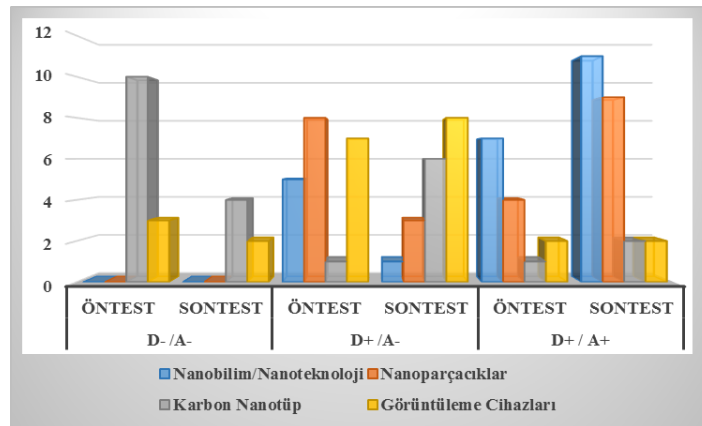
İki öğrenci (Ö4, Ö5) “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını ön testte “Duydum ama açıklayamam” son testte ise “Duymadım/Açıklayamam” demiştir.

Bir öğrenci “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını ön testte “Duydum” son testte ise “Duydum ama açıklayamam” demiştir.Ö8, ön testte: “Günümüz teknolojisinde kullanılan gelişmiş mikroskoplardır” demiştir.

Bir öğrenci “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını hem ön testte hem de son testte “Duydum” demiştir. Ö10, ön testte “STM nobel aldı. Nanopartükülleri görüntüleme cihazı” son testte “Elektron mikroskoplarıdır. Yüzey hakkında bilgi toplarlar” şeklinde ifade etmiştir.

Bir öğrenci (Ö2) “Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))” kavramını hem ön testte “Duydum ama açıklayamam” demiştir.

Şekil 4.14’te öğrencilerin nanobilim/nanoteknoloji, nanoparçacıklar, karbon nanotüp ve görüntüleme cihazları kavramlarını anlamalarının değişimi toplu olarak verilmiştir.

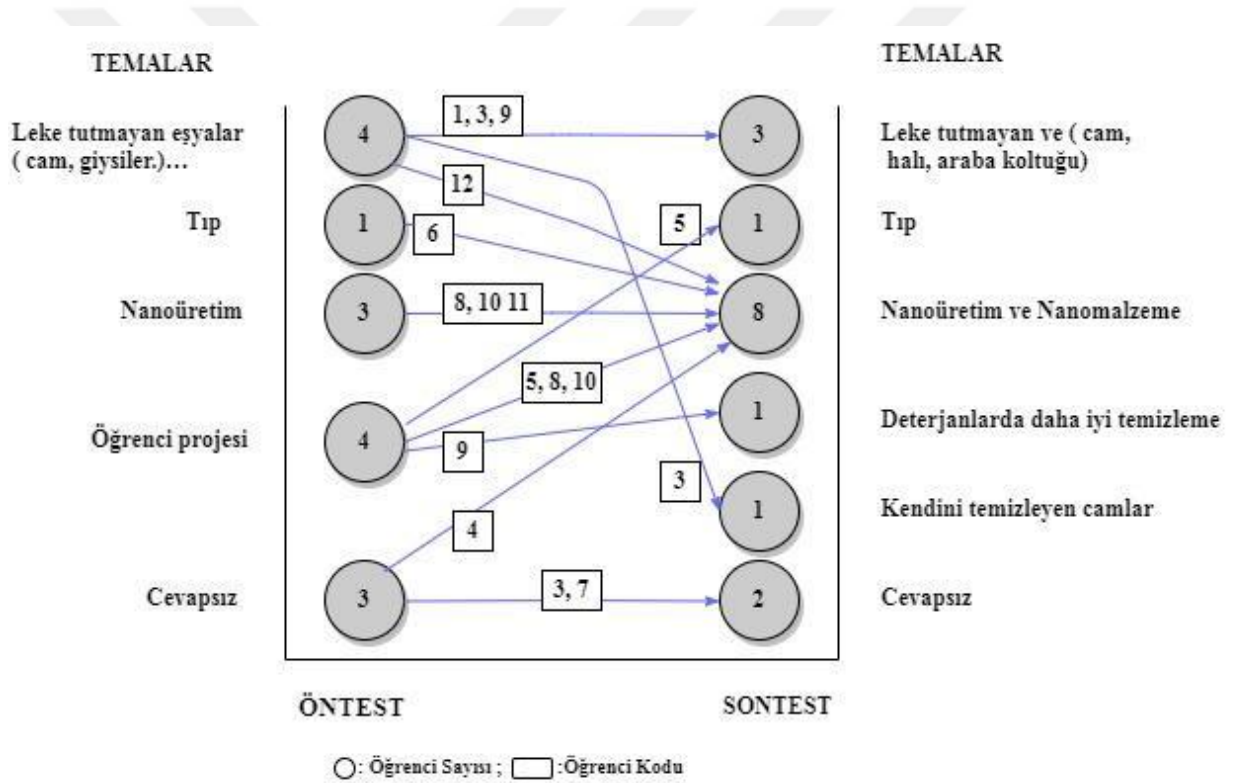


Şekil 4.14 Öğrencilerin Kavramsal Anlamalarının Değişimi

Şekil 4.14'te görüldüğü gibi nanoteknoloji ve nanobilim kavramını anlamaya yönelik değişimin daha fazla olduğu görülmektedir. Nanoparçacık ve karbon nanotüp kavramlarının da duyan ve açıklayabilen öğrencilerin sayısının arttığı görülmektedir. Görüntüleme cihazlarını öğrencilerin duyma durumlarının en az artmasına rağmen açıklayabilme durumları değişmemiştir.

4.8.5. Nanoteknoloji uygulamaları ile ilgili öğrenci görüşleri

Bu bölümde öğrencilere “**Herhangi bir nanoteknoloji uygulaması biliyor musunuz? Biliyorsanız, bu uygulama hangi alanda yapılmış? Örnekler veriniz. Bu uygulamaları nereden duymuştunuz?**” soruları sorulmuştur. Öğrencilerin ön test ve son testte yansıttıkları görüşler Şekil 4.15'te sunulmuştur.



Şekil 4.15 Katılımcıların Nanoteknoloji Uygulamaları ile İlgili Görüşleri

Ö3'ün ön testteki algısı leke tutmayan eşyalar (cam, giysiler vb) iken uygulama sonunda bunlara kendi kendini temizleyen ifadesi eklemiş nanoüretim ve nanomalzeme kavramlarını da kullandığı görülmüştür. Ö4 başta bu bölüme cevap vermezken nanoüretim ve nanomalzeme temasını kullanmıştır. Ö5 başta bir projesinden bahsetmiş uygulama sonrası ise görüşleri nanoüretim ve nanomalzeme temasında toplanmıştır. Ö6 başta tıp temasında görüşler ortaya koymuş sonrasında görüşleri yine nanoüretim ve nanomalzeme temasında

olduğu görülmüştür. Ö8 ve Ö10 başta öğrenci projesinden ve nanoüretim temalarından bahsetmiş sonraki görüşlerine nanoüretime nanomalzemeleri eklediği görülmüştür. Ö9 başta leke tutmayan eşyalar ve öğrenci projesinden bahsetmiş sonunda ise bu görüşüne deterjanlarda daha iyi temizleme özelliği temasını eklemiştir. Ö11 başta nanoüretim temasına nanomalzeme temasını ifade eden görüşler belirtmiştir. Ö12 ise başta leke tutmayan eşyalar temasıyla görüşler belirtmiş sonra ise nanoüretim ve nanomalzeme temasını ifade eden görüşler ortaya koymuştur. Ö2 ve Ö7 bu konu ile ilgili hem önce hem de sonra görüş belirtmemiştir. Ö1'in görüşü leke tutmayan eşyalar temasında değişmemiştir.

Tablo 4.15'te görüldüğü gibi ön testte ortaya çıkan temalar “Leke tutmayan eşyalar (cam, giysiler...)” (f=4; K; Ö1,Ö3,Ö9,Ö12), “Tıp” (f=1; Ö6), “Nanoüretim” (f=3; Ö8, Ö10, Ö11), “Öğrenci projesi” (f=4; Ö5, Ö8, Ö9, Ö10), “Cevapsız” (f=3; Ö2,Ö4,Ö7) olmuştur. Ayrıca ön testte üç öğrenci (Ö2,Ö4,Ö7) görüş belirtmemişlerdir. Son testte ise “Leke tutmayan ve (cam, halı, araba koltuğu)” (f=3; Ö1, Ö3, Ö9), “Kendini temizleyen camlar” (f= 1; Ö3), “Deterjanlarda daha iyi temizleme” (f=1; Ö9), “Tıp” (f=1; Ö5), “Nanoüretim ve Nanomalzeme” (f=8; Ö3, Ö4,Ö5,Ö6, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12) olmuştur. Son testte iki öğrenci (Ö2,Ö7) görüş belirtmemişlerdir.

Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö12 ön testteki görüşlerine ilave olarak “nanoüretim ve nanomalzeme” temasında görüş belirtmişlerdir.

4.8.6. Boyut

NBT Kavramsal Anlama Testinin ikinci bölümünde “**Boyut**” kavramı ile ilgili çalışma yer almaktadır (Tablo 4.24).

Bu bölümde öğrencilere ön testte ve son testte aşağıdaki maddelerde bulunan ifadeler verilmiş ve boyutlarını tahmin etmeleri istenmiştir. Ön test ve son testte verdikleri cevaplar arasında değişimleri incelenmiştir.

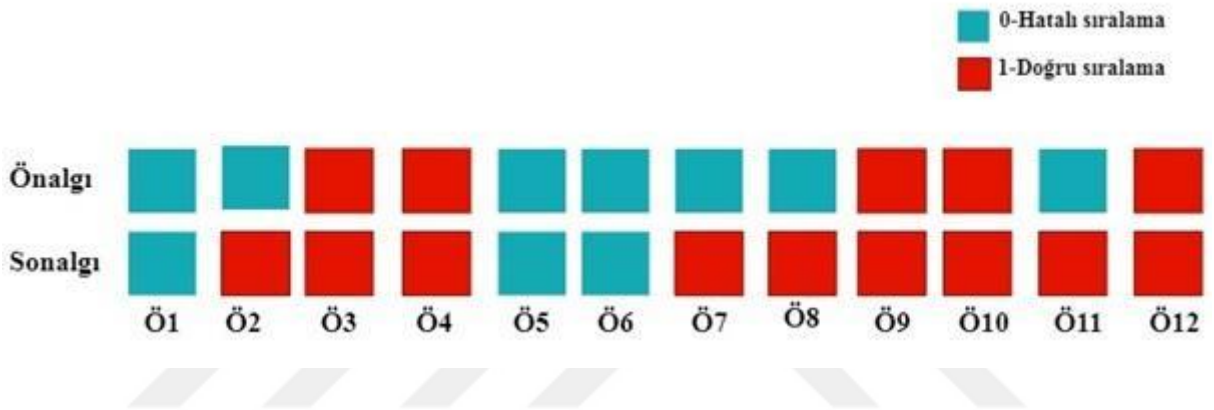
İnsan saçının kalınlığı
Toplu iğne başı
Su molekülü
DNA sarmalının genişliği

Bacillus bakterisi
Elektron
Oksijen atomu
Virüs

Tablo 4.24 Öğrencilerden Boyutlarını Tahmin Edecekleri Örnekler ve Doğru Değerleri

Örnek	Boyut (R; nm)	Örnek	Boyut (R; nm)
a. İnsan saçının kalınlığı	100 000	e. Bacillus bakterisi	50 000
b. Toplu iğne başı	2 800 000	f. Elektron	2.8179×10^{-24}
c. Su molekülü	0.24	g. Oksijen atomu	0.098
d. DNA sarmalının genişliği	3	h. Virüs	90-500

Büyükten küçüğe **doğru sıralama; b>a>e>h>d>c>g>f**’ dir. Buna göre Şekil 4.16’da öğrencilerin ön teste ve son testte verdikleri cevaplar karşılaştırılmıştır.

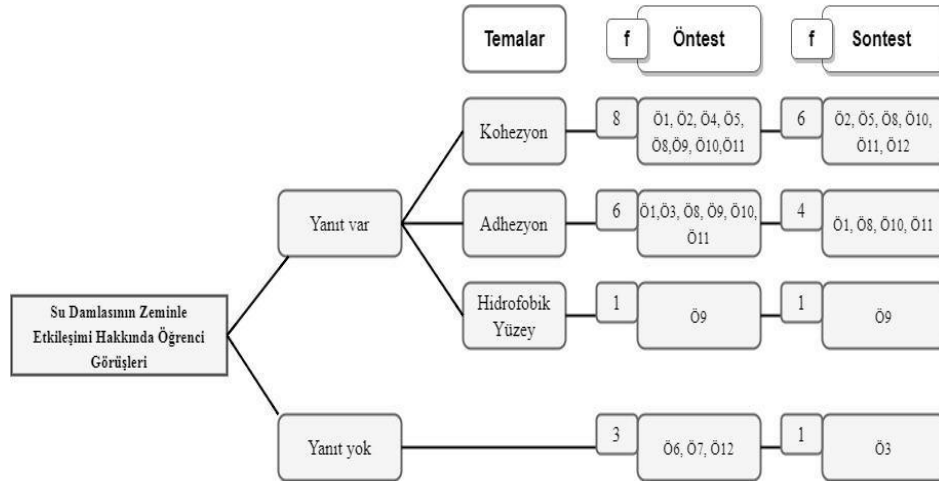


Şekil 4.16 Öğrencilerin Boyutların Sıralanmasındaki Doğru ve Yanlış Cevaplar

Şekil 4.16’ya göre beş öğrenci ön testte doğru sıralama, dokuz öğrencide son testte doğru sıralama yapmıştır.

4.8.7.Kuvvet ve etkileşimler

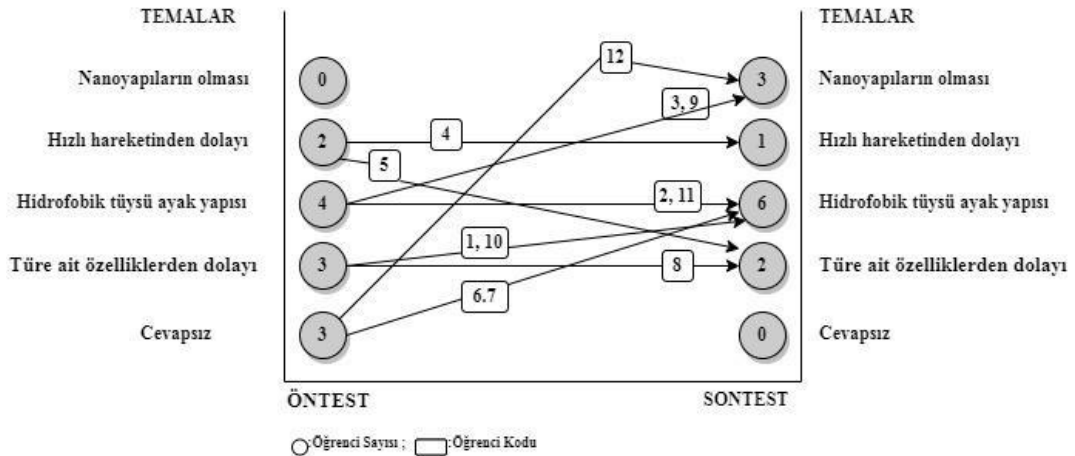
NBT Kavramsal Anlama Testi’nin üçüncü bölümü olan “**Kuvvet ve Etkileşimler**” bölümünde ilk olarak “**Su damlası bir zemin üzerinde yuvarlak şekilde duruyor. Bu zeminin özelliği hakkında ne söyleyebilirsiniz?**” sorusu sorulmuştur. İfade edilen görüşlerden elde edilen ön test ve son teste ait temalar, frekansları ve katılımcı kodları Şekil 4.17’de sunulmuştur.



Şekil 4.17 Su Damlasının Zeminle Etkileşimi Hakkında Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.17’de görüldüğü gibi “**Kohezyon**” teması ön testte 8 öğrenci(Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11); son testte 6 öğrenci (Ö2, Ö5, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12); “**Adhezyon**” teması ön testte 6 öğrenci (Ö1, Ö3, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11); son testte 4 öğrenci (Ö1, Ö8, Ö10, Ö11); “**Hidrofobik yüzey**” teması ön testte 1 öğrenci (Ö9); son testte ise 1 öğrenci (Ö9) şeklinde görüş belirtmişlerdir. Ön testte 3 öğrenci (Ö6, Ö7, Ö12), son testte ise 1 öğrenci (Ö3) cevap vermemişlerdir.

İkinci olarak “**Bir tür kertenkele olan gekoların kirli bir yüzeyde yürürken ayaklarının kirlenmemesinin sebebi ne olabilir?**” diye sorulmuştur. Öğrencilerin görüşlerine göre ortaya çıkan temalara ait ön test ve son test verileri Şekil 4.18’de sunulmuştur.

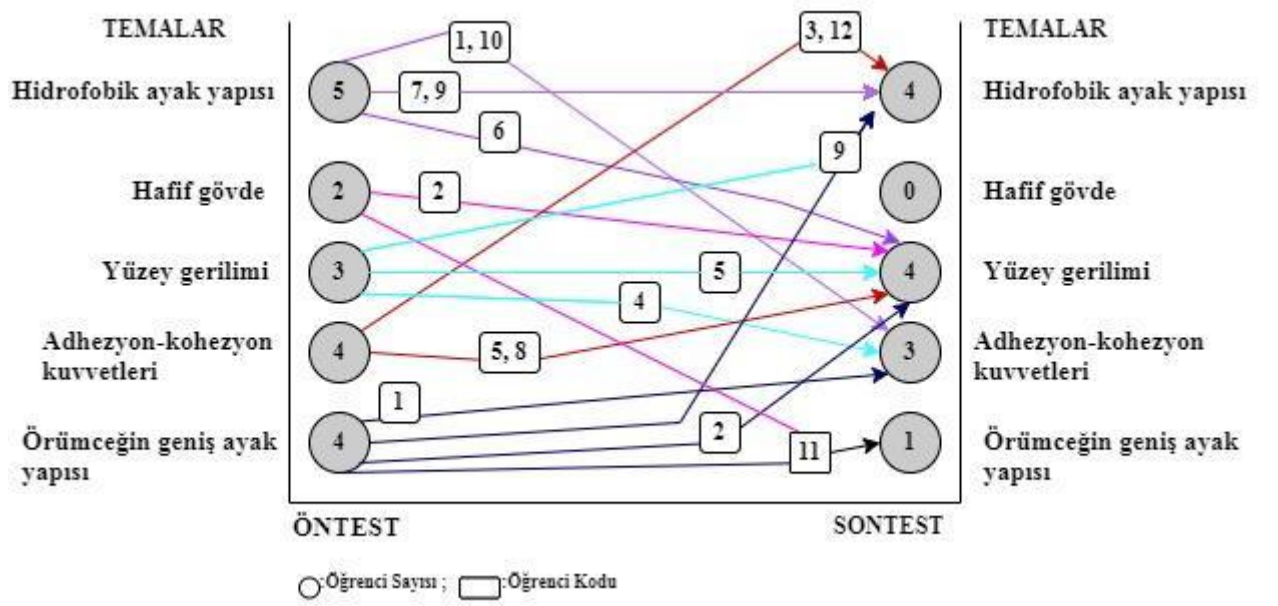


Şekil 4.18 Geko Kertenkelesinin Ayaklarının Kirlenmemesinin Nedenleriyle İlgili Öğrencilerin Görüşleri

Şekil 4.18’de görüldüğü gibi “**Türe ait özelliklerden dolayı**” teması ön testte 3 öğrenci(Ö1, Ö8, Ö10), son testte 2 öğrenci (Ö5, Ö8); “**Hidrofobik tüysü ayak yapısından**

dolayı” teması ön testte 4 öğrenci (Ö2, Ö3, Ö9, Ö11), son testte 6 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö6, Ö7, Ö10, Ö11); **“Hızlı hareketinden dolayı”** teması ön testte 2 öğrenci (Ö4, Ö5), son testte ise 1 öğrenci (Ö4); **“Nanoyapıların olması”** teması ön testte hiç kimse, son testte ise 3 öğrenci (Ö3, Ö9, Ö12) şeklinde görüş belirtmişlerdir. Ön testte 3 öğrenci (Ö6, Ö7, Ö12) cevap vermemişlerdir.

Üçüncü olarak **“Bir su örümceği suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşabiliyor. Bunun nedenini açıklayabilir misiniz?”** sorusu sorulmuştur. Öğrencilerin görüşlerine göre ortaya çıkan temalara ait ön test ve son test verileri Şekil 4.19’da sunulmuştur.



Şekil 4.19 Bir Su Örümceğinin Suyun Yüzeyinde Yürüyerek Dolaşabilmesinin Nedeniyle İlgili Öğrencilerin Görüşleri

Şekil 4.19’da görüldüğü gibi **“Hidrofobik ayak yapısı”** teması ön testte 5 öğrenci(Ö1, Ö6, Ö7, Ö9, Ö10), son testte 4 öğrenci (Ö3,Ö7, Ö9, Ö12); **“Hafif gövde”** teması ön testte 2 öğrenci (Ö2, Ö11), son testte hiç kimse; **“Yüzey gerilimi”** teması ön testte 3 öğrenci (Ö4, Ö5, Ö9), son testte ise 4 öğrenci (Ö2, Ö5, Ö6, Ö8); **“Adezyon-kohezyon kuvvetleri”** teması ön testte 4 öğrenci (Ö3, Ö5, Ö8, Ö12), son testte ise 3 öğrenci (Ö1, Ö4, Ö10) ve **“Örümceğin geniş ayak yapısı”** teması ön testte 4 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö9, Ö11), son testte ise 1 öğrenci (Ö11) şeklinde görüş belirtmişlerdir.

4.9. NBT ve Endüstri 4.0 Anketinden Elde Edilen Bulgular

Uygulanan etkinliklerin uygulanmasından önce öğrencilerin açık uçlu sorulardan oluşan “NBT ve Endüstri 4.0”nü yansıttıkları görüşlerine ait bulgular bu bölümde sunulmuştur.

4.9.1. Öğrencilerin çalışmaya katılma nedenleri

İlk olarak öğrencilere “Bu çalışmaya neden katılmak istedin?” diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar, frekans ve katılımcı kodları Şekil 4.20’de sunulmuştur.



Şekil 4.20 Öğrencilerin Çalışmaya Katılmak İstemelerinin Nedenleri

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi 3 öğrenci (Ö5, Ö9, Ö10) “İlgi duyuyorum” şeklinde belirtmiştir. “Arkadaşlarım katıldığı ve ilgimi çektiği için katılmak istedim.” (Ö5), “Arkadaşlarım yüzünden ve faydalı olacağını düşündüğümünden.” (Ö9), “Çünkü

nanoteknoloji ile ilgileniyorum. Aynı zamanda STEM'e ilgi duyuyorum.” (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

Bir öğrenci (10) **“Proje yapmak istiyorum.”** şeklinde belirtmiş olup *“Geçen yıl kemik üretimi projesi ile Fen Liseleri Kongresinde İstanbul birincisi olduk. Bu yılda TÜBİTAK için hazırlanıyorum.”* demiştir.

Beş öğrenci (Ö1, Ö3, Ö4, Ö6, Ö12) **“Kendini geliştirmek için”** şeklinde belirtmişlerdir. *“Çünkü arkadaşlarımla beraber bir şey yapmak istedik ve sene sonunda bana çok şey katacağını söylediler. Ve kendimi bilmediğim bir konuda geliştirmek çok isterim.”* (Ö1), *“Kendimi nanoteknoloji ve STEM alanında geliştirmek istedim. İlerde seçeceğim meslek için bana çok yardımcı olacağını düşünüyorum.”* (Ö3), *“Kendimi bazı alanlarda zayıf bulup geliştirmek istiyorum. Bu çalışmada da kendime bir şeyler katabileceğimden katılmak istedim.”* (Ö4), *“Bu çalışmaya yardımcı olmak ve bu konuda kendimi geliştirmek için.”* (Ö6), *“Nanoteknoloji alanında kendimi geliştirmek için. Bu tür konular hakkında çok az bilgiye sahip olduğumu fark ettim. Bu da katılmamı sağladı.”* (Ö12) şeklinde ifade etmişlerdir.

Bir öğrenci (Ö6) **“Katkı sağlayacağını düşünüyorum”** şeklinde belirtmiş olup *“Bu çalışmaya yardımcı olmak ve bu konuda kendimi geliştirmek için.”* şeklinde ifade etmiştir.”

Bir öğrenci (Ö12) **“Okul dışı çalışmalara katılmak için”** temasında *“...okul dışında bir şeylere katılmak istedim”* demiştir.

Üç öğrenci (Ö7, Ö8, Ö11) **“Gelecekte önemli olduğunu düşünüyorum.”** temasında *“Bana ilerideki çalışmalarda faydalı olacağını düşünüyorum.”* (Ö7), *“Günümüzde nanoteknoloji çok önemli bir yere sahip ve gelecekteki çalışmaların da temellerini oluşturuyor. Geleceğimiz dünyasında bu kadar önemli bir yeri olduğu için ve seçeceğim mesleği de ilgilendirebileceği için...”* (Ö8) ve *“Gelecekte mühendis olmak istiyorum. Üniversiteye gittiğimde bana faydası olabileceğini düşünüyorum.”* (Ö11) şeklinde ifade etmişlerdir.

Dört öğrenci (Ö1, Ö2, Ö5, Ö9) **“Arkadaşlarım etkisiyle.”** temasında *“Çünkü arkadaşlarımla beraber bir şey yapmak istedik ve sene sonunda bana çok şey katacağını söylediler.”* (Ö1), *“Arkadaş etkisi ile katıldım...”* (Ö2), *“Arkadaşlarım katıldığı ve ilgimi*

çektığı için katılmak istedim.” (Ö5), “Arkadaşlarım yüzünden ve faydalı olacağını düşündüğümünden.” (Ö9) şeklinde ifade etmişlerdir.

Bir öğrenci (Ö8) **“Bilgi sahibi olmak için.”** katılmıştır ve *“...bu konu hakkında bilgi sahibi olmak istediğim için katıldım...”* demiştir.

“Yetersiz olduğumu düşünüyorum.” temasında 3 öğrenci (Ö4, Ö8, Ö12), *“Kendimi bazı alanlarda zayıf bulup geliştirmek istiyorum.” (Ö4), “Aynı zamanda ülkemiz bu tarz konularda yetersiz kalıyor.” (Ö8), “Bu tür konular hakkında çok az bilgiye sahip olduğumu fark ettim.” (Ö12) şeklinde ifade etmişlerdir.*

Üç öğrenci (Ö3, Ö8, Ö11) **“Meslek seçimi için.”** temasında *“İleride seçeceğim meslek için bana çok yardımcı olacağını düşünüyorum.” (Ö3), “..ve seçeceğim mesleği de ilgilendirebileceği için...” (Ö8), “Gelecekte mühendis olmak istiyorum.” (Ö11) şeklinde ifade etmişlerdir.*

Bir öğrenci (Ö8) **“Farkındalık oluşturmak için.”** teması altında *“...ne kadar kişi nanoteknolojinin önemini kavarsa o kadar farkındalık oluşturabiliriz diye düşünüyorum.”* diye ifade etmiştir.

Altı öğrenci (Ö1, Ö2, Ö4, Ö7, Ö9, Ö11) **“Faydalı olacağı için.”** temasında *“..kendimi bilmediğim bir konuda geliştirmek çok isterim.” (Ö1), “...bana bir şeyler katabilir umuduyla katıldım.” (Ö2), “Bu çalışmada da kendime bir şeyler katabileceğimden katılmak istedim.” (Ö4), “Bana ilerideki çalışmalarda faydalı olacağını düşünüyorum.” (Ö7), “...ve faydalı olacağını düşündüğümünden.” (Ö9), “Üniversiteye gittiğimde bana faydası olabileceğini düşünüyorum.” (Ö11) şeklinde ifade etmişlerdir.*

4.9.2. Öğrencilerin NBT terimleriyle nerede karşılaştıkları

Anketin ikinci sorusunda **“Nanobilim ve nanoteknoloji terimleri ile daha önce karşılaştın mı? Evet, ise nerede karşılaştın? Kısaca açıklar mısın?”** diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar, frekans ve katılımcı kodları Şekil 4.21’de sunulmuştur.



Şekil 4.21 Nanobilim ve Nanoteknoloji Terimleri ile Daha Önce Karşılaşma Durumları

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi 2 öğrenci (Ö3, Ö10) “**Sergiler**” temasında “*Elektron mikroskopları gördük ve Marmara Üniversitesi’nin nanoteknoloji laboratuvarı ve sergisini gezdik.*” (Ö3), “*İlk kez Marmara Üniversitesi’ndeki Nanoteknoloji Fotoğraf sergisine gittik.*” (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

Beş öğrenci (Ö3, Ö4, Ö7, Ö10, Ö11) “**Kulüp ve proje çalışmaları**” şeklinde belirtmiştir. “*9. sınıfta nanoteknoloji bilimindeydim.*” (Ö3), “*...Sadece izlemek için katıldığım bir projede kullanıldığını gördüm...*” (Ö4), “*..Külübe gittim ve kulüpte aktif değildi...*” (Ö7), “*Evet projeme başlarken karşılaştım...*” (Ö10) ve “*Okulumuzda nanoteknoloji kulübü var. Oradan bir tanışmışlık var. Nanoteknoloji maddeleri küçülterek daha iyi ürünler elde etmektir bence. Özellikle İHA’larda pillerin ağırlığı uçuş süresini oldukça etkiler. Piller küçüldükçe uçuş süresi arttırılır.*” (Ö11) şeklinde ifade etmişlerdir.

Bir öğrenci (Ö1) “**Nanoteknolojik ürünler**” teması altında “*Nanoteknoloji ile karşılaştım. Bir reklamda nanoteknolojik halılardan bahsedildi. Dökülen bir içeceği sadece peçete ile kurulayınca hiçbir iz kalmıyordu.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

Bir öğrenci (Ö3) “**Nanoteknoloji Laboratuvarı**” teması altında “*Elektron mikroskopları gördük ve Marmara Üniversitesi’nin nanoteknoloji laboratuvarı ve sergisini gezdik.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

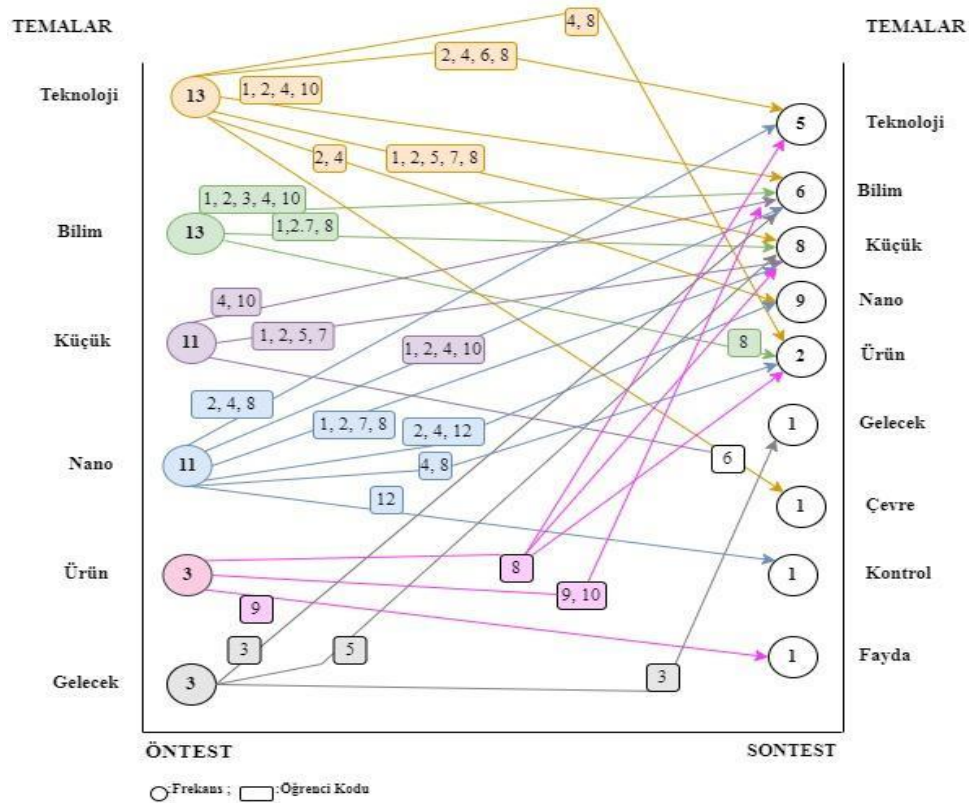
Dört öğrenci (Ö5, Ö8, Ö11, Ö12) “**Okul (öğretmen, ders kitabı...)**” teması altında “*... Derslerde konusunu görmüştüm.*” (Ö5), “*Genelde ders kitaplarında ne yazık ki “çok küçük örnekler” halinde bahsediliyor nanoteknolojiden. Onun dışında haberlerde, belgesellerde ve kitaplarda karşılaştım.*” (Ö8), “*Okulumuzda nanoteknoloji kulübü var. Oradan bir tanışmışlık var. Nanoteknoloji maddeleri küçülterek daha iyi ürünler elde etmektir bence.*”

Özellikle İHA’larda pillerin ağırlığı uçuş süresini oldukça etkiler. Piller küçüldükçe uçuş süresi arttırılır” (Ö11), “Evet karşılaştım. Derslerde ve internette gördüğüm bazı yazılarda karşılaştım. Hocalarımız da nanoteknolojiden daha önce bahsettiler.” (Ö12) şeklinde ifade etmişlerdir.

Altı öğrenci (Ö2, Ö5, Ö6, Ö8, Ö9, Ö12) “**Medya**” teması altında “Günümüzde birçok yerde duyulabilir bir kelime olduğu için rahatlıkla öğrenebilirim.” (Ö2), “Televizyon ve belgesellerden duymuştum...” (Ö5), “Mikroboyutta robot yapmak diye bir çalışma duymuştum.” (Ö6), “... haberlerde, belgesellerde ve kitaplarda karşılaştım.” (Ö8), “Bilim ve Teknikte dergisinde okumuştum. Nanoböcekler ile patojen ya da kanserli hücrelerin öldürülmesi hedefleniyordu.” (Ö9), “...Derslerde ve internette gördüğüm bazı yazılarda karşılaştım...” (Ö12) şeklinde ifade etmişlerdir.

4.9.3. Öğrencilere göre NBT

Anketin üçüncü sorusuna ait ön test ve son testinde “**Nanobilim ve Nanoteknoloji sence nedir? Kısaca açıkla mısın?**” diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar, temalara ait frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.22’de sunulmuştur.



Şekil 4.22 Nanobilim ve Nanoteknoloji Ne Olduğu ile İlgili Öğrencilerin Görüşleri

Şekil 4.22’de görüldüğü gibi ön testte “**Küçük (şeyler, boyut, parçalar, cihazlar, teknoloji, küçültme, küçülme, dünya)**” (f=11) temasında “*Nanobilim; Küçük parçalarla*

bilim yapmak. Nanoteknoloji teknolojik cihazların en küçük versiyonu.” (Ö1), “İkisi de birbiriyle bağlantılı kelimeler; nano küçük detaylı demek, bilim ve teknoloji ile birleşince detaylı bilim yapımı ve gelişmiş teknoloji olur.” (Ö2), “Nanoboyutta yapılan bilimsel ve teknolojik çalışmalar (çok küçük boyutta)” (Ö4), “Bence küçük dünyanın temelidir. Teknolojinin kendi boyutundan daha da küçülmesi iyi bir şey. Bence geleceğin en büyük teknolojisi olacak.” (Ö5), “Küçük boyutta teknolojik çalışmalar yapmak.” (Ö6), “Nanoteknoloji; adından da anlaşılacağı gibi küçültülmüş teknolojidir. Nanobilim ise bilimidir.” (Ö7) şeklinde ifade etmişlerdir.

“**Bilim**” (f=13) temasında “Nanobilim; Küçük parçalarla bilim yapmak...” (Ö1), “...bilim ve teknoloji ile birleşince detaylı bilim yapımı...” (Ö2), “Bence geleceğin bilimidir... öğrenmem gereken bir bilim olduğunu düşünüyorum.” (Ö3), “Nanoboyutta yapılan bilimsel ve teknolojik çalışmalar...” (Ö4), “...Nanobilim ise bilimidir.” (Ö7), “Nanobilim nanoteknoloji günümüz şartlarının gereği ihtiyaçlarımızı karşılamak veya bizlere daha pratik bir hayatı sunmayı sağlayan bir bilimdir.” (Ö8), “Nanobilim küçük hatta çok küçük şeylerin bilimidir.” (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

“**Teknoloji**” (f=13) temasında “Nanoteknoloji, teknolojik cihazların en küçük versiyonu.” (Ö1), “...bilim ve teknoloji ile birleşince detaylı bilim yapımı ve gelişmiş teknoloji olur.” (Ö2), “Nanoboyutta yapılan bilimsel ve teknolojik çalışmalar.” (Ö4), “Teknolojinin kendi boyutundan daha da küçülmesi iyi bir şey. Bence geleceğin en büyük teknolojisi olacak.” (Ö5), “Küçük boyutta teknolojik çalışmalar yapmak.” (Ö6), “Nanoteknoloji; adından da anlaşılacağı gibi küçültülmüş teknolojidir...” (Ö7), “Nanobilim nanoteknoloji günümüz şartlarının gereği ihtiyaçlarımızı karşılamak veya bizlere daha pratik bir hayatı sunmayı sağlayan bir bilimdir.” (Ö8), “Nanobilim küçük hatta çok küçük şeylerin bilimidir. Nanoteknoloji ise maddelerin üretimi için oluşturulan makinelerin çalışmasını sağlamak ve üretim için gerekli olan şeylerin tümüdür.” (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

“**Nano**” (f=11) temasında “Nanobilim; küçük parçalarla bilim yapmak. Nanoteknoloji; teknolojik cihazların en küçük versiyonu.” (Ö1), “..nano küçük detaylı demek...” (Ö2), “Nanoboyutta yapılan bilimsel ve teknolojik çalışmalar” (Ö4), “Nanoteknoloji; adından da anlaşılacağı gibi küçültülmüş teknolojidir. Nanobilim ise bilimidir.” (Ö7), “Nanobilim nanoteknoloji günümüz şartlarının gereği ihtiyaçlarımızı karşılamak veya bizlere daha pratik bir hayatı sunmayı sağlayan bir bilimdir.” (Ö8),

“Nanobilim küçük hatta çok küçük şeylerin bilimidir. Nanoteknoloji ise maddelerin üretimi için oluşturulan makinelerin çalışmasını sağlamak ve üretim için gerekli olan şeylerin tümüdür.” (Ö10), *“Nanoteknoloji, şu anda yapılan çoğu şeyin nano boyutta yapılmasıdır.”* (Ö12) şeklinde ifade etmişlerdir.

“Ürün” (f=3) temasında *“Nanobilim nanoteknoloji günümüz şartlarının gereği ihtiyaçlarımızı karşılamak veya bizlere daha pratik bir hayatı sunmayı sağlayan bir bilimdir.”* (Ö8), *“Bence kullandığımız eşyaların yapı taşlarını değiştirerek daha işlevsel hale getirmektir.”* (Ö9), *“Nanoteknoloji ise maddelerin üretimi için oluşturulan makinelerin çalışmasını sağlamak ve üretim için gerekli olan şeylerin tümüdür.”* (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

“Gelecek” (f= 3) temasında *“Bence geleceğin bilimidir. Gelecekte her alanda kullanılacağını ve öğrenmem gereken bir bilim olduğunu düşünüyorum.”* (Ö3), *“Bence geleceğin en büyük teknolojisi olacak.”* (Ö5) şeklinde ifade etmişlerdir.

Şekil 4.22’de görüldüğü gibi son testte **“Küçük (şeyler, en küçük, boyut, küçülme, materyaller)”** (f=8) temasında *“Küçük bilim. Küçük şeylerin yapabileceği etkili işler.”* (Ö1), *“Nanobilim, bilimin en küçük en ayrıntılı; nanoteknoloji ise teknolojik aletlerin en küçük boyutta olduğu.”* (Ö2), *“Nesnelerin küçülmeye girerek daha kullanışlı hale gelmesidir.”* (Ö5), *“Küçültme sonucu ve uğraşıyla alakalı terimlerdir.”* (Ö7), *“Teknolojik olarak küçük materyallerden üretime denebilir.”* (Ö8), *“Nanoteknoloji çok küçük boyutlarda teknolojik çalışmalar yapmak. Nanobilim ise maddeler hakkında sahip olduğunun bilgileridir.”* (Ö11) şeklinde ifade etmişlerdir.

“Bilim” (f=6) temasında *“Küçük bilim...”* (Ö1), *“Nanobilim, bilimin en küçük en ayrıntılı...”* (Ö2), *“Bence gelecekte önemi çok daha artacak ve kullanılacak bir bilim dalıdır.”* (Ö3), *“Nanoboyutta yapılan bilime dair işlerdir.”* (Ö4), *“Nanoparçacıkların davranışlarındaki değişimi ve kuralları anlayarak bunları insan insanların faydaları için kullanan bilim dalıdır.”* (Ö9), *“Bence günümüzde elimizi her attığımız yerde olan bir çeşit bilimdir.”* (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

“Teknoloji” (f=5) temasında *“Nanoteknoloji ise teknolojik aletlerin en küçük boyutta olduğu.”* (Ö2), *“... nanoboyutta üretim teknolojik sistemlerdir.”* (Ö4), *“Nanoboyutta insan ve çevre için teknoloji geliştirmek.”* (Ö6), *“Teknolojik olarak küçük*

materyallerden üretime denebilir.” (Ö8), “Nanoteknoloji çok küçük boyutlarda teknolojik çalışmalar yapmak.” (Ö11) şeklinde ifade etmişlerdir.

“Nano” (f=9) temasında *“Nanobilim, bilimin en küçük en ayrıntılı; Nanoteknoloji ise teknolojik aletlerin en küçük boyutta olduğu.” (Ö2), “Nanoboyutta yapılan bilime dair işlerdir ve nanoboyutta üretim teknolojik sistemlerdir. (Ö4), “Nanoparçacıkların davranışlarındaki değişimi ve kuralları anlayarak bunları insan insanların faydaları için kullanan bilim dalıdır.” (Ö9), “Nanoteknoloji çok küçük boyutlarda teknolojik çalışmalar yapmak. Nanobilim ise maddeler hakkında sahip olduğunun bilgileridir.” (Ö11), “Nanoteknoloji bence maddelerin nano boyutta kontrolüdür.” (Ö12) şeklinde ifade etmişlerdir.*

“Ürün” (f=2) temasında *“Nanoboyutta üretim teknolojik sistemlerdir.” (Ö4), “Teknolojik olarak küçük materyallerden üretime denebilir.” (Ö8) şeklinde ifade etmişlerdir.*

“Gelecek” (f=1) temasında Ö3 *“Bence gelecekte önemi çok daha artacak ve kullanılacak bir bilim dalıdır.”* şeklinde ifade etmiştir.

“Çevre” (f=1) temasında Ö6 *“Nanoboyutta insan ve çevre için teknoloji geliştirmek.”* şeklinde ifade etmiştir.

“Kontrol” (f=1) temasında Ö12 *“Nanoteknoloji bence maddelerin nano boyutta kontrolüdür.”* şeklinde ifade etmiştir.

“Sistem” (f=1) temasında Ö4 *“...nanoboyutta üretim teknolojik sistemlerdir.”* şeklinde ifade etmiştir.

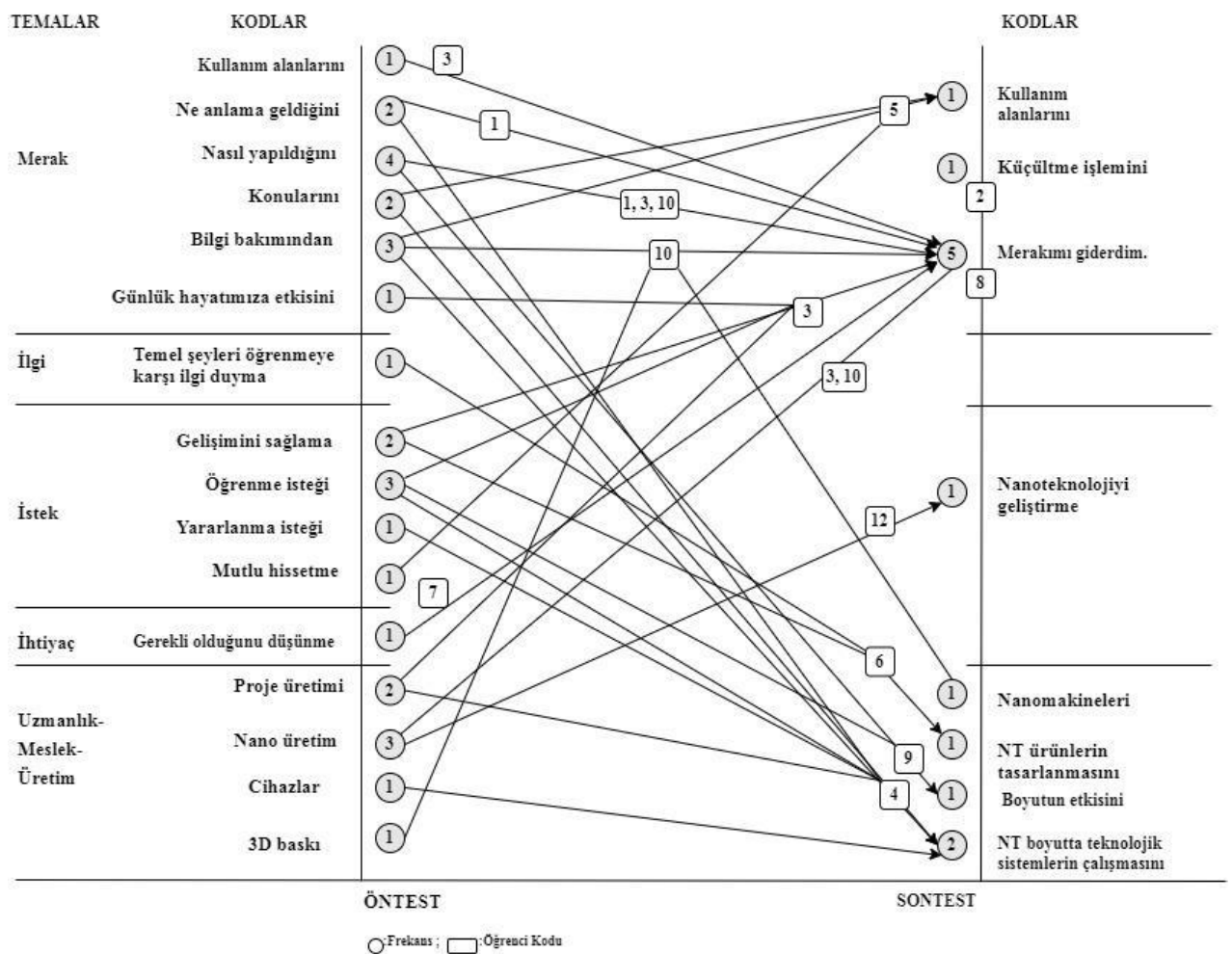
“Nesne” (f=1) temasında Ö5 *“Nesnelerin küçülmeye girerek daha kullanışlı hale gelmesidir.”* şeklinde ifade etmiştir.

“Fayda” (f=1) temasında Ö9 *“Nanoparçacıkların davranışlarındaki değişimi ve kuralları anlayarak bunları insanların faydaları için kullanan bilim dalıdır.”* şeklinde ifade etmiştir.

4.9.4. Öğrencilerin NBT hakkında merak ettikleri ve öğrenmek istedikleri

Anketin dördüncü sorusuna ait ön test ve son testinde **“Nanobilim ve nanoteknoloji hakkında neleri merak ediyorsun? Neleri öğrenmek isterdin?”** diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar ve temaların kodları, frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.23’de sunulmuştur.

Şekil 4.23’de görüldüğü gibi ön testte ve son testte “Merak, İlgi, İstek, İhtiyaç, Uzmanlık/Meslek/Üretim” temaları ortaya çıkmıştır. Bu temalar altında ortaya çıkan kodlar aşağıda ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 4.23 Öğrencilerin Nanobilim ve Nanoteknoloji Hakkında Neleri Merak Ettikleri Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.23’de görüldüğü gibi ön testte “**Merak**” teması altında “**Kullanım alanlarını**” f=1 “*Kendim nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bir proje nasıl yapabilirim, nasıl kendimi bu alanda geliştirebilirim öğrenmek istiyorum.*” (Ö3); “**Ne anlama geldiğini**” f=2 “*Tam*

olarak ne anlama geldiğini ve nasıl yapıldığını merak ediyorum. Herkes yapabilir mi? bu kelimelerin meslek grupları nelerdir?” (Ö1), “Aslında kelimelerin bile tam olarak anlamlarını bilmiyorum. Ve öğrenebileceğim her şeyin kazanç olduğunu düşünüyorum. Mesela bu konuları bir proje çalışmasında kullanacak kadar bilgi sahibi olmak isterim.” (Ö4); “**Nasıl yapıldığını**” f=4 “Tam olarak ne anlama geldiğini ve nasıl yapıldığını merak ediyorum. Herkes yapabilir mi? Bu kelimelerin meslek grupları nelerdir?” (Ö1), “Kendim nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bir proje nasıl yapabilirim, nasıl kendimi bu alanda geliştirebilirim öğrenmek istiyorum.” (Ö3), “Nasıl yapıldığını merak ediyorum. Maddelerin nasıl değişikliğe uğratıldığını öğrenmek isterdim.” (Ö9), “Ben ne çok yapay kalp üretimini merak ediyorum. İsrail üretiyorsa biz neden üretmeyelim. Aynı zamanda telefonda kullanılan çiplerin nasıl nanoboyutta yapıldığını merak ediyorum.” (Ö10); “**Konularını**” f=2 “Aslında kelimelerin bile tam olarak anlamlarını bilmiyorum. Ve öğrenebileceğim her şeyin kazanç olduğunu düşünüyorum. Mesela bu konuları bir proje çalışmasında kullanacak kadar bilgi sahibi olmak isterim.” (Ö4), “Konuya genel hatlarıyla hâkim olmak isterim. İlgi çeken bir alan ve bu konuda bilgi sahibi olmak beni mutlu eder.” (Ö5); “**Bilgi bakımından**” f=3 “Aslında kelimelerin bile tam olarak anlamlarını bilmiyorum. Ve öğrenebileceğim her şeyin kazanç olduğunu düşünüyorum. Mesela bu konuları bir proje çalışmasında kullanacak kadar bilgi sahibi olmak isterim.” (Ö4), “Konuya genel hatlarıyla hâkim olmak isterim. İlgi çeken bir alan ve bu konuda bilgi sahibi olmak beni mutlu eder.” (Ö5), “Ben ne çok yapay kalp üretimini merak ediyorum. İsrail üretiyorsa biz neden üretmeyelim. Aynı zamanda telefonda kullanılan çiplerin nasıl nanoboyutta yapıldığını merak ediyorum.” (Ö10); “**Günlük hayatımıza etkisini**” f=1 “Nanobilim ve nanoteknolojinin temel bilinmesi gereken şeyleri ve devamında kendimi geliştirmek isterim.” (Ö6) kodları altında ifade etmişlerdir.

“**İlgi**” teması altında “**Temel şeyleri öğrenmeye karşı ilgi duyma**” f=1 “Nanobilim ve nanoteknolojinin temel bilinmesi gereken şeyleri ve devamında kendimi geliştirmek isterim.” (Ö6) kodu altında ifade etmişlerdir.

“**İstek**” teması altında “**Gelişimini sağlama**” f=2 “Kendim nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bir proje nasıl yapabilirim, nasıl kendimi bu alanda geliştirebilirim öğrenmek istiyorum.” (Ö3), “Nanobilim ve nanoteknolojinin temel bilinmesi gereken şeyleri ve devamında kendimi geliştirmek isterim.” (Ö6); “**Öğrenme isteği**” f=3 “Kendim nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bir proje nasıl yapabilirim, nasıl kendimi bu alanda geliştirebilirim öğrenmek istiyorum.” (Ö3), “Aslında kelimelerin bile tam olarak anlamlarını bilmiyorum.

Ve öğrenebileceğim her şeyin kazanç olduğunu düşünüyorum. Mesela bu konuları bir proje çalışmasında kullanacak kadar bilgi sahibi olmak isterim.” (Ö4), “Nasıl yapıldığını merak ediyorum. Maddelerin nasıl değişikliğe uğratıldığını öğrenmek isterdim.” (Ö9); “Yararlanma isteği” f=1 “Aslında kelimelerin bile tam olarak anlamlarını bilmiyorum. Ve öğrenebileceğim her şeyin karım olduğunu düşünüyorum. Mesela bu konuları bir proje çalışmasında kullanacak kadar bilgi sahibi olmak isterim.” (Ö4); “Mutlu hissetme” f=1 “Konuya genel hatlarıyla hâkim olmak isterim. İlgi çeken bir alan ve bu konuda bilgi sahibi olmak beni mutlu eder.” (Ö5) kodları altında ifade etmişlerdir.

“İhtiyaç” teması altında “Gerekli olduğunu düşünme” f=1 “İşime yarayacak şeyleri. Sonuçta teknoloji her geçen gün gelişiyor ve benim nanoteknolojiyi bilmem lazım.” (Ö7) kodu altında ifade etmişlerdir.

“Uzmanlık/Meslek/ Üretim” teması altında “Proje üretimi” f=2 “Kendim nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bir proje nasıl yapabilirim, nasıl kendimi bu alanda geliştirebilirim öğrenmek istiyorum.” (Ö3), “Aslında kelimelerin bile tam olarak anlamlarını bilmiyorum. Ve öğrenebileceğim her şeyin karım olduğunu düşünüyorum. Mesela bu konuları bir proje çalışmasında kullanacak kadar bilgi sahibi olmak isterim.” (Ö4); “Nano üretim” f=3 “Kendim nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili bir proje nasıl yapabilirim, nasıl kendimi bu alanda geliştirebilirim öğrenmek istiyorum.” (Ö3), “Ben ne çok yapay kalp üretimini merak ediyorum. İsrail üretiyorsa biz neden üretmeyelim. Aynı zamanda telefonda kullanılan çiplerin nasıl nanoboyutta yapıldığını merak ediyorum.” (Ö10), “İnsanların nanoteknoloji ve nanobilim hakkında yaptıkları çalışmaları merak ediyorum.” (Ö12); “Cihazlar” f=1 “Daha küçük telefonlar ya da küçültülmüş teknoloji cihazlar yapmak isterdim.” (Ö11); “3D baskı” f=1 “Ben ne çok yapay kalp üretimini merak ediyorum. İsrail üretiyorsa biz neden üretmeyelim. Aynı zamanda telefonda kullanılan çiplerin nasıl nanoboyutta yapıldığını merak ediyorum.” (Ö10) kodları altında ifade etmişlerdir.

Tablo 4.23’de görüldüğü gibi son testte “Merak” teması altında “Kullanım alanlarını” f=1 “İşleyiş biçimleri ve kullanılış alanları.” (Ö5); “Küçültme işlemini” f=1 “Bu kadar yapılan aletler nasıl küçülüyor onu merak ediyorum.” (Ö2) kodları altında ifade etmişlerdir.

“İlgi” teması altında “Nanoteknolojiyi geliştirme” f=1 “Nasıl daha fazla geliştirilebiliriz? Sorusunu öğrenmek istiyorum.” (Ö12) kodu altında ifade etmiştir.

“Uzmanlık/Meslek/Üretim” teması altında “**Nanomakineleri**” f=1 “Ben artık nanomakineleri öğrenmek istiyorum. Çünkü diğer konular hakkında bilgi sahibiyim.” (Ö10); “**NT ürünlerin tasarlanması**” f=1 “Nanoteknolojik ürünlerin tasarlanma sürecini.” (Ö6); “**Boyutun etkisini**” f=1 “Maddelerin neden davranış değiştirdiğini öğrenmek isterdim. Atomlar aynı olmasına rağmen boyutun neden önemli olduğunu merak ediyorum.” (Ö9); “**NT boyutta teknolojik sistemlerin çalışmasını**” f=2 “Açıkçası bu konuları merak ediyorum ve nanoboyutta teknolojik sistemler oluşturmak sonra çok güzel olabilir.” (Ö4), “Mesela elektriği ileten iplikler ya da tek tarafı elektriği ileten camlar nasıl çalışır öğrenmek isterdim.” (Ö11) kodları altında ifade etmişlerdir.

“İstek” ve “İhtiyaç” temalarına ait kodlar ortaya çıkmamıştır.

Beş öğrenci (Ö1, Ö3, Ö7, Ö8, Ö10) etkinlik sonucunda **merakını giderdiğini** ifade etmişlerdir. “Şu an hiçbir şey merak etmiyorum. Yeterince öğrendiğime inanıyorum” (Ö1), “Nanoteknoloji nelerde kullanılıyor ve günlük hayatımıza nasıl etki edebilir merak ediyordum.” (Ö3), “Öğrendim zaten.” (Ö7), “Ben artık nanomakineleri öğrenmek istiyorum. Çünkü diğer konular hakkında bilgi sahibiyim.” (Ö10) şeklinde ifade etmişlerdir.

4.9.5. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri ile karşılaşma durumları

Anketin beşinci sorusuna ait “**Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri ile daha önce karşılaştın mı? Kısaca açıkla mısın?**” diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar ve kodlar, frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.19’da sunulmuştur.

Şekil 4.24’te görüldüğü gibi “Evet, karşılaştım.” ve “Hayır, karşılaşmadım.” temaları ortaya çıkmıştır. Bu temalar atında ortaya çıkan kodlar aşağıda ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

TEMALAR	KODLAR		
Evet, karşılaştım.	Endüstri 4.0	2	3, 6
	Akıllı ev sistemleri	2	10, 11
	Nesnelerin internet (IoT)	3	3, 10, 11
	Yapay zeka	1	3
	Robot	1	9
	Duydum fakat açıklayamam	1	3, 8
Hayır, karşılaşmadım.		6	1, 2, 4, 5, 7, 12

○:Frekans ; □:Öğrenci Kodu

Şekil 4.24 Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) Terimleriyle Daha Önce Karşılaşma Durumları ile İlgili Görüşleri

Şekil 4.24'te görüldüğü gibi “**Evet, karşılaştım.**” teması altında “**Endüstri 4.0**” koduyla f=2 (Ö3, Ö6) ; “**Akıllı ev sistemleri**” koduyla f=2 (Ö10, Ö11); “**Nesnelerin interneti (IoT)**” koduyla f=3 (Ö3, Ö10, Ö11); “**Yapay zekâ**” koduyla f=1 (Ö3); “**Robot**” koduyla f=1 (Ö9); “**Duydum fakat açıklayamam.**” koduyla f=2 (Ö3, Ö8) şeklinde olmuştur. “**Endüstri 4.0**” koduyla Ö3 “*Endüstri 4.0; yazılımın ve yapay zekânın gelişimi ile gerçekleşmekte olan yeni endüstri dalgası*”, Ö6 “*Bazı ülkelerin gelecekte dünya için çok önemli olacak Endüstri 4.0 çalışmalarına başladığını duymuştum*” şeklinde; “**Akıllı ev sistemleri**” koduyla Ö10 “*...Sadece akıllı evler kısmını hatırlıyorum.*”, Ö11 “*...Akıllı ev sistemlerinde kullanılır.*” şeklinde; “**Nesnelerin interneti (IoT)**” koduyla Ö3 “*...IoT ise, duydum fakat açıklayamam.*”, Ö10 “*Sadece IoT’yi duydum...*”, Ö11 “*Nesnelerin internet ile karşılaştım. Cihazların internet ağını kullanarak çok uzaktan haberleşmesini sağlar...*” şeklinde; “**Yapay zekâ**” koduyla Ö3 “*Endüstri 4.0; yazılımın ve yapay zekânın gelişimi ile gerçekleşmekte olan yeni endüstri dalgası...*” şeklinde; “**Robot**” koduyla Ö9 “*Genel olarak robotlara dayalı bir endüstri.*” şeklinde ve “**Duydum fakat açıklayamam.**” koduyla Ö3 “*IoT ise, duydum fakat açıklayamam*”, Ö8 “*Duydum fakat detaylı bir bilgim yok.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

Şekil 4.24'te görüldüğü gibi “**Hayır, karşılaşmadım.**” temasında f=6 (Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö12) şeklinde olmuştur.

4.9.6. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri nerede karşılaştıkları

Anketin beşinci sorusunun devamında soruya öğrencinin cevabı “**Evet**” ise “**Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri ile nerede karşılaştın?**” diye devam edilmiştir. Ön testteki ve son testteki görüşlerine ait temalar ve kodlar, frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.20’de sunulmuştur.

Şekil 4.25’te görüldüğü gibi ortaya çıkan temalar analiz edilmiştir.



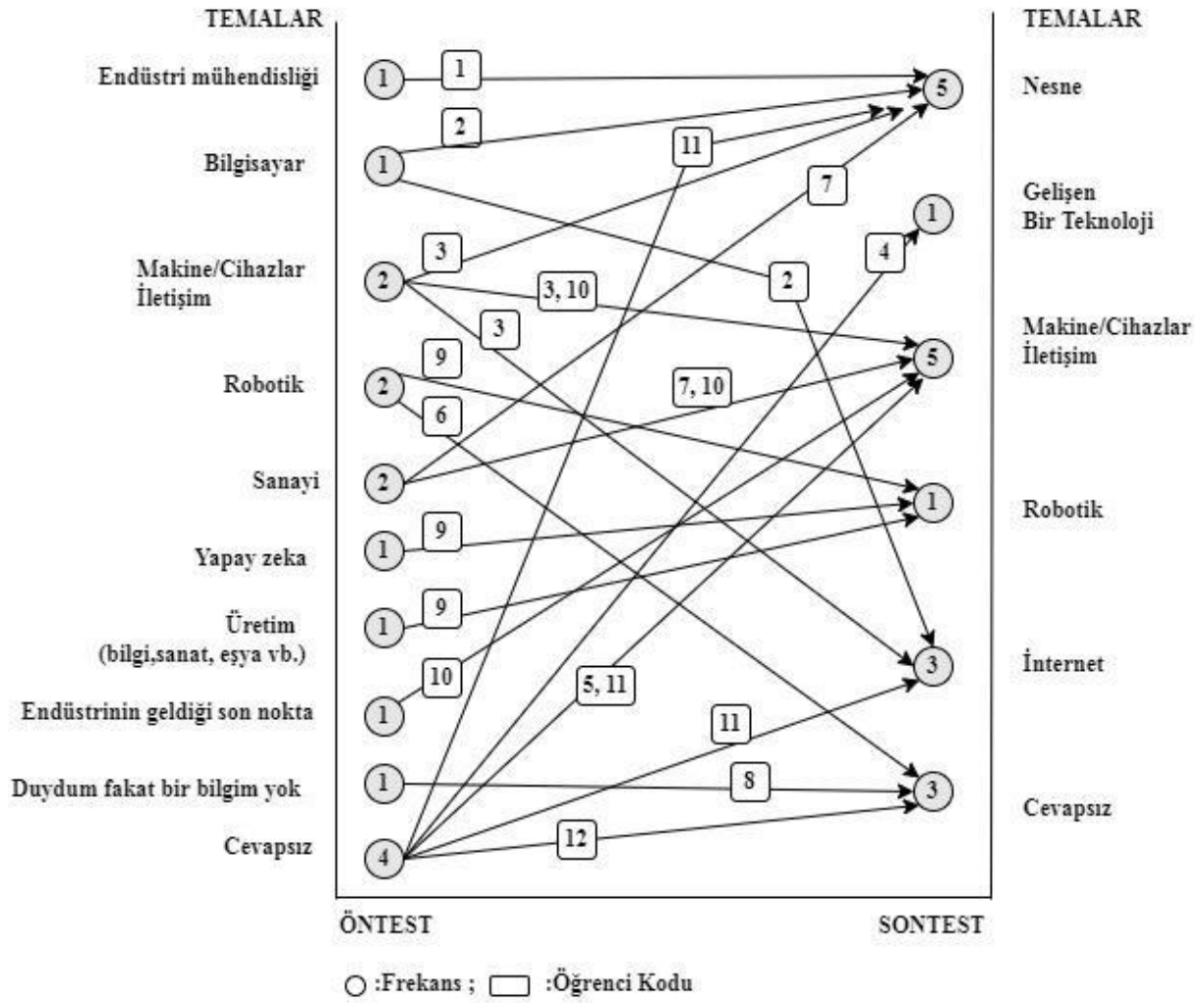
Şekil 4.25 Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(Iot) Terimleriyle Nerede Karşılaştıkları ile İlgili Görüşleri

Şekil 4.25’te görüldüğü gibi 1 öğrenci (Ö9) “**Dergi**”den; 1 öğrenci (Ö10) “**Gezi**”den karşılaşmışlardır. 4 öğrenci (Ö3, Ö6, Ö8, Ö11) “**Belirtmemiş**”tır; 6 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö12) ise “**Karşılaşmamış**”tır.

4.9.7. Öğrencilere göre Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT)

Anketin altıncı sorusuna ait ön test ve son testinde “**Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) sence nedir? Kısaca açıkla mısın?**” diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar ve kodlar, frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.26’da sunulmuştur.

Şekil 4.26’da görüldüğü gibi ön testte ve son testte ortaya çıkan temalar aşağıda ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 4.26 Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (Iot) Ne Demek Olduğu ile İlgili Görüşleri

Şekil 4.26’da görüldüğü gibi ön testte “**Endüstri mühendisliği**” temasıyla $f=1$ (Ö1); “**Bilgisayar**” temasıyla $f=1$ (Ö2); “**Makine/Cihazlar İletişim**” temasıyla $f=2$ (Ö3, Ö10); “**Robotik**” temasıyla $f=2$ (Ö6, Ö9); “**Sanayi**” temasıyla $f=2$ (Ö7, Ö10); “**Yapay zekâ**” temasıyla $f=1$ (Ö9); “**Üretim (bilgi, sanat, eşya vb.)**” temasıyla $f=1$ (Ö9); “**Endüstrinin geldiği son nokta**” temasıyla $f=1$ (Ö10); “**Duydum fakat bir bilğim yok**” temasıyla $f=1$ (Ö8); şeklinde olmuştur. Soruyu 4 öğrenci (Ö4, Ö5, Ö11, Ö12) “**Boş**” bırakmıştır.

“**Endüstri mühendisliği**” temasıyla Ö1 “*Endüstri mühendisliği ile ilgili bir şey olabilir.*” şeklinde; “**Bilgisayar**” temasıyla Ö2 “*Bilgisayar üzerindeki çalışmalar olabilir.*” şeklinde; “**Makine/Cihazlar İletişim**” temasıyla Ö3 “*Bence gelecekte yerleri kesinlikle büyük olacaktır. Endüstri 4.0 sıradan hayatımızda kullandığımız makineleri değiştirecektir.*”, “**Robotik**” temasıyla Ö6 “*Robotlaşma ve çevremizdeki önemli kolların*

robotikleşmesi”, şeklinde; “**Sanayi**” temasıyla Ö7 “*Endüstri 4.0 sanayi ile alakalı olabilir*” şeklinde; Ö9 öğrencisi “**Yapay zekâ**”, “**Üretim (bilgi, sanat, eşya vb.)**” “*İnsan kontrolü olmadan robotlarla yapılan üretim. (bilgi, eşya, sanat)*” şeklinde; Ö10 öğrencisi “**Makine/Cihazlar İletişim**”, “**Sanayi**”, “**Endüstrinin geldiği son nokta**” temalarında “*Endüstri 4.0 bugünkü endüstrinin geldiği noktadır. Nesnelerin internet ise cihazların birbirleri ile kurdukları iletişimdir.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi son testte “**Nesne**” temasıyla f=5 (Ö1, Ö2, 03, Ö7, Ö11); “**Gelişen Bir Teknoloji**” temasıyla f=1 (Ö4); “**Makine/Cihazlar İletişim**” temasıyla f=5 (Ö3, Ö5, Ö7, Ö10, Ö11); “**Robotik**” temasıyla f= (Ö9); “**İnternet**” temasıyla f=3 (Ö2, Ö3, Ö11) şeklinde olmuştur. Soruyu 3 öğrenci (Ö6, Ö8, Ö12) “**Boş**” bırakmıştır.

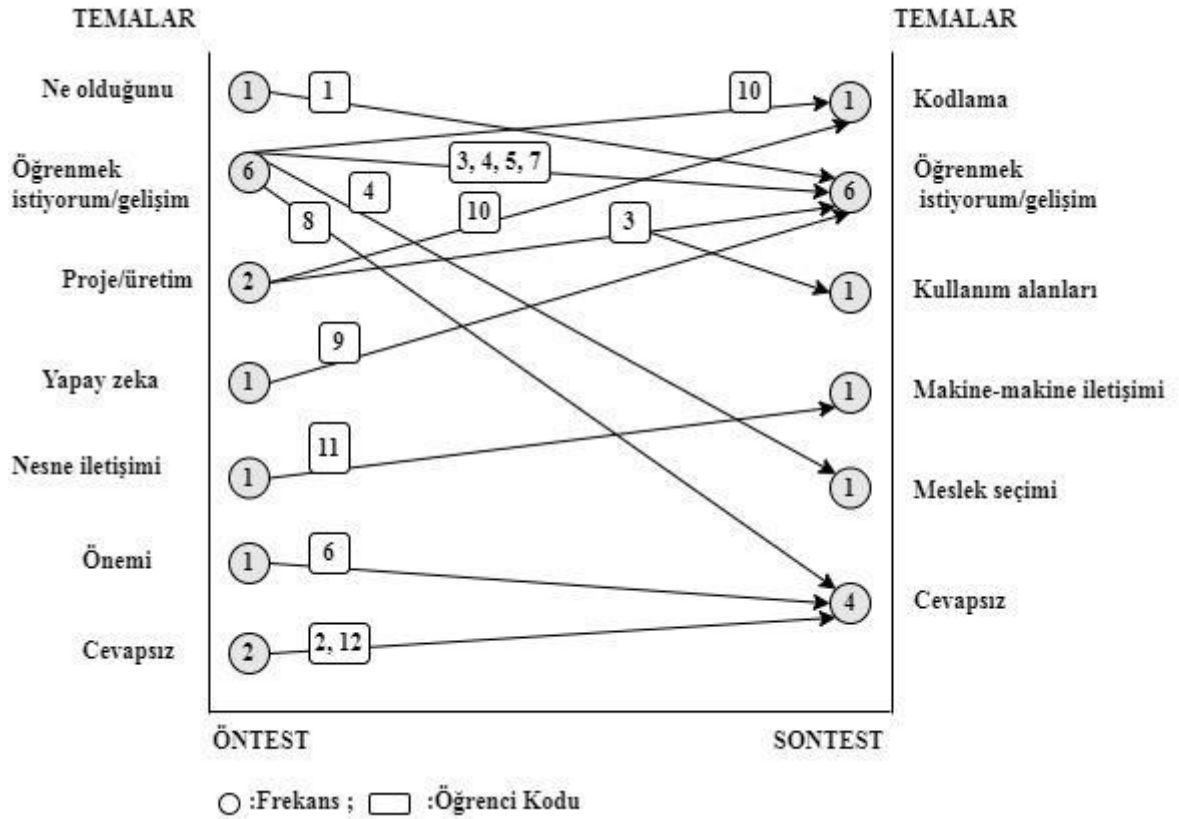
“**Nesne**” temasıyla Ö1 “*Ama küçük nesnelerin çapı, eni gibi özellikleriydi.*”, Ö2 “*Nesnelerin internet verilerin internet üzerinden yönlendirilmesi...*”, Ö7 “*Nesnelerin arasında bağ kurarak bir iletişim içinde olup bir sistem halinde çalışması.*”, Ö11 “*Nesnelerin internet üzerinden kullandığımız cihazları erişmek onları internet üzerinden kullanmak.*” şeklinde; “**Gelişen Bir Teknoloji**” temasıyla Ö4 “*Bence geliştirmekte olan teknolojinin temellerini oluştururlar.*” şeklinde; “**Makine/Cihazlar İletişim**” temasıyla Ö5 “*Nesnelerin birbiriyle kablosuz iletişim kurmasıdır.*”, Ö10 “*Bence artık her şeyin sürekli iletişimde olma halidir.*” şeklinde; “**Robotik**” temasıyla Ö9 “*Bence insanların daha az zamanda daha fazla şey elde edebilmek için yaptığı büyük bir devrim. Ama Endüstri 4.0’in robotlar yüzünden işsizliğe sebep olacağını düşünüyorum.*” şeklinde; “**İnternet**” temasıyla “*Nesnelerin internet üzerinden kullandığımız cihazları erişmek onları internet üzerinden kullanmak.*”, Ö3 “*Bence Endüstri 4.0 gelecekte her şeyi... internete bağlayacaktır.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

Şekil 4.26’da görüldüğü gibi son testte “**Nesne**” temasıyla f=5 (Ö1, Ö2, 03, Ö7, Ö11); “**Gelişen Bir Teknoloji**” temasıyla f=1 (Ö4); “**Makine/Cihazlar İletişim**” temasıyla f=5 (Ö3, Ö5, Ö7, Ö10, Ö11); “**Robotik**” temasıyla f= (Ö9); “**İnternet**” temasıyla f=3 (Ö2, Ö3, Ö11) şeklinde olmuştur. Soruyu 3 öğrenci (Ö6, Ö8, Ö12) “**Boş**” bırakmıştır.

4.9.8. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) hakkında merak ettikleri

Anketin yedinci sorusuna ait ön test ve son testinde “**Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) hakkında neleri merak ediyorsunuz?**” diye sorulmuştur. Görüşlerine ait temalar ve kodlar, frekanslar ve katılımcı kodları Şekil 4.27’de sunulmuştur.

Şekil 4.27’de görüldüğü gibi ön testte ve son testte ortaya çıkan temalar aşağıda ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 4.27 Öğrencileri Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) Hakkında Neleri Merak Ettikleri Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.27’de görüldüğü gibi ön testte “**Ne olduğunu**” temasıyla f=1 (Ö1); “**Öğrenmek istiyorum/gelişim**” temasıyla f=6 (Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö10); “**Proje/üretim**” temasıyla f=2 (Ö3, Ö10); “**Önemi**” temasıyla f=1 (Ö6); “**Yapay zekâ**” temasıyla f=1 (Ö9); “**Nesne iletişimi**” temasıyla f=1 (Ö11) şeklinde olmuştur. Soruyu 2 öğrenci (Ö2, Ö12) “**Boş**” bırakmıştır.

“**Ne olduğunu**” merak eden Ö1 “*Ne olduklarını, ne ile ilişkili olduklarını ve neden böyle garip isimleri olduklarını.*” şeklinde; “**Öğrenmek istiyorum/gelişim**” temasıyla Ö3

“Kendimi bu konularda nasıl geliştirebileceğimi...”, Ö4 *“Ne olduklarının bilmediklerimden dolayı öğrenebileceğim her şeyi öğrenmek isterim.”*, Ö5 *“Öğrenmek isterim. Konusu güzel gibi duruyor.”*, Ö7 *“Her şeyi.”*, Ö8 *“Genel olarak çoğu şeyi.”*, Ö10 *“Endüstri4.0’ı baştan sona öğrenmek istiyorum. IoT’yi mantıksal olarak zaten biliyorum.”* şeklinde; **“Proje/üretim”** temasıyla Ö3 *“...nasıl bir proje üretebileceğimi öğrenmek istiyorum.”*, Ö10 *“...onunla çalışan bir maket üretmek istiyorum.”* şeklinde; **“Önemi”** temasıyla Ö6 *“Neden bu kadar önemli olduğunu ve bu teknolojiye nasıl ayak uydurulacağını.”* şeklinde; **“Yapay zekâ”** temasıyla Ö9 *“Yapay zekânın nasıl çalıştığını ve nasıl kullandıklarını merak ediyorum.”* şeklinde; **“Nesne iletişimi”** temasıyla Ö11 *“Endüstri 4.0’ı baştan sona öğrenmek istiyorum. IoT’yi mantıksal olarak zaten biliyorum. Ancak onunla çalışan bir maket üretmek istiyorum.”* şeklinde ifade etmişlerdir.

Şekil 4.27’de görüldüğü gibi son testte **“Kodlama”** temasıyla f=1 (Ö10); **“Öğrenmek istiyorum/gelişim”** temasıyla f=6 (Ö1, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9); **“Kullanım alanları”** temasıyla f=1 (Ö3); **“Makine-makine iletişimi”** temasıyla f=1 (Ö11); **“Meslek seçimi”** temasıyla f=1 (Ö4); şeklinde olmuştur. Soruyu 4 öğrenci (Ö2, Ö6, Ö8, Ö12) **“Boş”** bırakmıştır.

“Kodlama” temasıyla Ö10 *“Ben artık IoT ile yapılan arabaların nasıl kodlandığını merak ediyorum.”* şeklinde; **“Öğrenmek istiyorum/gelişim”** temasıyla Ö1 *“Ne olduğunu tekrar öğrenmek isterdim.”*, Ö3 *“Kendimi bu konularda nasıl geliştirebileceğimi...”*, Ö4 *“...hakkındaki her şeyi öğrenmek isterim...”*, Ö5 *“Bu konularda ulaşılabilecek son nokta neresidir?”*, Ö7 *“her şeyi”*, Ö9 *“Genel olarak her şey.”* şeklinde; **“Kullanım alanları”** temasıyla Ö3 *“...ve bu konuları nasıl kullanabileceğimi merak ediyorum.”* şeklinde; **“Makine-makine iletişimi”** temasıyla Ö11 *“Dünyanın bir ucundan diğer ucundaki bir makinemizi nasıl kontrol edebileceğimizi merak ediyorum.”* şeklinde; **“Meslek seçimi”** temasıyla Ö4 *“...Özellikle de mühendis olarak işime yarayanları...”* şeklinde ifade etmişlerdir.

4.10. STEM Fen Bilgisi -Matematik-Sosyal Alanı: Nanobilim Etkinliği Öğrenci Çalışma Sayfaları Bulguları

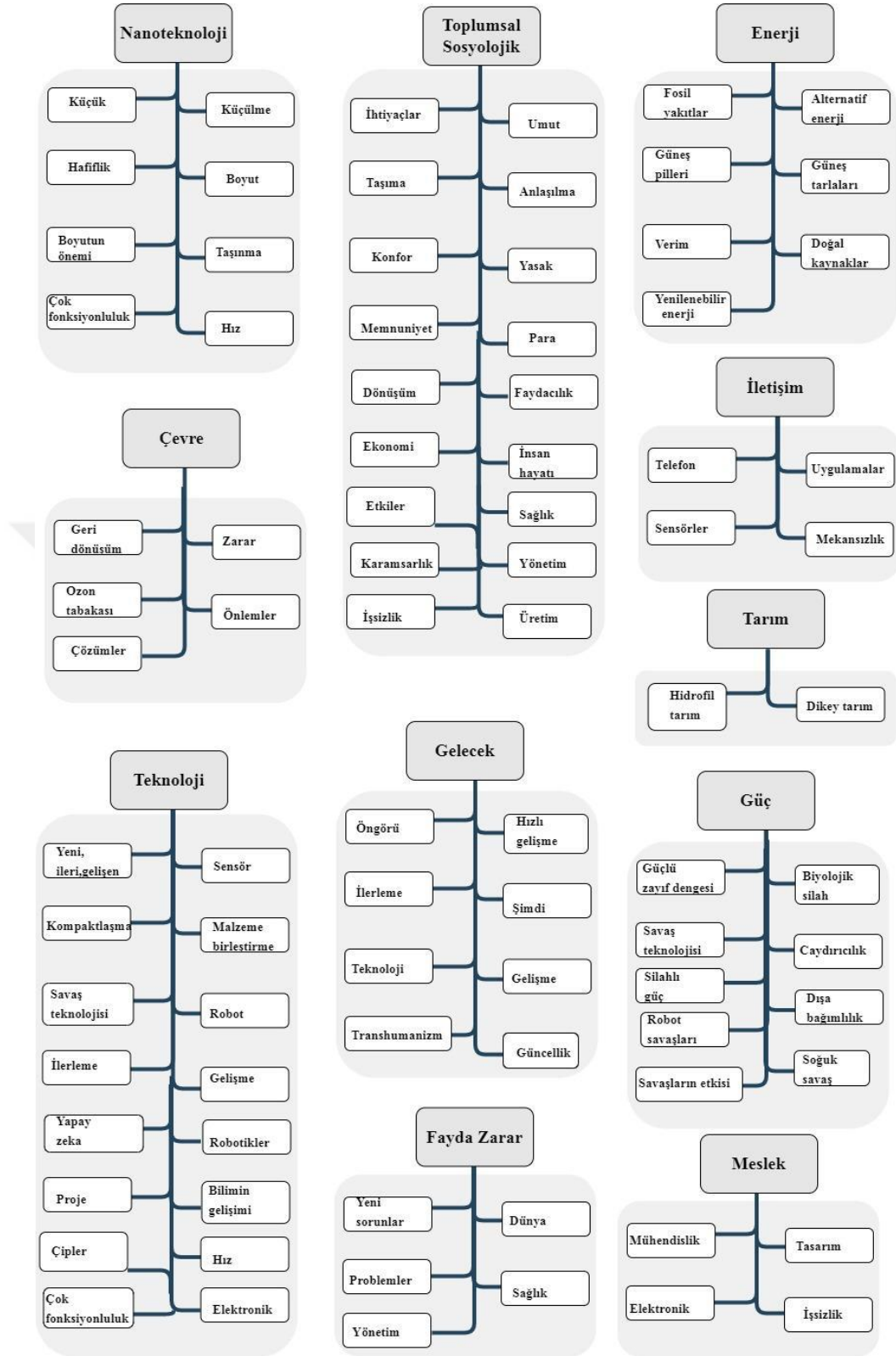
Bu bölümde etkinliklerin ilk bölümü olan STEM Fen Bilgisi -Matematik-Sosyal Alanı: Nanobilim Etkinliği Öğrenci Çalışma Sayfalarına ait elde edilen bulgular sunulmuştur. Bulguların sunumu 5E yönteminin aşamalarının sırasına göre belli bir düzen içinde verilmiştir.

4.10.1. Giriş etkinliklerine ait öğrencilerin çalışma sayfalarına ait bulgular

4.10.1.1. Giriş senaryosundan elde edilen bulgular

Öğrencilerin derse ya da konuya dikkatlerini çekmek, ön bilgilerini hatırlatmak için ilk olarak sunulan nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren bir giriş senaryosu çalışılmıştır. İlk olarak, “**Senaryoda dikkatinizi neler çekti?**” sorusuna verilen cevaplar neticesinde ses kaydı ve çalışma yaprağından elde edilen bulgular analiz edilmiştir (Şekil 4.28).

Öğrenciler senaryoyu okuduktan ve üzerinden çalıştıktan sonra metinden yaptıkları çıkarımlarla ilgili konuşurlar. Nanoteknoloji alanı bakımından **öğrenciler**, “boyutun öneminin maddenin küçülmesiyle birlikte kazandığı çok fonksiyonluluk, hafiflik, hız, taşınma” gibi kavramları bilir. Öğrencilerin metinden toplumsal-sosyolojik hayat ile ilgili ortaya çıkardıkları “ihtiyaçlar, taşıma, konfor, taşıma, memnuniyet, dönüşüm, ekonomi, etkiler, karamsarlık, umut, anlaşılma, yasak, para, faydacılık, insan hayatı, sağlık, yönetim, işsizlik, üretim” durumları ortaya çıkmıştır. Çevre teması çerçevesinde “geri dönüşüm, zarar, ozon tabakası, önlemler, çözümler” kavramlarına ulaşmışlardır. Öğrencilerin çıkarımları arasında enerji: “fosil yakıtlar, alternatif enerji, güneş pilleri, güneş tarlaları, verim, doğal kaynaklar, yenilenebilir enerji” kavramları bulunmaktadır. İletişim başlığı altında “telefon, uygulamalar, sensörler, mekânsızlık” kavramalarını kullanmışlardır. **Öğrencilerin** sınıf içi konuşmalarda en geniş konu teknoloji olmuştur; bu temayı “yeni, ileri, gelişen, sensör, malzeme birleştirme, savaş teknolojisi, robot, ilerleme, gelişme, yapay zekâ, robotikler, proje, bilimin gelişimi, çipler, hız, çok fonksiyonluluk, elektronik” kodları ile ifade etmişlerdir. Gelecekle ilgili çıkarımlar “öngörü, hızlı gelişme, ilerleme, şimdiki durum, gelişme, trans hümanizm, güncellik” kavramlarıdır. Öğrenciler gelişen teknoloji ile birlikte çıkarımları neticesinde teknolojik gelişimi fayda ve zarar bakımından düşünmüşlerdir, böylece “yeni sorunlar, dünya, problemler, sağlık, yönetim” başlıkları ortaya çıkmıştır. Metinde güç kavramı “güçlü zayıf dengesi, biyolojik silah, savaş teknolojisi, caydırıcılık, silahlı güç, dışa bağımlılık, robot savaşları, soğuk savaş, savaşların etkisi” ifadeleriyle ortaya çıkmıştır. Öğrenciler tarım uğraşısı ile ilgili olarak “hidrofil tarım ve dikey tarım”dan bahsetmişlerdir. Son olarak; metinde geçen meslek bağlamında “mühendislik ile elektronik meslek dalları, işsizlik ve tasarım” konularından bahsetmişlerdir.

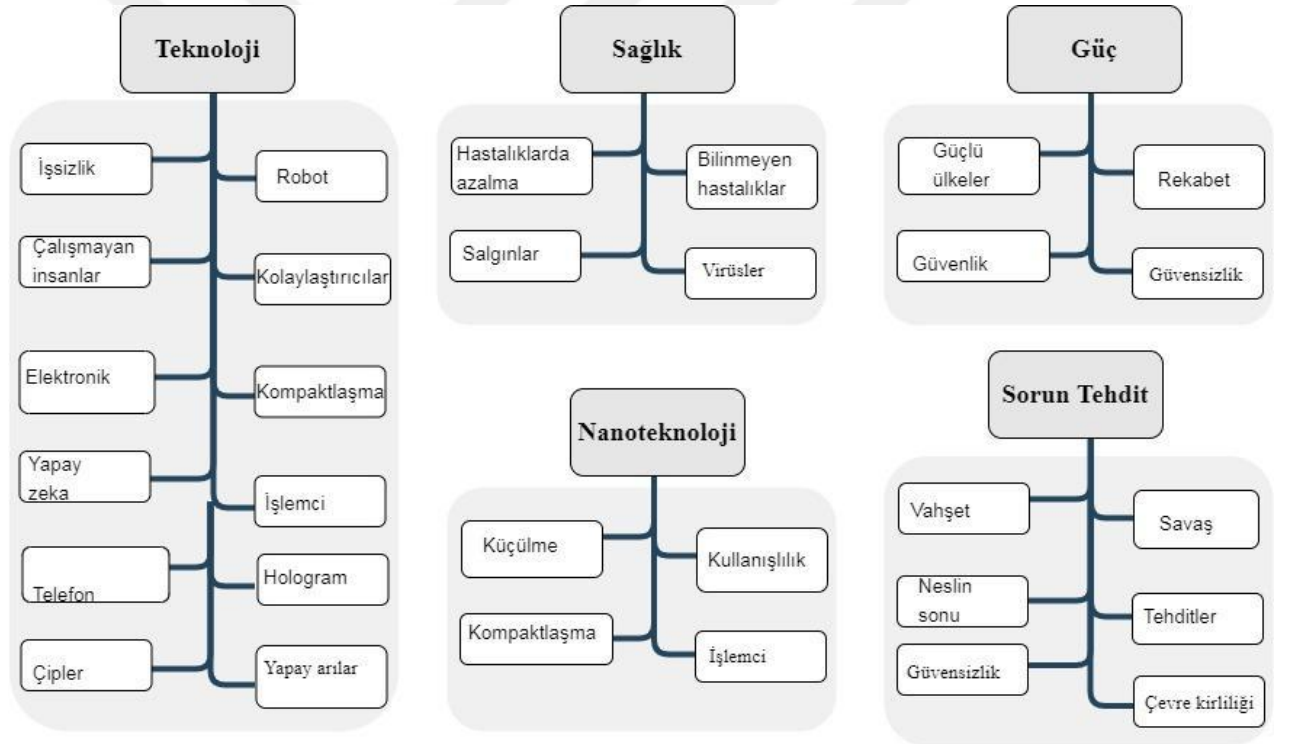


Şekil 4.28 Giriş Senaryosu Çalışıldıktan Sonra “Senaryo Dikkatinizi Neler Çekti?” Sorusuna Verilen Cevaplar. (N=12)

Giriş senaryosu metninde **ikinci olarak** “Senaryo ile ilgili günümüzde var olan ve gelecekte karşılaşılabileceğimiz durumlar neler olabilir?” sorusuna verilen cevaplar

neticesinde ses kaydı ve çalışma yaprağından elde edilen bulgular analiz edilmiştir (Şekil 4.29).

Öğrenciler birinci soruyla benzer görüşler belirtmişlerdir. Görüşler teknoloji, nanoteknoloji, sağlık, güç ve sorunlar-tehditler temaları şeklinde olmuştur. Teknoloji başlığı altında “işsizlik, robot, çalışmayan insanlar, kolaylaştırıcılar, elektronik, kompaktlaşma, yapay zekâ, işlemci, telefon, hologram, çipler, yapay arılar” kodları görülmüştür. Nanoteknoloji ile ilgili olarak “küçülme, kullanışlılık, kompaktlaşma, işlemci” kodları görülmüştür. Sağlık teması ise “hastalıklarda azalma, bilinmeyen hastalıklar, salgınlar, virüsler” kodlarından oluşmuştur. Güç teması ile “güçlü ülkeler, rekabet, güvenlik, güvensizlik” kodları söz konusudur. Son olarak sorun-tehdit teması ise “vahşet, savaş, neslin sonu, tehditler, güvensizlik sorunları, çevre kirliliği” kodlarından ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 4.29 Giriş Senaryosu Çalışıldıktan Sonra “Senaryo İle İlgili Günümüzde Var Olan ve Gelecekte Karşılaşılabileceğimiz Durumlar Neler Olabilir?” Sorusuna Verilen Cevaplar (N=12)

Öğrencilerden giriş senaryosuna uygun başlık bulmaları istenecek olduğundan metne bir başlık verilmemiştir. Neticede öğrencilerin sunduğu başlıklar Tablo 4.25’te verilmiştir.

Tablo 4.25 Öğrencilerin Giriş Senaryosuna Buldukları Başlıklar

Senaryo Başlıkları
Günümüz Bilimi ile Sosyal Yaşam ve Küçülmeler
Gelişme ve Nanoteknoloji
Küçül de Cebime Gir
İşimize Geldiği Gibi
Küçülen Dünya
Nano İşler
Küçülen Hayat
Teknolojinin Dünyayı Değiştirmesi
Bilimin Katkıları

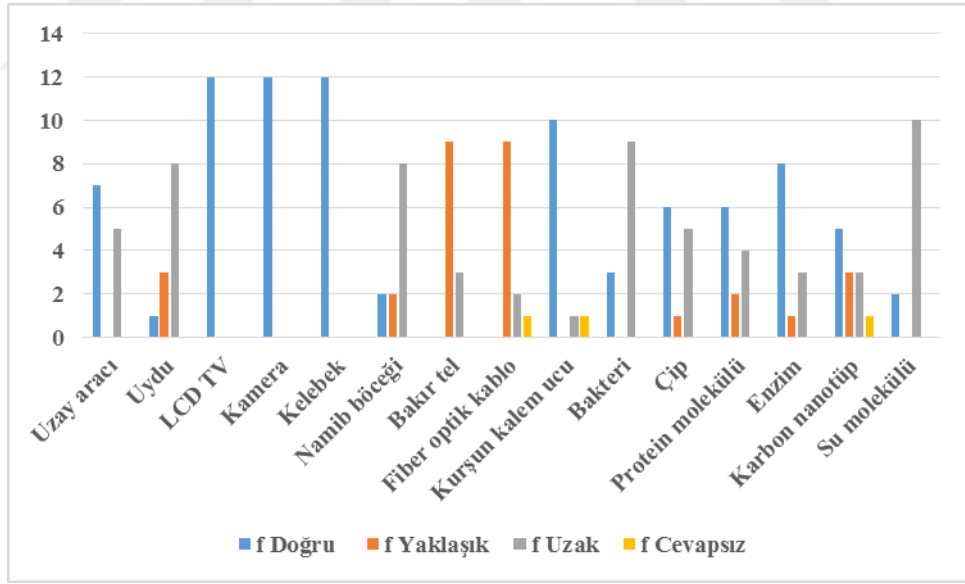
Başlıklar incelendiğinde öğrencilerin cevaplarında küçülme kavramının öne çıktığı görülmektedir. Bunun yanında bilim, teknoloji, nano ve sosyal yaşam kavramları da görülmüştür (Tablo 4.25).

4.10.1.2. Ön bilgileri ortaya çıkarma / motive etme aşamasına ait bulgular

Öğrencilere günlük yaşamda kullandığımız farklı ölçeklerdeki maddelerden örneklerin resimleri bulunan çalışma yaprağı verilmiştir. Öğrencilerden **“Resimleri verilen varlıkların büyüklüklerini ölçü ve birimleri ile tahmin ediniz.”** sorusu sorularak uygun ölçekleri ve birimleri tahmin etmeleri ve düzenlemeleri istenmiştir (ÖÇY1). Elde edilen bulgular aşağıda analiz edilmiştir. Verilen cevaplar gerçek değerler referans alınarak “Doğru, Yaklaşık, Uzak ve Cevapsız” olarak değerlendirilmiş ve Şekil 4.30’da sunulmuştur.

Öğrencilerin cevaplarından elde edilen verilere dayalı olarak **“Bakır tel (0,005-0,5 mm)”** örneğine 9 öğrenci (Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö12) doğru cevaba yaklaşık cevap, 3 öğrenci (Ö1, Ö10, Ö11) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. **“Fiber optik tel (50-60 mikron)”** örneğine 9 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö9, Ö11) doğru cevaba yaklaşık cevap, 2 öğrenci (Ö8, Ö10) doğru cevaba uzak cevap vermiş, 1 öğrenci (Ö12) ise cevapsız tercihte bulunmuştur. **“Uydu (ilk uydu= 58 cm-10 m)”** örneğine 1 öğrenci (Ö11) doğru, 3 öğrenci (Ö6, Ö8, Ö10) doğru cevaba yaklaşık cevap, 8 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö12) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. **“Uzay aracı (108x74 m) 110 m 32x30 m- 13,25 m uzunluk”** örneğine 7 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9) doğru cevap, 5 öğrenci (Ö4, Ö6, Ö10, Ö11, Ö12) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. **“Kamera”** örneğine 12 öğrenci doğru cevap vermiştir. **“Enzim (nm boyutunda)”** örneğine 8 öğrenci (Ö1, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9, Ö11, Ö12) doğru cevap, 1 öğrenci (Ö10) doğru cevaba yaklaşık cevap, 3 öğrenci (Ö2, Ö4, Ö6) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. **“LCD TV”** örneğine 12 öğrenci doğru cevap vermiştir. **“Namib Böceği (2-7 cm)”** örneğine 2 öğrenci (Ö4, Ö5) doğru cevap,

2 öğrenci (Ö1,Ö2) doğru cevaba yaklaşık cevap, 8 öğrenci (Ö3, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. “**Kelebek (0.3 cm-30 cm)**” örneğine 12 öğrenci doğru cevap vermiştir. “**Bakteri (0.5 -5 µm)**” örneğine 3 öğrenci (Ö4, Ö6, Ö9) doğru cevap, 9 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. “**Kurşun kalem ucu (0.1 mm-...)**” örneğine 10 öğrenci (Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11) doğru cevap, 1 öğrenci (Ö1) doğru cevaba uzak cevap vermiş, Ö12 öğrencisi de cevap vermemiştir. “**Çip (10 µm-5 nm; 1971-2020)**” örneğine 6 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö5, Ö6, Ö10, Ö12) doğru cevap, 1 öğrenci (Ö9) doğru cevaba yaklaşık cevap, 5 öğrenci (Ö3, Ö4, Ö7, Ö8, Ö11) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. “**Karbon Nanotüp (R= 0.4–40 nm L= 0.14 nm - 55.5 cm)**” örneğine 5 öğrenci (Ö1, Ö5, Ö8, Ö9, Ö12) doğru cevap, 3 öğrenci (Ö4, Ö10, Ö11) doğru cevaba yaklaşık cevap, 3 öğrenci (Ö2, Ö6, Ö7) doğru cevaba uzak cevap vermiş ve Ö3 öğrencisi cevap vermemiştir. “**Protein molekülü (Ortalama 6.9 nm)**” örneğine 6 öğrenci (Ö1, Ö3, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12) doğru cevap, 2 öğrenci (Ö2, Ö5) doğru cevaba yaklaşık cevap, 4 öğrenci (Ö4, Ö6, Ö7, Ö11) doğru cevaba uzak cevap vermiştir. “**Su molekülü (~3 Angström 0,3 nm)**” örneğine 2 öğrenci (Ö9, Ö10) doğru cevap, 10 öğrenci (Ö1,Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö11, Ö12) doğru cevaba uzak cevap vermiştir.



Şekil 4.30 Öğrencilerin Verilen Eşyaların Büyüklükleri ve Birimleri İle İlgili Tahminlerinin Değerlendirilmesi

Şekil 4.30’da görüldüğü gibi **en doğru** tahminlerin “LCD TV, Kamera ve Kelebek” (f=12) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla “Kurşun kalem ucu” (f=10), “Enzim” (f=8), “Uzay aracı” (f=7), “Çip ve Protein molekülü” (f=6), “Karbon nanotüp” (f=5), “Bakteri”

(f=3), “Su molekülü, Namib böceği” (f=2), “Uydu” (f=1) takip etmiştir. “Bakır tel, Fiber optik kablo”nun ölçü ve birimlerini hiçbir öğrenci doğru tahmin edememiştir.

Verilen örneklerin ölçü ve birimlerine yönelik **yaklaşık** tahminlerin “Bakır tel, Fiber optik kablo” (f=9) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla “Uydu, Karbon nanotüp ” (f=3), “Namib böceği, Protein molekülü” (f=2), “Çip, Enzim” (f=1), “Uzay aracı, LCD TV, Kamera, Kelebek, Kurşun kalem ucu, Bakteri, Su molekülü” (f=10) takip etmiştir.

Verilen örneklerin ölçü ve birimlerine yönelik **uzak** tahminlerin “Su molekülü” (f=10) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla “Bakteri” (f=9), “Uydu, Namib böceği” (f=8), “Uzay aracı, Çip” (f=5), “Protein molekülü” (f=4), “Bakır tel, Enzim, Karbon nanotüp” (f=3), “Fiber optik kablo” (f=2), “Kurşun kalem ucu” (f=1) ve “LCD TV, Kamera, Kelebek” (f=0) takip etmiştir.

Ölçü ve birimlerine tahminde bulunulmayan **cevapsız** örneklerin “Fiber optik kablo, Kurşun kalem ucu, Enzim” (f=1) olduğu görülmüştür.

Etkinliğin devamında çalışma yaprağında öğrencilere varlıkların çıkarma görsellerini ölçeklerine göre sıralanması istenmiştir. Doğru sıralama Tablo 4.26’teki gibidir. Elde edilen bulgular çalışmaların görselleri Şekil 4.31’de ve analizi Tablo 4.27’de sunulmuştur.

Tablo 4.26 Çalışmadaki Varlıkların Büyükten Küçüğe Doğru Sıralaması

“Uzay aracı-Uydu-LCD TV-Kamera- Kelebek-Namib böceği-Bakır tel-Fiber optik kablo- Kurşun kalem ucu- Bakteri- Çip- Protein molekülü-Enzim-Karbon nanotüp-Su molekülü”



Şekil 4.31 Verilen Varlıkların Ölçeklerine Göre Sıralanmasına Ait Öğrencilerin Çalışmaları

Şekil 4.31’de öğrencilerin çalışma yapraklarından ve çalışmalarını yaparken görüntülerine yer verilmiştir.

Tablo 4.27 Verilen Varlıkların Ölçeklerine Göre Sıralanmasına Ait Öğrencilerin Çalışmaların Değerlendirilmesi

Çalışma adı	Değerlendirme Ölçütü (Örneklerin ölçeğini sıralama)	Düzeyler			
		Doğru	Doğruya Yakın	Geliştirilmeli	Gelmeyen
Verilen Maddelerin Ölçeklerine Göre Sıralama	G1(Ö1, Ö4, Ö9, Ö11)		✓		
	G2(Ö5, Ö7, Ö10, Ö12)		✓		
	G3(Ö2, Ö3, Ö8, Ö12)		✓		

Tablo 4.27’de görüldüğü gibi tüm öğrenciler örneklerin doğru sıralamasını “Doğruya Yakın” olarak tamamlamışlardır.

Bu çalışmanın devamında “**Verilen varlıkların makro-, mikro- ve nano- ölçeklerine göre sınırlarını belirleyerek tabloya görsel numaralarının**” yazılması istenmiştir.

Tablo 4.28 Öğrencilerin Varlıkların Makro-, Mikro- ve Nano- Ölçeklerine Göre Belirledikleri Sınırlar

makro	mikro	nano														
Öğrenci	Uzay Aracı	Uydu	LCD TV	Kamera	Kelebek	Namib böceği	Bakır Tel	Optik tel	Kurşun K. ucu	Bakteri	Çip	Protein Mole	Enzim yapı	K. Nanotüp	Su molekülü	
Ö1																
Ö2																
Ö3																
Ö4																
Ö5																
Ö6																
Ö7																
Ö8																
Ö9																
Ö10																
Ö11																
Ö12																
Doğru	12	12	12	12	12	10	11	7	6	3	6	10	12	10	10	
Yanlış	0	0	0	0	0	2	1	5	6	9	6	2	0	2	2	

Tablo 4.28’de görüldüğü gibi verilen varlıklardan “uzay aracı, uydu, LCD TV, kamera, kelebek” varlıklarını tüm öğrencilerin “makro ölçek” olarak doğru belirttikleri görülmektedir. Namib böceğini sadece iki öğrenci (Ö2 ve Ö8) dışında diğer öğrenciler “makro ölçek” olarak doğru ifade etmişlerdir. Bakır teli Sadece Ö1 dışında diğer öğrenciler “makro ölçek” olarak doğru ifade etmişlerdir. Fiber optik teli yedi öğrenci (Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12) “makro ölçek” olarak doğru, iki öğrenci (Ö2, Ö3) “mikro ölçek” olarak yanlış ve Ö1 “nano ölçek” olarak yanlış cevaplamıştır. Kurşun kalem ucunu altı öğrenci (Ö3, Ö8, Ö9, Ö10, Ö11, Ö12) “makro ölçek” olarak doğru, beş öğrenci (Ö2, Ö4, Ö5, Ö6, Ö7) “mikro ölçek” olarak yanlış ve Ö1 ise “nano ölçek” olarak yanlış cevaplamıştır. Bakteriye üç öğrenci (Ö4, Ö6, Ö9) “mikro ölçek” olarak doğru, dokuz öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12) “nano ölçek” olarak yanlış cevaplamıştır. Çipi altı öğrenci (Ö1, Ö5,

Ö6, Ö7, Ö10, Ö12) “nano ölçek” olarak doğru, dört öğrenci (Ö2, Ö3, Ö4, Ö9) “mikro ölçek” olarak yanlış ve iki öğrenci (Ö8, Ö11) “makro ölçek” olarak yanlış cevaplamıştır. Protein molekülünü 10 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12) “nano ölçek” olarak doğru, iki öğrenci (Ö4, Ö11) “mikro ölçek” olarak yanlış cevap vermiştir. Enzimi tüm öğrenciler “nano ölçek” olarak doğru cevaplamışlardır. Karbon nanotüp ve su molekülüne ise 10 öğrenci (Ö1, Ö2, Ö3, Ö5, Ö6, Ö7, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12) “nano ölçek” olarak doğru, iki öğrenci (Ö4, Ö11) “mikro ölçek” olarak yanlış cevap vermiştir.

4.10.1.3. Keşif zamanı aşamasına ait bulgular

4.10.1.3.1. Kaktüs, çam ağacının yaprakları, reçinesi ve kabuk örneklerinin incelenmesi

Gruplara ayrılan öğrencilere, makro boyutta yapışkan, titrek ve engebeli ortamlar ve materyaller sayesinde bu kavramları anlamalarını sağlamak amacıyla ÖÇY_2’de “**Gözümüzle görebildiğimiz makro âlemden çam ormanındaki ağaçlarla**” ilgili bir metin verilmiştir. Kendilerine verilen **kaktüs, çam ağacının yaprakları, reçinesi ve kabuk** örneklerini incelemişler (Şekil 4.32). Gözlemlerini paylaşımları istenmiştir. “**Neler fark ettikleri**” sorulmuştur. Grup içi tartışmaları sürecinde kaydedilen ses kayıtlarından ve çalışma yapraklarından elde edilen bulgular temalar ve kodlar halinde gösterilmiştir.



Şekil 4.32 Öğrenciler Kaktüs, Çam Ağacının Yaprakları, Reçinesi ve Kabuk Örneklerini İncelerken

İlk olarak “Size verilen çam ağacının yaprakları, reçinesi ve kabuk örneklerini inceleyiniz. Görüşlerinizi paylaşınız.” şeklinde yönerge verilmiştir. Öğrencilerin paylaşımları Şekil 4.32’de gösterilmiştir.

		Çam	Kaktüs
	Kokulu	2, 3	
Reçine	Yapışkan	1, 2, 3	
	Esnek	3	
	Pürüzlü	3	
Kabuk	Tırtıklı	2	
	Sert	1, 2, 3	
	Göreceli yumuşak	3	
	Dikenli	3	3
Yaprak	Hareketli	3	
	Göreceli uzun	3	
	Pürüzlü		3

□ :Öğrenci Grup Kodu

Şekil 4.33 Öğrencilerin Çam Ağacının Yaprakları, Reçinesi ve Kabuk Örneklerine İlişkin Gözlemleri

Şekil 4.33’de görüldüğü gibi öğrenciler **çam ağacının “reçinesi”** hakkında “kokulu olduğu, yapışkan olduğu ve esnek” olduğunu, “**kabuğu**” hakkında “pürüzlü, tırtıklı, sert” olduğunu ve “**yaprağı**” hakkında “göreceli yumuşak, dikenli, hareketli, göreceli uzun” olduğunu gözlemlediklerini ifade etmişlerdir. **Kaktüs** hakkında öğrenciler sadece “**yaprağı**” hakkında “dikenli ve pürüzlü” olduğunu söylemişlerdir.

İkinci olarak “**Çam ağacının yaprakları ve dalları durgun mudur ya da hareketli midir? Nasıl?**” sorusu sorulmuştur. “**Hareketli**” olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrenciler, hava akımı sayesinde, rüzgârın etkisiyle ve yapı farklılığından dolayı hareketli olduğunu ifade etmişlerdir. Gruplara ait görüşler Tablo 4.29’da sunulmuştur.

Tablo 4.29 Öğrencilerin Çam Ağacının Yaprakları ve Dalları Durgun ya da Hareketli Durumuna İlişkin Görüşleri

Çam	Nasıl?	K	Öğrenci Görüşleri
Hareketlidir	Hava akımı	G3	"Hava akımına göre değişiyor. Gördüğümüz makro moleküllerin çoğunda öyle eğer hava akımı ve rüzgar varsa dalları sallar. Ama sürekli değildir. Yoksa sallanmaz sabit kalır herhangi bir kuvvet uygulanmadığı sürece."
	Rüzgar	G3	"Çam ağacının yaprakları hareketlidir. Kaktüse göre uzundur. Rüzgarla hareket eder. Çam ağacının yaprakları ve dalları rüzgarın etkisiyle hareket eder, sallanır."
		G2	"Bu yaprakların ve ağacın gövdesinde de böyle engebeli alan var. Ama yapraklarında yok. Yaprakları da rüzgarda işte esmesi falan hareketleri var."
		G1	"Hareketlidir. Kaktüse göre uzun yapraklı. Rüzgarda hareket eder." "Hareketlidir. Bu sayede soğuk bölgelerde üstndeki karı atar. Bu hareket rüzgar ve titreşimle oluşur."
	Yapı farklılığı	G1	"Çam ağacını incelerken aslında bir sürü farklı yapısı olduğunu gördük bununda muhtemelen hareketle alakası var."

Üçüncü olarak "Gövdesinde elimizi gezdirdiğimizde neler hissedersiz. Elimize bulaşan bir şeyler oldu mu? Nasıl?" sorusu sorulmuştur. Bulgular Şekil 4.34'de verilmiştir.



Şekil 4.34 Öğrencilerin Örneklere Dokunarak Hissettiklerine İlişkin Görüşleri

Şekil 4.34'e göre ortaya çıkan temalar "Reçinenin yapışarak bulaşması" (G1, G2), "Tırtıklı çam gövdesi" (G1, G2, G3), "Tırtıklı dallar" (G1, G3), "Yumuşak çam yaprağı" (G3), "Kaktüsün dikenli yüzeyi" (G3), "Titrek yapraklar" (G3) şeklinde olmuştur. G1 "Reçineler elimize bulaşır ayrıca tırtıklı parçalar hissedersiz", G2 "Gelmedi. Çünkü küçük bir dala dokunduk. Gövdesi tırtıklıydı. Büyük ağaçlarda yapışkan reçine olabilir.", G3 "Dallarının tırtıklı bir yapısı var. Yapraklar titrekti. Evet oldu. Reçinenin yapışkan bir yapısı olduğu için elimize bulaştı." şeklinde ifade etmişlerdir.

Dördüncü olarak “Gözümüzle görebildiğimiz hissedebildiğimiz bu durumlar acaba daha küçük bir canlı hayvanların (örneğin örümcek) yaşamlarında da karşılaşılabiliyor muyuz? Nasıl?” sorusu sorulmuştur. “Gözlem Temaları” başlığı altında Tablo 4.30’da sunulmuştur.

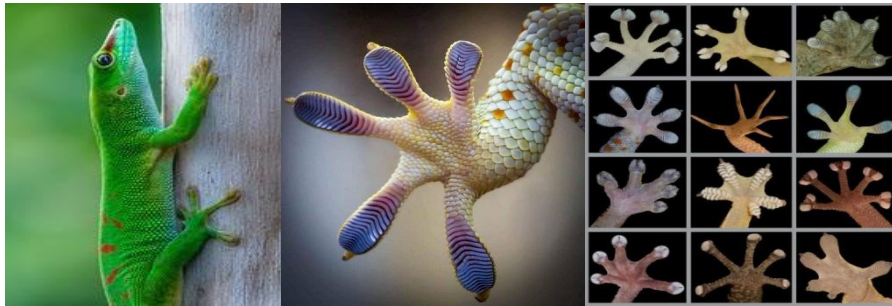
Tablo 4.30 Gözlem Temaları

Gözlem Temaları	
Çam veya Kaktüs	Örümcek
Reçinenin yapışarak bulaşması	Örümceğin yapışkan ağları
Tırtıklı çam gövdesi	Ayağın tüylü yapısı
Yumuşak çam yaprağı	Esnek ağ yapısı
Kaktüsün dikenli yüzeyi	Ağın ince yapısı ve tüysü yüzeyi

Tablo 4.30’a göre “Çam veya Kaktüs”e ait gözlem temaları “Reçinenin yapışarak bulaşması, Tırtıklı çam gövdesi, Yumuşak çam yaprağı, Kaktüsün dikenli yüzeyi” şeklinde ve “Örümcek”e ait gözlem temaları “Örümceğin yapışkan ağları, Ayağın tüylü yapısı, Esnek ağ yapısı, Ağın ince yapısı ve tüysü yüzeyi” şeklinde ortaya çıkmıştır. G1 “Karşılaşıyoruz. Çünkü bize engebesiz gelen şeyler onun için engebeli olur.”, G2 “Evet, karşılaşılabılıriz. Örümceğin kaktüs gibi tüylerinin olması, yapışkan ağları.”, G3 “Kaktüsün yüzeyinin dikenlerle kaplı olması durumunun benzeri örümceklerde de vardır. Çünkü ayaklarının yüzeyi ince kıllarla kaplıdır.” şeklinde ifade etmişlerdir.

4.10.1.3.2. Geko kertenkelesinin incelenmesi

Bu bölümünde **Geko kertenkelesi** ile ilgili bölümünde “geko kertenkelesinin düz yüzeylere tırmanabilme yeteneği üzerinden parmaklarındaki nano yapılar” (Şekil 4.35) ile ilgili çalışmalara ait bulguların analizi yapılmıştır.



Şekil 4.35 Geko Kertenkelesinin Ayak Yapısı

İlk olarak “Geko kertenkelesi ile ilgili görseli inceleyiniz. Görsellerde dikkatinizi en çok çeken Geko’nun hangi özelliğidir?” sorusu sorulmuştur. Ortaya çıkan veriler Tablo 4.31’de sunulmuştur.

Tablo 4.31 Öğrencileri Geko Kertenkelesi ile Gözlemleri

Temalar	K	Öğrenci Görüşleri
Yapışkanlık	G1	"Gekkonun yapışkanlıkla bir alakası yok. Tüyçüklerden dolayı"
	G2	"Gekonun ayaklarında olan küçük -yapışkan değilmiş aslında- sadece o küçük"
	G3	Gekkolar yapışabiliyor ya! Ayaklarını istediği zaman açıp istediği zaman kapatabiliyor. İsteddiği zaman yapışkan olabiliyormuş."
van der Waals etkileşimleri		"Örümceklerin ayağının altında da yapışkan ağda vardı. Duvarda yürüyebiliyorlar. Yapışkan ağdalı yapışmıyor"
	G1	"Gekonun ayak tabanında küçük tüyler var. Gekonun duvarda yürüyebilmesi için bu tüylerindeki elektronların duvara yeterince değince yakınlaşınca duvardaki elektronlar van der Waals etkileşimine girmesi, bir manyetik alan oluşturmaları ve bu manyetik alanla da birbirlerine yapışıyorlar. Birbirini çekiyorlar. Bu sayede geko yapıştırmış gibi oluyor ama sadece ayak tabanındaki tüylerle moleküller birbirini çekiyorlar."
	G2	"Titrek ve sürekli hareket sağlar. Yapışkan güçler elektriksel çekim kuvveti, moleküller arası kuvvetleri var. Engebeli ve hepsi engebeli çünkü üstünde birden fazla madde var. İlla ki birbirine engel oluyor."
Mikroskobik tüyçükler	G3	"En çok dikkatimi çeken benim yapışkanlığı oldu. Çünkü bayağı büyük bir kuvvetle yapışıyor bir yere. Kendi ağırlığının 1200 katı kadar yapışma sebebi kimyasal bir şeyden kaynaklı değil doğal olarak tamamen fiziksel."
Ayak yapısı	G1	"Gekonun ayağındaki setaları nanoboyut olarak isimlendirdik".

Tablo 4.31’de öğrencilerin grup halindeki görüşleri incelendiğinde, öğrencilerin dikkatini en çok çeken Geko’nun **“Yapışkanlık, ayaklarındaki tüyçük ve yüzey arasındaki van der Waals etkileşimleri, ayak yapısı ve ayaklarındaki mikroskobik tüyçükleri”** olarak ortaya çıkmıştır.

İkinci olarak **“Geko kertenkelesinin parmak yapısının özelliği nedir?”** diye sorulmuştur. Ortaya çıkan veriler Tablo 4.32’de sunulmuştur.

Tablo 4.32 Öğrencilerin Geko Kertenkelesinin Ayak Yapısıyla İlgili Görüşleri

Temalar	K	Öğrenci Görüşleri
Tırmanma	G3	"Ayak parmaklarındaki küçük şeyler işte saçlar bir sürü farklı işte bir kısmında bu bir sürü saçlar kaktüsteki gibi düşün çok daha fazla ve bu yüzden ayaklarını istediği zaman açıp yapışabiliyor. Yapışma değil de aslında biz şey diyoruz ya tırmanma"
	G1	"Gekkonun yapışkanlıkla bir alakası yok. Tüyçüklerden dolayı."
Tüyler	G2	"Yapışmalarının sebebi ayak parmaklarındaki mikroskobik tüylermiş. Küçük küçük şeyler diyor"
	G3	"Gekonun ayak tabanında küçük tüyler var. Gekonun duvarda yürüyebilmesi için bu tüylerindeki elektronların duvara yeterince değince yakınlaşınca duvardaki elektronlar van der Waals etkileşimine girmesi, bir manyetik alan oluşturmaları ve bu manyetik alanla da birbirlerine yapışıyorlar. Birbirini çekiyorlar. Bu sayede geko yapıştırmış gibi oluyor ama sadece ayak tabanındaki tüylerle moleküller birbirini çekiyorlar."

Tablo 4.32’de öğrencilerin grup halindeki görüşleri incelendiğinde, geko kertenkelesinin ayak yapısıyla ilgili görüşleri; **“Tırmanma”** G1 *“Bu kuvvet çok küçük olsa da çok fazla tüyçük tarafından çekildiği için Geko duvara tırmanabilir.”*, **“Tüyler”** G2 *“Parmak yapılarında mikroskobik tüyler vardır.”*, G3 *“Kendi ağırlığının 1200 katını taşıyabilecek yapışma kuvvetine sahiptir.”* şeklinde olmuştur.

Üçüncü olarak “**Gekoya parmak yapısındaki bu özellik/özellikler ona ne gibi avantajlar sağlar?**” sorusunda ortaya çıkan avantajlar Tablo 4.33’te gösterilmiştir.

Tablo 4.33 Öğrencilerin Kertenkeleye Parmak Yapısındaki Özellik/Özelliklerin Sağladığı Faydalar ile İlgili Görüşleri

Avantaj	Parmak yapısındaki tüycükler Yerçekimine karşı koyma van der Waals bağları Tutunma Yapışkanlık Elektromanyetik bağ
---------	---

Tablo 4.33’te görüldüğü gibi kertenkele parmak yapısındaki tüycüklerin van der Waals bağları sayesinde yerçekimine karşı duvarda tutunarak yerçekimine karşı koyarak tırmanır. Kertenkelenin parmak yapısının avantajı ile ilgili öğrenci görüşleri, G1 “*van der Waals bağları zayıf olduğu için duvara tutunurken yürüyebilir. Ayrıca yapışkan bir salgı salgılamasına gerek kalmaz.*”, G2 “*Parmaklarındaki tüyler duvarlara yaklaşıncaya van der Waals bağları oluşur. Tüylerdeki moleküllerdeki elektronlar duvardaki elektronlarla elektromanyetik bir bağ kurar.*”, G3 “*Parmak yapısındaki bu özellik yer çekimi kuvvetine karşı koymasını sağlar.*” şeklinde olmuştur.

Dördüncü bölümde çalışma yaprağında verilen tablo üzerine “**Çam, örümcek ve geko parmaklarına ait titreşim, yapışkan ve engebeli özelliklerin neler olduğunu yazınız.**” yönergesinin çalışılması sonucu Şekil 4.36’daki cevaplar ortaya çıkmıştır.

		Makro	Mikro	Nano
Titrek	Sürekli hareket	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 3
Yapışkan	Güçlü elektriksel çekim kuvveti	2	2, 3	1, 2, 3
	Moleküler arası kuvvetler			
Engibeli	Farklı moleküler şekilleri	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3

□ Öğrenci Grup Kodu

Şekil 4.36 Grupların Çam, Örümcek ve Geko Parmaklarına ait Titreşim, Yapışkan ve Engibeli Özelliklerin Neler Olduğuna İlişkin Görüşleri

Şekil 4.36’da görüldüğü gibi G1 **titrek** (sürekli hareket) özelliğinin makro, mikro ve nano yapılarda söz konusu olduğunu, **yapışkan** (Güçlü elektriksel çekim kuvveti, Moleküler arası

kuvvetler) özelliğın sadece nano yapılarđa olduğunu ve **engebeli** (Farklı moleküler şekilleri) özelliğın makro, mikro ve nano yapılarđa söz konusu olduğunu ifade etmişlerdir.

G2 **titrek** (sürekli hareket) özelliğın makro yapılarđa rüzgârla hareketli biçimde olduğunu, mikro yapılarđa örneğın örümcek tüylerinde, nano yapıda Geko kertenkelesinin ayak tabanında söz konusu olduğunu ifade etmiştir. **Yapışkan** (Güçlü elektriksel çekim kuvveti, Moleküler arası kuvvetler) özelliğın makro yapılarđa reçine örneğinde olduğu gibi, mikro özelliğın örümcek ağında olduğu gibi ve nano yapılarđa ise van der Waals kuvvetleri ile duvara yapışma özelliğinde olduğunu ifade etmiştir. **Engeli** (Farklı moleküler şekilleri) özelliğın makro yapılarđa tırtıklı gövde yapısı, mikro yapılarđa örümceğın tırtıklı ayağı örneğinde olduğu gibi ve nano yapılarđa Geko kertenkelesinin tırtıklı ayak tabanında olduğu gibi olduklarını ifade etmişlerdir.

G3 **titrek** (sürekli hareket) özelliğın makro yapılarđa olmadığını, mikro ve nano yapılarđa söz konusu olduğunu, **yapışkan** (Güçlü elektriksel çekim kuvveti, Moleküler arası kuvvetler) özelliğın makro yapılarđa olmadığını, mikro ve nano yapılarđa söz konusu olduğunu ve **engebeli** (Farklı moleküler şekilleri) özelliğın makro, mikro ve nano yapılarđa söz konusu olduğunu ifade etmişlerdir.

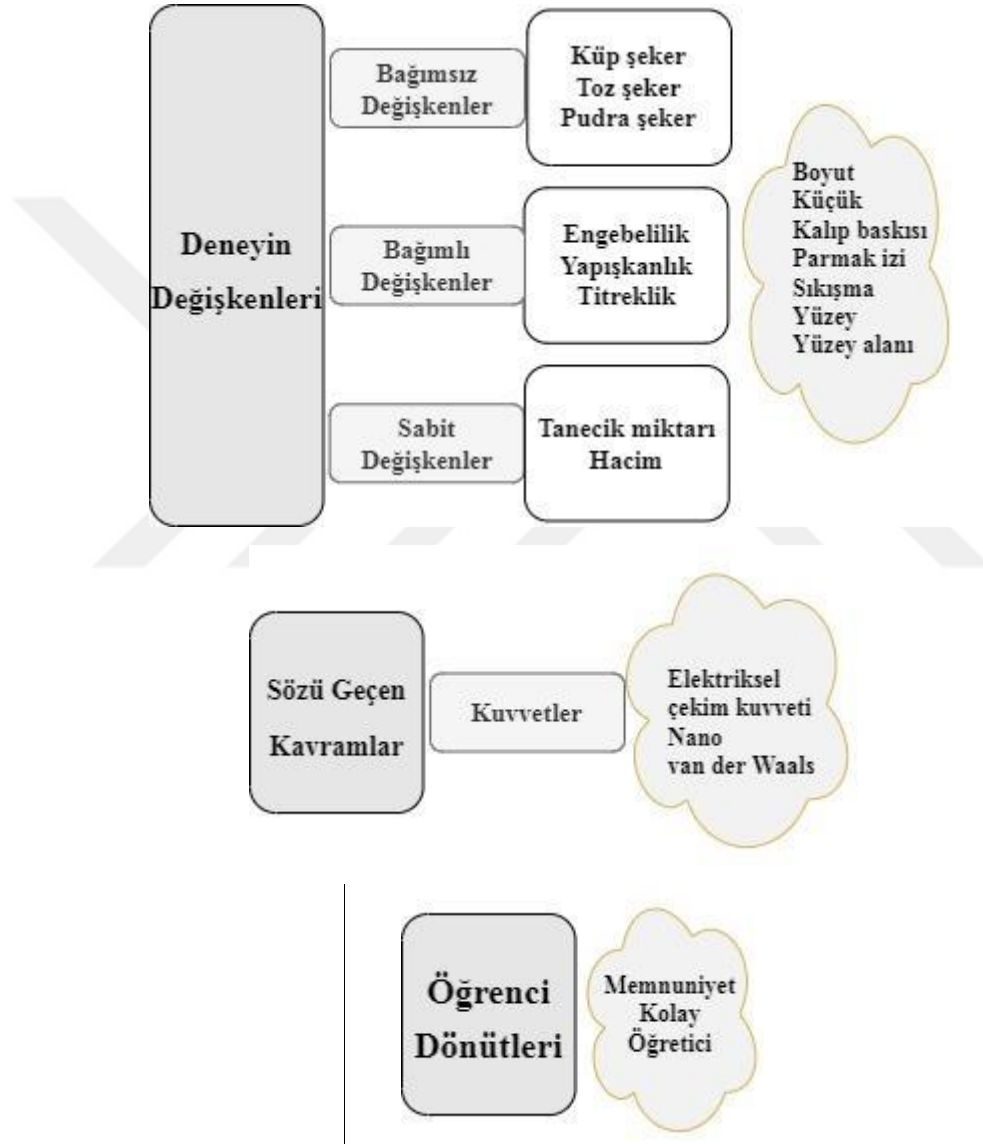
4.10.1.3.3. Kúp şeker, toz şeker ve pudra şekerini incelenmesi



Şekil 4.37 Öğrencilerin Kúp Şeker, Toz Şeker ve Pudra Şekerini İncelemeleri

Şekil 4.37’de öğrencilerin çalışmalarından görüntüler verilmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen ses kaydı veriler incelendiğinde Şekil 4.38’deki kavramların konuşmalar içinde geçtiğı belirlenmiştir. Deney planlanması sürecinde Bağımlı Değişken, Bağımsız Değişken ve Sabit değişkenlerin konuşulduğı görülmüştür. **Bağımsız değişken** ile ilgili olarak görüşler, şekerin büyüklüğü, tanecik boyutu (kúp şeker, toz şeker, pudra şeker) olmuştur. Bu

şeker türleriyle ilgi boyut ve küçük ifadeler kullanılmıştır. **Bağımlı değişken** kavramıyla ilgili olarak ortaya çıkan ifadeler engebe, engebeli, yapışkan, yapışkanlık ve titrek ifadeleri olmuştur. **Sabit Değişken** ile ilgili olarak tanecik miktarı ve hacim kavramları kullanılmıştır. Görüşlerde **sözü geçen kavramlar** ile ilgili “kuvvetler” kavramı geçmiş ve konuşmalarda geçen ifadeler elektiriksel çekim kuvveti, nano, van der Waals ifadeleri olmuştur. Bunun yanında **öğrenci dönütleri** olarak çalışmanın memnuniyetle yapıldığı kolay ve öğretici olduğu ifadelerine de rastlanılmıştır.



Şekil 4.38 Etkinlik Sırasında Öğrencilerin Konuşmalarından Geçen Kavramlar

Deneyin ikinci kısmında gruplar Tablo 4.34’de görülen gibi **araştırma soruları** oluşturmuşlardır. Öğrencilerin yaptığı çalışmaların analizi aşağıda anlatılmıştır.

Tablo 4.34 Öğrenci Gruplarının Araştırma Sorusu ile İlgili Görüşleri

Grup	Araştırma soruları	Öğrenci görüşleri
G1	Birim hacimde maddenin içerdiği tanecik boyutu ile arasındaki orantı nedir?	-
G2	Boyuta göre şekerlerin farkı nedir?	<i>“Bir kaba tüm şekerleri koyduk, aynı hacimde aldığımız şekerleri yüzeye döktük ve farklı yüzey alanlarını hesapladık.”</i>
G3	Şekerin büyüklüğü neye etki eder?	<i>“Yaptığımız deneyde şekerin büyüklüğüne ters orantılı olacak şekilde yapışkanlığın arttığını tespit ettik.”</i>

Tablo 4.34’te görüldüğü gibi G1 *“Birim hacimde maddenin içerdiği tanecik boyutu ile arasındaki orantı nedir”* şeklinde araştırma sorusu belirlemişlerdir. Aynı hacimde aldıkları farklı tanecik boyutuna sahip şekerleri ne kadar (kaç kaşık) geldiklerini hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuç; 2.5 kaşık pudra şekeri, 2 kaşık toz şeker, 1.5 kaşık küp şeker olduğunu ve bunu da bağımlı değişken olarak ifade etmişlerdir. Deneyin tasarımında, değişkenlerin belirlenmesinde ve ulaştıkları sonuçlarda bir tutarsızlık olduğu görülmektedir.

G2 *“Boyuta göre şekerlerin farkı nedir?”* şeklinde araştırma sorusu belirlemişlerdir. Bağımlı değişkeni olarak şekerin türüne bağlı olarak yayıldıkları yüzeyin genişliğinin nasıl değiştiğini düşünerek “yüzey alanı” olarak belirlemişlerdir. Bağımsız değişken şeker türlerinin farklı tanecik büyüklüğünü düşünerek “şeker türü” olarak belirlemişlerdir. Sabit değişken olarak sadece “şeker hacimleri”nin aynı olmasını düşünmüşlerdir. Diğer sabit tutulması gereken değişkenleri göz ardı etmişlerdir.

G3 *“Şekerin büyüklüğü neye etki eder?”* şeklinde sordukları araştırma sorusunun bağımlı değişkeni olarak şekerin büyüklüğüne bağlı olarak yapışkanlıklarının nasıl değiştiğini düşünerek “yapışkanlık” olarak belirlemişlerdir. Bağımsız değişken şeker türlerinin farklı tanecik büyüklüğünü düşünerek “şekerin büyüklüğü” olarak belirlemişlerdir. Sabit değişken olarak sadece “şeker miktarını” aynı miktarda almayı düşünmüşlerdir. Diğer sabit tutulması gereken değişkenleri göz ardı etmişlerdir.

Etkinliğin **deney tasarımı** bölümünde öğrencilerin belirlediği değişkenler Tablo 4.35’te renklendirilerek **D**(Doğru) **Y**(Yanlış) olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.35 Etkinliğin Deney Tasarımı Bölümünde Öğrencilerin Belirlediği Değişkenlerin Değerlendirilmesi

Grup	Bağımlı Değişken	DY	Bağımsız Değişken	DY	Sabit Değişken	DY
G1	2.5 kaşık pudra şekeri 2 kaşık toz şeker 1.5 kaşık küp şeker	Y	Pudra şekeri Toz şekeri Küp şeker	D	Kaplar	D
G2	Yüzey alanı	D	Şeker türü	D	Hacim	D
G3	Yapışkanlık	D	Şeker Büyüklüğü	D	Şeker miktarı	D

Tablo 4.35’e göre G1’in belirlediği bağımlı değişkenin yanlış, bağımsız değişkeni ve sabit değişkeni doğru şekilde belirlediği görülmektedir. G2 ve G3’ün tüm değişkenleri doğru belirlediği görülmektedir.

Etkinliğin **bulgular** bölümünde öğrencilerin yaptıkları deneyden elde ettikleri bulgular Tablo 4.36’da hacim, **yüzey alan** ve **S/V** (yüzey alan hacim oranları) verileri gösterilmiştir.

Tablo 4.36 Öğrencilerin Hacim, Yüzey Alan ve S/V Oranlarını Hesaplamalarının Değerlendirilmesi

Grup	Bağımsız D.	Hacim (V, cm ³)	Yüzey Alan (S, cm ²)	S/V oranı (cm ² / cm ³)	DEĞERLENDİRME
G1	Küp şeker Toz Şeker Pudra Şeker	En fazla En az	En az En fazla	En az En fazla	YANLIŞ
G2	Küp şeker Toz Şeker Pudra Şeker	4.42 4.42 4.42	4.5 98 266	0.98 0.045 0.016	DOĞRU
G3	Küp şeker Toz Şeker Pudra Şeker	15/4 15/4 15/4	66 192	25	KISMEN DOĞRU

Tablo 4.36’da öğrenciler yaptıkları deneyden elde ettikleri bulgulardan hacim, yüzey alan ve S/V oranlarını hesaplamışlardır. G2 ve G3 öğrencileri sabit hacimde aldıkları farklı türdeki şekerleri tek tek zemine yaymak suretiyle kapladıkları alanları ölçmüşlerdir. İkinci grubun S/V değerlerini doğru olarak hesapladıkları; G3’ün ise hesaplamaları eksik yaptığı görülmüştür.

Öğrencileri deney süresinde gözlemleri ve değerlendirmeleri sorular sorularak (kestirim soruları) belirlenmeye çalışılmıştır.

İlk olarak, “**Hangi şeker parmağımıza daha çok yapıştı?**” sorusu sorularak her üç gruptan da pudra şekeri cevabı alınmıştır. G2 nedenini de cevabına “*En küçük boyutta olduğu için*” diyerek eklemiştir. Öğrenciler burada **boyut farklılığının yapışma ile ilişkisini** görmüşlerdir.

İkinci olarak, “**Şekerlerin bulunduğu kabı boşaltmaya çalışın. Gözlemlerinizi tartışın.**” denildiğinde G1, “*Pudra şekeri en zor dökülürken küp şeker ise en basit çıktı.*” şeklinde cevap vermiştir. G2 ise “*En çok pudra şekeri azaldı ve toz şekerde azalmış. Çünkü şekerler yapışmış.*” olarak cevaplamıştır. G3 cevap vermemiştir. Bu aşamada öğrencilerin boyut ile kolay boşalma ilişkisi sorgulanmıştır. Ayrıca bu durumun yapışma ile ilişkisi düşünülmüştür.

Üçüncü olarak, “**Bazı şeker türlerinin neden diğerlerine göre daha fazla yapıştığının**” tartışılması istenmiştir. G1 “*Gekoya benzer özellikle maddenin boyutu azalınca moleküler etkileşim arttı. Bu yüzden pudra şekeri.*” demişlerdir. G2 ise “*Boyutlara göre küçük olan daha fazla yapışır.*” demişlerdir. G3 “*Küçük olduğu için...*” şeklinde ifade etmişlerdir. Burada yine boyut etkisinin önemine dikkat çekilmiştir.

Dördüncü olarak, “**Her partikülün yüzey alanının hacmine oranı sonuçlarda nasıl bir rol oynar?**” sorusunun cevabı olarak G3 “*Her partikülün yüzey alanının hacmine oranı bize o maddenin dayanıklılığını verir. Yüzey alanı büyük ve hacmi küçükse daha dayanıklı olur.*” şeklinde cevaplamışlardır. G1 “**Kullandığımız kapta kapladığı alanı değiştirdi.**” diye cevaplamışlardır. G2 ise “*Kullandıklarımızdan üçünün de hacim eşitti. Sırasıyla pudra şekerinin, toz şekerin ve küp şekerin yüzey alanı daha büyüktü. Bu yüzden bir tepkimede pudra diğerlerine göre daha hızlı reaksiyon gösterir.*” şeklinde cevaplamışlardır. Burada dikkat çeken Öğrencileri S/V oranı ile dayanıklılık arasında ilişki düşünmeleri ilginçtir. Tanecik büyüklüğünün tepkimede hızlarına etkisi düşünülmüştür.

Beşinci olarak, “**Gözlemlerinize dayanarak bu farklılıkların maddelerin yapısı ve işlevi bakımından ne gibi etkileri vardır?**” sorusuna cevap olarak G1 “**Şekerin kullanım alanları değişir.** Örneğin pudra şekeri süslemede kullanılırken küp şeker çayda kullanılır.” demişlerdir. G2 ise, “*Küp şekerin aralarındaki bağlar daha kuvvetlidir. Pudra şekerin yüzeyi daha engebesizdir. Toz şekerin alanı ise daha geniş ve engebelidir.*” demişlerdir. G3 “*farklı kullanım alanlarına sahip olmasını sağlar.*” şeklinde görüş belirtmişlerdir. Görüşlerde öne çıkan ifadeler, şekerlerin farklı kullanım alanlarının olabileceği, **küp şekerin tanecikleri arasındaki bağların daha kuvvetli olduğu**, yüzey engebesi karşılaştırılması şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu görüşler farklılıklar-yapı/işlev bağlamında değerlendirilmiştir.

Altıncı olarak, “**Hangi şeker yapısının daha titretiltiğini düşünüyorsunuz? Neden? Nasıl anladınız?**” sorusuna G1 “**Parçalanmış küp şeker** yüzeye dağıtıldığında

diğer şekerlere göre daha titrektir.” ve G2 “**Pudra şekeri** daha titrektir çünkü aralarındaki bağlar daha zayıftır.” Grup 3. “**Pudra şekeri** çünkü daha küçük.” şeklinde cevaplamışlar.

Yedinci olarak, “Size verilen malzemeleri kullanarak her bir şekerin yüzey resimlerini beyaz kâğıda çıkarmak için yöntem geliştiriniz. Bu resimlere bakarak her bir şekerin yüzey engebesi hakkında ne düşünüyorsunuz.” sorusuna G1 “boş” ve G2 ise “**Pudra şekerini** tercih ederdik. Çünkü daha küçük ve bu nedenle daha ayrıştı ve **daha kolay bir şekilde yayılır**. Örneğin, bir böcek **kabartması** yapılırken pudra şekeri kullanırsak daha **ayrıntılı** bir çalışma yapabiliriz.”, G3 “Küp şekeri, pudra şekeri ve toz şekeri kullanırken örneğin herhangi bir cismin ya da maddenin şeklini çıkartmak istiyorsak pudra şekerini kullanmak en mantıklısı olur.” şeklinde cevaplamışlardır.

Etkinliğin **yorumlar** bölümünde öğrenciler yaptıkları deneylerdeki yorumları Şekil 4.39’da görüldüğü gibi ifade etmişlerdir.

		Küp Şeker	Toz Şeker	Pudra Şeker
Titrek	Sürekli hareket		2	2
Yapışkan	Güçlü elektriksel çekim kuvveti	2	2	2, 3
	Moleküler arası kuvvetler			
Engeli	Farklı moleküler şekilleri	2, 3	2, 3	3

□ : Öğrenci Grup Kodu

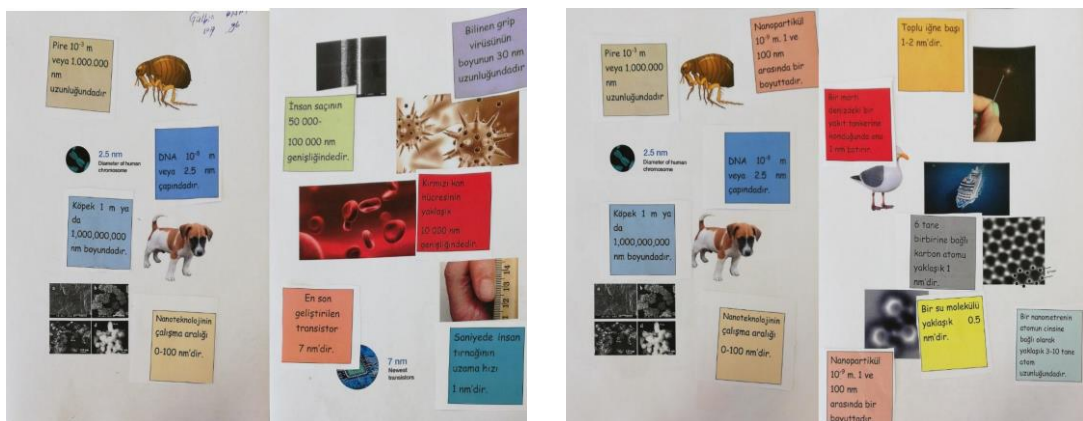
Şekil 4.39 Deneyle İlgili Öğrencilerin Yorumlarına Ait Bulgular

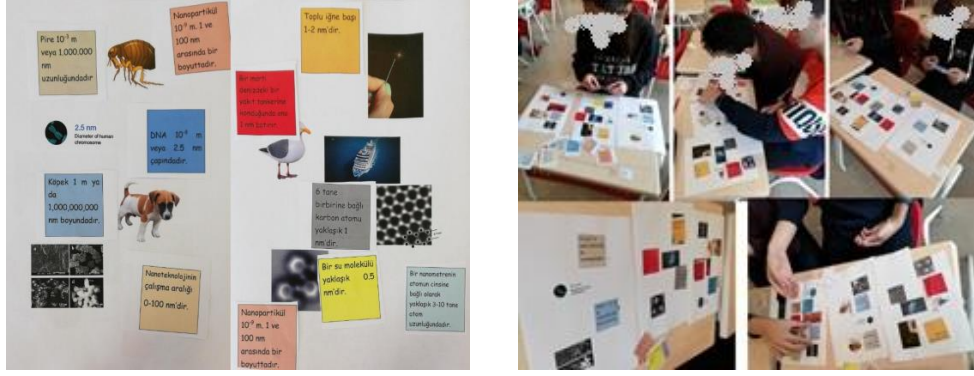
Şekil 4.39’da görüldüğü gibi G1 bu bölümü boş bırakmıştır. G2 ise titrek (sürekli hareket) özelliğın sadece küp şekerde görüldüğünü, toz ve pudra şekerde söz konusu olmadığını ifade etmişlerdir. Yapışkan (Güçlü elektriksel çekim kuvveti, Moleküler arası kuvvetler) özelliğın hiç birinde görülmeydiğini ve engeli (Farklı moleküler şekilleri) özelliğın ise sadece pudra şekerde görüldüğünü diğerlerinde görülmeydiğini ifade etmişlerdir. G3 titrek (sürekli hareket) özelliğın küp şeker, toz şeker ve pudra şekerde söz konusu olduğunu; yapışkan (Güçlü elektriksel çekim kuvveti, moleküller arası kuvvetler) özelliğın küp ve toz şekerde söz konusu olduğunu ve pudra şekerde söz konusu olmadığını ifade

G 1 “boş” G2 “Küçük maddelerde nano kuvvetler daha etkilidir. Büyük maddelerde ise makro dünyayla daha çok bağlantı vardır. Örneğin nano bir yapışkanlık yüzey alanıyla bağlantılıdır. Makro bir yapışkanlık ise maddenin özelliğine bağlıdır.” G3’in ulaştığı sonuç; “Her şekerin kendine has belli özellikleri ve kullanım alanları var. Çünkü her birinin yapısı farklıdır. Eğer belli bir cismin şeklini çıkarmak istiyorsak (baskı) pudra şekeri kullanırız.” olmuştur.

4.10.1.4. Açıklama zamanı aşamasına ait bulgular

Öğrencilerden “Nano” kavramının kökeni, anlamı hakkında, metrenin milyarda biri olduğu hakkında aşağıdaki örneklerle ilgili olarak verilen çıkartmalardaki ölçek bilgisi ve ona ait görsel bulunan bilgi kartlarını eşleştirmeleri istenmiştir. Bu örneklerin görselleriyle ölçeklerini yazan çıkartmaları Şekil 4.40’da görüldüğü gibi eşleştirmişlerdir. **Öğrenciler bu çalışmayı hatasız olarak tamamlamışlardır.**



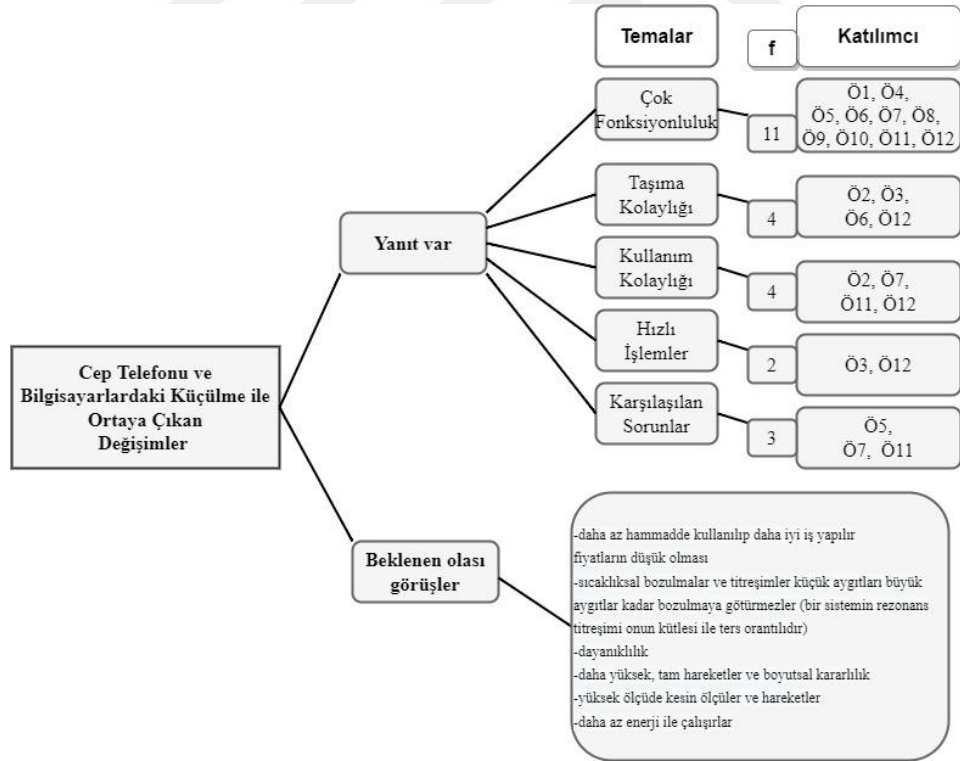


Şekil 4.40 Öğrenciler Tarafından Yapılmış Çalışma Yaprakları

Şekil 4.40’da öğrencilerin cevapladıkları çalışma yaprakları ve çalışırken görüntüleri gösterilmiştir.

4.10.1.5. Derinleştirme zamanı aşamasına ait bulgular

Derinleştirme aşamasında (ÖÇY3) görselde verilen cep telefonu ve bilgisayar görsellerinde zaman içinde minikleşmesiyle ilgili olarak, minikleşme ile ürünlerin görünümünde, fonksiyonlarında ne gibi değişimler meydana geldiği sorularak tartışmalar yapılmış ve ortaya çıkan görüşlerin bulguları analiz edilmiştir. Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



Şekil 4.41 Öğrencilerin Cep Telefonu ve Bilgisayarlardaki Küçülme ile Ortaya Çıkan Değişimlerle İlgili Görüşleri

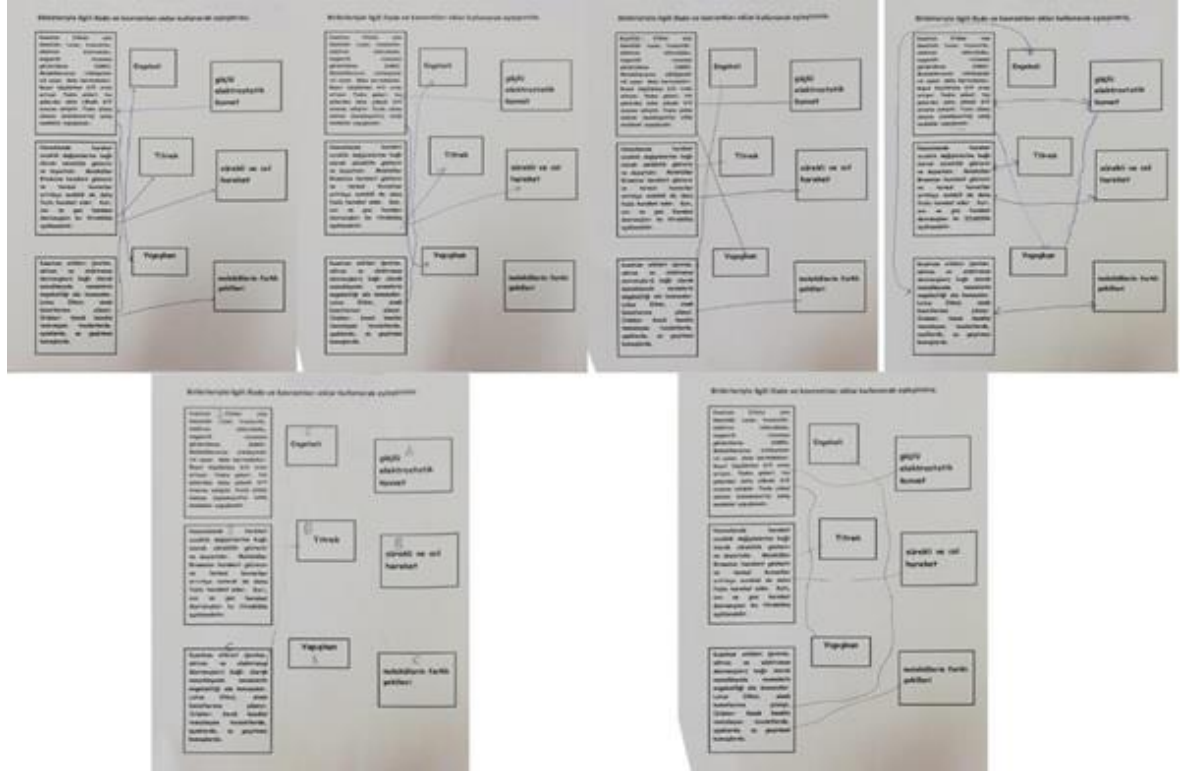
Şekil 4.41’de görüldüğü gibi öğrenciler küçülmeye birlikte bu araçların işlevlerinin, taşıma kolaylığının, kullanım kolaylığının arttığını, hızlı işlemler yapılabildiğini ve buna

karşın sorunlarında ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Bunun dışında öğrenciler tarafından düşünülmeyen ve beklenen görüşler de tabloda sunulmuştur.

4.10.1.6. Değerlendirme zamanı aşamasına ait bulgular

İlk olarak “Size verilen varlıkların çıkartmalarını büyükten küçüğe doğru A4 kâğıdına yapıştırınız.” yönergesinin değerlendirilmesi sürecin her aşamasında değerlendirme gerçekleştirebileceğinden motive etme aşamasında gerçekleştirilmiş ve bulguları o bölümde analiz edilmiştir (Bkz. Başlık: 4.10.1.2).

İkinci olarak öğrencilerden nanoyapıların engebeli, titreşim ve yapışkan özelliklerinin anlatıldığı açıklamaları ve hangi kuvvetlerin etkili olduğunu gösteren kutucukları oklar çizerek eşleştirmeleri istenmiştir. Öğrenci çalışma yaprakları Şekil 4.42’de sunulmuştur.



Şekil 4.42 Öğrencilerin yaptıkları Çalışma Yaprakları

Öğrencilerin çalışmaları Şekil 4.42’de görüldüğü gibi doğru biçimde tamamladıkları görülmektedir.

4.11. STEM Tasarım Etkinliği: Kuş ve Sinek Kanadı Öğrenci Çalışma Sayfaları Bulguları

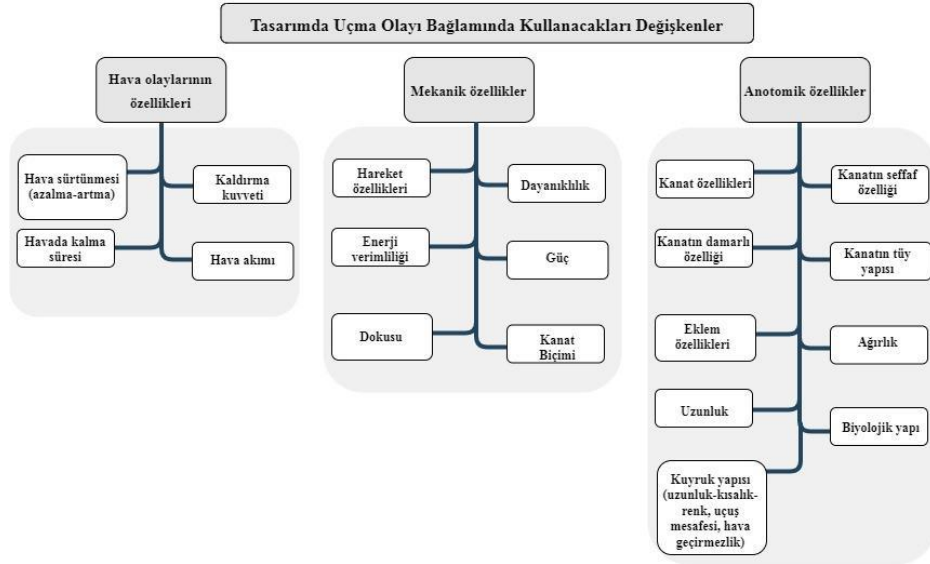
“Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?” odak sorusuyla birlikte öğrencilerin ses kayıtları, video kayıtları ve etkinlik kâğıdındaki verilerden elde edilen bulgular, etkinlik sayfasındaki yönergede bulunan sorular sırasıyla analiz edilmiş ve elde edilen bulgular sunulmuştur.

4.11.1. Ön araştırma bulguları

İlk olarak öğrencilerden “Kuşkanadı ve sinek kanadı” ile ilgili ön araştırma yapmaları istenmiştir. “Yaptığınız bu ön araştırmada neler dikkatinizi çekti?” sorusuyla elde edilen bulgular “Ön Araştırma Bulguları” başlığında **becerilere yönelik bulgular** (bkz. Şekil 4.2), **uçma olayına ilişkin değişkenler** ve **boyut-uçma ilişkisi** alt başlıkları altında toplanmıştır.

4.11.1.1. Uçma Olayına İlişkin Değişkenler

Öğrencilerin yaptığı ön araştırmalarda ses kayıtları, video kayıtları ve etkinlik yaprağındaki verilerden tasarımda kullanabilecekleri “Uçma Olayına İlişkin Değişkenler” başlığında **anatomik özellikler**, **hava olaylarının özellikleri** ve **mekanik özellikler** temaları tespit edilmiştir. Bu temaların kodları da Şekil 4.43’de verilmiştir.



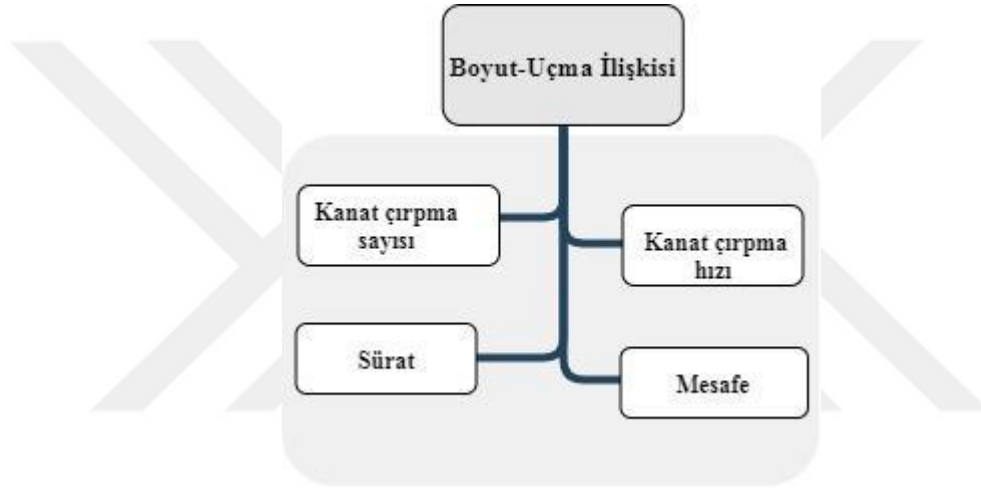
Şekil 4.43 Ön Araştırma Bulguları (Uçma Olayının Değişkenleri Nelerdir?)

Şekil 4.43’de görüldüğü öğrencilerin tasarımda uçma olayının değişkenleri bağlamında kullanacakları değişkenler üç temada toplanmıştır. Birincisi “**hava olaylarının**

özelliklerine” bağlı değişkenler: hava sürtünmesi (azalma-artma), kaldırma kuvveti, havada kalma süresi ve hava akımı değişkenleri olarak ortaya çıkmıştır. İkinci tema ise **“mekanik özellikler”**e bağlı değişkenler: hareket özellikleri, dayanıklılık, enerji verimliliği, güç, doku yapısı, kanat biçimi olarak ortaya çıkmıştır. Son tema ise **“anatomik özellikler”** temasında kanat özellikleri, kanatın şeffaf özelliği, kanatın damarlı yapısı, kanatın tüy yapısı, eklem özellikleri, ağırlık, uzunluk, biyolojik yapı, kuyruk yapısı özellikler olarak ortaya çıkmıştır.

4.11.1.2. Boyut-Uçma İlişkisi

Ayrıca öğrencilerin yaptığı ön araştırmalarda **‘Boyut-Uçma İlişkisi’** hakkında da öğrencilerin görüşleri Şekil 4.44’de kodlanmıştır.

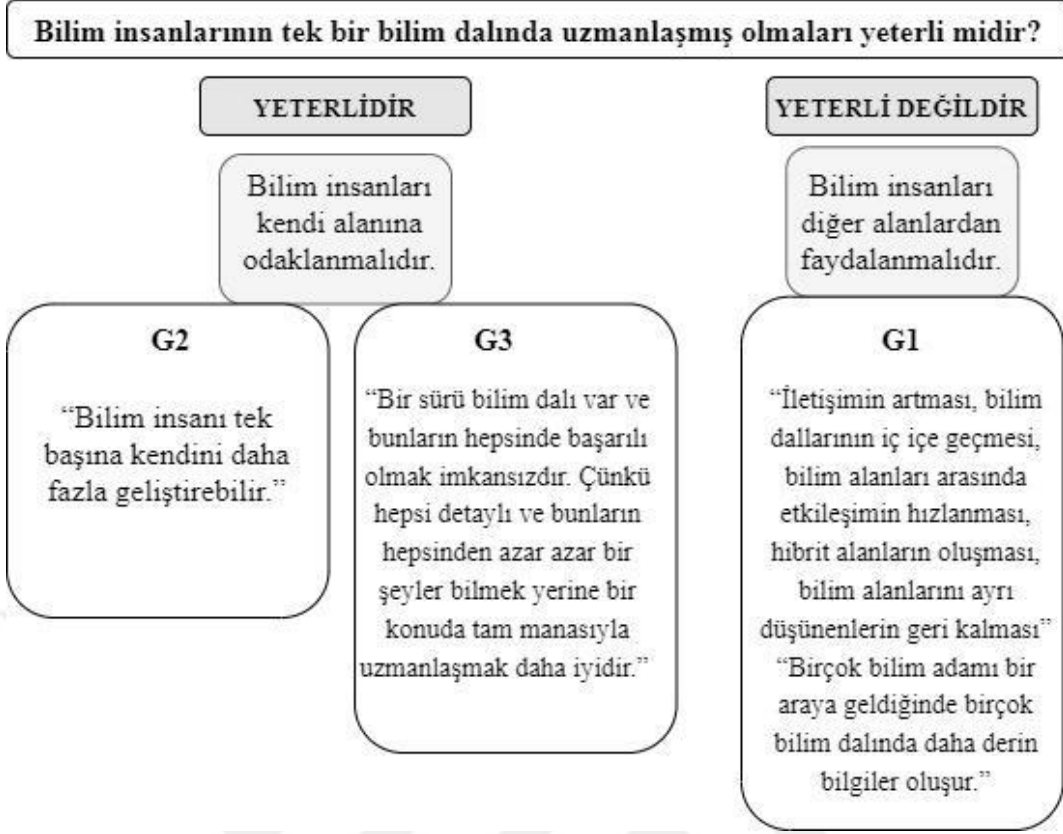


Şekil 4.44 Öğrencilerin ‘Boyut-Uçma İlişkisi’ Hakkında Görüşleri

Şekil 4.44’de görüldüğü gibi öğrenci görüşlerinden boyut-uçma ilişkisinin kanat çırpma sayısı, kanat çırpma hızı, sürat ve mesafe değişkenleriyle ilgili olduğunu düşündükleri görülmüştür.

4.11.2. Bilim insanlarının uzmanlaşması ve bilim disiplinleri

İkinci soruda öğrencilere **“Sizce bilim insanlarının bilim ve teknolojileri geliştirmeleri için tek bir bilim dalında uzmanlaşmış olmaları yeterli mi?”** sorusu sorulmuştur. Ortaya **“YETERLİDİR. Bilim insanı kendi alanına odaklanmalıdır.”** ve **“YETERLİ DEĞİLDİR. Bilim insanları diğer alanlardan faydalanmalıdır.”** temalarını yansıtan öğrenci gruplarına ait görüşler Şekil 4.45’te sunulmuştur.



Şekil 4.45 Öğrencilerin Bilim İnsanlarının Bilim ve Teknolojileri Geliştirmeleri İçin Tek Bir Bilim Dalında Uzmanlaşmış Olmaları Yeterli Olup Olmadığı ile İlgili Görüşleri

Şekil 4.45’de görüldüğü gibi G2 ve G3 öğrencileri bilim insanlarının kendi alanlarına odaklanmaları ve G1 öğrencileri ise bilim insanlarının diğer alanlardan da faydalanmaları gerektiği görüşündedir.

Bu aşamada ‘Yeterli ve Yeterli Olmama’ temalarına öğrencileri sevk eden nedenlere yönelik **“Olumlu ve olumsuz düşüncelerinizin sebebini açıklayınız.”** sorusuna ait görüşlerden oluşan tema ve kodlar Şekil 4.46’da sunulmuştur.

TEMALAR	KODLAR (Nedenler)	Olumlu	Olumsuz
Çok disiplinli	İletişim	☐	☐
	Bilimlerin iç içe olması		☐
	Etkileşimler	☐	
	Ayırt etmede zorluklar		☐
	Alt dalların oluşması	☐	☐
	Yatay derinleşme	☐	
	Hibrit alanlar	☐	
Tek disiplinli	Disiplinler arası	☐	☐
	Dikey derinleşme	☐	☐
	Her şeyi bilmenin imkansızlığı		☐
	Uzmanlaşma		☐
Diğer	Yüzeysellik kaygısı		☐
	Fikir ayrılığı		☐
	Ülkelerarası uçurumlar		☐

☐ : Görüş

Şekil 4.46 Öğrencileri ‘Yeterli ve Yeterli Olmama’ Temalarına Sevk Eden Nedenlere Yönelik “Olumlu ve Olumsuz Düşüncelerinin Nedenleri

Şekil 4.46’da görüldüğü gibi “olumlu” düşüncelerin nedenleri “çok disiplinli” çalışmalarda iletişim, etkileşimler, alt dalların oluşması, yatay derinleşme, hibrit alanlar ve disiplinler arası çalışmaların olumlu etkileri görülmektedir. “Tek disiplinli” çalışmalarda ise olumlu düşüncelerin nedeninin dikey derinleşme olarak ortaya çıktığı görülmektedir. “Olumsuz düşüncelerin nedenleri” çok disiplinli çalışmalarda iletişim, bilimlerin iç içe olması, ayırt etmede zorluklar, alt dalların oluşması, disiplinlerarası olmasının düşünüldüğü görülmektedir. Ortaya çıkan diğer olumsuz görüşlerin ise fikir ayrılığı ve ülkeler arası gelişmedeki uçurumlar olarak ortaya çıktığı görülmüştür.

4.11.3. Bilim insanlarının karşılaştığı sorunlar ve çözümler

Üçüncü ve dördüncü soruda “**Bilim insanları bilim ve teknolojileri geliştirirken ne gibi sorunlarla karşılaşılıyorlar?**” ve “**Bilim insanları bu sorunlara ne gibi çözümler geliştiriyorlar?**” sorularına öğrenci gruplarının cevapları Şekil 4.47’de sunulmuştur.

TEMALAR	KODLAR (Sorunlar)	(K)	KODLAR (Çözümler)	TEMALAR
Uzmanlık	Uzmanlaşmış bilim insanı yetersizliği	①	①	İyi örnekler (bilim insanı çalışmaları)
	Bilgi yetersizliği	②	③	Kaynak
	Yabancı dil yetersizliği	②	②	Açık erişim
	Ürüne dönüştürememe sıkıntısı	③	②	Alanla ilgili yabancı dil bilgisi
Takım Çalışması	Takım çalışması eksikliği	①	①	Bireysel çalışma
	Ekip ruhunun azalması	①	①	İletişim
	Rekabet	①	①	İnteraktiflik
			①	Uzaktan çalışma
			①	Mekan -Mekansızlık
Destekler	Sosyal destek yetersizliği	①	①, 2	Beyin Göçü
	Ekonomik bütçe sıkıntıları	①	②	Kendi çözümlerini geliştirme
	Çalışma ortam yetersizliği	①, 2, 3	②	Sponsorlar
	Güvenlik	②	②, 3	Destekler (üniversite, devlet, vakıf...)

○ : Görüş

Şekil 4.47 Öğrencilerin Bilim İnsanları Bilim ve Teknolojileri Geliştirirken Ne Gibi Sorunlarla Karşılaştıkları ve Geliştirdikleri Çözümler Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.47’de görüldüğü gibi **Sorunlara** yönelik olarak “**Uzmanlık**” teması altında “Uzmanlaşmış bilim insanı yetersizliği, bilgi yetersizliği, yabancı dil yetersizliği, ürüne dönüştürememe sıkıntısı” kodları; “**Takım Çalışması**” teması altında “takım çalışmasının eksikliği, ekip ruhunun azalması, rekabet” kodları; “**Destekler**” teması altında “sosyal destek yetersizliği, ekonomik bütçe sıkıntıları, çalışma ortam yetersizliği ve güvenlik” kodlar ortaya çıkmıştır.

Çözümlere yönelik olarak ta “**Uzmanlık**” teması altında “İyi örnekler (bilim insanı çalışmaları), Kaynak, Açık erişim, Alanla ilgili yabancı dil bilgisi” kodları; “**Takım Çalışması**” teması altında “Bireysel çalışma, İletişim, İnteraktiflik, Uzaktan çalışma, Mekân -Mekânsızlık” kodları; “**Destekler**” teması altında “Beyin Göçü, Kendi çözümlerini geliştirme, Sponsorlar, Destekler (üniversite, devlet, vakıf...)” kodlar ortaya çıkmıştır.

4.11.4. Bilim insanların çözüm geliştirirken bilim disiplinlerinden yararlanması

Beşinci olarak “**Bilim insanların karşılaştığı problemlere çözüm önerisi geliştirebilmek için aşağıdaki bilim dallarından nasıl yararlanıyorlar? Hepsi için birer**

örnek veriniz. Planladığımız tasarımı yaparken karşılaşıcağınızı düşündüğünüz problemlere çözüm önerisi geliştirebilmek için aşağıdaki bilim dallarından nasıl yararlanırsınız?” soruları doğrultusunda bilim dallarına ait ortaya çıkan terimler ve ifadeler Şekil 4.48’de sunulmuştur.



Şekil 4.48 Öğrencilerin Bilim İnsanlarının Karşılaştığı Problemlere Çözüm Önerisi Geliştirebilmek İçin Bilim Dallarından Nasıl Yararlandıkları Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.48’de görüldüğü gibi **STEM-GLOSS** alanlarının her birine ait öğrencilerin tasarımlarını gerçekleştirirken yararlandıkları bilim dalları ile ilgili öğrenci görüşlerinin “**Kimya**” ile ilgili olanların “atomlar, renklerin yansıması, polimer kimyası, sürtünmeyi azaltacak malzeme, malzemelerin özelliklerini inceleme” olduğu görülmüştür. “**Fizik**” ile ilgili “aerodinamik hesaplamalar, hareket, enerji, güneş ışığı/ışık, denge, maddenin görünüşü”, “**Biyoloji**” ile ilgili “gözlem, araştırma, karşılaştırma, hücre yapısı, hücresel farklılıklar, kanat yapısı, ısı yalıtımı için tüy ve anatomik yapı inceleme”, “**Mühendislik**” ile ilgili “kanat yapısı, mekanik, ağırlık, matematiksel hesaplamalar, kanatlar arası senkronizasyon, mimari”. “**Matematik**” ile ilgili “aerodinamik hesaplamalar, ölçümler, grafikler, oran-orantı, büyüklük-küçüklük, ağırlık vb. hesaplamalar, boyut analizi”, “**Coğrafya**” ile ilgili “coğrafi bölgeler, göç, bölgelere uygun malzemeler, hava olayları, beslenme, yaşam alanları, popülasyon”, “**Sosyal Bilimler**” ile ilgili etik, toplumsal fayda, veri toplama,

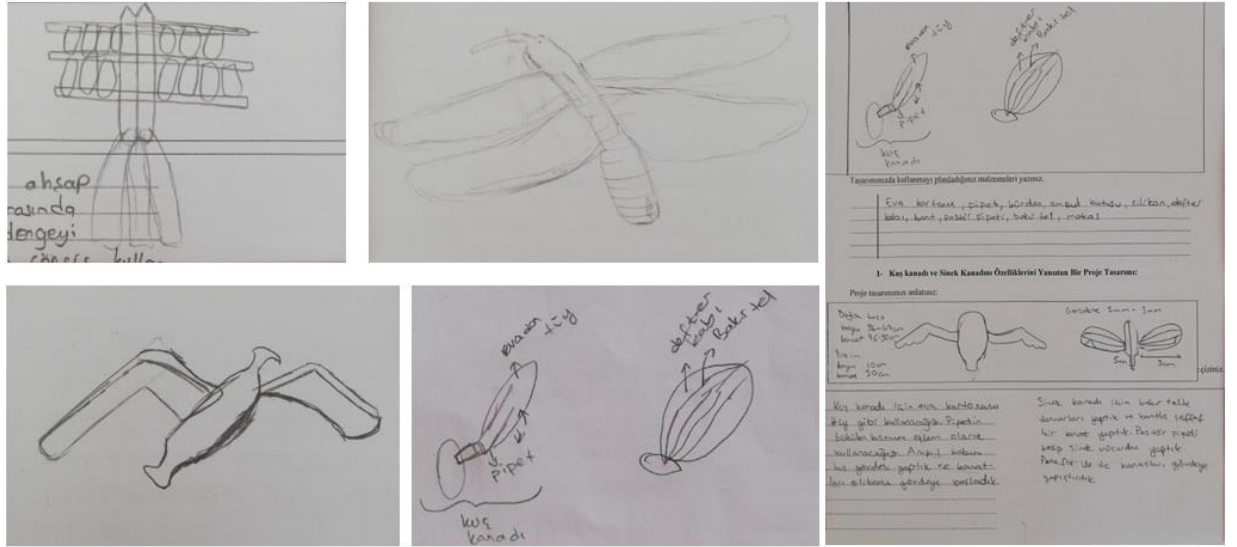
davranışlar, tüketici davranışları, manipölasyon, insan, enerji ihtiyacı, ulaşım, ileri teknolojiler, mekan, zaman, hız, fazla kazanç”, “Sanat” ile ilgili “gösteri, görsel sanatlar, dronlar, dış görünüş, estetik, bakış açısı, gerçeklik, yansıtma, renk, görüntü” ve son olarak “Dil” ile ilgili” kavramların kökeni, bilim dili, dillerin etkileşimi, iletişim, literatür tarama, araştırma yapmak, kaynak sağlama, kültürel yansıma, kültürel etkileşimler, farklı dillerde araştırmalar, terimlerin karşılıkları” görüşlerinin ortaya çıktığı görülmüştür.

4.11.5. Kuşkanadı ve sinek kanadı tasarımının gerçekleştirilmesi sırasında elde edilen bulgular

Kuşkanadı ve sinek kanadı tasarımı yaparlarken öğrencilerden beklenen “kuşkanadı ve sinek kanadı birbiriyle gerçekte olduğu gibi oranlı olması, görüntüsünün gerçeği yansıtması ve kullanılan malzemelerin özelliklerinin tasarıma uygun olması” beklenmektedir.

4.11.5. 1. Tasarımının gerçekleştirilmesi için ön çizim ve malzemeler

İlk olarak öğrencilerden tasarımlarını ilk önce çizimleri istenmiştir. Bu aşamada öğrencilerin çizimleri Şekil 4.49’da verilmiştir.



Şekil 4.49 Öğrencilerin Tasarım İçin Ön Çizimleri

Öğrenciler grup halinde çalışmışlardır. Masada tasarımlarında kullanabilecekleri malzemeler sergilenmiştir. Yapmayı planladıkları tasarıma uygun ihtiyaçlarını alıp aynı zamanda internetten de faydalanmışlardır. Şekil 4.49’da görüldüğü gibi öğrenciler yapmayı düşündükleri tasarımla ilgili ön çizim yapmışlardır. Çizimlerinde gerçek görüntülere yakın çizimler yaptıkları ancak kâğıt düzleminde boyutlarını aynı çizdikleri görülmektedir.

Öğrenci gruplarının tasarımlarında kullanmayı planladıkları malzemeler Şekil 4.50’de ve listesi Şekil 4.51’de sunulmuştur.



Şekil 4.50 Öğrenci Gruplarının Tasarımlarında Kullanmayı Planladıkları Malzemeler

Tasarımlarda Kullanılması Planlanan Malzemeler		
G1	G2	G3
Ataç, yapıştırıcı, ampul paketi, pipet, maket bıçağı, mandal, eva, el işi kağıdı, lastik, çakmak, silikon, kaplama makinesi, defter kabı, misine, çubuk, band, kürdan, tel,	Eva, pipet, kürdan, ampul kutusu, silikon, kaplık, bant, pasteur pipeti, makas, çöp şiş, çubuk, eva, el işi kağıdı, asetat kağıdı, tel, çift taraflı bant	Uçması için hafif ve aynı zamanda dayanıklı olmalı. Biyolojik ve fiziksel olarak gerçeği yansıtmalı. Tül, bant, tel, raptiye, çubuk, bant, çöp şiş, asetat kağıdı,

Şekil 4.51 Öğrencilerin Kendi Tasarımlarında Kullanmayı Düşündükleri Malzemelerin Listesi

“Peki, malzemeleri neye göre seçtikleri ve nelere dikkat ettiniz?” sorusuna verilen cevaplarda eklem özelliğini yansıtmak için **pipet** malzemesi seçildiği görülmüştür. Renkli ve tüyümsü özelliği yansıtmak için **eva kartonu**, hafif ve ince transparan özellik için **nylon**, sineğin damarlarını ve rengini **bakır tel** kullandıklarını ifade etmişlerdir. Dolayısıyla “**görünüm, hafiflik, transparanlık, renk özellikleri**” kazandırabilecek özellikteki malzemelerin seçildiği görülmüştür. Bunun yanında malzemeleri **renklerine** göre seçtiklerini çünkü modellerinde gerçek renkleri yansıtmak istediklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca, **hafifliğin** önemli olduğunu çünkü model de olsa tasarımlarının uçmasını

istediklerini ve kullandıkları malzeme ile eva ve gramofon kâğıdı gibi çalışılmasının kolay olmasını istediklerini ifade etmişlerdir.

G1 “Pipeti **eklem özelliğini yansıtmak için** seçtik. Eva kartonu ile **renklendirdik, tüyümsü özellik kazandırdık. Bun da daha ince transparan. Naylon alanı daha hafif oldu. Bakır telle de sineğin o damarlarını ve rengini.**”

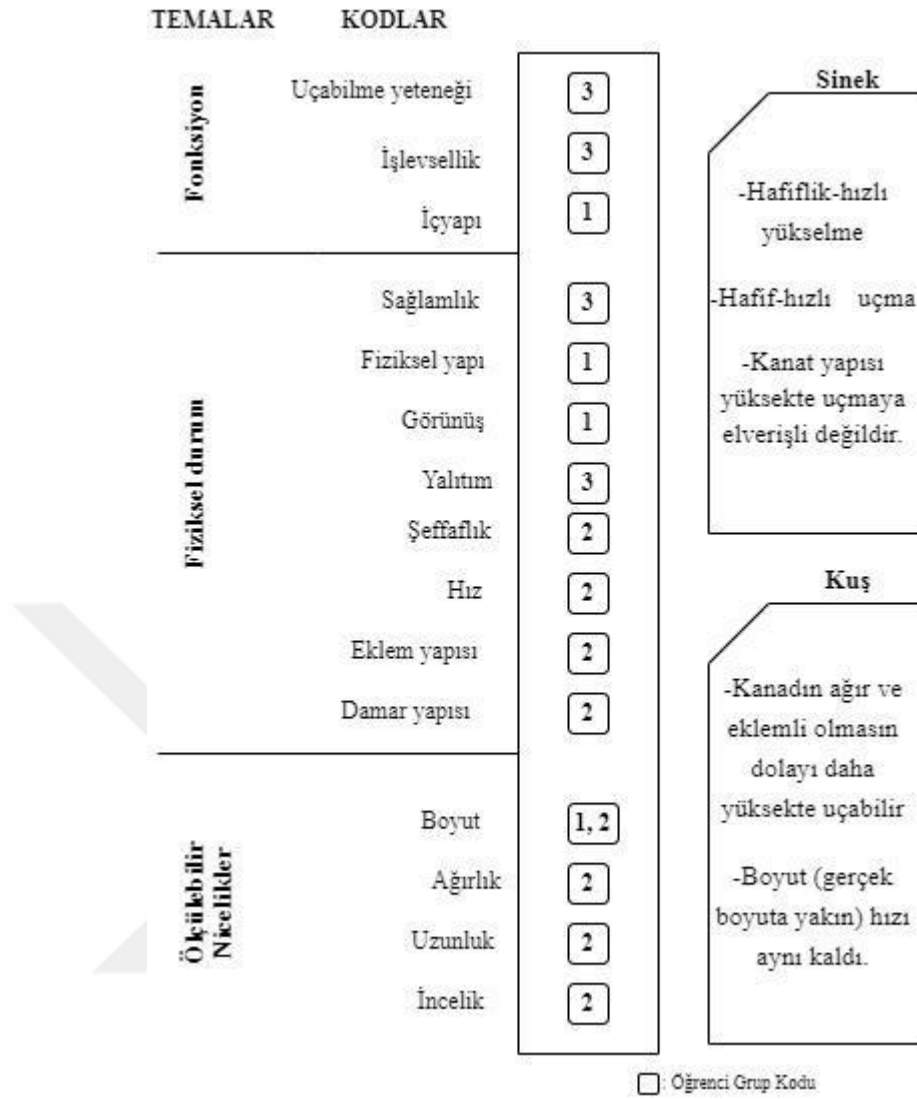
G2 “Aslında kullandığımız malzemeleri önce **renklerine** göre seçtik. Çünkü mesela sineği kırmızı yapamazdık. Malzememizin **hafifliği** bizim için önemli idi. Sonuçta bunlar maket olsalar da uçabilecek şekilde olmalı. Bunların dışında kullanılması kolay olanlar, eva ya da gramofon kâğıdı gibi.”

Bu aşamada öğrencilerin seçtiği malzemelerin “**kuş ve sineğin hangi özelliklerini nasıl etkileyeceği**” tartışılmıştır. Öğrenci görüşlerine göre, **boyutun** etkisiyle kuşkanadının kanat çırpma sayısının sineğe göre az olduğu, buna karşın sineğin daha çok kanat çırpıtığı hafif olması gerektiği ifade edilmiştir. Boyut küçükse kanat çırpmanın daha hızlı olacağı ifade edilmiştir.

G3 “Sinek daha çok **kanat çırpır**. Kuş daha **az kanat çırpır**. O yüzden sinek kanadının **hafif** olması burada etkili oluyor. Boyut önemli **boyut küçükse kanat çırpma daha hızlı** olur.”

4.11.5. 2. Tasarımlarda kanatların özelliklerinin karşılaştırılması ve etkileri

Tasarımlarının “**Kuşkanadı ve Sinek Kanadını Hangi Özelliklerine Göre Karşılaştırabiliriz?**” sorusuna ek olarak anında yapılandırılan “**Göz önünde bulunduracakları değişkenler neler?**” ve “**Bu özellikler onun hareketlerini, hızını, yüksekliğini vb. nasıl etkiler?**” soruları da sorularak ortaya çıkan temalar, kodlar ve açıklamalar Şekil 4.52’de sunulmuştur.

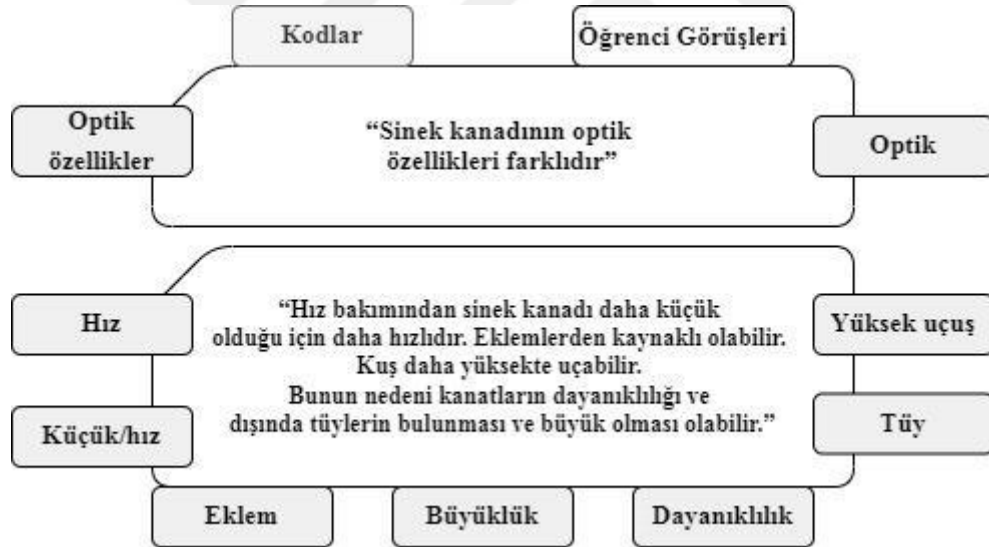


Şekil 4.52 Kuşkanadı ve Sinek Kanadının Öğrenci Görüşlerinden Ortaya Çıkan Özellikleri

Şekil 4.52’ye göre “**Fonksiyon**” teması altında “Uçabilme yeteneği, İşlevsellik, İçyapı; f(1)” kodları ortaya çıkmıştır. “**Fiziksel durum**” teması altında “Sağlamlık, Fiziksel yapı, Görünüş Yalıtım, Şeffaflık, Hız, Eklem yapısı, Damar yapısı; f=1) kodları ortaya çıkmıştır. Son olarak “**Ölçülebilir Nicelikler**” teması altından “Boyut; f=2, Ağırlık, Uzunluk, İncelik; f=1) kodları belirlenmiştir. Öğrenci grupların yukarıdaki tema ve kodların çıkarıldığı ifadeleri şunlardır. G1 “*Boyutları, görünüşleri, fiziksel yapısını ve içyapısına dikkat ederek tasarlamaya çalıştık. Sinek bizim maketimizden daha hafif olduğu için çabukça yükselebilir. Kuşumuz ise gerçek kuş boyutunda olduğu için hızı aynı olur.*”, G2 “*Kuşkanatları çok daha ağır ve uzun. Sinek kanadı ise şeffaf ince ve hızlı yani boyutuna, ağırlığına, uzunluğuna, eklem ve damar yapılarına, hızlarına göre karşılaştırılabiliriz. Sinek kanadının hafif olması daha hızlı uçuşmasını sağlar. Kuşkanadının daha ağır ve eklemlili yapısı daha yüksekte*

uçmasını sağlar.” ve G3 “Kuşkanadı daha sağlam. Aynı zamanda kuşkanadı, sinek kanadına göre daha işlevsel. Çünkü kışın üşümemesi için yalıtım sağlar. Ve daha yükseklerle uçabilir. Sinekler yükseklerde uçamaz çünkü kanatları yükseklerle elverişli değildir.” şeklindedir. Ayrıca öğrenciler **eklem özellikleri** hakkında kuş için model üzerinde “Kuşkanadında bükülebilen bir eklem olduğunu”, sinek için “Sinek kanadı öncelikle eklemli değil. Tek kanat şeklinde ve dal gibi ayrılıyor.” demişlerdir. Ek olarak kuş için “Aynı zamanda kuşların tüyü var ama bunların tüy değil de daha naylon gibi daha ince ve transparan.” demişlerdir.

Yapılandırılmamış olarak “**Renk olarak hangisi renkli görünüyor?**” sorusuna verilen cevaplarda sinek kanadındaki optik özelliklerin daha fark edilebilir olduğunu, yine sinek kanadının küçük olmasından dolayı daha hızlı olduğunu ifade etmişlerdir. Eklem yapılarının farklı olmasından bu durumun kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, kuşun daha yüksekte uçabileceğini ve bu özelliğin kanatların dayanıklılığı, tüylerinin bulunmasından ve büyük olmasından kaynaklanabileceğini Tablo 4.53’te ifade etmişlerdir.



Şekil 4.53 Öğrencilerin Sinek Kanadına ait Bazı Özelliklerle İlgili Görüşleri

“**Kanat çırpma ve esneklik ilişkisi**” bakımından görüşler incelendiğinde öğrenciler kanadın çırpmasının kanat esnekliği ile ilgili olduğunu “*kanat çırpısını esnekliği etkiledi.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

Yukarıda öğrencilerin anlattıkları düşünceleri “**Tasarımlarına Nasıl Yansıtmayı Düşündükleri**” sorulmuştur. Öğrenciler “Sinek kanadını daha hafif malzeme olan bir

plastikten yapacağı, hafif bakır tel kullanacağız. Onun dışında kuşkanadında daha sağlam olması için tahta çubuk kullanacağız.” demişlerdir. Kuş tasarımı “Sağlam olması için tahta çubuk”, sinek tasarımı “Daha hafif malzeme, plastik, hafif ince bakır tel” kullanacaklarını ve bu seçimi “Çarpma sayısı boyut, hafiflik, hıza ve sayısına etkisi” parametrelerine göre yansıtacaklarını söylemişlerdir. Bunun yanında öğrenciler daha çok görünümleri, gövde yapısını en iyi yansıtacak şekilde malzemelerin ağır ve hafif oluşlarına dikkat ettikleri ve kanatın esnek yapıda olmasına dikkat ettiklerini ifade etmişlerdir. “- Görünüş daha çok.”, “Ya aslında bunlar hafif gövdemiz ağır o yüzden en iyi ağırlığı da aldık. Ağırlık hafiflik malzemeleri ona göre seçtik.”, “Kanat biraz daha esnek yapıda olmalı.” şeklinde söylemişlerdir. “Görünüş, Gövde, Hafiflik/ağırlık, Kanat, Esneklik” olarak ifade etmişlerdir.

Etkinlik sayfasındaki üçüncü yönergedeki “**Tasarımınız kanatları birbiriyle karşılaştırırken başarılı oldu mu?**” sorusuna yönelik “Kanat yapısından dolayı/seçilen malzemelerin özelliğinden” dolayı başarılı olduğu (f=2; G1, G2), “Mevcut malzemelerin sınırlılığından” dolayı başarılı olmadığı (f=1; G3) görüşü ortaya çıkmıştır. Şekil 4.54’te gösterilmiştir.

TEMALAR	NEDEN
Evet	1, 2 Kanat yapısından dolayı/seçilen malzemelerin özelliğinden
Hayır	3 Mevcut malzemelerin sınırlılığı

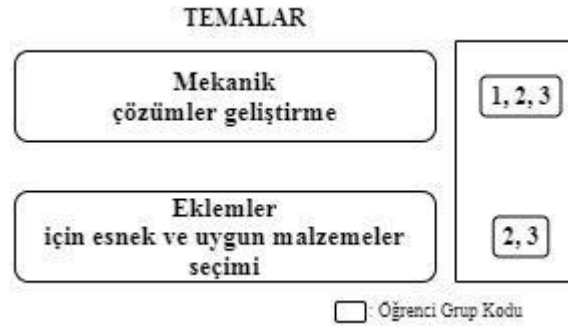
☐ Öğrenci Grup Kodu

Şekil 4.54 Öğrencilerin Tasarımların Kanatlarını Birbiriyle Karşılaştırırken Başarısı Durumuyla İlgili Görüşleri

Şekil 4.54’e göre G1 “Evet hatta kuşkanatlarımız senkronize olarak çalıştı.”, G2 “Evet eva kartonu ve bantın şeffaflığı bu özellikleri sağladı.”, G3 “Maalesef olmadı. Çünkü elimizde bulunan malzemelerle elimizden geleni yapmaya çalıştık.” şeklinde görüşlerini ifade etmişlerdir.

Dördüncü olarak “**Tasarımınızı daha iyi hale getirebilmek için tasarımınızda ne gibi değişiklikler yapabilir siniz?**” sorusuna yönelik yönelik “**Mekanik çözümler geliştirme**”

teması (f=3; G1, G2, G3) ve “Eklemler için esnek ve uygun malzemeler seçimi” teması (f=2; G2, G3) ortaya çıkmıştır (Şekil 4.55).



Şekil 4.55 Öğrencilerin Tasarımlarını Daha İyi Hale Getirebilmek İçin Yapabilecekleri Değişiklikler Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.55’e göre G1 “*Kafa malzememiz çalınmasaydı kuşumuzun kafası olabilirdi. Gerçek bir kuş dron yapabilirdik.*”, G2 “*Kanatları daha aşağı yapıştırabiliriz. Kuyruk ekleyebiliriz. Sineğe ayak ekleyebiliriz. Teli daha düzgün kesebiliriz.*”, G3 “*Kuşun kanatlarında tahta yerine daha esnek malzemeler kullanabilirdik.*” şeklinde görüşlerini ifade etmişlerdir.

Beşinci olarak “**Farklı tasarımlar araştırma sorusunun cevabını nasıl etkiler?**” sorusuna yönelik “**Grup dinamikleri/farklılıkları**” tema başlığı altında “Yaratıcılık farklılığı (f=1; G1), Bireysel farklılıklar (f=1; G1), Kuş ve sineğin türüne bağlı değişiklikler (f=2; G2, G3), Farklı fikirler (f=1; G3), Farklı şeyler deneme (f=2; G1, G3), Farkındalık (f=3; G1, G2, G3)” kodları ortaya çıkmıştır (Şekil 4.56).



Şekil 4.56 Öğrencilerin Farklı Tasarımlar Araştırma Sorusunun Cevabını Nasıl Etkilediği Hakkındaki Görüşleri

Şekil 4.56'ya göre G1 “Yaratıcılıklarımız farklı olduğu için tasarımlar farklı oldu. Sorunun cevabı ise sabit kaldı.”, G2 “Başka kuşların yapısına ve başka sineklerin yapısına göre farklı oranlar alabiliriz.”, G3 “Farklı fikirleri göz önünde bulundurduğumuz tasarımı yapmadan önce kafamızda farklı fikirler de oluşmuştu.” şeklinde ifade etmişlerdir.

“Farklı malzemelerin kullanılması ürününüzü nasıl etkiler?” sorusuna yönelik “Üründeki tür farklılığı dikkate alınarak malzemelere bağlı etkiler” tema başlığı altında “Denge (f=1; G1), Sürtünme (f=1;G1), Ağırlık (f=1;G2), Eklem (f=1;G2), Estetik (f=1;G3), Dikkat çekicilik (f=1;G3), Dayanıklılık (f=1;G3), Kanat oranları (f=3; G1, G2, G3) kodları ortaya çıkmıştır (Şekil 4.57).



Şekil 4.57 Üründeki Tür Farklılığı Dikkate Alınarak Malzemelere Bağlı Etkiler

Şekil 4.57’de görüldüğü gibi G1 “Fiziki olarak denge ve sürtünme malzeme sayesinde sağlanır.”, G2 “Ağırlık ve eklem gibi özellikler bozulur.”, G3 “Göze daha hitap etmesini

sağlar. Daha dikkat çekici hale gelmesini sağlar. Dayanıklılık açısından önemlidir.” şeklinde olduğu ortaya çıkmıştır.

4.11.5. 3. Öğrencilerin geliştirdikleri tasarımlarında yapılması gereken hesaplamalar

“Geliştirdiğiniz yeni tasarımınız ya da fikriniz için yapılması gereken hesaplamalar nelerdir?” sorusuna verilen cevaplar doğrultusunda ortaya çıkan Temalar ve kodlara ait frekanslar Şekil 4.58’de verilmiştir.

TEMALAR	KODLAR	
Matematik becerileri	Boyut belirleme	1
	Kanatları oranlama	2
	Modelleme	2
	Hesaplamalar	1, 2
	Simetri	3
	Oran orantı	3
Kanatın nicel parametreleri	Kanat uzunluğu	
	Kanat eni	
	İncelik	
	Ağırlık	
Dayanıklılık nelerdir?	Çeviklik	
	Küçüğün dünyası	
	Fiziksel özellik	
	Kimyasal özellik	

☐ Öğrenci Grup Kodu

Şekil 4.58 Öğrencilerin Geliştirdiğiniz Yeni Tasarımları ya da Fikriniz için Yapılması Gereken Hesaplamalara İlişkin Görüşleri

Şekil 4.58’e göre “**Matematik becerileri**” teması altında “Boyut belirleme, Kanatları oranlama, Modelleme, Hesaplamalar, Simetri, Oran orantı” kodları oluşturulmuştur. “**Kanatın nicel parametreleri**” teması altında “Kanat uzunluğu, Kanat eni, İncelik, Ağırlık”

kodları ortaya çıkmıştır. Son olarak “**Dayanıklılık nelere bağlıdır?**” teması altında ise “Çeviklik, Küçüğün dünyası, Fiziksel özellik, Kimyasal özellik” kodları ortaya çıkmıştır. “Matematik becerileri”ne yönelik öğrenci görüşleri şu şekildedir. G1 “*Boyut belirlemek için hesaplama yaptık.*”, G2 “*Kanatları oranlamak, damarları ve şekilleri modelleme hesapları.*”, G3 “*Kanatların simetrik olması çok önemlidir. Kanatların hafif olması çok önemlidir. Aynı zamanda kanatla gövdenin orantılı olması da gereklidir. Bu yüzden cetvel kullandık.*”

Öğrenciler kanadın uzunluğunu ve enini hesapladıklarını, madde küçüldükçe çarpmalara karşı dayanıklılıkları artacağını ve daha çevik hale geleceklerini söylemişlerdir. “*Büyükle küçüğün dünyası fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından farklı olabilir.*” demişlerdir.

Öğrenciler yaptıkları araştırmada kuşkanadı için bir oran bulamadıklarını ve internet üzerinde gördükleri resme bakarak hesaplama yaptıklarını ifade etmişlerdir. Sinek kanadı için ise sineğin gerçek boyutuna yakın yapmaya çalıştıklarını ve tahmini şekilde aynı boyutta yapmaya çalıştıklarını söylemişlerdir. “*Matematiksel olarak internette bir oran bulamadık. İnternette kuşkanadının açılış boyutunu gösteriyordu. Biz de buna bakarak ne kadar olur diye hesaplamaya çalıştık. Sineği de resimlerdeki aynı boyutunda yapmaya çalıştık. Olabildiğince yakın yapmaya çalıştık.*” şeklinde ifade etmişlerdir. **Tahmin** yöntemini kullanmışlardır.

4.11.5. 4. Öğrencilerin tasarımlarının önemine yönelik görüşleri

“**Tasarımınızın önemi nedir?**” sorusuna yönelik temalar Şekil 4.59’da gösterilmiştir.



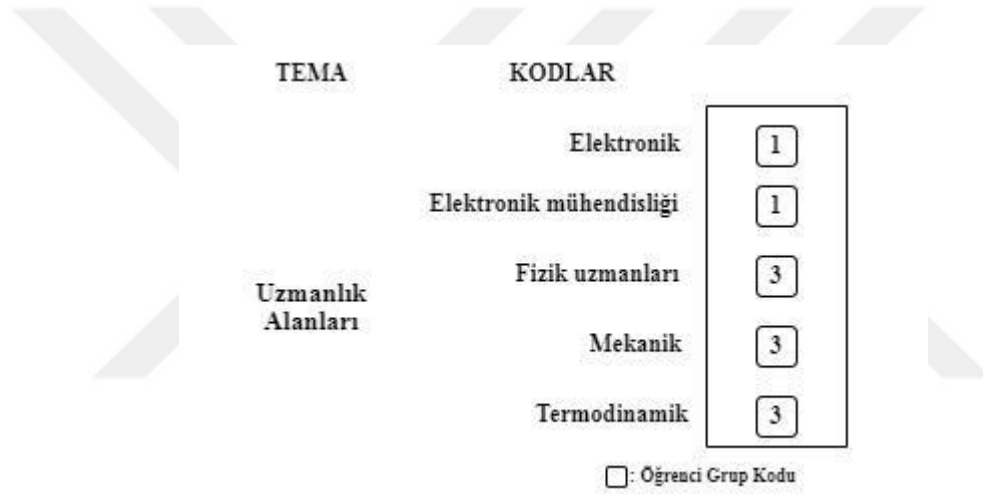
Şekil 4.59 Öğrencilerin Tasarımlarının Önemine İlişkin Görüşleri

Şekil 4.59’da görüldüğü gibi “Sanatsallık (G1), Göze hitap etme (G1), Benzerlik (G1), Doğruya yakınlık (G2), Modeller (G2), Yeni fikirler (G3), Farkındalık (G3), Dikkat çekicilik

(G3) temaları ortaya çıkmıştır. Bunu öğrenciler görüşlerini G1 “*Sanatı kullandığımız için göze hitap ediyor. Fiziksel olarak kuş ile benziyor.*”, G2 “*Sınırlı malzeme ve deneyimsiz olmamıza rağmen doğruya yakın modeller yapmamız.*”, G3 “*Yeni fikirler ortaya atmak ve günlük hayatta önem vermediğimiz bazı malzemelerin gerçekte ne kadar önemli olduğunu anladık.*” şeklinde ifade etmişlerdir.

Öğrencilere “**Tasarımınız başarılı buluyor musunuz?**” sorusu sorulmuştur. “*Bizce gayet güzel, başarılı oldu.*” şeklinde cevap vermişlerdir.

“**Tasarımınız için hangi alanlarda uzmanlaşmış bilim insanlarıyla birlikte çalışmanız gerekir? Açıklayınız. Bu etkinlikteki STEM’in nasıl ele alındığını açıklayınız.**” sorularına öğrencilerin görüşleri Şekil 4.60’da sunulmuştur.



Şekil 4.60 Öğrencilerin Tasarımları için Hangi Alanlarda Uzmanlaşmış Bilim İnsanlarıyla Birlikte Çalışmanız Gerektiğine İlişkin Görüşleri

Şekil 4.60’da görüldüğü gibi tasarımları için uzmanlaşmış bilim insanlarının uzmanlık alanları ile ilgili olarak, “Elektronik (G1), Elektronik mühendisliği (G1), Fizik uzmanları (G3), Mekanik (G3), Termodinamik (G3) uzmanlık alanları ortaya çıkmıştır. G1 “*Elektronik, elektrik mühendisleri.*”, G3 “*Bence fizik alanında uzmanlaşmış bilim insanlarıyla çalışmamız gerekir. Çünkü yaptığımız kuşta mekanik, termodinamik, dengeye önem verdik. Bu konular üzerinde durduk.*” söylemişlerdir. G2 bu konuda görüş belirtmemişlerdir.

4.11.5.5. Öğrencilerin tasarımlarından ulaştıkları sonuçlar

“Etkinlikten sonra araştırma sorusuna yönelik ulaştığınız sonuç ne/nelerdir?” sorusu sorulmuştur. Öğrenci görüşleri doğrultusunda Tablo 4.37’deki bulgular ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.37 Öğrenci Gruplarının Etkinlikten Sonra Araştırma Sorusuna Yönelik Ulaştığınız Sonuçlar

Grup No	Ulaşılan Sonuçlar
G1	➤ Sinek ve kuşkanatlarının yapısının farklıdır. ➤ Birçok beceri kazanmışlardır. ➤ Anatomi farklılıkları gözlemlendi. ➤ Sineklerinin kanatlarının yapısını değiştirmeyip aşağı yukarı hareket ettiği gözlemlendi. ➤ Kuşların ise kanatlarını hareket ettirmede birlikte yapısını da değiştirdiği gözlemlendi.
G2	➤ Kuşkanadı tüylü, eklemli ve ağırdır. ➤ Sinek kanadı ise şeffaf, ince ve damarlıdır. Bu özellikler kuşların sinekten daha yükseğe uçmasını sağlar.
G3	➤ Kuşkanadı, sineğe göre daha dayanıklı ve uzundur. ➤ Ağırlığı sebebiyle kuşkanadı daha yavaş çıkar.

4.11.5.6. Öğrencilerin tasarımlarının sunumu

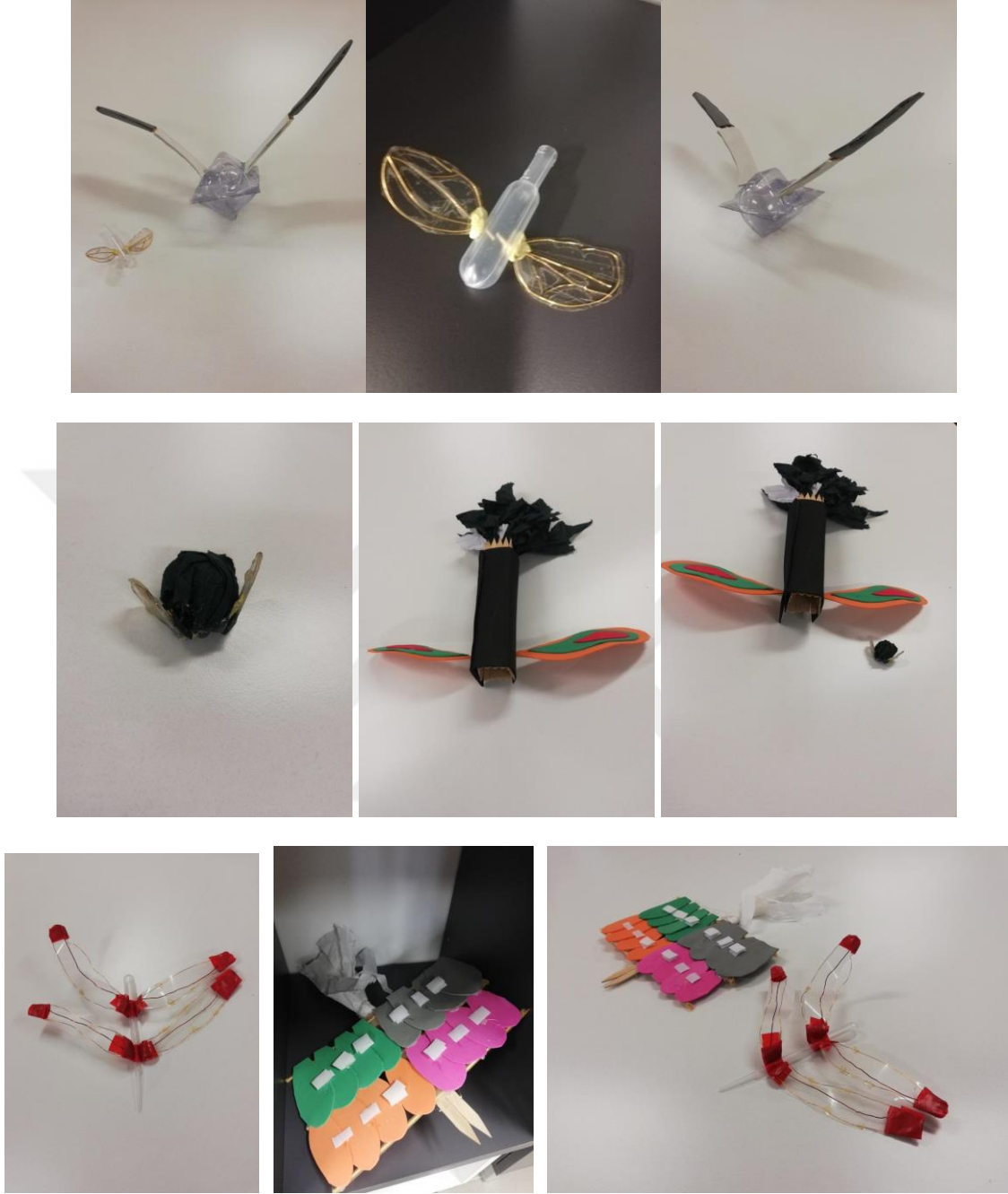
Öğrenciler yaptıkları tasarımları sunmuşlardır.



Şekil 4.61 Öğrenci Çalışmaları ve Sunumlarından Resimler

Şekil 4.61’de öğrenciler çalışmaları ve sunumlarından görseller sunulmuştur.

Aşağıda Şekil 4.62’de tasarımlarda ortaya çıkan modellerin resimleri sunulmuştur.



Şekil 4.62 Öğrencilerin Tasarımları

Öğrenciler yaptıkları modelleri (Şekil 4.62) göstererek şu şekilde anlatmışlardır. Sunum yapmışlardır.

G1 yaptığı sunumda şunları söylemişlerdir:

“İnternette araştırdığımızda kanatların gövdelerine bağlı olan kısımları açık renkli idi. Daha uçta olan kısımları koyu renkli idi. Böyle olduğunda daha hızlı uçtuklarını görmüştük. Bir de bir resimde

kuş bakışı üstten kuş nasıl görünüyor ona göre oranlamaya çalıştık. İşte kuşun boynuna yakın bir şekilde bir kanat, aynı şekilde işte üç tane aynı boyda şey olması gerekiyordu. Bizim kanatlar biraz daha uzun onun için eklem için biraz boşluk bıraktık. Kanat çırpma işlemini modellemeye çalıştık. Kanat biraz uzun gözüküyor ama o aslında sadece eklem boşluğu, eklemler gözüksün diye (eklemleri oynatıyorlar). Sinek şeyi nerede? Sinekte bu. Sinek kanadı yapmaya çalıştık. Sahiden çok ince kuşkanadından. Kuşkanadı daha tüylü. Bu daha saydam ve bakır telle de damarları yapmaya çalıştık kuşa göre daha küçük kanatları var ve daha güçsüzler. Ama daha hızlı uçabilmelerini sağlıyor bu. Bunu da (kanatlarını gösteriyor) patafiks ile tutturmaya çalıştık gövdeye. Böyle yaptık biz. Sinek kanadı saydam çok ince kuşkanadından. Kuşkanadı tüylü, bu saydam ve bakır telle de damarlarını yaptık. Kuşa göre daha küçük kanatları var ve çok daha güçsüzler. Ama daha hızlı uçabilmelerini sağlıyor bu. Bunu da patafiksle tutturduk. Bu kuş modelimiz gösteriyor.”

G2 yaptığı sunumda şunları söylemişlerdir:

“Bu bizim sineğimiz. Boyu gözettik. Bu bir eşek arısı. Hatta eşek sineği. Evet evet bu at sineği. Rengine dikkat ettik. Kanatların içine teller yaparak kanat içindeki damarları yaptık. Bunun dışında içinde tel bir gövde kullandık. Bu kullandığımız tel gövde sayesinde dayanıklılık kazanmış oldu.”

“Kuşumuz burada ağırlığını gözeterek yaptık. Kanatlar baktığımız zaman pipetlerden yapılmış şekilde (gösteriyor). Buradaki bağlanma sayesinde biz burada içerden çevirdiğimiz zaman eş zamanlı olarak dönebiliyor. Bu aslında kuşun yapısındaki yukarıya ve aşağıya inme eğilimlerini çok rahat bir şekilde gösterebiliyor. Ve biz bunda pipet kullandığımız için kanat çırpmasını çok rahatça gösterebiliyoruz. Bir ip bağladığımızda buradan maket olarak gösterebiliyoruz. Aynı zamanda karnı biraz daha şişmandı. Bunun için biz içine burada tül kullanmayı tercih ettik. Kullandığımız bu tül sayesinde aslında kuşumuzun gövdesine bir yuvarlaklık kazandırmış olduk. Kafasını ekleyeceğiz bir de tüylerini ekleyeceğiz. Aslında kuşumuz bir papağan öyle düşündük biz. Bu yüzden kanatlarını renkli yaptık. Ağırlık merkezini düzgünce ayarlayabilmek için içinden tahtaları kullandık. Ve böylece ağırlığı gövdede birleştirmiş olduk. Kanatlarımız hafif olmuş oldu. Tüylerimizle yaptığımız zaman sürtünme sağlamış olacağız. Sağladığımız bu sürtünme sayesinde kuşumuzun düzgünce uçmuş olmasını sağlayabiliriz.”

G3 yaptığı sunumda şunları söylemişlerdir:

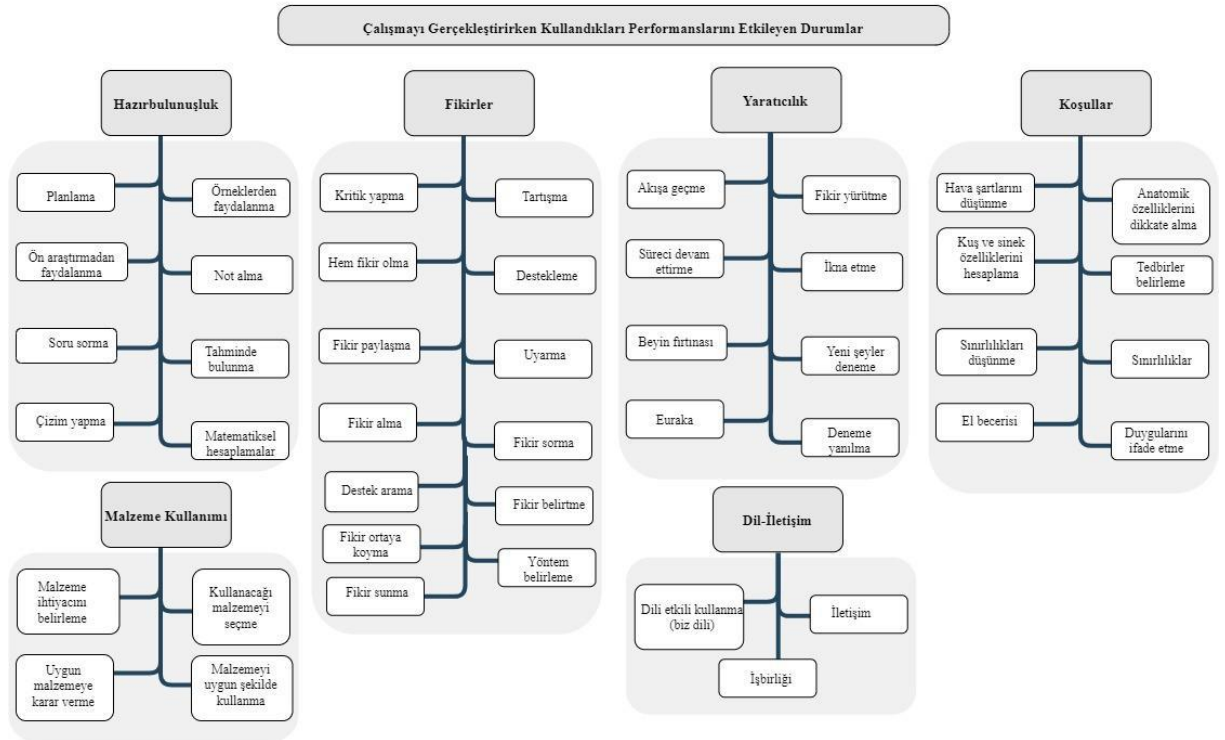
“Bu maketi yapmaktaki amacımız kullandığımız malzeme olarak sağlam olması için tahta malzeme kullandık. Altında tahta düz bir çubuk kullandık. Çöp şişler kullandık. Çöp şişler kullanmamızın amacı destek olması, tahtayı kullanmamızın amacı ise sağlam olması için. Bunun etrafına herhangi bir düştü yumuşaması için pipet koyduk tahta değilse kırılırdı. Sıcak silikon yardımıyla yapıştırdık. Kanatlardaki tüy olarak yumuşak eva malzemesi kullandık. Hem hafif hem de yumuşak ve kış olduğunda sıcak tutar. Kuyruk için gramofon kâğıdı kullandık. Bundaki amacımız, hafif olması ve kolay şekil alabilmesi. Gramofon kâğıdını önce silikonla yapıştırdık. Sonra misine ile etrafını sararak sağlamlaştırdık. Eğer herhangi bir şey olursa kuşun üzerine cırt bantlar yapıştırdık. Bunu

yapıştırmanın amacı ise kabarık hale pofuduk hale getirmek için başka malzemeler de kullanacağız.”

“Sinekte ise hafif olması açısından asetat kâğıdı kullandık. Güzel durması için kanat boyunca ince metal telleri kullandık. Ortasından bantlarla yapıştırdık destekledik. Aynı şeyi diğer kanatlara da uyguladık. Sinek gövdesi olarak ise pasteur pipeti kullandık.”

4.11.5.7. Çalışmayı gerçekleştirirken kullandıkları performanslarını etkileyen durumlar / uygulayıcı gözlemleri

Öğrencilerin bu çalışmaları sürecinde çalışma yaprağı, ses, video kayıtlarından elde edilen ve öğretmen gözlemi sonucu veriler sunulmuştur. Elde edilen bulgular öğrencilerin **“Çalışmayı Gerçekleştirirken Kullandıkları Performanslarını Etkileyen Durumlar”** başlığı altında toplanmış tema ve kodları içermektedir (Şekil 4.63).



Şekil 4.63 Çalışmayı Gerçekleştirirken Kullandıkları Performanslarını Etkileyen Durumlar

Öğrenciler bu ön çalışma sonucunda çalışmaya sınıf ortamında oluşturdukları grup arkadaşlarıyla birlikte birleştirilmiş masalarda tasarımlarını gerçekleştirmişlerdir. Kamera açısı değişken olup grupların çalışma masalarını daha iyi görüntüleyebilmek için hareket etmiştir. Çalışma sırasında konuşulan ana konular, temalar ve teoriler genellikle ne yapacakları üzerine olmuştur. Hangi malzemeleri seçeceklerini konuşmuşlardır. Herkes

kendi başına konuşmaktadır. Zaman geçtikçe birbirlerini dinlemeye başlamışlardır. Öğrencilerin çalışma akışına geçtikleri görülmektedir.

Yukarıda anlatılan ortamda öğrenciler önce ne yapacağını(sinek kanadı mı kuşkanadı mı?) tartışmışlardır. Alacakları ilk malzemeleri seçmişlerdir. Çalışmalarında kullanacak malzemeleri almışlardır. Gruplar malzemeleri ile birlikte yerlerine geçerek, üç grup halinde çalışmışlardır. İşbirliği yapıyorlar ancak herkes birbirini dinlemeden kendi fikirlerini söyledikleri gözlemlenmiştir. Tasarımın planını çizmişlerdir. Önce el yordamıyla yapacakları tasarımı montajını yapmadan denemişlerdir. Çalışmalara herkes katkıda bulunuyor. Gruplarda kendi içlerinde işbölümü yapmışlar ve bazen tek bazen de iki kişi birlikte çalışıyorlar. Aralarında fikir paylaşımları oluyor. Çalışmaya kendilerini kaptırmış durumdadılar.

Ayrıca Şekil 4.63’de “Öğrencilerin çalışma sırasındaki uygulayıcının gözlemleri” başlığındaki kodlar “Planlı, İşbölümü, İşbirlikli, Fikir paylaşımı, Tartışma, Akış, Sanatsal içerik” şeklinde ortaya çıkmıştır.

Çalışmalarında gerçekten neler olduğu Şekil 4.64’de görüldüğü gibi anlatılmıştır.

Kodlar	Gözlemler
Planlı	☐ Kanadın kalıbını çıkarıyorlar. Kesiyorlar eşit olmasını sağladılar.
İşbölümü	☐ Göz yapmaya çalışıyorlar. Ayrıntılara dikkat ediyorlar. "Boyut" kelimesi çok sayıda geçiyor.
İşbirlikli	☐ Öğrenciler çalışmaya kendilerini kaptırmış ve herkes bir şeyler yapıyor. Bazı öğrenciler kesiyor, bazıları yapıştırıyor, bazıları tasarlıyor, birleştiriyor. İşbirliği yapıyorlar. Fikirleri paylaşıyorlar. Beraber karar verip uyguluyorlar.
Fikir paylaşımı	☐ Yapılan tasarımlarda birbirlerinin desteğini ve onayını alıyorlar.
Tartışma	☐ Sanatsal estetik öğelerde düşünüyorlar ve gerçekleştiriyorlar.
Akış	
Sanatsal içerik	

Şekil 4.64 Uygulayıcının Çalışma Sırasındaki Gözlemleri

G1 “Bu kuşun gövdesi olacak. Koluna bakır tel yapıştıracağız. El işi kâğıdı ile kaplayacağız. Bir de siyah gövdemiz olmuş olacak. İçine biraz su koyacağız.”, G2 “Kanadımızın uzunluğunu bu şekilde ayarladık ölçmedik şu an.” Şeklinde anlatmışlardır.

Gruplar “Kuşkanadı ve Sinek Kanadını Özelliklerini Yansıtan Bir Proje” **tasarımlarını** **şu şekilde anlatmışlardır.**

G1:

“Projemizde sinek kanatlarının duvarlı yapısına dikkat ettik ve bu şekilde dengeyi sağlamış olduk. Kafa ve gövdesini yaparken tel kullandığımızdan dolayı dayanıklılığı da arttırmış olduk. Kuşumuzu yaparken de fiziğin dinamik ve mekanik kısmından yararlandık. Gövdesini ağır kanatlarını hafif yapmaya çalıştık. Kanatların senkronize bir şekilde hareketini sağlamak için içerden kanatları birleştirdik ve en sonunda da kuyruk için hafif bir materyal kullanarak sürtünmeyi azaltıp artırarak kuşun hızını dengelemeye çalıştık. Kanatların uzunluk toplamaları, gövdenin 1.5 katıdır.”

G 2:

“Kuşkanadı için eva kartonunu tüy gibi kullanacağız. Pipetin bükülen kısmını eklem olarak kullanacağız. Ampul kabını kuş gövdesi yaptık ve kanatlarını silikonla gövdeye yapıştırdık. Sinek kanadı için bakır telle damarları yaptık ve bantla şeffaf bir kanat yaptık. Pasteur pipeti kesip sinek vücudu yaptık. Petafiks ile de kanatları gövdeye yapıştırdık.”

G3:

“Gövde için ahşap kullandık. Sonrasında kanatlarda dengeyi sağlamak adına çöp şiş kullandık. Kanatların yalıtım, uçuş vs. özelliklerini desteklemek için eva kullandık. Aynı zamanda hafif olması için kuyruğunu gramofon kâğıdından yaptık.”

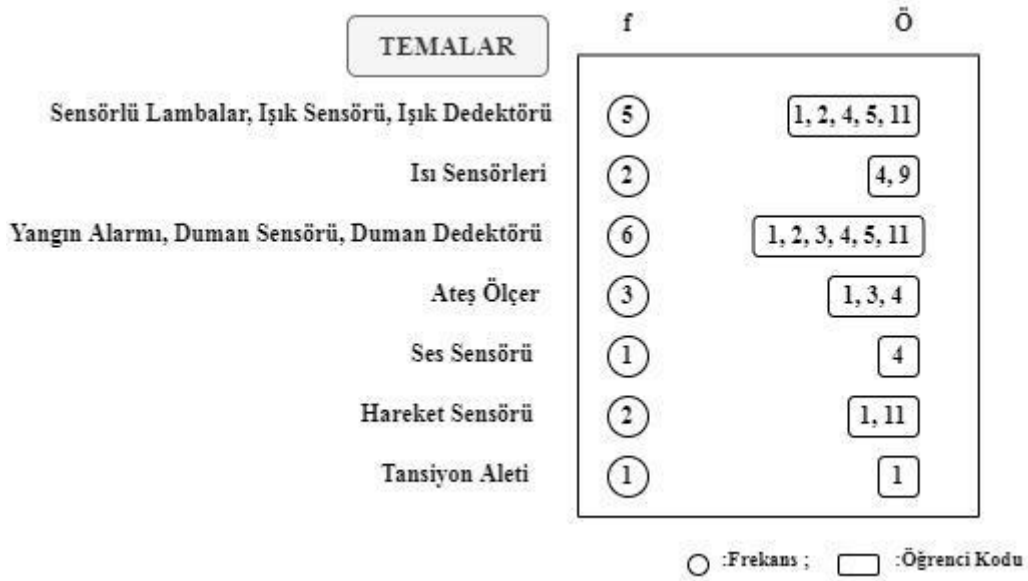
4.12. Mühendislik Dizayn Süreçleri –Teknoloji Entegrasyonu: “Nanosensörler-Endüstri 4.0 Nedir? IoT Nedir? STEM-IoT Etkinliği” Öğrenci Çalışma Sayfaları Bulguları

Bu bölümde öğrenci çalışma yapraklarına (ÖÇY_5 ve ÖÇY_6) ait bulgular sunulmuştur.

4.12.1. Evlerde kullanılan sensörler

Bu bölümde öğrenciler küçük gruplar halinde çalışarak **“Evimizde Kullandığımız Sensörler”** temalı ayrıntılar içeren çevrelerinde karşılaştıkları ve kullandıkları teknoloji, materyaller ve ürünlerle ilgili olarak hazırlanan **ÖÇY_5’teki soruları** tartışmışlardır. Elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

Çalışmanın bu aşamasında ilk olarak **“Evlerimizde ne hangi sensörleri kullanıyorsunuz?”** sorusu sorulmuştur. Soruya öğrencilerin verdiği cevaplar ve frekansları Şekil 4.65’te verilmiştir.

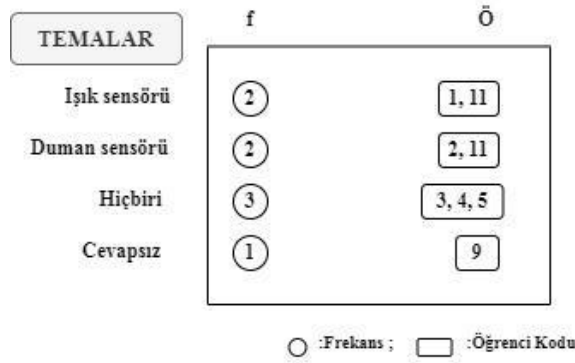


Devamsız Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12

Şekil 4.65 Öğrenci Görüşlerine Göre Evlerindeki Kullandıkları Sensörler

Şekil 4.65’te görüldüğü gibi öğrenciler evlerinde kullandıkları sensörleri “**Sensörlü Lambalar, Işık Sensörü, Işık Dedektörü**” temasıyla f=5 Ö1 “*Evlerimizde gece uyandığımızda harekete duyarlı bir takım sensörler var ışık yakıyor.*”, Ö2 “*Işık dedektörü...*”, Ö4 “*Sensörlü lambalar...*”, Ö5 “*Buzdolabındaki ışık sensörü...*”, Ö11 “*...ışık sensörü*”; “**Isı Sensörleri**” temasıyla f=2 Ö4 “*...ısı sensörleri...*”, Ö9 “*Isı sensörü*”; “**Yangın Alarmı, Duman Sensörü, Duman Dedektörü**” temasıyla f=6 Ö1 “*Yangın alarmı*”, Ö2 “*Duman dedektörü*”, Ö3 “*Duman sensörü, yangın alarmı...*”, Ö4 “*...yangın alarmı...*”, Ö5 “*...duman dedektörü*”, Ö11 “*...duman sensörü*”; “**Ateş Ölçer**” temasıyla f=3 Ö1 Ö3 Ö4 “*...ateş ölçer...*”; “**Hareket Sensörü**” f=2 Ö1 “*Evlerimizde gece uyandığımızda harekete duyarlı bir takım sensörler var*”, Ö11 “*(PIR) hareket sensörü*”; “**Tansiyon Aleti**” temasıyla f=1 Ö1 şeklinde ifade etmişlerdir.

İkinci olarak “**Bu sensörlerden hangisi nanosensör olabilir?**” sorusuna verilen cevaplar ve frekansları Şekil 4.66’da sunulmuştur.

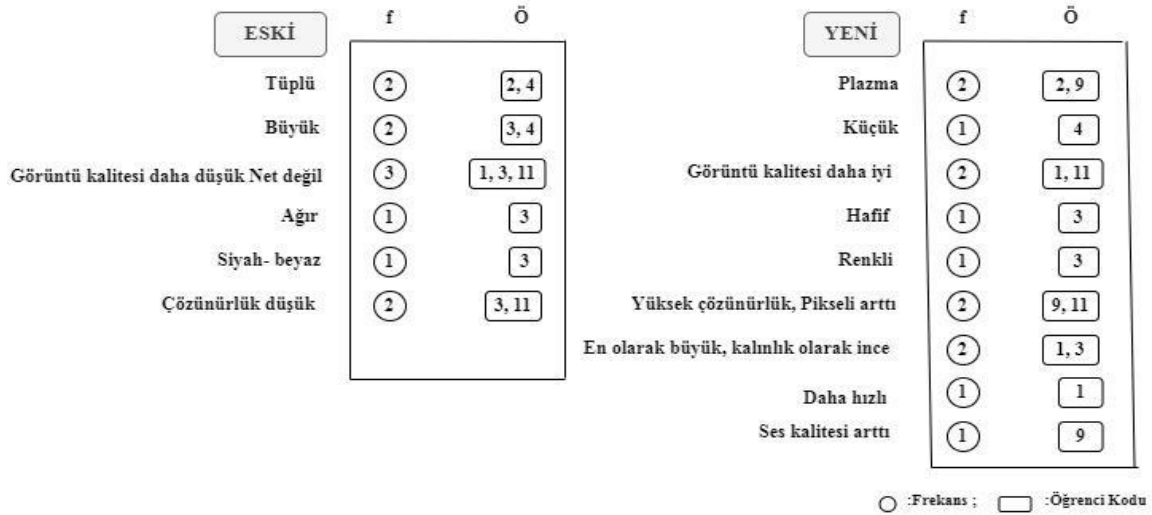


Devamsız Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12

Şekil 4.66 Öğrenci Görüşlerine Göre Kullanılan Sensörlerden Nano-Sensör Olanlar

Şekil 4.66’da görüldüğü gibi sensörlerden hangisinin nano-sensör olabileceği ile ilgili olarak öğrencilerin cevabı “**Işık sensörü**” temasıyla f=2 Ö1 “*Bence gece ışık yanan sensörler nanosensör olabilir.*”, Ö11 “*Işık sensörü (8DR) sensör olabilir.*”; “**Duman sensörü**” temasıyla f=2 Ö2 “*duman dedektörü*”, Ö11 “*...duman sensörü nanosensör olabilir.*”; “**Hiçbiri**” f=3 Ö3, Ö4, Ö5: “Boş” f=1 Ö9 şeklinde olmuştur.

Üçüncü olarak “**Televizyon ekranlarının zaman içinde geçirdikleri değişiklikleri büyüklük, görünüş, görüntü kalitesi, hız, çözünürlük vb. özelliklerin değişimine göre değerlendiriniz.**” Şeklindeki yönergeye verilen cevaplar “**Eski-Yeni**” başlığında Şekil 4.67’de karşılaştırılmıştır.



Devamsız Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12

Şekil 4.67 Öğrenci Görüşlerine Göre Televizyon Ekranlarındaki Zamanla Ortaya Çıkan Değişiklikler

Şekil 4.67’de görüldüğü gibi “**Eski**” başlığında “Tüplü” f=2 Ö2, Ö4; “Büyük” f=2 Ö3, Ö4; “Görüntü kalitesi daha düşük-Net değil” f=3 Ö1, Ö3, Ö11; “Ağır” f=1 Ö3; “Siyah-

beyaz” f=1 Ö3; Çözünürlük düşük f=2 Ö3, Ö11 şeklindedir. “Yeni” başlığında “Plazma” f=2 Ö2, Ö9; “Küçük” f=1 Ö4; “Görüntü kalitesi daha iyi” f=2 Ö1, Ö11; “Hafif” f=1 Ö3; “Renkli” f=1 Ö3; “Yüksek çözünürlük, Pikseli arttı” f=2 Ö9, Ö11; “En olarak büyük, kalınlık olarak ince” f=2 Ö1, Ö3; Daha hızlı” f=1 Ö1; “Ses kalitesi arttı” f=1 Ö9 şeklindedir. Öğrenci görüşleri ise Ö1 “Televizyonlar en olarak büyüdüler fakat genişlik olarak inceltiler. Görüntü kalitesi çok yükselmiştir. Televizyonlar hızlanmıştır.”, Ö2 “Eskiden tüplü iken şimdi plazma var.”, Ö3 “Eski televizyonlar büyük ve ağırdı fakat şimdi ince ve daha hafiftir. Görüntü önceden siyah beyaz ve net değildi. Yeni televizyonların çözünürlüğü daha iyi.”, Ö11 “Geçmişten günümüze görüntü kalitesi arttı. Eskiden çok zorlanıyordum görüntünün ne olduğunu anlamıyordum.”, Ö4 “Eskiden tüplü ve büyüktü. Şu an ise daha küçük eskiye göre.”, Ö9 “Piksel arttı, ses kalitesi arttı, tüp yok.” şeklindedir.

Dördüncü soruda “Televizyonlarda kullanılan ekran türleri nelerdir?” diye sorulmuştur. Verilen cevaplar Şekil 4.68’de listelenerek sınıflandırılmıştır.

TEMALAR	f	Ö
Tüplü ekran	④	1, 2, 5, 11
LED	③	3, 9, 11
LCD	③	2, 5, 11
Plazma	④	1, 2, 5, 11
OLED	③	2, 5, 9
Kavisli ekran	①	3
Sensörlü	①	1
QLED	①	9
Cevapsız	①	4

○ :Frekans ; □ :Öğrenci Kodu

Devamsız Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12

Şekil 4.68 Öğrenci Görüşlerine Göre Televizyonlarda Kullanılan Ekranlar

Şekil 4.68’de görüldüğü gibi öğrencilerin görüşlerine göre en çok kullanılan ekranların tüplü ekran, plazma sonra LED, LCD, OLED ve kavisli ekran, sensörlü, QLED olduğu görülmüştür.

Beşinci soruda “**Bu bahsedilen ekranları daha başka nerelerde kullanabiliriz?**” sorusu sorulmuştur. Verilen cevaplar Şekil 4.69’da listelenerek sınıflandırılmıştır

TEMALAR	f	Ö
Sağlık alanı	1	11
Fabrika	1	1
Hastane	2	1, 5
Bilgisayar	4	1, 2, 3, 5
Festivaller	2	2, 5
Telefon	2	3, 9
Akıllı tahta	2	1, 2
Tablet	1	9
Laptop	1	9
Cevapsız	1	4

○ :Frekans ; □ :Öğrenci Kodu

Devamsız Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12

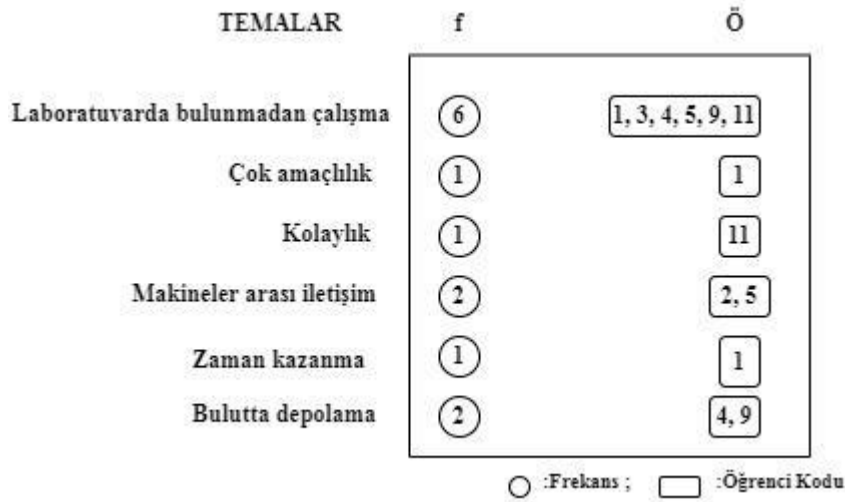
Şekil 4.69 Öğrenci Görüşlerine Göre Ekran Türleriyle Nerelerde Karşılaşılabileceği

Şekil 4.69’de görüldüğü gibi öğrenciler ekran türleriyle en çok bilgisayar, sonra hastane, festivaller, telefon, akıllı tahta ve en az sağlık alanı, fabrika, tablet, laptoplarda karşılaşılabileceklerini söylemişlerdir.

4.12.2. Laboratuvar çalışmalarında IoT

Bu aşamanın başında öğrencilere “Endüstri 4.0” içerikli power point sunumu yapılmıştır. Sunum sonrası öğrencilere **ÖÇY_6**’daki metin okutulmuş ve metinle ilgili sorular cevaplandırılıp tartışılmıştır. Öğrenci çalışmaları ile ilgili bulgular aşağıda sunulmuştur.

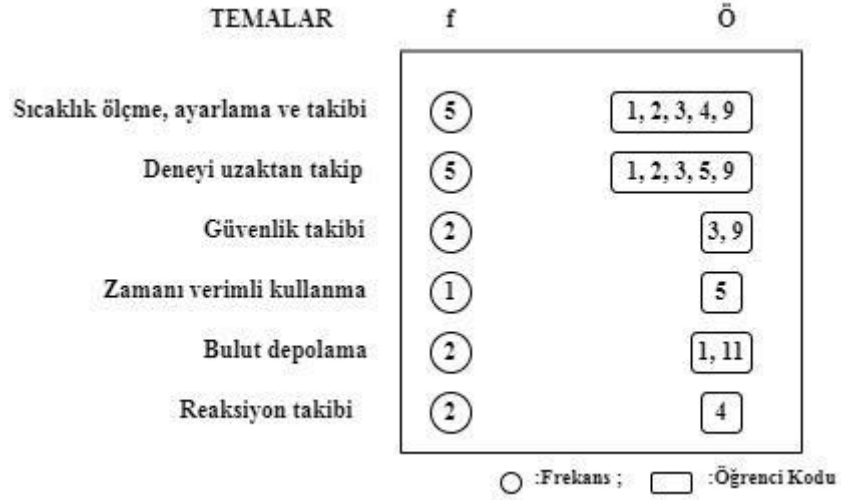
Çalışmanın bu bölümünde ilk olarak “**Laboratuvar çalışmalarında IoT’i nasıl kullanabiliriz?**” sorusu sorularak ortaya çıkan temalar Şekil 4.70’te temalar sunulmuştur.



Şekil 4.70 IoT'nin Laboratuvarda Kullanılması İle İlgili Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.70'te görüldüğü gibi “**Laboratuvarda bulunmadan çalışma**” teması altında f=6 Ö1 “*Laboratuvar çalışmalarında... uzun süre başında bekleme gibi durumlar söz konusu olmaz.*”, Ö3 “*Yapılan deneyi laboratuvarda bulunmadan kontrol edebiliriz. laboratuvar ortamının nem ve sıcaklığını, deneye katılacak maddeyi kontrol edebiliriz. Böylece laboratuvara gitmeden deneyleri kolayca yapabiliriz.*”, Ö4 “*Aslında laboratuvarın her alanında istediğimiz şekilde kullanabiliriz. IoT sayesinde herhangi bir deneyimizi saniye saniye izlemek yerine IoT sayesinde sadece deneyin sonucuna bakarak her şeyini anlayabiliriz.*”, Ö5 “*Uzaktan erişim ve kontrol için kullanılabilir.*”, Ö9 “*Otomatik deney sistemi sayesinde siz başında beklemezken deney yapılır.*”, Ö11 “*İnterneti kullanarak laboratuvar malzemelerini internetten kullanabiliriz.*”; “**Çok amaçlılık**” teması altında f=1 Ö1 “*Laboratuvar çalışmalarında IoT çok amaçlı kullanılabilir.*”; “**Kolaylık**” teması altında f=1 Ö11 “*İnterneti kullanarak laboratuvar malzemelerini internetten kullanabiliriz. Bu bize kolaylık sağlar.*”; “**Makineler arası iletişim**” teması altında f=2 Ö2 “*Bütün nesnelerin makinelerin birbiri içinde koordinasyon kurmasını amaçlar.*”, Ö5 “*Bütün nesneler birbiriyle bağlantılı olacağından kolay organizasyon ve koordinasyon sağlar.*”; “**Zaman kazanma**” teması altında f=1 Ö1 “*Zaman kaybı, uzun süre başında bekleme gibi durumlar söz konusu olmaz.*” ve “**Bulutta depolama**” teması altında f=2 Ö4 “*IoT sayesinde herhangi bir deneyimizi saniye saniye izlemek yerine IoT sayesinde sadece deneyin sonucuna bakarak her şeyini anlayabiliriz.*”, Ö9 “*...deney yapılır ve bilgiler buluta yüklenir.*” şeklinde ifade edilmiştir.

İkinci olarak “**Bulut bağlantılı sıcaklık sensörü nedir? Laboratuvar da ne işimize yarar?**” soruları sorularak ortaya çıkan temalar Şekil 4.71’de temalar sunulmuştur.

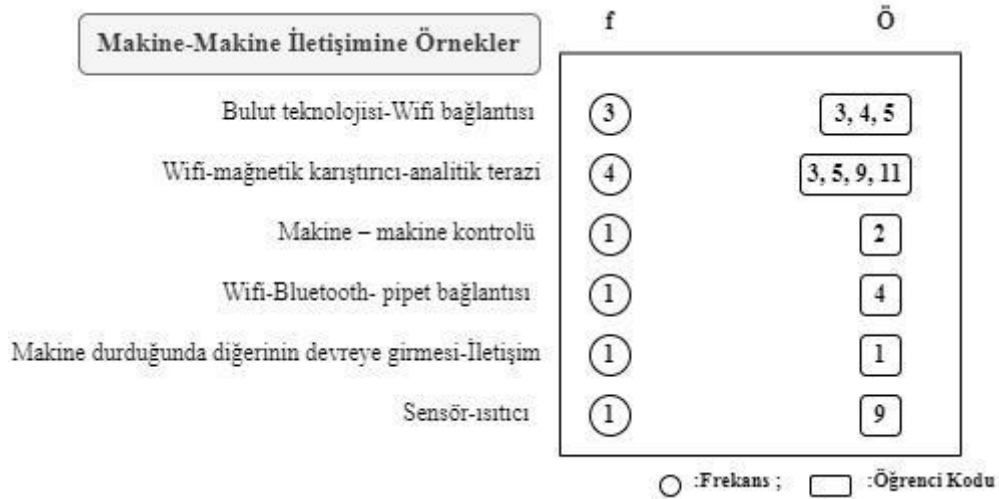


Şekil 4.71 Bulut Bağlantılı sıcaklık Sensörü ile İlgili Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.71’de görüldüğü gibi “**Sıcaklık ölçme, ayarlama ve takibi**” $f=5$ Ö1 “Laboratuvar da bir deney yaparken bulut bağlantılı sıcaklık sensörü ile sıcaklığı gayet güzel ayarlayabiliriz. Önemli işlerimiz varken bile deneyimizin sıcaklığını ayarlayabiliriz.”, Ö2 “...sensörle sıcaklığa bağlı olarak bize haber gelir, sıcaklık ayarı istediğimiz dereceye gelinceye kadar devam eder.”, Ö3 “Eğer laboratuvar da beklenmedik bir yangın gibi olayda bu sensör yardımcı olabilir veya deneyde kullanılan malzemeyi bozacak bir sıcaklığa gelindiğinde bizi haberdar eder. Bu sensör sayesinde laboratuvar da sıcaklığı uzaktan kontrol edebiliriz.”, Ö4 “Sıcaklığı kontrol eden sensöre verdiğimiz isimdir. Ve deney veya projemizde maddenin sıcaklığını ölçerek hal değişimi ve reaksiyona girme durumlarını ve hızlarını tespit eder.”, Ö9 “Laboratuvar da sıcaklığı istenen düzeyde tutar ve herhangi bir aksaklıkta size haber verir. “Sürekli kontrol etmenize gerek kalmaz.”; “**Deneyi uzaktan takip**” $f=5$ Ö1 “Önemli işlerimiz varken bile deneyimizin sıcaklığını ayarlayabiliriz.”, Ö2 “Laboratuvar da uzun süren işlerde başında beklemek yerine bu sensörle sıcaklığa bağlı olarak bize haber gelir, sıcaklık ayarı istediğimiz dereceye gelinceye kadar devam eder.”, Ö3 “...Bu sensör sayesinde laboratuvar da sıcaklığı uzaktan kontrol edebiliriz.”, Ö5 “Laboratuvar ı uzaktan kontrol etmeyi sağlar. Kendimize daha fazla vakit ayırmamızı sağlayan bir sistemdir.”, Ö9 “Laboratuvar da sıcaklığı istenen düzeyde tutar ve herhangi bir aksaklıkta size haber verir. Sürekli kontrol etmenize gerek kalmaz.”; “**Güvenlik takibi**” $f=2$ Ö3 “Eğer laboratuvar da beklenmedik bir yangın gibi olayda bu sensör yardımcı olabilir

veya deneyde kullanılan malzemeyi bozacak bir sıcaklığa gelindiğinde bizi haberdar eder. Bu sensör sayesinde laboratuvardaki sıcaklığı uzaktan kontrol edebiliriz.”, Ö9 “...herhangi bir aksaklıkta size haber verir. Sürekli kontrol etmenize gerek kalmaz.”; **“Zamanı verimli kullanma”** f=1 Ö5 “...kendimize daha fazla vakit ayırmamızı sağlayan bir sistemdir.”; **“Bulut depolama”** f=2 Ö1 “Laboratuvarında bir deney yaparken bulut bağlantılı sıcaklık sensörü ile sıcaklığı gayet güzel ayarlayabiliriz...”, Ö11 “Laboratuvarında yapılan deneylerin sıcaklığının ölçeriz. Ama laboratuvara girmemize gerek kalmadan. Sensör okunan değerleri internete atar.”; **“Reaksiyon takibi”** f=2 Ö4 “Sıcaklığı kontrol eden sensöre verdiğimiz isimdir. Ve deney veya projemizde maddenin sıcaklığını ölçerek hal değişimi ve reaksiyona girme durumlarını ve hızlarını tespit eder.” şeklinde olmuştur.

Üçüncü olarak **“Yukarıdaki metinde makine-makine etkileşimine örnekler nelerdir?”** sorusu sorularak ortaya çıkan temalar Şekil 4.72’de temalar sunulmuştur.



Şekil 4.72 Makine-Makine Etkileşimine Yönelik Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.72’de görüldüğü gibi **“Bulut teknolojisi-Wifi bağlantısı”** temasıyla f=3 Ö3 “Bulut teknolojiyle veya Wifi bağlantısıyla analitik terazi ve manyetik karıştırıcının birbiriyle iletişimde olması bir örnektir. Bu teknoloji bir makine sayesinde diğer makinenin çalışmasını sağlar.”, Ö4 “Bulut teknolojisi ve Wifi bağlantısı...”, Ö5 “Bulut teknolojisi bağlantısı ve Wifi bağlantısı donanımı ile analitik terazi ve manyetik karıştırıcı gibi.”; **“Wifi-manyetik karıştırıcı-analitik terazi”** temasıyla f=4 Ö3 “...Wifi bağlantısıyla analitik terazi ve manyetik karıştırıcının birbiriyle iletişimde olması bir örnektir.”, Ö5 “Bulut teknolojisi bağlantısı ve Wifi bağlantısı donanımı ile analitik terazi ve manyetik karıştırıcı gibi.”, Ö9 “Sensör-ısıtıcı, Analitik terazi –manyetik karıştırıcı”, Ö11 “Genel

olarak analitik terazi ve manyetik karıştırıcı.”; “**Makine – makine kontrolü**” temasıyla f=1 Ö2 “Bir makine iş yaparken diğer makine yapılan işi kontrollü bir şekilde devam etmesini sağlar.”; “**Wifi-Bluetooth- pipet bağlantısı**” temasıyla f=1 Ö4 “Bulut teknolojisi ve Wifi bağlantısı. İnternet bağlantılı pipetler. Bluetooth bağlantısı.”; “**Makine durduğunda diğerinin devreye girmesi-İletişim**” f=1 Ö1 “Mesela sadece bizim ayarlamamız sadece bizim düzenlememiz gerekmez makine –makine etkileşimi sayesinde makine durduğunda diğer makine devreye girer.”; “**Sensör-ısıtıcı**” f=1 Ö9 “Sensör-ısıtıcı, Analitik terazi – manyetik karıştırıcı” şeklinde olmuştur.

Dördüncü olarak “Yukarıdaki metinde insan-makine etkileşimine örnekler nelerdir?” sorusu sorularak ortaya çıkan temalar “**İnsan-Makine İletişimine Örnekler**” başlığında Şekil 4.73’te temalar sunulmuştur.

İnsan-Makine İletişimine Örnekler		f	Ö
İnsanların makineleri kontrol etmesi		1	1
Cep telefonundan deneyin takip edilmesi		1	3
Bluetooth yoluyla sıvı miktarının kontrolü		1	3
Cep telefonuyla laboratuvaradaki sistemlerin kontrolü		2	2, 4
Teknoloji kullanımı		1	5
Cep telefonuyla ısıtıcı, sıcaklık değişimi, ilave edilen maddenin kontrolü		1	9
Laboratuvaradaki deneyden cep telefonuna veri gönderilmesi		1	11

○ :Frekans ; □ :Öğrenci Kodu

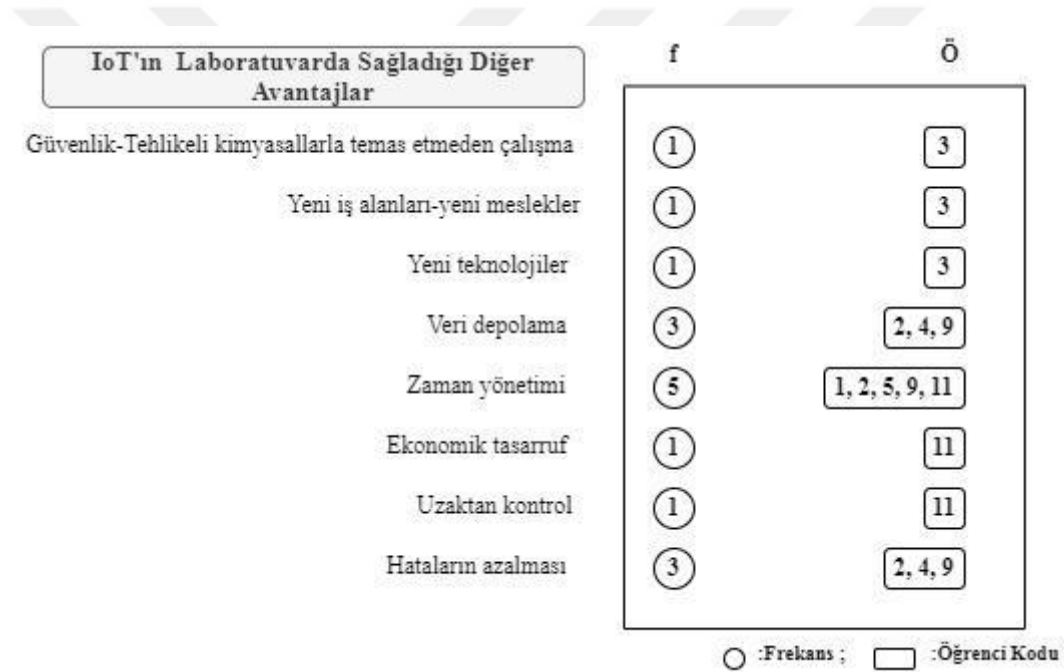
Şekil 4.73 İnsan-Makine Etkileşimine Yönelik Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.73’te görüldüğü gibi öğrencilerin görüşleri “**İnsanların makineleri kontrol etmesi**” temasıyla f=1 Ö1 “Biz insanlar bir şeyleri kontrol etmeyi, her şeyin kontrolümüz dâhilinde gerçekleşmesini çok severiz. Bu yüzden makineleri de kontrol ederiz”; “**Cep telefonundan deneyin takip edilmesi**” ve “**Bluetooth yoluyla sıvı miktarının kontrolü**” f=1 Ö3 “Kimyacının telefonundan makinenin yaptığı şeyleri kontrol edebilmesi bir örnektir. Bluetooth yoluyla sıvı miktarını kontrol etmesi gibi etkileşimler örnektir.”; “**Cep telefonuyla laboratuvaradaki sistemlerin kontrolü**” f=2 Ö2 “Makinelerin aralarında bir iletişim kurarak geliştirdiği olayların insanların onların başında beklemeden haberdar

olmasını sağlayarak işimizi kolaylaştırır.”, Ö4 “Telefon üzerinden sistemleri kontrol edebiliriz.”; “**Teknoloji kullanımı**” f=1 Ö5 “Teknoloji ve insanların kullanımı”, “Cep telefonuyla ısıtıcı, sıcaklık değişimi, ilave edilen maddenin kontrolü” f=1 Ö9 “Telefon üzerinden kontrol edilen ısıtıcı, sıcaklık değişimi, ilave edilen maddeyi doldurma örnektir.”; “**Laboratuvardaki deneyden cep telefonuna veri gönderilmesi**” f=1 Ö11 “Mesela laboratuvardaki makinelerin cep telefonumuza veri göndermesi.” şeklindedir.

4.12.3. Laboratuvarda IoT’nin avantaj ve dezavantajları

Beşinci olarak “Nesnelerin interneti laboratuvarda bize daha başka ne gibi avantajlar sağlar?” sorusu sorulmuştur. “Daha Başka Avantajlar Sağlar.” başlığında Şekil 4.74’teki temalar sunulmuştur.

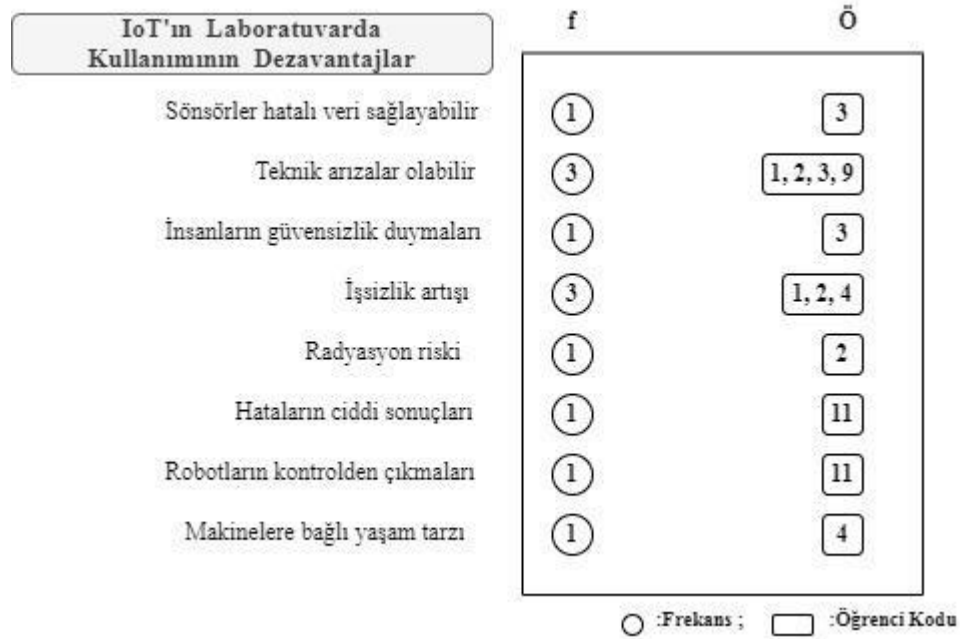


Şekil 4.74 IoT’nin Sağladığı Avantajlar

Şekil 4.74’te görüldüğü gibi öğrencilerin görüşleri “Güvenlik-Tehlikeli kimyasallarla temas etmeden çalışma”, “Yeni iş alanları-yeni meslekler” ve “Yeni teknolojiler” temalarıyla f=1 Ö3 “Eğer tehlikeli bir deneysel laboratuvarda insan olmadan deneylerin yapılmasını sağlar. Yeni iş alanları sağlar. Başka teknolojilerin önünü açar.”; “Veri depolama” f=3 Ö2 “İnsanların yaptığı hatalar, tutturamadığı ölçüleri bunlar yapmayacağı için daha çok tercih edilecek.”, Ö4 “Deney ve projemizdeki sonuçları ve verileri yazılı olarak saklamamıza gerek kalmadan nesnelerin interneti sayesinde bütün değişkenler daha kalıcı bir şekilde saklanabilir.”, Ö9 “Veriler direkt olarak depolanacağı için deneyin

süreçleri daha iyi anlaşılır.”; “**Veri depolama**” f=5 Ö1 “Zaman kaybını önler. İnsanların kendilerine daha çok zaman ayırmalarını sağlar. İnsanlar deneylerini yaparken daha çok yorulmazlar.”; Ö2 “İnsanların yaptığı hatalar, tutturamadığı ölçüleri bunlar yapmayacağı için daha çok tercih edilecek.”; Ö5 “Vakit kaybını önler ve zamanı iyi yönetmemizi sağlar.”; Ö9 “Laboratuvarlara zaman kazandırır.”; Ö11 “Zamandan tasarruf ederiz.”; “**Ekonomik tasarruf**” ve “**Uzaktan kontrol**” f=1 Ö11 “Laboratuvarı uzaktan kontrol etmemizi sağlar. Zamandan tasarruf ederiz.”; “**Hataların azalması**” f=3 Ö2 “İnsanların yaptığı hatalar, tutturamadığı ölçüleri bunlar yapmayacağı için daha çok tercih edilecek”, Ö4 “Deney ve projemizdeki ölçümlerde daha kusursuz sonuçlar elde edebiliriz. Deney ve projemizdeki sonuçları ve verileri yazılı olarak saklamamıza gerek kalmadan nesnelerin interneti sayesinde bütün değişkenler daha kalıcı bir şekilde saklanabilir.”; Ö9 “Daha hassas ölçümler olacağı için deneyin başarı oranı artar.” şeklinde ortaya çıkmıştır.

Altıncı olarak “Nesnelerin internetinin laboratuvarlarda kullanımının ne gibi dezavantajları olabilir?” sorusu sorulmuştur. “**Dezavantajlar**” başlığında Şekil 4.75’te temalar sunulmuştur.



Şekil 4.75 IoT’nin Dezavantajları il İlgili Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.75’te görüldüğü gibi öğrencilerin görüşleri “**Sensörler hatalı veri sağlayabilir.**” ve “temasıyla “**İnsanların güvensizlik duymaları.**” f=1 Ö3 “Bu sensörler hata verebilir ve her zaman çalışmayabilir. İnsanlar makineler tarafından yapılan

çalışmalara güvenmeyebilir.”; **“Teknik arızalar olabilir”** f=3 Ö1 *“Teknik aksaklıklardan dolayı deney yanlış çıkabilir.”*, Ö2 *“Elektrikler kesilebilir.”*, Ö3 *“Bu sensörler hata verebilir ve her zaman çalışmayabilir.”*, Ö9 *“Herhangi bir arıza ya da elektrik kesilmesi dışında bir dezavantaj görmüyorum.”*; **“İşsizlik artışı”** f=3 Ö1 *“İşsizlik artar, çünkü makineler insanların yapacağı işleri yapar.”*, Ö2 *“Laboratuvar çalışanlarında azalmalar olacağından işçi sayısı düşecektir.”*, Ö4 *“İnsan gücü azaldığından dolayı işsizlik oranı artacaktır.”*; **“Radyasyon riski”** f=1 Ö2 *“İnsan sağlığı açısından radyasyon gibi zararları vardır.”*; **“Hataların ciddi sonuçları”** ve **“Robotların kontrolden çıkmaları”** f=1 Ö11 *“Robotların yaptığı en ufak bir hata çok ciddi sıkıntılar yaratabilir ve bir insanın hayatına mal olabilir. Bu yüzden bence robotlar insan yerine geçmemeli hayatı kolaylaştırmamalıdır.”*; **“Makinelere bağlı yaşam tarzı”** f=1 Ö4 *“Zamanla daha çok makinelere bağlı bir yaşam sürmeye başlarız.”* şeklinde olmuştur.

Son olarak **“Eklemek istediğiniz var mı?”** sorusu sorulmuştur. **“Diğer Görüşler”** başlığında Şekil 4.76’da temalar sunulmuştur.

IoT'in Laboratuvarında Kullanımı ile İlgili Diğer Görüşler		f	Ö
Birden fazla iş takibi	1	2	
Hataların azalması	1	2	
Hızlı sonuç alma	1	2	
Amaca uygun ve istenilen ayarlamalar yapma	2	2, 4	
Bütünsel yazılım	1	1	
İnsanın rolünün azalması	1	4	
Robotlara bağımlılık	1	4	
Bluetooth teknolojisi	1	9	

○ :Frekans ; □ :Öğrenci Kodu

Şekil 4.76 Laboratuvarında Iot'nin Kullanılması ile İlgili Diğer Öğrenci Görüşleri

Şekil 4.76’da görüldüğü gibi öğrencilerin görüşleri **“Birden fazla iş takibi”**, **“Hataların azalması”** ve **“Hızlı sonuç alma”** f=1 Ö2 *“Aynı anada iki iş yapılabilir. Artık hataların azaltılması, istenilen sonuçların hızlı istenmesi makine-insan etkileşimini gerektirir.”*; **“Amaca uygun ve istenilen ayarlamalar yapma”** f=2 Ö2 *“Bu makinelerin*

sensörleri istenilen ayarlara da ayarlanabilir (sıcaklık, nem vb.) ve bu fazlasıyla detaylı bir düzen olduğu için tercih edilir.”; Ö4 “Amaç olarak insanları, verileri ve cihazları birbirine bağlayabilen bütünsel bir yazılım platformu” denmiş ama bence sistemler daha çok geliştikçe insanın projelerde olan payı daha da azalacaktır.”; “Bütünsel yazılım” f=1 Ö1 “Bütünsel yazılım platformu.”; “İnsanın rolünün azalması” ve “Robotlara bağımlılık” f=1 Ö4 “...insanın projelerde olan payı daha da azalacaktır. Belki de sonunda robotlara bağımlı bir yaşama başlarsak insanın yapacak hiçbir şeyi kalmayabilir.”; “Bluetooth teknolojisi” f=1 Ö9 “İnternetin kablolar tarafından sağlanması yüzünden veri paylaşımının yetersiz kalabileceği durumlar için Bluetooth teknolojisi geliştirilirse daha entegre olur.” şeklinde olmuştur.

4.13. Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notlarına ait Bulgular

Çalışmayla ilgili araştırmacının hangi gün ve saatlerde çalışmanın yapıldığı ortamdaki çalışmayı katılımcılarla birlikte nasıl gerçekleştirdiği, birlikte neler yaptıkları Tablo 4.38’de detaylı şekilde anlatılmıştır.

Tablo 4.38 Araştırmacı Günlüğü ve Alan Notları

Ön-test	10.10.2019 Perşembe Saat 15.30-16.50’de 10 D sınıfında toplanıldı. Öğrencilerle tanışıldı. İletişim bilgileri alındıktan sonra yapılacak çalışma hakkında bilgi verildi. Öğrencilere çalışmanın ölçeklerle değerlendirilmesinin öneminden bahsedildi. Uygulamanın başlamasından önce sahip oldukları ön-testleri analiz etmek için ön-testler (Ortaöğretim Öğrencilerine Yönelik Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT), Nanoteknoloji Tutum Ölçeği, Lise Öğrencilerinin STEM’e karşı Tutumları Ölçeği, Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ)) yapıldı. Testlerin uygulanması 16.20’de tamamlandı. Bir sonraki çalışmada kalan diğer ön-testlerin yapılacağı belirtildi ve 17.10.2019 da uygulamanın başlayacağı söylenerek oturum bitirildi.
1. hafta	17.10.2019 Perşembe Saat 15.00’da başlayan uygulamalara başlamadan 15 dakika süren Nanobilim ve Nanoteknoloji Kuramsal Anlama Testi uygulandı. Sonra da 15 dakika süren açık uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 formu uygulandı.

	Saat 15.40'da uygulamaya başlandı. Nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren bir giriş senaryosu bulunan çalışma yaprakları öğrencilere dağıtıldı. Akıllı tahtada senaryo metni açıldı. Senaryo ile ilgili sorular soruldu. Senaryo ile ilgili sorularla ilgili öğrencilerin çalışma yaprağı üzerine görüşlerini yazdıktan sonra Öğrencilerin görüşleri ve yorumları alınarak sınıf içi tartışmalar yapıldı. Böylece etkinliğin giriş aşamasın gerçekleştirilmiş oldu. Ses kaydı alındı. Bu çalışma saat 16.20' de tamamlandı. Derse 10 dakika ara verildi. İlk haftanın ikinci dersi 16.30'da başladı. Etkinliğin keşfetme aşaması olan bu bölümde makro boyutta yapışkan, titreşim ve engeli ortamlar ve materyaller sayesinde bu kavramları anlamalarını sağlamak amacıyla sınıfa getirilen çam ağacının yaprakları, reçinesi incelendi. Öğrencilerin görüşleri alındı.
2. hafta	24.10.2019 Perşembe günü saat 15.00'da 10 D sınıfında toplanıldı. Öğrenciler gruplara ayrılarak önceki dersin keşfetme aşamasında devam eden küp şeker, toz şeker ve pudra şekerinin yapısal ve işlevsel farklılıklarını sorgulayacakları deneysel çalışmayı yaptılar. Moleküllerin titreşim ve engeli yapısı ile ilgili olarak deney yaprağındaki verilen çalışmaları yaparak gözlem ve bulgularını tartıştılar. 15.40'da derse 10 dakika ara verildi. 15.50'de başlayan etkinlikte öğrenciler 4 kişiden (2 kız, 2 erkek) oluşan 3 gruba ayrıldılar. 16.05'e kadar devam eden etkinliğin açıklama aşamasında, "Nano" kavramının kökeni, anlamı hakkında, metrenin milyarda biri olduğu hakkında onlara verilen çıkartmalardaki ölçek bilgisi ve ona ait görsel bulunan çıkartmalar gruplara dağıtıldı. Yarışma şeklinde görselleri boyutlarına göre küçükten büyüğe sıralama yaparak düzenlediler. Yarışma videoya kaydedildi. Etkinliğin bu bölümünde öğrenciler derinleştirme aşamasında görselde verilen cep telefonu ve bilgisayarın zaman içinde minikleşmesiyle ilgili olarak, minikleşme ile ürünlerin görünümünde, fonksiyonlarında ne gibi değişimler meydana geldiği sorularak tartışmalar yaptılar. Son olarak değerlendirme aşamasında öğrencilerin iki hafta boyunca edindikleri bilgi ve beceriler sıralama ve

	<i>eşleştirme etkinlikleriyle değerlendirildiler. Etkinlik saat 16.30'da tamamlandı.</i>
3. hafta	<i>24.10.2019 Perşembe saat 15.00'da 10 D sınıfında toplanıldı. Sonra "Sinek ve kuşkanadı çarpmasında ne gibi farklar olabilir?" araştırma sorusunun bulunduğu çalışma yaprağı 4 kişiden (2 kız, 2 erkek) oluşan 3 öğrenci gruplarına dağıtıldı. Çalışma yaprağındaki açık uçlu sorularla ilgili tartışmalar gerçekleştirildi ve bu sırada ses kaydı alındı. İlk beş açık uçlu sorular cevaplandıktan sonra bir masa üzerine tarafımdan daha önce hazırlanan çeşitli malzemeler öğrencilere gösterildi. Kuş ve sinek kanadı tasarımı yapacakları söylendi. Öğrenciler tasarımları ve hangi malzemeleri kullanacakları hakkında tartışmalar yaptılar. Bu sırada görüntü kaydı alındı. Ders sonuna kadar bu tartışma devam etti. Öğrencilerin istediği ve orada olmayan bazı malzemeler sağlanmak üzere not alındı. Etkinliğe gelecek ders devam edileceği söylenerek 16.30'da ders sonlandırıldı.</i>
4. hafta	<i>07.11.2019 Perşembe günü saat 15.00'daki çalışmaya öğrenciler kaldığı yerden devam etti. "Kuş ve sinek kanadı tasarımı" çalışması yapıldı. Grup üyelerinin hepsi çalışmaya katılım sağladı. Çalışmalarını (2. grup) kuş ve sinek kanadı arasındaki gerçek matematiksel oranı öğrenmek için internet araştırması yaparak sürdürdüler. Malzeme özellikleri, ağır ya da hafif oluşları, uzunluk, denge gibi kavramlara dikkat ederek tasarımlarına devam ettiler. Görüntü ve ses kaydı alındı. Bu sırada öğrencilerle çalışmaları, ne yaptıkları hakkında sohbetler edildi. Görüntü ve ses kayıtları alındı. Çalışma sırasında ve sonunda önceden dağıtılan çalışma yapraklarına öğrenciler grup görüşlerini yansıttılar. Ders 16.30'da bitti. Tasarım çalışması böylece tamamlanmış oldu.</i>
5. hafta	<i>14.11.2019 Perşembe günü saat 15.00'da 10 D sınıfında toplanıldı. Nanosensörler başlığında öğrencilere modülün başındaki ilk etkinlikteki nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren aynı senaryo içeren çalışma yaprağı verildi. Senaryo ile ilgili sorular tekrar soruldu. Öğrenciler küçük gruplar halinde çalışarak "Evimizde Kullandığımız Sensörler" temalı ayrıntılar</i>

	<i>içeren çevrelerinde karşılaştıkları ve kullandıkları teknoloji, materyaller ve ürünlerle ilgili olarak hazırlanan çalışma sayfasındaki sorular tartışıldı. Ses ve video kaydı alınmıştır. Ders saat 16.30'da sonlandırıldı.</i>
6. hafta	28.11.2019 Perşembe günü saat 15.00'da 10 D sınıfında toplanıldı. Dersin başlamasıyla birlikte tarafımdan Endüstri 4.0 konulu power point sunumu yapıldı ve sunumun içeriği tartışıldı. Devamında öğrencilere Nesnelerin İnterneti içerikli metin verildi. Bu metinle ilgili çalışma yaprağındaki sorular cevaplandı ve tartışıldı. Dersin ikinci bölümünde öğrenciler “Gümüş Nanoparçacık Sentezi” yapmayı öğrenerek gerçekleştirdiler. Deney çalışması yapılandırılmış deney formatında gerçekleştirildi. Öğrenciler, deney düzeneğinin kurulmasından ve gümüş nanoparçacık sentezi tamamlandıktan sonra deney ortamını uzaktan nasıl kontrol ve takip edebileceklerini deneyle ilgili çalışma yapraklarında bulunan sorularla tartışıldı. Dersin kalan bölümünün gelecek ders devam edeceği söylenerek ders 16.30'da sonlandırıldı.
7. hafta	12.12.2019 Perşembe günü 15.00'da 10 D sınıfında toplanıldı. Dersin ilk bölümünde önceki dersin devamı olarak; öğrencilere bu deneyin bir mikrodenetleyici kullanılarak nasıl yapılması gerektiği sorularak nasıl bir sistem tasarlanabileceği tartışıldı. Problemin Belirlenmesi, Tanımlanması ve Tartışma aşaması gerçekleştirildi. Kullanılacak Mikrodenetleyici Tanıma aşaması gerçekleştirildi. Kullanılan mikrodenetleyici tanıtıldı. Kullanılan Particle Photon cihazı uygulamasının telefona kurulumu çalışması gerçekleştirildi. Dersin kalan bölümünün gelecek ders devam edeceği söylenerek ders 16.30'da sonlandırıldı.
8. hafta	19.12.2019 Perşembe günü saat 15.00'da IoT Tasarımının Genel Özellikleri belirlenerek nasıl bir Taslak Tasarım yapılacağı ile ilgili öneriler tartışıldı. Tasarım Önerisine Yönelik Araştırmasında sensörlerin kurulumu ile ilgili öneriler değerlendirildi. Tasarım Önerileri Geliştirme bölümünde deney düzeneği ve IoT Tasarımı gerçekleştirildi. Üretim aşamasında da tasarımın çalışması gerçekleştirildi. Değerlendirme ve Test Etme aşamasında sistemin

	<i>çalışması veriler alınarak değerlendirildi. Karşılaşılan sorunlar ve güçlüklerle yönelik Değişiklik Önerme aşamasında ortaya çıkan öneriler değerlendirildi. Böylece modül tamamlandı.</i>
Son-test	<i>26.12.2019 Perşembe günü 15'00'da 10 D sınıfında toplanıldı. Öğrencilere sertifikaları verildi. Uygulamanın sona ermesiyle birlikte son-testler (Ortaöğretim Öğrencilerine Yönelik Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT), Nanoteknoloji Tutum Ölçeği, Lise Öğrencilerinin STEM'e karşı Tutumları Ölçeği, Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ)) yapıldı. Nanobilim ve Nanoteknoloji Kuramsal Anlama Testi uygulandı. Son olarak açık uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji- Endüstri 4.0 formu uygulandı.</i>

5. BÖLÜM: SONUÇ

5.1. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada lise öğrencileri için MEB ortaöğretim kimya öğretim programında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji bağlantılı konular paralelinde, Endüstri 4.0 devriminin beklentileri ve öngörülleri doğrultusunda STEM-GLASS bütünleşik eğitim yaklaşımı ve yapılandırmacılık temelli öğretim yöntem ve tekniklerinin kullanıldığı etkinlikler tasarlanmış ve uygulama süreci incelenmiştir. Hazırlanan etkinlik içeriğinin uygulanmasıyla öğrencilerin bilimsel süreç becerilerindeki, nanoteknolojiye karşı tutumlarındaki, STEM'e karşı tutumlarındaki, STEM mesleklerine yönelik ilgilerindeki değişimini anlamak için nicel ve nitel verilerden elde edilen bulgular ve alan yazın kullanılarak yorumlanmıştır. Bunun yanında NBT ile ilişkilendirilebilecek MEB ortaöğretim kimya öğretim programında bulunan çekirdek konularla ilişki kurulup, öğrencilerin hem NBT'ni kavramsal anlamaları hem STEM-GLASS bütünleşik yaklaşımının işe koşulduğu tasarım etkinliği ve gümüş nanoparçacık sentezi deneyini IoT ile yapılarak teknoloji entegrasyonun sağlandığı etkinlik içeriğinin uygulanması sırasında elde edilen bulgular alan yazınla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

“Öğrencilerin bilimsel süreç becerileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” sorusunun cevabı, Feyzioğlu ve arkadaşlarının (2012) geliştirdiği testin ön test ve son test puanlarından elde edilen nicel bulguların sonucu ve çalışmanın tümünden elde edilen nitel bulguların birleştirilmesiyle yorumlanmıştır. Nicel bulgularının sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. Bu sonuca göre uygulanan etkinliğin bilimsel becerileri düzeyinin geliştirmediği düşünülebilir. Testten alınabilecek maksimum toplam puan 360, ortalama puan ise 30 puandır. Testten alınan ön test toplam puanı 282, son test toplam puanı ise 262'dir. p değerine bakıldığında sınır değere çok yakın olduğu ($p=.049$) da görülmektedir. Çalışma grubu fen lisesi öğrencilerinden oluşmuştur ve her iki testten aldıkları toplam puanların yüksektir. Test sonucunda her ne kadar fark ön test lehine olsa da p değeri sınıra yakın olması, fen lisesi öğrencilerinin test puanlarının yüksek olması ve ayrıca etkinlik boyunca elde edilen diğer nitel bulgular öğrencilerin bilimsel becerilerinin geliştiğini düşündürmektedir. Şıvgın (2019) tez

alışmasında BSB'nin okul türüne göre Fen Liseleri lehine farklılık gösterdiği sonucuna ulaşmıştır.

Alan yazın incelendiğinde farklı şekillerde bilimsel becerilerin sınıflandırıldığı görülmektedir. Bu sınıflandırmaların tümü gözlem yapma,  lme, sınıflama, verileri kaydetme, sayı ve uzay ilişkisi kurma, kestirme, değişkenleri belirleme ve kontrol etme, denence yazma, araştırma ve deney tasarlama, veri toplama/kaydetme, verileri işleme, incelenen verileri işleme, sonuç çıkarma ve karar verme becerileri olarak karşımıza çıkmaktadır (Feyzioğlu ve diğ., 2012). Khamhaengpol ve arkadaşlarının (2021) de lise düzeyindeki öğrenciler için nanoteknoloji içerikli STEAM etkinliği geliştirdikleri çalışmanın sonucu, öğrencilerin temel bilimsel süreç becerilerinde (TBSB) (Aka, Güven ve Aydoğdu, 2010) başarı sonuçlarının iyi düzeyde geliştiği ve uygulamanın özellikle orta düzey olan öğrencilerin mühendislik tasarım süreci (MTS)'ni (Han ve Shim, 2019) teşvik ettiğini göstermiştir. Ayrıca  zellikle TBSB'si orta düzeyde olan öğrencilerin yaratıcılığını geliştirdiğini ve öğrencilerin ilgisini çektiğini bulmuşlardır. Arslan (2013)  ğrencilerin STEM'e dayalı öğrenme ortamlarının, bilim insanının araştırma yapma sürecinde takip ettiği yolu gerektirdiğinden bilimsel süreç becerilerini de geliştirdiğini belirtmiştir. G r ld ğu gibi çalışmanın BSB ile ilgili sonuçları diğer çalışmalarla benzemektedir.

Tasarlanan etkinliklerin uygulanması sürecinde STEM tasarım ve IoT entegrasyonunun yanında 5E  ğrenme yönteminin de  ğretim yöntemi olarak kullanılması öğrencilerin var olan  n bilgilerini harekete geçirmiş, konularla ilgili kavramsal öğrenmeyi sağlamıştır. Öğrenciler kazandıkları yeni bilgi ve becerileri, tasarım ve IoT teknoloji entegrasyonunda kullanmıştır. Bu süreçlerde ve öğrenme ortamlarında öğrenciler bilimsel süreç becerileri kullandıkları ve geliştirdikleri düşünülmektedir. Bu çok yönlü farklı alanlardaki becerileri edinmek ve geliştirmek için tasarlanan etkinliklerin faydalı olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında bu uygulamaların öğrencilerin başta mühendislik becerilerini kullanarak disiplinlerarası süreç becerilerine odaklı, öğrencilerin kendi yapılandırdıkları öğrenme ve değerlendirme sürecinde  ğrenci merkezli bir  ğretim sağladığı düşünülmektedir. He ve arkadaşları (2016) IoT'ni STEM'e entegre etmek amacıyla hazırladıkları kursun durum çalışmasında IoT'yi STEM'e dahil etmenin lisans  ğrencilerinin gelişen becerilerinin iş gücü pazarında artan rekabete, gelişen endüstriye ayak uydurma aynı zamanda derslerindeki ilgi ve başarısını arttırma fırsatı sunduğu sonucuna varmışlardır. Urban (2014) açık kaynaklı mikrodenetleyicilerin ve programlama araçlarının artan kullanılabilirliğinin öğrencilere

enstrümantal tekniklerin ilkelerini öğretirken ve öğrencilerin eğitiminde bu tür teknolojilerin uygulanmasının, kimyaya özgü becerilerle kolayca birleştirilebilen bir dizi tamamlayıcı becerilerin geliştirilmesine daha fazla yardımcı olabileceğini düşünmektedir.

NBT, maddenin nano ölçekte incelenmesi ve anlaşılması bilimsel süreç becerileri gerektirir. BSB’ni öğrenciler ilk önce makro âlemdeki büyüklüklerden yola çıkarak mikro ve devamında nano âlemdeki büyüklükleri keşfederek, etkinlik içeriğindeki görsellerin ölçeklerini tahmin ederek, sıralama/gruplama yaparak kullanmışlardır. Nano dünyanın kurallarının ve nanonun neden farklı davrandığının anlaşılmasına çalışıldığı (çam, kaktüs, örümcek, geko ve küp, toz, pudra şeker etkinliklerinde) gözlemin ve deney kurgulama çalışmalarının olduğu bölümde öğrencilerin makro, mikro ve nano yapıları karşılaştırarak; gözlem yapma, karşılaştırma, araştırma sorusunu belirleme, deney tasarlama, deneyi gerçekleştirme, bulguları belirleme, sonuçlara ulaşma, yorumlama becerilerini kazandırdığı ve geliştirdiği söylenebilir. Etkinlik içeriğinde makro, mikro ve nano yapılardaki titreklilik (sürekli hareket), yapışkanlık (güçlü elektriksel çekim kuvveti, moleküler arası kuvvetler) ve engebelilik (farklı moleküler yüzey şekilleri) kavramlarının öğretilmesinde etkili şekilde kullanılabileceği söylenebilir. Etkinliğin bu bölümleri en fazla deneyime sahip olduğunuz makroölçekli dünyadan önemli ölçüde farklıdır. Nesneleri nanoölçekte kavramsallaştırmak insan ölçeğindeki deneyimlerimize, davranışlarımıza ve sezgilerimize benzersiz zorluklar sunar. Nano ölçeğin bizim insan ölçeğimizden nasıl farklı olduğunu anlaşılmasında nano dünyanın çok daha yapışkan, titreklilik ve engebeli olmasıdır. Üç boyutlu ve inişli çıkışlı molekülün yüzey yapısı “engebeli”, komşularıyla kimyasal etkileşimi “yapışkan”, sürekli termal hareket “titreklilik” kavramları ile daha iyi anlaşıldığı düşünülmektedir. Literatürler de desteklenen bu sonuçlar NBT eğitimi açısından olumlu kabul edilebilir. Jones ve diğ., (2013) bu kavramlara vurgu yaparak öğrencilerin maddenin beklenmedik ve sezgisel olmayan davranışları konusunda nasıl eğitilebileceğini tartışmışlardır. Adadan ve arkadaşları (2017) disiplinler arası bilimsel sorgulamaya dayalı lise öğrencilerine uyguladıkları maddenin boyuta bağlı özellikleri üzerine bir araştırmada 5E öğrenme döngüsünü kullanmışlardır. Bu çalışmada öğrenciler, hapın boyutundaki değişikliklerin ilacın emilimi nasıl etkilediğini test etmek için bir deney tasarlamışlar ve takip etmişlerdir. Bu araştırma sonucunda öğrencilerin yalnızca yüzey alanı-hacim oranı açısından bir malzemenin boyutu ile moleküllerin difüzyon hızı arasındaki ilişkiyi öğrenmekle kalmadığı, aynı zamanda bu bilgiyi boyutun nano-ölçek bağlamındaki önemine de genişlettiği sonucuna varmışlar ve ek olarak, öğrenciler bilimsel bir araştırma yapmakla

ilgili bilimsel süreç becerilerini uyguladıklarını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde bu uygulamada da öğrencilerin kavramsal öğrenmeyi gerçekleştirirken aynı zamanda bilimsel düşünme becerileri kazandıkları sonucuna varılabilir.

Öğrenciler tasarım boyunca yapıştırma, kesme, bükme, uygun malzeme kullanma, oranları değiştirme, modelleme, kanatların boyutlarını ayarlama becerilerinde zorlanmışlardır. Bu zorluklara farklı yapıştırıcılar deneme, malzeme değiştirme, oranları değiştirme, ölçüm yapma gibi çözümler düşünmüşlerdir. Ayrıca öğrencinin hata olduğunu düşünerek yaptıklarının da güzel olduğunu ifade etmesi tasarım sürecinde bazı hatalardan doğan tasarımların ve deneme yanılma yönteminin de tasarımı geliştirdiğini düşündürebilir. Öğrencilerin karşılaştıkları zorlukların üstesinden gelmek için geliştirdikleri çözümleri uyguladıkları ve bunun yanında yardımlaşarak işbirlikçi çalışma yaptıklarının görülmesi STEM tasarım çalışmalarında zorlanılan becerilerin çözümünde o soruna yönelik temel becerilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının yanında işbirlikçi çalışmaların, deneme yanılma, hatalardan öğrenme, hatalara izin verme davranışlarının önemini ortaya koyabilir. Aydın ve Karslı (2019) çalışmasında öğrencilerin tasarımlarını yaparken birtakım zorluklar yaşadıklarını, etkinliklerin öğrencilere birçok alanda olumlu özellikler kazandırdığını, etkinlikler sırasında öğrencilerin çok eğlendiklerini ve derse karşı ilgilerinin arttığını tespit etmişlerdir. Etkinlik boyunca öğrenciler interneti kullanma, literatür tarama, yabancı dil kullanma, anlam çözümleme, çıkarım yapma, demokratik şekilde tartışma, benzetme, ilişkilendirme, yorumlama ve modele aktarma/yansıtma” becerilerini kullandığı görülmüştür. Bu bahsi geçen becerilerin hepsi STEM-GLASS disiplinlerinin gerektirdiği becerilerin aktif şekilde kullanıldığını gösterebilir. Öğrencilerin tasarım yaparken STEM-GLASS disiplinleri gerektiren becerileri aktif şekilde kullandıkları ve eksikliklerini fark ederek çözüm geliştirdikleri düşünülmektedir. Abrahams ve Sağlam (2010) çalışmasında lise seviyesinde el becerisi gerektiren uygulamalı çalışmaların önemi azalırken ortaokul seviyesinde değişmediğini belirtmişlerdir. STEM ile ilgili araştırmalarda el becerisi teması en çok atıf alan temalardandır (Öztürk, 2019; Yıldırım, 2017). Sarı, Alıcı ve Şen (2018) laboratuvar imkânlarına sahip öğrencilerin katıldığı STEM etkinliklerinin uygulandığı çalışmalarda STEM’in öğrenmeye etkisinde en yüksek frekansa sahip kodlardan birinin de el becerisinin geliştiğine yönelik tespitler yapmışlardır.

Öğrenciler kuşkanadı ve sinek kanadı tasarımlarını gerçekleştirmeden önce kendilerine verilen tasarım sınırlılıkları çerçevesinde çizimlerinde her iki kanat yapısının gerçekteki

görüntüsüyle çizdikleri ancak kâğıt üzerinde birbirine yakın boyutlarda çizdiklerini görülmüştür. Öğrencilerin tasarımda kullanacakları malzemeler çizimlere de yansımış ve çizimlerin üzerine yazarak ifade etmişlerdir. Malzemelerin özellikleri ile onları nerelerde kullanacakları konusunda görünüm, hafiflik, transparanlık, renk özelliklerine dikkat ettikleri, kanatların gerçek renklerini yansıtmak için malzemelerin renklerine, uçabilen canlı modeli olacağından malzemelerin hafifliğine dikkat ettiklerini ifade etmeleri öğrencilerin tasarım çalışmasında kendilerine belirtilen sınırlılıklara dikkat ettiklerini düşündürmektedir. Kanatların farklılığından kaynaklı çarpma sayısı, küçük/büyük olması, hızlı/yavaş çırpılması, hafif/ağır olmasından kaynaklı malzeme seçme ile ilgili karşılaştırmalar yapmaları ve bunların yaratacağı sonuçların öğrenci görüşlerine yansımaları onların gerçeğe yakın tasarım yapma çabalarını düşündürebilir. Uygun malzeme seçiminin tasarımda önemli olduğu, ayrıca öğrenciler görünüm, transparanlık ve renk özelliklerine dikkat etmeleri onların karar verme becerilerinin ve estetik anlayışlarının geliştiği sonucu çıkarılabilir. STEM etkinliklerinde malzeme seçimi ve kullanımı (Nguyen, 1998), kullanılan malzemelerin yapısal özellikleri, etkinlik süresince odaklanılan beceriler, teknolojik araç-gereç ve materyaller, tasarımın altında yatan akademik bilgi gibi unsurlar da uygulama sürecinde yer almaktadır (Basham, Koehler ve Israel, 2011).

Etkinlik boyunca öğrenci görüşleri, uygulayıcı gözlemlerinden elde edilen bulgular doğrultusunda çalışma yöntemsel olarak incelendiğinde öğrenciler belirtilen şu yöntemleri kullanma becerileri gösterdiği görülmüştür. Bu beceriler internet araştırması, benzetme, benzetim, tahmin, alıntı, örnekleme, gerçek bilgi edinme, doğruyu fark etme, karşılaştırma, yansıtmak, neden anlam arayışı, kendi kendine düşünme, soru sorma, başka kullanım alanları sunma, benzerlik kurma(yapısal-işlevsel), bilgi sunma, neden bulma ve sunma, kavram, neden sorma, müfredatla ilişkilendirme, sınıflandırma, gruplandırma, örnek sunma, gözlem yapma, , ilişkilendirme, bilgiye ulaşma ve sunma becerileridir. Bunların dışında gözlemlenen bazı beceriler de şunlardır. “Yapıştırma, kesme becerisi, el işi becerisi, farkındalık, matematik (hesaplama ve simetri) becerisi, somuttan somuta, yaratıcılık, akış, bakış açısı, takım halinde çalışma ruhu işbirliği, seçim yapabilme, karar verme becerisi, literatür araştırması, sanatsal beceriler, çözüm bulma becerisi, özgürlük, kendine güven, keyif alma, sınırlılık, sosyalleşme, uygun malzeme bulma” becerileri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kullanılan becerilerin çeşitliliğinden anlaşılabileceği gibi uygulanan etkinliklerin öğrencilerin gelişiminde geniş bir beceri seti içerdiği düşünülmektedir. Burada bahsi geçen beceriler literatürde tanımlanan farklı sınıflandırmaların yapıldığı becerilerle örtüşmektedir (TÜSİAD, 2019; OECD, 2018; TTGV, 2018; Ekici ve diğ., 2017; WEF, 2016; Kotluk ve Kocakaya, 2015).

“Öğrencilerin nanoteknolojiye karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” araştırma sorusunun nicel bulgularının sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark pozitif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu son test puanları lehinedir. Uygulanan etkinliğin öğrencilerin nanoteknolojiye karşı tutumlarını pozitif yönde geliştirdiği bulunmuştur. Tezde kullanılan ölçeğin (Kurnaz ve Bayraktar, 2012) alt boyutlarının nanoteknolojiye değer verme ve farkındalık olduğu düşünüldüğünde yapılan etkinliklerden sonra elde edilen nitel bulgulardan da anlaşılacağı gibi öğrencilerin nanoteknolojinin önemi kavradığı, farkındalıklarının arttığı ve nanoteknolojiyle ilgili hem kavramsal hem de pratik uygulamalar ile gelişimlerinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca uygulanan etkinliklerin NBT öğreniminde uygun olduğu düşünülmektedir. Öğrencilerin NBT ile ilgili çalışmalara katılmada istekli oldukları ve sürece NBT devam ettikleri sonucuna varılmıştır. Ayrıca öğrencilerin nanonun hayatımızı faydalı ya da risk oluşturacak şekilde etkileyebileceğine olan farkındalığı tespit edilmiştir. Çoğunlukla öğrencilerin NBT'ye karşı tutumlarında olumlu bir tutum gösterdiklerinden bahsedilebilir. Ahmed ve arkadaşları (2015) nanoteknoloji farkındalık düzeyinin eğitim alınan yıl sayısı ile önemli ölçüde arttığı, nanoteknoloji hakkında kitap okuyan katılımcıların ve yüksek eğitim seviyesinin NBT'ye yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Literatürde NBT ile ilgili olarak, fen bilimleri öğrencilerinin diğer çalışmalara katılan öğrencilere göre teknolojiye karşı daha olumlu tutumlara sahip oldukları da bulunmuştur (Ineichen ve diğ., 2017; Lakin ve diğ., 2016). NBT'ye yönelik olumlu görüş, NBT'nin geniş ilgi ve olumlu tutuma vurgu yapan literatürdeki diğer çalışmalarla da uyumludur (Gaskell ve diğ., 2010; Bainbridge, 2002). Baybek ve arkadaşları (2017) hemşirelik öğrencileriyle yaptığı çalışmada NBT'ye değer verme, farkındalık ve tutumlarda orta düzeyde olduğunu tespit etmiştir. Meydan ve arkadaşları (2018) Türkçe eğitimi lisans öğrencileriyle yaptığı çalışmada öğrencilerin nanoteknoloji kavramının ne anlama geldiğini aşağı yukarı bildiğini ve bilgi düzeylerinin olduğunu tespit etmiştir. Görüldüğü gibi bireylerin NBT ile ilgili hem uygulamalara ve farklı kaynaklara (medya, kitap vb.) maruz kalması NBT'ye yönelik tutumlarını etkilemektedir. Geliştirilen tutumların yönü, boyutu ve yoğunluğu öğrencilerin NBT'ye yönelik önyargı, inanç, değer verme, farkındalıklarını etkileyeceği düşünülmektedir. Çalışmadaki uygulanan içeriğinin hem nicel hem de nitel bulguların birlikte değerlendirilmesiyle öğrencilerin NBT'ye tutumunu olumlu etkilediği söylenebilir.

“Öğrencilerin STEM'e karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir” araştırma sorusu ile ilgili olarak ulaşılan sonuçlar sunulmuştur.

Öğrencilerin STEM'in matematik alanına karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. Ön test ve son testte elde edilen betimsel istatistiklere baktığımızda toplam puan ve ortalama puanda çok azda olsa bir artış söz konusudur. Bunun yanında uygulamada tasarım sürecinde **“Matematik”** ile ilgili “aerodinamik hesaplamalar, ölçümler, grafikler, oran-orantı, büyüklük-küçüklük, ağırlık vb. hesaplamalar, boyut analizi” temalarıyla ortaya çıkan kavramlar kullanıp bunları çalışmalarında kullandıkları tespit edilmiştir. Boyut, ağırlık, uzunluk ve incelik gibi ölçülebilir niceliklerin de tasarımlarda kullanıldığı görülmüştür. Bütün bu nicel ve nitel bulguları birlikte düşünüldüğünde öğrencilerin uygulama süreci boyunca matematikle ilgili kavramları, matematik becerilerini kullanmaları ve bunlara öğrenci ifadelerinde rastlanması matematikten hoşlanma tutumlarını ve öğrencilerin STEM'in matematik alanına yönelik olumlu tutumlarının söz konusu olduğunu düşündürebilir. Benzer olarak çalışmalarda Ceylan ve Karahan (2021) STEM odaklı matematik uygulamalarının 11. sınıf öğrencilerinin matematik tutum ve bilgileri üzerine etkisi üzerine yaptığı çalışmada öğrencilerin başta matematik olmak üzere ilgili STEM alanlarında bilgi ve tutumlarında gelişme olduğunu gözlemiştir. Öğrenci becerileri gelişmiş, öğrencilerin klasik ders kalıbı görüşü değişmiş ve derse karşı daha istekli aktif katıldıklarını ve bilgilerinin kalıcı olduğunu tespit etmişlerdir. Özdemir (2018) meslek lisesi öğrencilerinin alanlarıyla ilgili mesleki matematik başarısını geliştirmeye yönelik STEM uygulamaları yaptığı araştırmasının sonucunda deney grubundaki öğrencilerin matematik, fen, teknoloji ve mühendislik tutumlarında artış olduğunu tespit etmiştir. Alıcı (2018), probleme dayalı STEM eğitiminin tutum, kariyer algısı ve meslek ilgisine etkisini incelediği, nitel ve nicel veriler bir arada değerlendirdiği çalışmasında öğrencilerin STEM disiplinlerine karşı tutumlarının anlamlı olarak farklılaştığı ve arttığı belirlemiştir.

Aksine çalışmalar da söz konusudur. Şanlı ve Özerbaş (2021), öğrencilerin STEM alanlarına yönelik tutumuna etkisi incelendikleri çalışmada uyguladıkları STEM eğitiminin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik tutumları üzerinde genel olarak olumlu etkisi olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmalarında matematiğe karşı tutum son test puan

ortalamasının ön test puan ortalamasından anlamlı olarak düşük olduğunu göstermiştir. Wu ve arkadaşlarının (2018), STEM kurslarıyla verdikleri eğitimlerde öğrencilerin matematik alanlarına ilişkin tutumlarında anlamlı ve kayda değer bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı araştırma, klasik matematik süreçlerinin öğrencilerin matematik alanına karşı tutumunu daha az düşürdüğünü ortaya koymuştur.

Öğrencilerin STEM'in fen alanına karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. Ancak **STEM-GLASS** alanlarının her birine ait öğrencilerin tasarımlarını gerçekleştirirken öğrenci görüşlerinde “**Kimya**” ile ilgili olanların “atomlar, renklerin yansıması, polimer kimyası, sürtünmeyi azaltacak malzeme, malzemelerin özelliklerini inceleme” “**Fizik**” ile ilgili “aerodinamik hesaplamalar, hareket, enerji, güneş ışığı/ışık, denge, maddenin görünüşü”, “**Biyoloji**” ile ilgili “gözlem, araştırma, karşılaştırma, hücre yapısı, hücresel farklılıklar, kanat yapısı, ısı yalıtımı için tüyle ve anatomik yapı inceleme” kavramları ve ifadeleri olduğu görülmüştür. **Bunun yanında uygulamadaki NBT'ye ve IoT uygulamasına yönelik olumlu** tutumların söz konusu olması bize nicel bulgularda anlamlı bir fark olmasa da nitel bulguların sonuçlarında fene yönelik olumlu bir tutum ve tutum gelişiminden bahsedebiliriz. Literatürde STEM etkinliklerinin fen bilimleri dersine entegre edilmese dahi fen tutumunu artırdığını gösteren çalışmalar söz konusudur. Okul sonrası etkinliklerin öğrencilerin fen ile ilgili tutumları üzerinde olumlu etkiye (İrkiçatal, 2016), STEM etkinliklerinin kullanıldığı bilim kampındaki eğitim ortamında zaman geçiren öğrencilerin fene karşı tutumlarında anlamlı pozitif bir artış olduğu (Ricks, 2006) çalışmalar bulunmaktadır. Şimşek (2019) deney grubuna uyguladığı STEM etkinliklerinin fen tutumuna yönelik anlamlı fark olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çalışmasında öğrencilerin STEM etkinlikleri hakkında çoğunlukla olumlu ifadeler kullandıkları görülmüştür.

Öğrencilerin STEM'in mühendislik alanına karşı tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. STEM-GLASS alanlarının her birine ait öğrencilerin tasarımlarını gerçekleştirirken mühendislikle ilgili öğrenci görüşlerinin “kanat yapısı, mekanik, ağırlık, matematiksel hesaplamalar, kanatlar arası senkronizasyon,

mimari” gibi mühendislik ifadeleri tespit edilmiştir. Bunun yanında öğrenciler uygulama boyunca hem tasarım etkinliği hem de teknoloji entegrasyonunda birçok mühendislik becerileri ve kavramları kullanmışlardır. Mühendislik becerilerini geliştirdikleri düşünülmektedir. Her ne kadar nicel bulguların istatistiksel sonucunda mühendisliğe yönelik anlamlı fark ortaya çıkmasa da öğrencilerin son testten aldıkları toplam ve ortalama puanlar ön test puanlarından fazladır. Nitel bulgularla birlikte son test toplam ve ortalama puanları öğrencilerin mühendisliğe yönelik olumlu tutum gösterdiğini düşündürebilir. Literatürdeki çalışmalarda Harman ve Yenikalaycı (2021) mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinliklere yönelik yaptıkları çalışmanın sonucunda tüm öğretmen adayları etkinliklere yönelik hayal gücünü kullanma, yaratıcılığı geliştirme, görsel hafızayı destekleme, yapılacakları zihinde canlandırma, akıl yürütme ve yeni fikirler üretme olmak üzere etkinliklerin bilişsel etkileri üzerinde olumlu görüş belirttiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada bazı öğretmen adayları ise uzun zaman alması, ölçme aracı yapımının zor olması, işlevsel açıdan yetersizliği, hata verebilmesi ve her zaman kullanılamaması gibi olumsuz görüşlerini belirtmişlerdir. Lyons (2011) tasarım projeleri ile gerçekleştirdiği STEM projelerinde ortaokul öğrencilerinin mühendislik tutumlarında pozitif değişiklikler tespit etmiştir.

Öğrencilerin STEM'in 21. Yüzyıl becerilerine ilişkin tutumları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehinedir. Her ne kadar nicel bulgularda anlamlı fark olmasa da etkinlik boyunca öğrencilerin 21. yy. yaşam becerilerini (iletişim, işbirliği, eleştirel düşünme, yaratıcılık) kullandıkları ve geliştirdikleri tespit edilmiştir. Gözlemler ve nitel bulgulardan 21. yy becerilerine olumlu tutup geliştirdikleri söylenebilir. Yaşar (2021) araştırmasının sonucunda öğretmenlerin 21. yüzyıl becerileri tutumunun ve STEM tutumlarının yüksek düzeyde olduğunu tespit etmiştir. Aydın ve Karslı (2019) çalışmasında STEM etkinliğinin öğrencilerde; iş birliği, eleştirel düşünebilme, problem çözebilme, yaratıcılık, özgüven gibi 21.yüzyıl becerilerine katkı sağladığını ortaya koymuştur.

Literatürde, STEM'e yönelik öğrenci tutumlarının STEM eğitiminin kalitesinin uygulayıcısının fen, matematik, teknoloji ve mühendislik alanlarındaki bilgi, deneyim, yeterlilikleri ve becerileriyle doğrudan ilişkili olması (Şanlı ve Özerbaş, 2021), bunun yanında öğretmen tutumu, mesleki beceri, kullanılan eğitim modeli öğrencilerin STEM

eğitim süreçlerindeki beceri gelişimlerini, akademik başarılarını, STEM alanlarına yönelik farkındalıklarını, akademik başarı ve tutumlarını etkilediği sonuçlara ulaşan çalışmalar (Yıldırım ve diğ., 2017; Margot ve Kettle, 2019) mevcuttur.

Aksine Stohlmann ve arkadaşlarının (2012) çalışmalarında fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarıyla entegre STEM eğitiminin öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha anlamlı ve kalıcı hale getirdiklerini ifade etmişlerdir. Gülhan ve Şahin (2016), öğrencilerin STEM uygulamalarına karşı tutumlarını ölçtükleri araştırmada STEM etkinliklerinin öğrencilerin bu alanlardaki tutumlarını geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle bilim, mühendislik-teknoloji alanlarında olumlu gelişimin olduğunu ifade etmiştir. Çevik (2018) araştırmasında ders ortamında STEM uygulamalarının akademik başarıyı ve mesleki ilgiyi artırdığı tespit etmiştir.

Öğrencilerin görüşlerinden elde edilen nitel bulgulara bakıldığında öğrenciler bu çalışmaya etkinlik öncesinde fayda sağlamak için, kendisini geliştirmek için, arkadaş etkisiyle, meslek seçimi için, yetersiz olma düşüncesine sahip olduğundan, konunun gelecekte önemli olduğunu düşündüğünden, ilgisinden, farkındalık oluşturmak için, okul dışı çalışmalara katılım için, katkısı olacağını düşündüğünden ve proje yapmak istediğinden katılmak istemişlerdir. Bu bölümde ortaya çıkan temalar öğrencilerin çalışmaya karşı başlangıçtaki tutumlarının olumlu yönde olduğunu düşündürebilir. Çünkü öğrencinin bireysel gelişimine, meslek seçimine, farkındalığının gelişimine, bilgi sahibi olmasına katkı sağlayacağını düşünmesi tutumları öğrenmeye karşı motivasyonunu arttıracakı düşünülebilir.

“Öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” ve “Uygulanan Nano-STEM-GLASS etkinlikleri öğrencilerin gelecekteki mesleklere yönelik görüşlerini nasıl etkilemiştir?” araştırma sorularının sonuçları nicel bulgular ve nitel bulguların birlikte yorumlanmasıyla bir arada sunulmuştur.

Öğrencilerin STEM'in fenle ilgili mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. Ancak öğrenciler gelecekte çalışmak istedikleri fen alanlarıyla meslekler (Biyolog, doktor, eczacılık, hemşirelik vb.)

ilgili görüşlerinde etkinlikten önce tıp, biyofizik, genetik meslekleri düşünmektedirler. Bu meslekleri düşünen öğrenciler bazılarının düşüncesini değiştirmede bazılarının ise baştaki düşüncelerine mühendislikle ilgili alanlar eklediği belirlenmiştir. Bu durum bize STEM etkinliklerinin mühendisliğe olan ilginin son test puanları yönünde değişmesi sonucuyla örtüşmektedir. Etkinliklerdeki uygulamaların öğrencilerin mesleklere yönelik ilgilerinin mühendislik alanları yönüne kaydırıldığının ortaya çıkmasının manidar olduğu düşünülmektedir.

Öğrencilerin STEM'in matematikle ilgili mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. Ancak öğrencilerin gelecekte çalışmak istedikleri alanlarla ilgili görüşlerinde etkinlikten öncesi ve sonrasında doğrudan matematik alanları (muhasibeci, matematik öğretmeni, bankacı vb.) mesleklerini düşünmemeleri bu sonucun ön test puanları yönünde olmasını açıklayabilir. Gülhan ve Şahin (2018) 5. sınıf öğrencileri ile yaptıkları çalışmada hem erkek hem de kız öğrencilerin fen ve matematik meslek ilgilerinin iyi düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Özdemir (2018) meslek lisesi öğrencilerinin alanlarıyla ilgili mesleki matematik başarısını geliştirmeye yönelik STEM uygulamaları yaptığı araştırmasının sonucunda deney grubundaki öğrencilerin kariyer ve meslek seçimlerinde STEM alanlarındaki işlere yönelik ilgilerinde artış olduğunu tespit etmiştir.

Öğrencilerin STEM'in teknoloji ile ilgili mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark negatif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu ön test puanları lehinedir. Ancak öğrenciler gelecekte çalışmak istedikleri teknoloji alanlarıyla meslekler (Bilgisayar programcılığı, bilgisayar yazılımı ve donanımı ile ilgili meslekler, bilgisayar teknisyenliği, elektrik-elektronik teknisyenliği vb.) ilgili görüşlerinde etkinlikten önce elektrik mühendisliği, yapay zekâ, biyoteknoloji ve yazılım meslekleri istedikleri, etkinlikten sonra ise ilgilerinin elektronik elektrik mühendisliğinin yanında makine, endüstri ve uzay mühendisliği gibi alanlara kaydığı görülmektedir. Örneğin yazılım ve yapay zekâ ile ilgili alan isteyen öğrenci mühendislik alanına ilgi duymaya başlamıştır. Bu durum teknoloji mesleklerine ilginin ön test yönünde ve mühendislik mesleklerine ilginin son test yönünde olmasını açıklayabilir.

Alıcı (2018), probleme dayalı STEM eğitiminin tutum, kariyer algısı ve meslek ilgisine etkisini incelediği, nitel ve nicel veriler bir arada değerlendirdiği çalışmasında öğrencilerin STEM alanları meslek ilgilerinin anlamlı olarak farklılaştığı ve arttığı tespit etmiş ve ek olarak öğrencilerin mühendisliğe ve teknoloji ile ilgili mesleklere ilgilerinin artış gösterdiği de belirlemiştir.

Öğrencilerin STEM'in mühendislikle ilgili mesleklerine yönelik ilgileri etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değiştiği ile ilgili nicel bulguların sonucunda elde edilen fark puanlarının sıra ortalaması göz önünde bulundurulduğunda fark pozitif sıralar lehine, başka bir deyişle grubun almış olduğu son test puanları lehinedir. Uygulanan etkinliğin öğrencilerin STEM'in mühendislikle ilgili mesleklerine yönelik ilgilerini pozitif yönde geliştirdiği düşünülmektedir. Fen, matematik ve teknoloji mesleklerine yönelik ön test yönündeki STEM mesleklerine yönelik ilgi mühendisli mesleklerinde son test yani pozitif sıralar lehine olması nitel bulgularla da örtüşmektedir. Sonuç olarak uygulanan IoT-Nano-STEM-GLASS etkinliklerinin mühendislik mesleklerine karşı ilgiyi artırdığını düşünebiliriz.

Literatürde öğrencilerin STEM meslek ilgilerine yönelik çalışmalarda farklı örneklem ve değişkenlerle yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle STEM etkinlikleriyle Bybee (2013) öğrencilerin STEM temelli bir müfredatla oluşturulan STEM etkinliklerine katıldıklarında STEM kariyerine olan ilgilerinin artmasının ihtimal dâhilinde olduğunu belirtmiştir. Mangu, Lee, Middleton ve Nelson (2015) çalışmasında öğrencilerin meslek seçimindeki ilgileri 9. ve 11. sınıflar arasında önemli ölçüde değiştiği ve STEM meslek ilgileri ile motivasyon arasındaki ilişkinin zamana göre değişebileceğini belirtmiştir. Sadler, Sonnert, Hazari ve Tai (2012) tarafından öğrencilerin meslek ilgilerini tahmin etmede lise eğitimi başında öğrencilerin kariyer ilgilerini belirlemek olduğunu ve bu ilgilerin oluşmasında ise lise eğitimi öncesindeki 7-9. sınıflardaki deneyimlerin önemini belirtmişlerdir. Uğraş (2019) çalışmasında öğrencilerin okudukları sınıf düzeyine göre STEM mesleklerine yönelik ilgilerinin anlamlı şekilde farklılaştığı ve sınıf kademesi arttıkça STEM mesleklerine ilgilerinin düştüğünü tespit etmiştir. Bilekyiğit (2018) çalışmasında kariyer ilgi ölçeğinin alt boyutları bağlamında ise deney grubu öğrencilerinin bütün alt boyutlarda anlamlı bir farkın olduğu ve yine deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre ön-test ve son-test toplam puan ortalamaları arasında deney grubu lehine bir artışın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Uygulanan Nano-STEM-GLASS etkinlikleri öğrencilerin gelecekteki mesleklere yönelik görüşleri ile görüşleri değerlendirildiğinde gelecekte çalışmayı düşündükleri alanların çoğunun günümüzde bilinen meslekler olduğu görülmüştür. Bunun yanında günümüzde önemli olan ve gelecekte de birçok çalışma alanlarına temel teşkil edecek olan biyoteknoloji, nanoteknoloji, yapay zekâ, yazılım, genetik mühendisliği, havacılık alanlarından da bahsedilmiş olması öğrencilerin bu mesleklere ilgi duyduklarını gösterebilir. Etkinlik uygulamasından sonra öğrencilerin çalışmayı düşündükleri alanlarla ilgili görüşlerinde bazı değişiklikler ve eklemeler olmuştur. Bu değişikliklerin nedenleri olarak uygulamadaki STEM tasarım etkinliği bölümündeki kuş ve sinek kanadı tasarımı sırasındaki uçuş olayı ve mekaniğinin ilgilerini seçmeleri, nanoteknoloji kavramını ve kullanım alanları ile ilgili edindikleri bilgi ve beceriler, IoT ile ilgili edindikleri bilgi ve beceriler, birden fazla disiplinin birbiri ile ilişki içinde olduklarını fark etmeleri olmuştur. Disiplinlerin sınırlarının belirsizleşmesi, yeni bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hızlı olmasıyla birlikte yeni mesleklerin ortaya çıkması düşüncesi ise meslek seçiminde acele edilmemesi düşüncesini doğurmuş ve öğrencileri kararsızlığa düşürmüştür. Bu meslekler arasında özellikle nanoteknoloji, yapay zekâ, yazılım ve biyoteknoloji alanındaki yeni mesleklerin düşünülmesi etkinliğin öğrencilerin yeni mesleklere yönlendirilmesi açısından önemlidir.

Han ve Shim (2019), mühendislik tasarım sürecinin (MTS) STEAM etkinliğine dâhil edilmesinin, öğrencilerin doğa bilimleri ve mühendislikteki mesleklerle ilgili ilgilerini, olumlu tutumlarını ve anlayışlarını artırmaya yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Han ve Shim (2019) bunun nedeninin mühendislik tasarımının sadece mühendislik problemlerinin çözümünde yardımcı olmakla kalmayıp öğrencilerin yaratıcılık ve işbirlikçi yeteneklerini geliştirmekte etkili olduğunu ve problem çözme ve cevap bulma sürecinde bilimsel, matematiksel ve teknolojik bilgiden yararlanmak için bu tür bilgilerin entegrasyonunu ve uygulanmasını teşvik ettiğini düşünmektedirler.

“NBT ile ilişkilendirilebilecek MEB ortaöğretim kimya öğretim programında bulunan çekirdek konular nelerdir?” araştırma sorusuna yönelik ulaşılan sonuçlar sunulmuştur.

Tezde, Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) “Dokuz Büyük Fikir” (Stevens vd., 2009) dikkate alınarak NBT ile ilişkilendirilebilecek konular belirlenmiştir. Her bir büyük fikre karşılık gelecek konular tablolastırılmıştır. Bu temel konu başlıkları açıklamaları ile birlikte verilmiştir. Bu tablodaki eşleştirmelerde konuların öğretiminin

gerçekleşmesi sürecinde nanobilimsel yönlerine de değinilmesinde bir rehber olacağı ve bunun önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca uygulanan etkinliklerde kullanılan etkinlikler, bahsi geçen dokuz büyük fikirden “Ölçek ve Boyut, Maddenin Yapısı, Kuvvetler ve Etkileşimler, Boyuta Bağlı özellikler, Nano ve Toplum ve Modeller ve Simülasyon” fikirleriyle eşleştirilmiştir. Bu fikirlere karşılık gelen Fen ve Matematik becerileriyle ve etkinlik içindeki araştırma soruları ile bağlantılandırılmıştır. Bu ilişkilerin kurulduğu etkinlikler öğretim sürecinde etkili olabilir. Bu olumlu beklentinin tezdeki araştırma sorularının sonuçlarına yansıdığı düşünülmektedir.

Jones, Favlo, Taylor ve Broadwell (2007) ortaokul ve lise öğrencileri seviyesinde nanoölçekli bilimi tanıtmak için ölçek, araçlar ve teknikler, benzersiz özellikler ve davranışlar, nanoteknoloji uygulamaları ve toplumsal etkilerle ilgili kavramların anlaşılmasına yönelik etkinliklerden oluşan program geliştirmişlerdir.

NBT'nin dokuz büyük fikirlerinden olan “Kuvvet ve Etkileşimler” ile ilgili etkinlik uygulamasının su damlasının zemindeki yuvarlak şekilde durmasıyla ilgili, kohezyon, adezyon ve hidrofobik yüzey temaları ortaya çıkmıştır. Bu kavramlar kimya öğretim programında yer alan kavramlardır. Bu kavramlar NBT öğretimi ile öğrencilere öğretilmeye çalışılması NBT ile öğretim programındaki konuların ilişkisinin kurulabileceği ve bu tür alternatif öğretim uygulamalarının önemini göstermektedir.

“Öğrencilerin NBT kavramsal anlamaları etkinliklerin uygulanması sürecinde nasıl değişmiştir?” araştırma sorusuna yönelik ulaşılan sonuçlar sunulmuştur.

NBT eğitiminin ilkokuldan lisans düzeyine kadar kavramlarını ve kapsamlarını (büyük fikirler, temel kavramlar ve çekirdek kavramlar) tanıtan farklı yöntemlerin kullanıldığı farklı araştırmalar yapılmıştır (Blonder ve Sakhnini, 2016).

Katılımcı öğrencilerinden hepsi NBT kavramını duymuşlardır. Ön testle son test karşılaştırıldığında duyup ama açıklamayan öğrenciler bir öğrenci hariç NBT'yi açıklayabilmişlerdir. Bu durum hazırlanan etkinliklerin NBT'yi kavramsal olarak öğretici olduğunu gösterebilir.

Katılımcı öğrencilerinden hepsi nanoparçacık kavramını duymuşlardır. Ön testle son test karşılaştırıldığında duyup ama açıklamayan öğrenciler üç öğrenci hariç NBT'yi açıklayabilmişlerdir. Söz konusu kavramı son testte açıklayabilen öğrenci sayısının dört iken

dokuza yükselmesi hazırlanan etkinliklerde nanoparçacık kavramını kavramsal olarak öğretildiğini gösterebilir.

Öğrencilerin NBT terimleriyle sırasıyla medya, kulüp ve proje çalışmaları, okul, sergiler, nanoteknolojik ürünler ve nanoteknoloji laboratuvarı ziyareti ile karşılaştıkları tespit edilmiştir. Bu tespiti literatürdeki diğer çalışmalar da desteklemektedir. Literatürde nanoteknoloji ile ilgili kavramları duydukları kaynaklarla ilgili farklı örneklemelere yapılan araştırmalarda öğretmen ve öğrencilerin ilgili kavramları televizyon programları ve web sitelerinden (Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016), diğer kaynaklara göre daha etkili olarak radyo-televizyon programları ve reklamlarından (Enil ve Köseoğlu, 2016; Kadioğlu, 2010) duyduklarını göstermektedir. Alanyazında medya kuşkusuz ön plana çıkmaktadır (Kılınç-Alpat ve diğ., 2017; Aydın-Sayılan ve Mercan, 2016; Ekli, 2010; Şahin ve Ekli, 2013). Ateş ve Üce (2017) araştırmasında benzer şekilde lise öğrencilerinin eğitim öğretim faaliyetlerinden, görsel medya araçlarından, ticari ürünlerden ve sosyal çevrelerinden duyduklarını ve Smidt (2012) ise kimya dersi öğrencilerinin fen bilgisi kitapları ve filmlerden duyduklarını tespit etmişlerdir.

Huang ve diğerleri (2011), nanomalzemelerin, özellikle fulleren ve karbon nanotüplerin (CNT) ilkökul fen bilgisi düzeyinde öğretilmesi gereken önemli kavramlar olduğunu önermiştir. Karbon nanotüp kavramını on öğrenci hiç duymamıştır. Ön testte duyup açıklayabilen öğrenci sayısı bir öğrenci artarak iki öğrenci olmuştur. Ön testte duyup açıklayamayan öğrenci sayısı bir iken altı öğrenci olmuştur. Son testte dört öğrenci duymadığını ifade etmiş ve açıklayamamıştır. Bu durum karbon nanotüp kavramı uygulanan etkinliğin odak kavramı olmamasına rağmen öğrencilerin bu kavramı duymalarını sağlamıştır. Açıklayabilen öğrencilerin sayısının bir öğrenci artmasını da sağlamıştır. Bu durum öğrencilerin etkinlik içeriğinde çok geçmemesine rağmen pozitif yönde bir gelişme olduğudur. Bunun sebebi öğrencilerin etkinlik sırasında araştırma yapmalarına fırsat verilmesi ve onların uygulayıcı tarafından kestirme sorularıyla yönlendirilmesi olabilir.

Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope, (AFM)) kavramları uygulanan etkinlikte geçmemesine rağmen son testte bu kavramları öğrencilerin duyma durumu bir öğrenci artmıştır. Açıklayabilme ve açıklayamama durumlarında bir değişiklik olmamıştır. Bu öğrencinin etkinlik sırasında karşılaştığı anlaşılmaktadır.

Katılımcı öğrencilerin Nanoteknoloji Uygulamaları hakkında ön bilgilere sahip oldukları bunun yanında uygulama sonunda bu alanlardan başka uygulama alanları öğrendikleri görülmüştür. Özellikle bu uygulama alanlarının sipesifikleştigi örneğin leke tutmayan eşyalar gibi genel bir ifadeden leke tutmayan camlar, araba koltuğu, kendi kendini temizleyen camlar gibi, daha iyi temizleyen deterjanlar gibi. Uygulama sonunda özellikle nanoüretim ve nanomateriyal uygulamaları teması sekiz öğrenci tarafından ifade edilmiştir. Bahsi geçen bu bulgulardan uygulanan etkinliğin “Nanoteknolojinin Uygulama Alanları” noktasında öğrencileri görüşlerini geliştirdiği sonucuna varılabilir.

Uygulanan etkinliğin öğrencilerin karşılaştıkları durumlarda NBT kavramlarını kullanma ve yorumlama becerilerini geliştirdiğini düşündürmektedir. Örneğin, geko kertenkelesinin kirli bir yüzeyde yürürken ayağının kirlenmemesinin nedeni ile ilgili soruda nanoyapılar, gekonun hızlı hareketi, hidrofobik tüysü ayak yapısı, türe bağlı özellikleri temaları ortaya çıkmıştır. Huang ve diğerlerinin (2011) nanoteknolojinin çekirdek kavramlarından doğal dünyanın nanofenomenleri diye ifade ettiği lotus etkisi, kelebek etkisi, geko etkisi, nano-magnet, kabuk sertlikleri, ördek tüylerinin hidrofobikliği, yunusların kaygan derisi gibi fenomenleri Sakhnini ve Blonder (2015) nanoteknolojinin yenilik ve uygulamasının bir parçası olan doğayı taklit eden bir alt kavram olarak sınıflandırmıştır. Etkinlikte geko kertenkelesi örneğindeki çalışmalarda öğrencilerin ön testte ve son test tema ifadeleri karşılaştırıldığında gekonun fiziksel (hızlı hareket) ve biyolojik (türe ait özellikler) görüşlerinden NBT tema ifadeleriyle (nanoyapılar ve hidrofobik tüyler) ifade edildiği görülmüştür. Öğrencilerin ekinlik sonunda geko kertenkelesinin ayak yapısı ve nanoyapılar ifadesini ilişkilendirerek bu kavramları kullanmaları kavramsal öğrenmelerini geliştirdikleri düşündürmektedir. Benzer şekilde bir su örümceğinin suyun üzerinde yürüyerek dolaşmasının nedeninin tartışıldığı bölümde ortaya çıkan hidrofobik ayak yapısı, hafif gövde, suyun yüzey gerilimi, adezyon-kohezyon kuvvetleri ve örümceğin geniş ayak yapısı tema ifadelerine öğrenci görüşlerinde karşılaşılmaması nanoyapılarda yüzey özelliklerinin ve morfolojisinin önemli olduğunun anlaşılması açısından bu etkinliğin içeriğinin faydalı olduğunu düşündürmektedir.

Öğrenciler bu çalışmaya etkinlik öncesinde fayda sağlamak için, kendisini geliştirmek için, arkadaş etkisiyle, meslek seçimi için, yetersiz olma düşüncesine sahip olduğundan, konunun gelecekte önemli olduğunu düşündüğünden, ilgisinden, farkındalık oluşturmak için, okul dışı çalışmalara katılım için, katkısı olacağını düşündüğünden ve proje yapmak

istediğinden katılmak istemişlerdir. Bu bölümde ortaya çıkan temalar öğrencilerin çalışmaya karşı başlangıçtaki tutumlarının olumlu yönde olduğunu düşündürebilir. Çünkü öğrencinin bireysel gelişimine, meslek seçimine, farkındalığının gelişimine, bilgi sahibi olmasına katkı sağlayacağını düşünmesi tutumları öğrenmeye karşı motivasyonunu arttıracakı düşünülebilir.

Öğrencilerin NBT'nin ne olduğu ile ilgili görüşleri değerlendirildiğinde ön testte ortaya çıkan temalarda etkinlik sonunda nicel olarak bir artış söz konusudur. Teknoloji, bilim, küçük, nano, ürün ve gelecek temalarına çevre, kontrol ve fayda temaları eklenmiştir.

Öğrencilerin NBT hakkında merak ettikleri ve öğrenmek istedikleri ile ilgili bulgularda merak, ilgi, istek, ihtiyaç, uzmanlık-meslek-üretim temaları ortaya çıkmıştır. Ön testte öğrenciler merak teması altında kullanım alanlarını, ne anlama geldiğini, nasıl yapıldığını, konularını, bilgi bakımından ve günlük hayatımıza etkisini merak ederlerken son testte kullanım alanları, küçülme işlemi kodları ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin çoğunluğunun merakını giderdiği görülmüştür. Küçülme işlemi merakı etkinlik sonu ortaya çıkmıştır. Etkinliğin öğrencilerin bahsi geçen meraklarını giderdiği ve yeni sorular oluşturduğu düşünülebilir. İlgi teması altında öğrencilerin temel şeyleri öğrenmeye karşı ilgi duydukları ön testte görüş olarak belirtilmesine rağmen son testte ilgi teması ile ilgili bir görüşe rastlanmamıştır. İlgiyle ilgili bir görüşün son testte ortaya çıkmaması ilginin kaybolduğu anlamına geldiği düşündürebilir. İstek teması altında ortaya çıkan gelişimi sağlama, öğrenme isteği, yararlanma isteği, mutlu hissetme kodları son testte sadece nanoteknolojiyi geliştirme isteği olarak ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin bu çalışmaya neden katılmak istediklerinin yorumlandığı bölümde de yer alan gelişimi sağlama ve öğrenme isteği, yararlanma isteği görüşleri öğrencinin duygusal gelişimi ile ilgili mutlu hissetme kodu ile ortaya çıkmıştır. Bu görüşlerin hepsinin nanoteknolojiyi geliştirme isteğine dönüşmesi öğrencilerin NBT konularıyla ilgili çalışmalara ve araştırmalara katılma isteği oluştuğunu düşündürebilir. İhtiyaç teması altında ortaya çıkan gerekli olduğunu düşünme görüşü son testte ortaya çıkmamıştır. Uzmanlık-meslek-üretim teması altında proje üretimi, nanoüretim, cihazlar, 3D baskı kodları ortaya çıkmış bu kodlar son testte nanomakineler, nanoteknoloji ürünlerinin tasarlanması, boyutun etkisi, nanoteknolojik boyutta teknolojik sistemlerin çalışması kodları olarak karşımıza çıkmıştır. Bu değişimin ön testteki görüşlere göre daha özelleşmiş ve komplike olduğu düşünülebilir. Bu durum öğrencilerin etkinlik boyunca edindikleri bilgilerin ve yaptıkları araştırmaların olumlu sonuçlarını düşündürmektedir. Bu bölümde ön

test ve son testte elde edilen bulgular değerlendirildiğinde sonuç olarak öğrencilerin daha genel görüşlerden NBT temelli daha özel görüşler ortaya koyarak değişimlerinin görüldüğü düşünülmektedir.

Nanobilim etkinliği öğrenci çalışma sayfasının giriş etkinliğindeki senaryoda öğrencilerin yaptıkları çıkarımların boyutun öneminin maddenin küçülmesiyle birlikte kazandığı çok fonksiyonluluk, hafiflik, hız, taşınma gibi kavramların nanoteknoloji ile ilişkisini kurmuşlardır. Bunun yanında nanoteknolojinin toplumsal-sosyolojik hayat ile ilgili durumların da farkına varmışlardır. Çevre, enerji, iletişim teknoloji, gelecek, teknolojik gelişimin fayda ve zararları, güç, tarım ve meslekler gibi temalar diğer çıkarımlar olmuştur. Bütün bu konular öğrencilerin modül içeriğinde karşılaşılabilecekleri konu temaları ile ilgili hazır bulunuşluklarını olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Ortaya çıkardıkları temaların gerçek hayatımızda karşılaşılabileceğimiz durumlar olması onların modüle karşı ilgilerini ve beklentilerini artırdığını söyleyebiliriz.

Öğrencileri giriş senaryosunda günümüzde var olan ve gelecekte karşılaşılabileceğimiz durumlar hakkındaki çıkarımları teknoloji, nanoteknoloji, sağlık, güç, sorunlar-tehditler şeklinde olmuştur. Bu temalara bakıldığında öğrencilerin, teknolojinin gelişmesi ile birlikte gelecekte ortaya çıkabilecek güç dengesizliği birlikte sorunların ve tehditlerin artabileceğini özellikle sağlık gibi alanlarda sıkıntılı durumlarla karşılaşılabileceklerini düşünmektedirler.

Öğrencilerin senaryoya verdikleri başlıklarda küçülme kavramı ön plana çıkmaktadır. Küçülme nanoteknolojinin önemli kavramlarında biridir. Nano ve küçülmeyle ilişkili bilim, teknoloji, sosyal yaşam kavramlarının ortaya çıkması öğrencilerin senaryoda vurgulanmak istenilen temel fikri kavradıklarını düşündürmektedir. Senaryonun içeriğinin modülün giriş senaryosu olması noktasında etkili olduğu söylenebilir.

Nanobilim etkinliği bölümünün ön bilgileri ortaya çıkarma / motive etme aşamasında öğrencilerin çalışma sayfasında verilen resimlerdeki varlıkların büyüklüklerini ölçü ve birimleri ile tahmin ettikleri çalışmada tüm öğrencilerin LCD, kamera ve kelebeği en doğru tahmin etmeleri bu varlıkların günlük hayatımızda en iyi bildiğimiz ölçü ve birimlerde olduğudur. Tümü olmamakla birlikte öğrencilerin bir kısmının en doğru cevaplar frekans çokluğu sırasıyla kurşun kalem ucu, enzim, uzay aracı, çip, protein molekülü, karbon nanotüp, bakteri, su molekülü, namib böceği ve uydu olmuştur. Yaklaşık cevaplar bir kısım öğrenciler tarafından verilen frekans çokluğu sırasıyla bakır tel, fiber optik kablo, uydu,

karbon nanotüp, namib böceği, protein molekülü, enzim, uzay aracı, LCD TV, kamera, kelebek, kurşun kalem ucu, bakteri ve su molekülü olmuştur. Uzak tahminler incelendiğinde frekans çokluk sırasıyla su molekülü, bakteri, uydu, namib böceği, uzay aracı, çip, protein molekülü, bakır tel, enzim, karbon nanotüp, fiber optik kablo, kurşun kalem ucu, LCD TV, kamera ve kelebek olmuştur. Fiber optik kablo, kurşun kalem ucu ve enzim varlıklarını tahmin edemeyen birer öğrenci olmuştur.

Akaygün'e (2011) ve Stevens ve arkadaşlarına (2009) göre nanoteknolojiyi öğrenirken kavraması gereken ilk kavram "boyut ve ölçek" kavramıdır. Verilen varlıkların resimlerinin bulunduğu çıkartmaların büyükten küçüğe yapıştırılmak suretiyle gerçekleştirilen etkinlikte tüm gruplar doğruya yakın sıralama yapmışlardır. Öğrenciler varlıkları görsellerinden hareketle ölçü ve birimlerini tahmin etmede görselleri büyükten küçüğe sıralamada daha başarılı olmuşlardır. Literatüre de "boyut ve ölçek" öğretiminde çeşitli öğretim yöntemlerinin kullanıldığı animasyonlar, kısa filmler vb. (Blonder ve Sakhnini, 2012), bu kavramların öğretilmesine ilişkin araştırmaya dayalı öğretim (Jones, Taylor ve diğ., 2007). Blonder ve Rap'ın (2012 dokuz ve on yaş arasındaki çocuklarla yaptıkları bilim festivalindeki nano etkinliğin sonucunda çocukların çoğunun bu önemli kavramı anlamasına yardımcı olduğunu göstermiştir. Etkinlik, çocukların tanıdık nesnelere kıyasla bir nanometrenin boyutunun ne kadar küçük olduğunu fark etmelerini sağlayan çeşitli öğretim yöntemleri ve farklı örnekler içermektedir.

Öğrencilerin verilen varlıkların makro-, mikro- ve nano- ölçeklerine göre sınırlarını belirlemeye çalıştıkları bölümde makro ölçeklerde varlıkları doğru sıraladıkları makro ölçekten mikro ölçeğe geçiş yaparken yanlışlarının arttığı ve nano ölçeğe geçişte ise doğruların tekrar arttığı görülmüştür. Öğrencilerin makro ve mikro ölçek uç sınırları daha doğru tahmin ettikleri, makro ölçekten mikroya ve mikro ölçekten nano ölçeğe geçişte zorlandıkları anlaşılmıştır.

Öğrencilerin gruplar halinde çalıştığı keşfetme çalışmasında öğrencilere verilen çam ağacının reçine, kabuk ve yapraklarına ilişkin gözlemleri sonucu reçinenin kokulu, yapışkan ve esnek; kabuğun pürüzlü, tırtıklı ve sert; yaprağın için ise yumuşak, dikenli ve göreceli olarak uzun olduğunu ifade etmeleri onların bir yüzey hakkında "engebeli" olma durumunu makro olarak gözlemlediklerini göstermektedir. Bunun yanında kaktüs yaprağının ise dikenli ve pürüzlü olduğunu ifade etmeleri etkinliğin bu bölümünün öğrencilerin makro yüzeyleri gözlem yaparak daha çok dokunma ile fark etmişlerdir. Öğrenciler bu bölüm

sayesinde dokunma ile fark edebildikleri makro yüzeyleri boyut küçüldüğünde fark etmemin zorlaşacağını hatta bütün yüzeylerin düz olarak hissedileceğini fark etmiş olmaları onlara mikro ve nano boyuttaki yüzeyi nasıl görebilecekleri sorgulatmıştır. Etkinliğin bu bölümünün bütün nesnelerin engebeli yüzey yapısının fark edilmesi bakımından yararlı olduğu söylenebilir. Aynı etkinliğin devamında çam ağacının yaprak ve dallarının durgun ya da hareketli olduğunun tartışıldığı bölümde ise nesnelerin makro durumlarda hareketli olduklarını öğrencilerin fark etmelerini sağlamıştır. Bu bölüm sayesinde de öğrencilerin mikro ve nano yüzeylerinde hareketli olabileceğinin farkına vardıkları, mikro ve nano boyutunda titrekle yapılara sahip olduğunu fark etmelerinde yararlı olduğu söylenebilir. Üçüncü olarak reçine, kabuk ve yapraklarda ellerini gezdirdiklerinde özellikle reçinenin ellerine makro boyutta yapışmasını ve bulaşmasını fark etmişlerdir. Bu üç makro durumdaki gözlemler örümcek ile karşılaştırıldığında küçülmeyle birlikte örümceğin yapışkan, ince tüylü, esnek bir ağ yapısı ile farklılaştığını ifade etmeleri öğrencilerin makrodan mikroya geçerken yapının boyutunun küçülmesiyle birlikte özelliklerin ve fonksiyonların değiştiğinin fark edildiğini düşündürmektedir. Devamında öğrencilerin nano yapı örneğinde tartışılan geko kertenkelesinin ayak yapısının çok sayıda nano tüycüklerden oluştuğunu öğrenmeleri sağlanmıştır. Öğrencilerin güçlü yapışma durumunun aslında moleküler düzeyde van der Waals etkileşimleriyle açıklanabileceğini öğrenmişlerdir. Geko kertenkelesinin nano yapıdaki tüycüklerin avantajlarının ayaklarında nano tüycüklerden kaynaklandığını öğrenmişlerdir.

Etkinliklerin küp şeker, toz şeker ve pudra şekeri incelenmesi bölümünde öğrencilere yapılandırılmamış şekilde verilen ve çalışma yapraklarındaki açık uçlu sorularla gerçekleştirilen deneysel çalışmada öğrenciler deneyin değişkenlerinin belirleyebilmişlerdir. Belirledikleri değişkenlerde bağımlı değişken olarak engebelilik, yapışkanlık ve titreklilik kavramlarını kullanmaları önemlidir. Çünkü bu durum onların öğrendikleri nano boyutla ilgili kavramları kullandıklarını göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin bu bölümde küçük, boyut, yüzey, yüzey alanı, van der Waals, çekim kuvveti gibi ifadeler kullanmaları bunun yanında gözlem ve karşılaştırma becerilerini kullanmaları içeriğin faydalı olduğunu düşündürmektedir. Öğrenciler bu bölümü öğretici, kolay bulmuşlar ve memnuniyet hissetmişlerdir. Öğrenciler deney sürecince sorulan sorulara verdikleri cevaplar doğrultusunda boyut farklılığının yapışmayla ilişkisini, pudra şekerin bulunduğu kaptan daha zor boşaldığını, daha fazla yüzeye yayıldığını, S/V (yüzey/ hacim) ilişkisini, boyut

değişimiyle şekerlerin kullanım alanlarının farklılaşabileceğini, yapı ile maddenin fonksiyonların değişebileceği gibi sonuçlara ulaşmışlardır.

Öğrencilerin nano kavramının kökeni, anlamı hakkında, metrenin milyarda biri olduğu hakkında verilen çıkartmalardaki ölçek bilgisi ve ona ait görsel bulunan bilgi kartlarını eşleştirmelerinin gerçekleştirildiği bölümde öğrenciler çalışmayı hatasız tamamlamışlardır. Böylece öğrencilerin etkinliğin başlangıcına göre boyut-ölçek kavramına yönelik kavrayışlarının geliştiği söylenebilir.

Cep telefonu ve bilgisayarlardaki küçülme ile ortaya çıkan değişimlerin tartışıldığı bölümde öğrencilerin küçülmeyle birlikte bu araçların işlevlerinin, taşıma kolaylığının, kullanım kolaylığının arttığını, hızlı işlemler yapılabildiğini ve buna karşın sorunlarında ortaya çıktığını ifade etmeleri küçülmenin etkilerini ifade ettiklerini göstermektedir.

“STEM-GLASS yaklaşımına IoT ile yapılan NBT deneyinin entegre edilmesi nasıl bir öğrenme ortamı sağlar?” araştırma sorusuna yönelik bulguların sonuçları sunulmuştur.

Literatürde Spyropoulou ve arkadaşları (2020) STEM ile ilgili bir kariyer seçmede motivasyonlarını artırmaya yönelik vaka çalışmasında tasarım tabanlı bir metodolojiyle IoT’yi kullanarak, farklı eğitim bağlamlarında IoT odaklı eğitim senaryolarının (ES’ler) çoklu uygulamaları gerçekleştirmiş ve bu uygulamaların öğrencilerin IoT tabanlı ES gerçekleştirmelerinde genel olarak başarılı olduğunu ve bu etkinliklerin STEM kariyer farkındalığını ve becerilerini geliştirdiğini belirtmiştir.

Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve IoT terimleri ile daha önce karşılaşma durumları değerlendirildiğinde yarısının bu terimlerle karşılaşmadığı görülmüştür. Daha önce karşılaşan öğrencilerin görüşlerinde ortaya çıkan karşılaştıkları kavramlar Endüstri 4.0, akıllı ev sistemleri, nesnelerin interneti, yapay zekâ, robot kavramları olmuştur. Bir öğrenci ilgili kavramı duymuş fakat açıklayamamıştır. Etkinliğin ilgili kavramların öğrencilerin karşılaşmasını sağladığı düşünülebilir. Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve IoT terimleri nerede karşılaştıkları görüşlerinde dergi, gezi temalarının yanında karşılaştıkları yeri belirtmeyen öğrenciler söz konusudur.

Öğrencilere Endüstri 4.0 ve IoT nedir diye sorulduğu bölümün ön testi analizinde endüstri mühendisliği, bilgisayar, makine/cihazlar/iletişim, robotik, sanayi, yapay zekâ, üretim, endüstrinin geldiği son nokta, duydum fakat bilğim yok görüşleri ortaya çıkmıştır.

Son testte bu görüşler nesne, gelişen bir teknoloji, makine/cihazlar/iletişim, robotik, internet olarak karşımıza çıkmıştır. Frekansların değişimi açısından incelendiğinde nesne teması, internet ve gelişen bir teknoloji görüşü yeni temaları olarak ortaya çıkmıştır. Bu ortaya çıkan yeni temalar nesnelerin internetle bağlanarak teknolojinin gelişmesine fırsat oluşturduğu görüşünün ortaya konduğu şeklinde yorumlanabilir.

Öğrencilerin Endüstri 4.0 ve IoT hakkında merak ettikleri hakkındaki ön test analizinde ‘ne olduğu, öğrenme isteği/gelişim, proje/üretim, yapay zekâ, nesne iletişimi, önemi’ temaları ortaya çıkmıştır. Bu temalar son testten öğrenmek istiyorum/gelişim teması aynı kalarak ‘kodlama, kullanım alanları, makine- makine iletişimi, meslek seçimi’ yeni temalarına değişmiştir. Bu görüş değişimi etkinlikte yer alan IoT bölümünün öğrencilere kazandırdığı yeni kavramların olduğu düşünülebilir. Böylece öğrenciler etkinliklerde Endüstri 4.0 ve IoT ile ilgili diğer başka kavramları da merak etmelerini sağlamıştır. Meslek seçimi temasının ortaya çıkmış olması öğrencinin bu alanla ilgili mesleklere ilgisini oluşturduğunu gösterebilir.

IoT etkinliğinden sonra öğrencilerin cevapladığı likert dereceleme ölçeğinin bulgularında yola çıkarak uygulanan etkinliklerde öğrenciler tarafından IoT’nin teorisinin anlaşılması ve uygulanmasına yardımcı olduğu sonucuna varılabilir. Öğrenciler geleneksel laboratuvar deneyleri yerine IoT’nin kullanıldığı ekipmanları tercih edenlerin sayısı oldukça fazladır. Bu durum bu tür ekipmanların kullanılmasının tercih edilebileceğini düşündürmektedir. Buna rağmen öğrenciler bu ekipmanları kullanırken ve etkinliğin yönergelerini uygularken zorlandıklarını ifade etmişlerdir. IoT’nin STEM alanlarının öğretilmesi ve anlaşılmasında birçok uygulama ve yeteneğe sahip faydalı bir araç olduğu düşünülmektedir. Öğrenciler geleneksel yöntemle karşı IoT uygulamasını tercih edenlerin sayısı nispeten fazladır. Öğrencilerin çoğunluğu kimyada IoT sisteminin uygulanacağı başka bir öğretim konusu, daha fazla ve farklı deneyler yapılmasının daha iyi olacağını düşünmektedir. Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında IoT’nin gümüş nanoparçacık (AgNp) sentezi deneyinde kullanılması öğrencilerin hem IoT’nin anlaşılmasında hem de konunun anlaşılmasını sağladığı ve faydalı bir araç olduğu sonucuna varılabilir. Sistem geleneksel laboratuvar deneylerine tercih edilebilir. IoT-deney sisteminin kurulması ve yönergelerin takibinde öğrenciler zorlanabilir. Kimyanın ve IoT’nin öğrenimi çaba gerektiren bir süreçtir. IoT başka kimya konularının öğretilmesinde ve deneylerin tasarlanmasında kullanılabilir. STEM-GLASS bütünleşik yaklaşımına IoT ile yapılan NBT deneyinin entegre edilmesinin

öğrenme ortamına katkısının olduğu söylenebilir. Goumopoulos ve arkadaşlarının (2018) yaptığı IoT teknolojilerine dayalı STEM uygulamaları yaptığı çalışmada da elde ettiği benzer sonuçlar çalışmanın bu sonuçlarını desteklemektedir.

Öğrenciler tasarım başlamadan önce uçuş olayına ilişkin değişkenleri anatomik özellikler, hava olaylarının özellikleri ve mekanik özellik olarak belirlemişlerdir. Bu üç temayı ortaya çıkaran kodlara bakıldığında “hava olaylarının özelliklerine” bağlı değişkenler: hava sürtünmesi (azalma-artma), kaldırma kuvveti, havada kalma süresi ve hava akımı değişkenleridir. “Mekanik özellikler”e bağlı değişkenler: hareket özellikleri, dayanıklılık, enerji verimliliği, güç, doku yapısı, kanat biçimidir. Son tema ise “anatomik özellikler” temasında kanat özellikleri, kanatın şeffaf özelliği, kanatın damarlı yapısı, kanatın tüy yapısı, eklem özellikleri, ağırlık, uzunluk, biyolojik yapı, kuyruk yapısı özellikleridir. Öğrenciler belirledikleri bu değişken özellikleri tasarımlarında kullanmışlardır. Kullanmış oldukları değişkenlerin özellikleri STEM-GLASS alanlarıyla bağlantılı olduğu düşünülebilir. Çünkü hava sürtünmesi, kaldırma kuvveti, hava akımı gibi kavramlar fen, enerji verimliliğinin düşünülmesi teknoloji, mekanik özellikleri temasında toplanan kavramlar mühendislik, hava sürtünmesindeki artma-azalma, havada kalma süresi gibi matematiksel hesaplama gerektiren işlemler matematik, hava olayları temasında toplanan kavramlar coğrafya, bilimsel terimlerin kullanılıyor olması dil, kanatın doku ve şeffaf yapısı görüşleri sanat alanlarının konularıdır.

Boyut-uçuş ilişkisinde kuş ve sineğin kanat çırpma sayısının, kanat çarpma hızının, süratlarının ve uçabildikleri mesafenin farklı olmasının onların boyutlarının farklılığından kaynaklandığı öğrenci görüşlerinde ifade edilmesi sürecin başındaki Nanobilim etkinliklerinde öğrendikleri düşünülen “Ölçek ve Boyut” ve Boyuta Bağlı Özellikler” konularının tasarımlarına transfer edebildiklerini düşündürmektedir.

Bilim insanlarının tek bir bilim alanında uzmanlaşmış olmaları konusunda ortaya iki farklı görüş çıkmıştır. Bunlarda biri bilim insanları kendi alanlarına odaklanmalıdır. Diğeri ise diğer alanlardan faydalanmaları gerektiği görüşüdür. Bu görüşün gerekçeleri bir bilim insanının kendi başına kendini daha fazla geliştirebileceğidir. Birden fazla bilim alanında başarılı olmanın imkânsız olduğu ve her bir bilim dalından kısmi olarak bir şey bilmek yerine bir konuda tamamen uzmanlaşmanın daha iyi olacağıdır. Tek bir alanda uzmanlaşmanın yeterli olmadığını düşünen grubun gerekçesi ise iletişimin artması, bilim alanlarının iç içe geçmiş olması, etkileşimin hızlanması, hibrit alanların oluşması, bilim alanlarını birbirinden

bağımsız düşünenlerin geride kalması, birden fazla bilim insanının çalışmasından daha derin bilgiler üretilebileceği görüşüdür. Şüphesiz STEM alanlarında çalışma yapmak için bilim insanlarının birlikte ve işbirliği içinde çalışmaları beklenen yaklaşımdır. Öğrencileri ‘yeterli ve yeterli olmama’ temalarına sevk eden nedenlere yönelik “olumlu ve olumsuz düşüncelerinin nedenleri ile ilgili olarak çok disiplinli çalışmalarda etkileşimlerin, yatay derinleşmenin ve hibrit alanların olumlu düşüncelerdir. Tek disiplinli çalışmalarda dikey derinleşme olumlu düşüncedir. Çok disiplinli çalışmalarda iletişimin, disiplinler arası yaklaşımın ve alt dalların oluşmasının olumlu ve olumsuz yönlerinin olabileceği, bilimlerin iç içe olması, bilimlerin ayırt edilmesinde zorlukları olabilmesi çok disiplinli yaklaşımın olumsuz nedenleri olarak ortaya çıkmıştır. Her şeyi bilmenin imkânsızlığı, uzmanlaşma, yüzeysellik kaygısı ise tek disiplinli çalışmaların olumsuz nedenleri olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca ise fikir ayrılığı ve ülkeler arası gelişmedeki uçurumlar diğer olumsuz görüşlerdir.

Öğrencilerin görüşlerinden bilim insanlarının karşılaştıkları sorunlar ve çözümleri noktasında görüşlerinden yola çıkıldığında uzmanlık, takım çalışması ve desteklerin önemli olduğu görülmektedir. “Uzmanlık” teması altındaki sorunlar “Uzmanlaşmış bilim insanı yetersizliği, bilgi yetersizliği, yabancı dil yetersizliği, ürüne dönüştürememe sıkıntısı” olduğu bu sorunlara önerilen çözümler ise “iyi örnekler (bilim insanı çalışmaları), kaynak, açık erişim, alanla ilgili yabancı dil bilgisi” ortaya çıkmıştır. “Takım Çalışması” teması altında “takım çalışmasının eksikliği, ekip ruhunun azalması, rekabet” olup ve bu sorunlara öneriler ise “bireysel çalışma, iletişim, interaktiflik, uzaktan çalışma, mekân –mekânsızlık” olmuştur. “Destekler” teması altında “sosyal destek yetersizliği, ekonomik bütçe sıkıntıları, çalışma ortam yetersizliği ve güvenlik” sorunlarına sunulan çözümler “beyin göçü, kendi çözümlerini geliştirme, sponsorlar, destekler (üniversite, devlet, vakıf...)” olmuştur.

Öğrenciler öğrencilerin tasarımlarını gerçekleştirirken bilim insanlarının karşılaştığı problemlere çözüm önerisi geliştirebilmek için yararlanabilecekleri STEM-GLASS alanlarının her birine ait temaların; kimya, fiziki biyoloji, mühendislik, matematik, coğrafya, sosyal bilimler ve dil alanlarıyla ilgili olduğu ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan bu temalar, STEM-GLASS bilim alanlarıyla ilgili kavram, ifade, alt alanları, özellikler, gözlemler ve durumlardır. Bu şekilde öğrencilerin her bir bilim alanında geniş çerçevede ve alanlarla ilgili görüşler sunmaları ve kuş ve sinek kanadı tasarım etkinliğinin hem STEM-GLASS bütünlük yaklaşımının uygulanmasında hem de öğrencilerin bu alanların

karşılaşılan sorunların çözümünde kullanılabileceği düşüncesini geliştirebileceklerini gösterebilir.

Tasarımda kullanılan kanat yapısı ile ilgili öğrencilerin belirledikleri değişkenlerin neler olduğu ve bu değişkenlerin hareketi, hızı ve yüksekliği nasıl etkilendiğiyle ilgili olarak çıkan temalar, tasarımdaki ölçülebilir nicelikler, tasarımın fiziksel durumu ve fonksiyonları şeklinde ortaya çıkmıştır.

Öğrenciler tasarımlarının kanat yapısından dolayı seçilen malzemelerin özelliğinden dolayı başarılı olduğu ancak mevcut malzemelerin sınırlılığında dolayı ise başarılı olmadığını düşündüklerini ifade etmişlerdir. Tasarımlarını daha iyi hale getirebilmek için yapabilecekleri değişiklikler ile ilgili olarak mekanik çözümler geliştirmeyi ve eklemeler için esnek ve uygun malzemeler seçmek olduğunu düşünmektedirler. Grup dinamikleri/farklılıkları teması altında grup üyelerinin yaratıcılıklarının farklı olması, bireysel farklılıkların kuş ve sineğin türüne bağlı olan değişiklikler, farklı fikirlerin ortaya çıkması, farklı şeylerin denenmesi, farkındalıkların farklı olma durumlarının araştırma sorusuna verilen cevabı etkileyebilecek olan farklı tasarımların ortaya çıkmasının sağlayabileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Ürünlerdeki tür farklılığı dikkate alınarak malzemelere bağlı etkiler teması altında denge, sürtünme, ağırlık, eklem, estetik, dikkat çekicilik dayanıklılık, kanat oranları gibi kodlar ortaya çıkmıştır.

Öğrenciler geliştirdikleri yeni tasarımları ya da fikirleri için yapılması gereken hesaplamalara ilişkin boyut belirleme, kanatları oranlama, modelleme, hesaplamalar, simetri, oran orantı kurma gibi matematik becerilerini; kanatın nicel parametreleri olan uzunluğu, kanat eni, inceliği, ağırlığını; çeviklik, küçüğün dünyası, fiziksel özellik, kimyasal özellik kodlarıyla ortaya çıkan olarak dayanıklılığın bağlı olduğu özellikler teması ortaya çıkmıştır. Öğrenciler gerçeğe benzer, dikkat çekici, göze hitap eden, doğruya yakın modellerle sanatsal bir tasarım yaptıklarını, bu tasarımın onlara yeni fikirler ve sanatsal farkındalık kazandırdığını ifade etmek suretiyle tasarımlarının önemini ifade edebilmişlerdir. Ayrıca öğrenciler tasarımlarını başarılı bulmuşlardır. Ortaya çıkan bu temalardan öğrencilerin tasarım etkinliğinde STEM-GLASS alanlarıyla ilgili farklı birçok becerilere maruz kaldığı söylenebilir.

Öğrenciler bu tasarım çalışmasında uzmanlık alanları elektronik, elektronik mühendisliği, fizik, mekanik ve termodinamik olan bilim insanlarıyla birlikte çalışmaları gerektiğini düşünmektedirler. Bu düşünceler öğrencilerin STEM-GLASS alanlarında işbirliğinin öneminin farkında olduklarını düşündürülebilir.

Uygulayıcının gözlemlerinden öğrencilerin çalışmayı gerçekleştirirken planlı çalıştıkları, işbölümü yaptıkları, işbirlikli çalıştıkları, fikir paylaşımlarında bulundukları, tartıştıkları, akışa geçtikleri ve sanatsal içeriğe dikkat ettikleri görülmüştür. Bu becerilerin kullandıkları performanslarını etkileyen durumların olduğu başka bir deyişle çalışma sırasında gerçekten neler oluyor sorusunun cevabı olduğu düşünülebilir.

Öğrenciler evde kullandıkları sensörlerin; sensörlü lambalar, ışık sensörü, ışık detektörü, ısı sensörleri, yangın alarmı, duman sensörü, duman detektörü, ateş ölçer, ses sensörü, hareket sensörü, tansiyon aleti olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrenciler yakın çevrelerinde kullandıkları sensörlerin neler olduğunu farkında olduğu düşünülebilir. Bu bahsedilen sensörlerden ışık sensörünün, duman sensörünün nano sensör olduğunu düşünenler olduğu gibi hiçbirinin nano sensör olduğunu düşünenler de söz konusudur.

Öğrencilerin televizyon ekranlarının zaman içinde geçirdikleri değişiklikleri büyüklük, görünüş, görüntü kalitesi, hız, çözünürlük vb. özelliklerin değişimine göre değerlendirdikleri bölümde tüplüden plazma ekrana, küçüldüğü, görüntü kalitesinin arttığı, daha hafiflediği, siyah beyazdan renkliye, yüksek çözünürlüğe, daha hızlı görüntünün aktığı ve ses kalitesinde artışın gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca televizyonlarda kullanılan ekran türlerine verilen cevaplara bakıldığında öğrencilerin en eski teknoloji den (tüplü ekran) en yeni (QLED ekran) bilgisine sahip oldukları görülmektedir. Bu durumlar öğrencilerin zaman içinde teknolojinin televizyon örneğinde meydana gelen değişimlerden anlaşılabileceği gibi teknolojik gelişimin farkında oldukları sonucu çıkarılabilir. Televizyon dışında bahsedilen ekranların nerelerde kullanılacağı ile ilgili verilen cevaplarda sağlık alanı, fabrika, hastane, bilgisayar, festivaller, telefon, akıllı tahta, tabletler, laptoplarda kullanılabileceğini ifade etmeleri öğrencilerin kullanım alanlarının farkında olduklarını göstermektedir.

Yabancı literatürlerde farklı mikrodenetleyiciler farklı deneysel tasarımlar ve farklı seviyedeki öğrenci gruplarıyla yapılan laboratuvara yönelik uygulamalar söz konusudur. Soong ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında, tüm deneysel veriler saklayabilen ve çıktılarına Bluetooth kullanılarak bir akıllı telefon veya tablet aracılığıyla erişilebilen ucuz maliyetli

evrensel ototitrasyon ünitesi tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma kodlama okuryazarlığına artan vurgu ile bu evrensel otomatik titrasyon kurulumu, bir lisans kimya müfredatında tasarım düşüncesi ve otomasyonda mükemmel bir örnek ve alıştırma olarak hizmet etmektedir. Urban (2014) açık kaynaklı ve diğer evrensel elektronik cihazların lisans ve lisansüstü projelerde, kursiyerler arasında modern kimya, elektronik ve bilgisayar bilimi arasındaki bağlantılara ilişkin farkındalığı artırmak ve hevesli bilim adamlarının yaratıcılığını geliştirmek için kullanılması önermektedir. Elektronik, bilgisayar bilimi ve kimya gibi bir eğitim kombinasyonunun, öğrencilerin kimya laboratuvarlarında karşılaştıkları birçok ticari cihazın çalışma prensiplerini anlamalarına hem endüstride hem de akademide gelecekteki kariyerleri için değerli olabilecek teknik becerileri geliştirmelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Laboratuvar çalışmalarında IoT'yi nasıl kullanabileceğimiz ile ilgili soruya öğrenciler laboratuvar da bulunmadan zamanı iyi kullanarak çok amaçlı kullanım imkânı sunan makine-makine iletişimi sağlayarak ve bulutta verileri depolayan bir teknoloji olduğunu ifade etmeleri IoT'nin laboratuvar da kullanılabileceğini zihinsel olarak hazır olduklarını gösterebilir. Bulut bağlantılı sıcaklık sensörünün ne olduğu ve ne işimize yaradığı ile ilgili olarak öğrenciler sıcaklık ölçme ve takibi, deneyi uzaktan takip etme, güvenlik takibi, zamanı verimli kullanma, bulut depolama ve reaksiyon takibi gibi işimize yarayabileceğini ifade etmeleri IoT-laboratuvar entegrasyonu hakkında fikir yürütebildikleri ve hazır bulunuşluklarının yüksek olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin makine-makine iletişimi ile ilgili bulut teknolojisi ve Wifi bağlantısı, Wifi manyetik karıştırıcı-analitik terazi, makine-makine kontrolü, Wifi Bluetooth-pipet bağlantısı, makine durduğunda diğerinin devreye girmesi-iletişim, sensör-ısıtıcı gibi örnekler verdiği görülmüştür. Bu örnekler laboratuvar da bulunan cihazların birbiri ile bağlanarak insansız iletişim kuracağı deney tasarımları yapılabileceği düşüncesini oluşturacağından IoT-laboratuvar entegrasyonu için önemli görüşlerdir. Öğrencilerin insan-makine iletişimi ile ilgili insanların makineleri kontrol etmesi, cep telefonundan deneyin takip edilmesi, bluetooth yoluyla sıvı miktarının kontrolü, cep telefonu ile laboratuvardaki sistemlerin kontrolü, teknoloji kullanımı, laboratuvardaki deneyden cep telefonuna veri gönderilmesi gibi örnekler verdikleri görülmüştür. Öğrencilere göre IoT'nin sağladığı avantajlar, tehlikeli kimyasallarla temas etmeden çalışma, yeni iş alanları-yeni meslekler, yeni teknolojiler, veri depolama, zaman yönetimi, ekonomik tasarruf, uzaktan kontrol ve hataların azalması olarak ortaya çıkmıştır. Öğrencilere göre dezavantajlar ise sensörler hatalı veri sağlayabileceği, insanların

makinelere güvensizliği, teknik arızalar, işsizlik artışı, radyasyon riski, hataların ciddi sonuçlar doğurabileceği, robotların kontrolden çıkması olarak ortaya çıkmıştır. IoT'nin laboratuvarlarda kullanımı ile ilgili diğer görüşler ise birden fazla iş takibi, hataların azalması, hızlı sonuç alma, amaca uygun ve istenilen ayarlamalar yapma, bütünsel yazılım, insanın rolünün azalması, robotlara bağımlılık, bluetooth teknolojisi görüşleri olmuştur.

Öğrenciler insanların makineleri kontrol etmesi konusunda insanların bir şeyleri kontrol etme eğilimi ve her şey kontrolü altında olsun istemesi ile insanların makineleri de kontrol etme isteği arasında psiko-sosyal bir bağlantı kurmuştur. Öğrencilerin bu ilişkiyi farklı bir bakış açısıyla yorumladığı görülmektedir.

Öğrenciler IoT etkinliğini yüzde çokluk sırasıyla ilginç, etkileyici, diğer (süper, faydalı) bulmuşlardır. Özçelik ve Akgündüz'e (2018) üstün/özel yetenekli öğrenciler için yapılan STEM eğitimi uygulamasında öğrencilerin tasarım sürecini zevkli bulduklarını, çalışmadan ve takım çalışması yapmaktan hoşlandıklarını ancak tasarladıklarının hayata geçmemesinden ve zorluk yaşamalarından dolayı hoşnut olmadıklarını belirtmiştir. Bu tez çalışmasındaki öğrenciler IoT-Nano-STEM-GLASS etkinliklerinden memnun kalmışlar ve özellikle IoT sürecin başından beri elde ettikleri öğrenmelerin IoT-deneysel etkinliğe dönüşmesinin onları mutlu ettiği tespit edilmiştir.

Uygulamadan elde edilen sonuçları birlikte düşündüğümüzde uygulamada kullanılan IoT destekli Nano-STEM-GLASS etkinliklerinin öğrencilerin gelişimine katkı sağlayacağı ve eğitim-öğretim faaliyetlerinde kullanılabileceği söylenebilir.

5.2. Öneriler

5.2.1. Araştırmacılara, program geliştiricilere ve kurumlara yönelik öneriler

- Bu çalışmada Nano-STEM-GLASS ve IoT teknoloji entegrasyonu Kimya öğretim programındaki konularla ilişkilendirilmiştir. Uygulanan etkinlik içeriklerini diğer araştırmacılar kullanabilir ve geliştirebilirler.
- IoT uygulaması sadece deneyin renk değiştirmesi ile gerçekleştirilmiştir. Diğer araştırmacılar başka sensörlerin kullanıldığı deney tasarımları geliştirebilirler. Bu tasarımlarına STEM ve STEM+ yaklaşımlarını entegre edebilirler.
- Kurumlar okul ve araştırma laboratuvarlarını dijitalleştirerek nesnelerin interneti özelinde uygulamalar için fırsatlar oluşturabilirler.

- STEM+ çalışmalarında STEM-GLASS bütünleştirilmiş yaklaşımlarına yönelik etkinlikler geliştirilebilir.
- IoT'nin öğretimde kullanılmasına yönelik içerik ve ölçekler geliştirilebilir.
- Akademik çalışmalardan ortaya çıkan ürünlerin yönerge ve kitleri hazırlanarak yaygınlaştırılması sağlanabilir. Hazırlanan içerikler MEB EBA sisteminde öğretmen ve öğrencilerin erişimine açılabilir.
- STEM meslekleri özellikle 21. yy becerileri gerektiren mesleklere yönelik tanıtım, gezi, davet vb. faaliyetler gerçekleştirilebilir.
- Kurumlar STEM ve IoT uygulamalarını gerçekleştirebilecek donanım, teknoloji ve alt yapı çalışmaları yapabilirler.
- NBT eğitimi ile ilgili etkinlikler geliştirilebilir ya da var olan etkinliklerin kullanılması yaygınlaştırılabilir.
- Kurumlarda nanobilim, STEM, STEM+, IoT çalışmalarının ve bunların hibritlerinin yapıldığı atölye, ders dışı programlar yapılabilir.
- Laboratuvarları dijital teknolojilere göre yenilikçi araçlar kullanarak tasarlanabilir. Kurumlar bu alanda çalışan araştırmacılara destek bursları sağlayabilir.

5.2.2. Ders kitabı yazarlarına/ders materyali geliştiricilere öneriler

- Hazırlanan ders kitaplarında bahsi geçen içeriklere yer verilebilir.
- Ders kitapları dışında NBT, STEM, STEM+, IoT ve hibritlerine yönelik eğlenceli, öğrenmeyi kolaylaştırıcı içeriklerin olduğu popüler kitaplar ve dergileri gibi yazılı içerikler hazırlanabilir.
- Öğrencilerin kolay ulaşabileceği öğretici içeriklere sahip materyaller hazırlanabilir.

5.2.3. Öğretmenlere ve uygulayıcılara yönelik öneriler

- Bu çalışma süresince araştırma yönteminin felsefesi gereği katılımcı öğrencilerle iyi iletişim kurulmuş, onlara yaratıcılıklarını ve becerileri ortaya çıkaracak, fikirlerini yargılanmadan serbestçe ifade edebileceği ortam ve süreçler sağlanmıştır. Benzer yaklaşımlar kullanılarak öğrencilerin kendilerinin yeteneklerini fark edecekleri ve geliştirebilecekleri ders atmosferi sağlanabilir.

- Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi ile ilgili içeriklere ulaşarak öğrenci seviyesine göre seçilip uygulanabilir.
- NBT ile ilgili olan konuların kimya öğretim programında var olan ünite ve konularla ilişkisi kurularak derslerde işlenebilir.
- Öğretmenler NBT, STEM, STEM+ ve IoT konularının öğretildiği faaliyetleri araştırıp katılım sağlayabilirler.
- NBT, STEM, STEM+, IoT ve hibritlerine yönelik mekânlar (laboratuvar, sınıf, dış ortam vb.) için girişimlerde bulunulabilir.
- Bahsi geçen alanlarla ilgili ulusal ve uluslararası katılımlara (yarışma, proje, kongre vb.) öğrencilerle birlikte katılarak öğrencilerin bu ortamlarda tasarım, sunum vb. deneyimler kazanmalarını sağlanabilir.
- Çalışma sürecinde öğrencilerin araştırma, tartışma, yardımlaşma, problemleri fark edip çözüm bulma, hatalarını fark etme gibi becerilerin yanında sosyal ve duygusal olarak da geliştirdikleri gözlenmiştir. Çalışmalardan keyif aldıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bu gibi öğrenme ortamlarının yaygınlaştırılması önerilebilir.

6. BÖLÜM: KAYNAKÇA

- Abrahams, I., & Saglam, M. (2010). A study of teachers' views on practical work in secondary schools in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 32(6), 753-768.
- Adadan, E., Akaygun, S., & Sanyal, A. (2017). Size-dependent properties of matter: Is the size of a pill important?. *Science Activities*, 54(3-4), 86-95.
- 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.
- Aka, E. I., Güven, E., & Aydoğdu, M. (2010). Effect of problem solving method on science process skills and academic achievement. *Journal of Turkish Science Education*, 7(4), 13-25.
- Akaygun, S. (2011). "Developing Literacy And Awareness Of Nanoscience İn Pre-Service Teachers." *Paper presented at the 8th European Science Education Research Association (ESERA), Conference, Lyon.*
- Akaygün, S. (2010a). "A Nanoscience Workshop for and from Pre-Service Teachers", *10th European Conference on Research in Chemistry Education*, Krakow, Poland, 4-9 July 2010.
- Akaygün, S. (2010b). "A Nanoscience Workshop for and from Pre-Service Teachers", *9th National Science and Mathematics Education Congress*, Izmir, Turkey, 23-25 September 2010.
- Akyıldız, I. F. ve Jornet, J. M. (2010). The internet of nano-things. *IEEE Wireless Commun.*, 17(6), 58-63.
- Akyıldız, I. F., Pierobon, M., Balasubramaniam, S. ve Koucheryavy, Y. (2015). The internet of bio-nano things. *IEEE Communications Magazine*, 53(3), 32-40.
- Alıcı, M. (2018). *Probleme dayalı öğrenme ortamında STEM eğitiminin tutum, kariyer algı ve meslek ilgisine etkisi ve öğrenci görüşleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi

- Altrichter, H., Posch, P. ve Somekh, B. (1998). *Teachers investigate their work: an introduction to the methods of action research*. New york: Routhledge.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). Project 2061: *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- Ang, L-M.& Seng, J. K. P. (2019). Application specific internet of things (ASIoTs):Taxonomy, applications, use case and future directions. *IEEE Access*, 7, 56577-56590.
- Angrosino, M. V. (2007). *Doing ethnogrphic and observational research*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Arduino Web Sitesi (2018, February 5). What is Arduino? <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arslan, A. (2013). *Araştırma-sorgulama ve model tabanlı araştırma -sorgulama ortamlarında öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerinin ve kavramsal değişim süreçlerinin incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ateş, İ., & Üce, M. (2017). Lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji farkındalığı. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(2), 685-710.
- Aydın, E., & Karslı, F. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkındaki görüşleri: Karışımların ayrıştırılması örneği. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, 38(1), 35-52.
- Aydın-Sayılan, A., & Mercan, Y. (2016). Hemşirelik öğrencilerinin nanoteknoloji bilgi düzeyleri ve bilgi düzeylerini etkileyen faktörler [Nursing students' knowledge levels about nanotechnology and factors influencing knowledge levels]. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 5706-5720.
- Bainbridge, W. S. (2002). Public attitudes toward nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 4(6), 561-570.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 ekstra* (1. Baskı). Ankara: Dorlion Yayınları.

- Basham, J. D., Koehler, C. M., & Israel, M. (2011). creating a “STEM for all” environment. in secondary sSTEM educational reform (pp. 1-24). Palgrave Macmillan, New York.
- Baybek, H., Çatalkaya, D., Kıvrak, A., & Yıldız, H. T. (2017). Hemşirelik öğrencilerinin nanoteknoloji tutumlarının belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(4), 1-11.
- BeagleBone Web Sitesi, (n.d.). *What is BeagleBone?* BeagleBoard.org Foundation. Retrieved March 8, 2020 from <https://beagleboard.org/>
- Bell, L. (2016). Nanoscale informal science education in the U.S.—NISE Net. In K, Winkelmann & B. Bhushan (Eds), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 277–311). Switzerland: Springer International Publishing.
- Bhushan B. (2016). Introduction to nanotechnology: history, status, and importance of nanoscience and nanotechnology education. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 1-31). Switzerland: Springer International Publishing.
- Bilekyiğit, Y. (2018). *Biyoloji dersinde gerçekleştirilen STEM etkinliğinin meslekî ve teknik anadolu lisesi öğrencilerinin akademik başarılarına ve kariyer ilgilerine etkisinin incelenmesi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Blonder R. & Sakhnini S. (2016). What are the basic concepts of nanoscale science and technology (NTS) that should be included in NTS educational programs? In K, Winkelmann & B. Bhushan (Eds), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 117-127). Switzerland: Springer International Publishing.
- 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*, 2012(4), 500–516.
- Blonder. R., & Rap. S. (2013). It's a small world after all: A Nanotechnology activity in a science festival. *Journal of Nano Education*, 4(1-2), 47-56(10).

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M.. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science And Mathematics*, 112(1).
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: challenges and opportunities*. National Science Teachers Association, NSTA Press, Arlington, Virginia.
- Capraro, R.M. Capraro, M. M.,& Morgan, J. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd.Ed.). Rotterdam, Netherlands: Sense.
- Carey. J. W., Morgan, M. & Oxtoby, M. J. (1996). Intercoder agreement in analysis of responses to open-ended interview questions: Exemples from tuberculosis research. *Cultural Anthropology Methods*, 8(3). 1-5.
- Carey. J. W., Morgan, M. & Oxtoby, M. J. (1996). Intercoder agreement in analysis of responses to open-ended interview questions: Exemples from tuberculosis research. *Cultural Anthropology Methods*, 8(3). 1-5.
- Ceylan, Ö., & Karahan, E. (2021). STEM odaklı matematik uygulamalarının 11. sınıf öğrencilerinin matematik tutum ve bilgileri üzerine etkisi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 11(2), 660-683.
- Chen, X. (2009). *Students who study science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in postsecondary education*. Stats in Brief (NCES 2009-161). National Center for Education Statistics, U. S. Department of Education. Washington, DC.
- Christensen, M., Adedeji, F., Grosser, S., Zawatzky, K., Ji, Y., Liu, J., Jurica, J. A., Naber J. R., & Hein. J. E. (2019). Development of an automated kinetic profiling system with online HPLC for reaction optimization. *React. Chem. Eng.*, 4, 1555-1558.
- Chung, R. & Hein, J. E. (2019). Automated solubility and crystallization analysis of non-UV active compounds: Integration of evaporative light scattering detection (ELSD and robotic sampling. *React. Chem. Eng.*, 4, 1674-1681.

- Cohen S.R., Blonder R., Rap S. & Barokas J. (2016). Online nanoeducation resources. In K, Winkelmann & B. Bhushan (Eds), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 171-194). Switzerland: Springer International Publishing.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Eğitim ve Bilim*, 39(171), 74-85.
- Creswell, J. W. (2017). *Karma yöntem araştırmalarına giriş*. (M. Sözbilir, Çeviri Ed.). Ankara: Pegem Akademi.
- Creswell, J. W. & Miller, D. L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. *Theory Into Practice*, 39(3), 124-130.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design. qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2 ed.). USA: Sage Publications.
- Creswell, J. W. (2017). *Nitel araştırmacılar için 30 beceri*. (H. Özcan, Çeviri Ed.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Creswell, J. W. (2018). *Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni*. (M. Bütün, S. B. Demir, Çeviri Ed.). Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Creswell, J. W. ve Plano Clark, V. L. (2014). *Karma yöntem araştırmaları: Tasarımı ve yürütülmesi*. (Y. Dede, S. B. Demir, Çeviri Ed.). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Çepni, S. & Ormancı, Ü. (2017). Geleceğin Dünyası. S. Çepni (Ed.), kuramdan uygulamaya STEM eğitimi içinde. (s. 18-28). Ankara: Pegem Akademi.
- Çevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests of vocational high school students. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi= Pegem Journal of Education and Instruction*, 8(2), 281.

- Dağ, F. (2016). Yaşam boyu öğrenme bağlamında Türkiye’de öğretmenlerin teknolojik yeterliliklerinin geliştirilmesine yönelik mesleki gelişim çalışmalarının incelenmesi. *Journal of Human Science*, 13(1), 90-111.
- Delgado C., Stevens S.Y., Shin N. & Krajcik J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 51-69.
- Dial-a-Molecule (2011, February 7). *What is dial-a-molecule*. The Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC). <http://generic.wordpress.soton.ac.uk/dial-a-molecule/what-is-dial-a-molecule/>
- Drexler, K. E. (1992). *Nanosystems: Molecular machinery, manufacturing and computation*. New York: Wiley.
- Düren O, V. (2016, November 7). *The industrial revolution 4.0. The Duality*. <https://www.theduality.com/industrialrevolution-4-0-2/>
- Ekici, G., Abide, Ö. F., Canbolat, Y., & Öztürk, A. (2017). 21. Yüzyıl becerilerine ait veri kaynaklarının analizi. *Journal of Research in Education and Teaching. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 1-12.
- Ekli, E. (2010). *İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin nanoteknoloji hakkındaki temel bilgi ve görüşleri ile teknolojiye yönelik tutumlarının bazı değişkenler açısından araştırılması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Erdem, E. & Demirel, Ö. (2002). Program geliştirmede yapılandırmacılık yaklaşımı. *Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 81-87.
- Faber, M., & Unfried, A., & Wiebe, E. N., & Corn, J., & Townsend, L. W., & Collins, T. L. (2013, June), *Student Attitudes toward STEM: The Development of Upper Elementary School and Middle/High School Student Surveys* Paper presented at 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia. 10.18260/1-2—22479.
- Fastman, B., Metzger M., & Harthorn B. H. (2016). Forging new connections between nanoscience and society in the UCSB center for nanotechnology in society science &

engineering fellows program. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 375-393). Switzerland: Springer International Publishing.

Feather J.L. & Aznar M.F. (2011). *Nanoscience education, workforce training, and K-12 resources*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Feyzioğlu, B., Demirdağ, B., Akyıldız, M. & Altun, E. (2012). Ortaöğretim öğrencilerine yönelik bilimsel süreç becerileri testi geliştirilmesi: geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12(3), 1887.

Galaverna, R., McBride, T., Pastre, J. C. & Browne, D. L. (2019). Exploring the generation and use of acylketenes with continuous flow processes. *React. Chem. Eng.*, 4, 1559-1564.

Gaskell, G., Stares, S., Allansdottir, A., Allum, N., Castro, P., Esmer, Y., ... & Wagner, W. (2010). *Europeans and Biotechnology in 2010. Winds of change?* Brussels: European Commission.

Gibney, E. (2016). Open-hardware' pioneers push for low-cost lab kit. *Nature*, 531, 147–148.

Gizem, E. N. İ. L., & Köseoğlu, Y. 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.

Gómez, J., Huete, J.F., Hoyos, O., Perez, L. & Grigori, D. (2013). Interaction system based on internet of things as support for education. *Procedia Computer Science*, 21, 132–139.

Goumopoulos, C., Iossifides, A., Fragou, O., Zaharakis, I. D., & Kameas, A. (2018). An approach to advance STEM education practices based on IoT technologies and the CoPs paradigm. In *International Conference on Computer Supported Education* (pp. 117-141). Springer, Cham.

- Green, M. (2007). *Science and engineering degrees: 1966–2004* (NSF 07-307). Arlington, VA: National Science Foundation.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computing System*, 29, 1645-1660.
- Gülhan, F., & Şahin, F. (2016). The effects of science-technology-engineering-math (STEM) integration on 5th grade students' perceptions and attitudes towards these areas Fen-teknoloji-mühendislik-matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.
- Gülhan, F., & Şahin, F. (2018). Fen bilimleri dersine STEM entegrasyonu etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Sakarya University Journal of Education*, 8(4), 40-59..
- Han, H.-J., & Shim, K.-C. (2019). Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(13), 1–18.
- Harman, G., & Yenikalaycı, N. (2021). STEM eğitiminde mühendislik tasarım sürecine dayalı etkinliklere yönelik fen bilgisi öğretmen adaylarının görüşleri. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 53(53), 206-226.
- Harvie, A. J., Herrington J. O. & Demello J. C. (2019). An improved liquid–liquid separator based on an optically monitored porous capillary. *React. Chem. Eng.*, 2019,4, 1579-1588.
- He, J., Dan Chia-Tien Lo, Xie, Y., & Lartigue, J. (2016).” Integrating Internet Of Things (Iot) Into STEM Undergraduate Education: Case Study of a Modern Technology Infused Courseware For Embedded System Course.” *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*.
- Healy N. & Rathbun L. (2016). Education and outreach of the national nanotechnology infrastructure network (NNIN) 2004–2015: History and accomplishments of undergraduate programs. . In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global*

perspectives of nanoscience and engineering education (pp. 323-349). Switzerland: Springer International Publishing.

Healy N. (2009). Why nano education? *Journal of Nano Education*, 1(1), 6-7.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January), *Design principles for industrie 4.0 scenarios*. Proceedings of 49th Hawaii International Conference on System Sciences HICSS, Koloa. 3928-3937.

Herr D.J.C. (2016). The need for convergence and emergence in twenty-first century Nano-STEAM+ educational ecosystems. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 83-115). Switzerland: Springer International Publishing.

Hingant B. & Albe V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies In Science Education*, 46(2), 121-152.

Hone, C. A., Boyd, A., O'kearney-Mcmullan, A., Bourne R. A., & Muller F. L. (2019). Definitive screening designs for multistep kinetic models in flow. *React. Chem. Eng.*, 4, 1565-1570.

Huang, C. Y., Hsu, L. R., & Chen, H. C. (2011). A study on the core concepts of nanotechnology for the elementary school. *Journal of National Taichung University: Mathematics, Science & Technology*, 25, 1–22.

Ineichen, C., Biller-Andorno, N., & Deplazes-Zemp, A. (2017). Image of synthetic biology and nanotechnology: A survey among university students. *Frontiers in Genetics*, 8, 122.

IntelGalileo Web Sitesi, (n.d). *Education technology promotes skills for the future*. Retrieved March 8, 2020 from <https://www.intel.com/content/www/us/en/education/intel-education.html>

Irkıçatal, Z. (2016). STEM related after-school program activities and associated outcomes on students' success and on their stem perception and interest. (Unpublished master's thesis). Akdeniz University, Antalya.

- Johnson, A. P. (2015). *Eylem araştırması el kitabı* (2. Baskı). (Y. Uzuner, & M. Anay, Çev.) Ankara: Anı Yayıncılık.
- Jones G., Blonder R., Gardner G., Albe V., Falvo M. & Chevrier J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35:9, 1490-1512,
- Jones, M. G., Taylor, A., Minogue, J., Broadwell, B., Wiebe, E., & Carter, G. (2007). Understanding scale: Powers of ten. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 191–202.
- Jones, M.G., Falvo, M.R., Taylor, A .R., & Broadwell, B.P. (2007). *Nanoscale science: Activities for grades 6–12*. NSTA, Arlington, VA.
- Jornet J. M. & Akyıldız, I. F. (2012). The internet of multimedia nano-things. *Nano Commun. Network*, 3(4), 242–251.
- Kadioğlu, F. (2010). Fen öğretiminde öğrenim gören öğretmen adaylarının nanoteknoloji ile ilgili güncel ve geleceğe yönelik düşünceleri (Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesinde yapılan bir araştırma.), (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kähkönen A. L., Laherto A., Lindell A. & Tala S. (2016). Interdisciplinary nature of nanoscience: Implications for education. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 35-81). Switzerland: Springer International Publishing.
- Kähkönen A.L., Laherto A. & Lindell A. (2011). Intrinsic and extrinsic barriers to teaching nanoscale science: Finnish teachers' perspectives. *Journal Of Nano Education*, 3(1-2), 1-12.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated stem education. *International Journal of Stem Education*. 3(1),1-11.

- Kennedy, J. Quinn, F., & Taylor, N. (2016). The school science attitude survey: A new instrument for measuring attitudes towards school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 39(4), 422-445.
- Kennedy, T. & Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*. 25(3), 246–258.
- Kerpiç, A., & Bozkurt, A. (2011). Etkinlik tasarım ve uygulama prensipleri çerçevesinde 7. sınıf matematik ders kitabı etkinliklerinin değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(16), 303- 318.
- Khamhaengpol, A., Sriprom, M., & Chuamchaitrakool, P. (2021). Development of STEAM activity on nanotechnology to determine basic science process skills and engineering design process for high school students. *Thinking Skills and Creativity*, 39, 100796.
- Kılıç, B. & Ertekin, Ö. (2017). MEB için fen teknoloji mühendislik matematik FeTeMM modeli (STEM) ile eğitim. *TÜBİTAK Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi Temel Bilimler Araştırma Enstitüsü*
- Kılınç-Alpat, S., Uyulgan, M. A., Şeker, S., Altaş, H. Ş., & Gezer, E. (2017). Effect of cooperative learning on academic achievement and opinions of the 10th grade students' in the topic of nanotechnology at secondary level. *Inonu University Journal of the Faculty of Education*, 18(1)-57.
- Kockmann, N. (2019). Digital methods and tools for chemical equipment and plants. *React. Chem. Eng.*, 4, 1522-1529.
- Kotluk, N., & Kocakaya, S. (2015). Digital storytelling for developing 21st century skills: From high school students' point of view. *Journal of Research in Education and Teaching*, 4(2), 354-363.
- Koyunlu-Unlu, Z., Dokme, I., & Unlu, V. (2016). Adaptation of the science, technology, engineering, and mathematics career interest survey (STEM-CIS) into Turkish. *Eurasian Journal of Educational Research*, 63, 21-36,
- Kubínová, Š.& ŠLégr, J. (2015). Chemduino: adapting arduino for lowcost chemical measurements in lecture and laboratory. *J. Chem. Educ.*, 92 (10), 1751–1753.

- Kurnaz, M. A. & Bayraktar, G. (2012). Nanoteknoloji tutum ölçeği: Geliştirilmesi, geçerliliği ve güvenilirliği. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1),41-53.
- Kuşcu M. & Akan, Ö. B. (2015). Modeling and analysis of SiNW BioFET as molecular antenna for Bio-Cyber interfaces towards the Internet of Bio-NanoThings. *IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-Iot)*. 669–674.
- Lakin, J. M., & Davis, E. (2016). First-Year Students’ Attitudes towards the Grand Challenges and Nanotechnology. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 17(3).
- Lawshe, C. H. (1975). A quantative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28, 563-575.
- Li, J. & Eastgate, M. D. (2019). Making better decisions during synthetic route design: leveraging prediction to achieve greenness-by-design. *React. Chem. Eng.*, 4, 1595-1607.
- 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), 1-16.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Lyn D., Hudson, Peter B., and Dawes, Les A. (2012) Engineering design processes in seventh-grade classrooms: bridging the engineering education gap. *European Journal of Engineering Education*, 37(5), 436-447.
- Lyons, J. S. (2011, June). *GK-12 engineering fellows change student perceptions; Science fellows, not so much*. In 2011 ASEE Annual Conference & Exposition (pp. 22-747).
- Mabbott, G. A. (2014). Teaching electronics and laboratory automation using microcontroller boards. *J. Chem. Educ.*, 91 (9), 1458–1463.
- Magana A.J., Brophy S.P. & Bryan L.A. (2012). An integrated knowledge framework to characterize and scaffold size and scale cognition (FS2C). *International Journal Of Science Education*, 34(14), 2181-2203.

- Mangu, D. M., Lee, A. R., Middleton, J. A., & Nelson, J. K. (2015, October). *Motivational factors predicting STEM and engineering career intentions for high school students*. In 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1-8). IEEE.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(1), 1-16.
- Mateos, C., Nieves-Remacha M. J., & Rincón. J. A. (2019). Automated platforms for reaction self-optimization in flow. *React. Chem. Eng.*, 4, 1536-1544.
- MEB, (2018). *Ortaöğretim kurumları Kimya dersi (9, 10, 11, 12 sınıflar) öğretim programı*. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara.
- Merriam, S. B. (2013). *Nitel araştırma: Desen ve uygulama için bir rehber*. (S. Turan, Çeviri Ed.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Meydan, E., Özden. M., & Arcagök. S. (2018). Türkçe eğitimi lisans öğrencilerinin nanoteknoloji kavramı ile ilgili geliştirdikleri metaforlar. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 12(25), 361 - 377
- Miles, M. B., Huberman, A. M. & ve Saladana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook (3rd ed.)*. Thousand Oaks, CA:Sage.
- Molga, K., Gajewska, E. P., Szymkuć, S. & Grzybowski, B. A. (2019). The logic of translating chemical knowledge into machine-processable forms: A modern playground for physical-organic chemistry. *React. Chem. Eng.*, 4, 1506-1521.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.
- Möller C., Spieler K., Calame M., Meyer E. (2016). From bachelor to PhD: The Swiss Nanoscience Institute at the University of Basel offers excellent interdisciplinary education at all levels. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 351-373). Switzerland: Springer International Publishing.

Nanno. (n.d.). Dictionary.com online sözlük içinde.
[Http://www.dictionary.com/browse/nanno](http://www.dictionary.com/browse/nanno) adresinden erişilmiştir.

National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC]. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council [NRC]. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.

Neuman, W. Lawrence. (2014). *Social research methods: qualitative and quantitative approaches*. Harlow: Pearson Education Limited.

Newberry, D. (2016). Nanotechnology education in community colleges. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 313-321). Switzerland: Springer International Publishing.

Nguyen, D. Q. (1998). The essential skills and attributes of an engineer: A comparative study of academics, industry personnel and engineering students. *Global J. of Engng. Educ*, 2(1), 65-75.

NNI, (2011). Strategic plan, Web Site:
http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2011_strategic_plan.pdf,
Şubat 2018 tarihinde erişilmiştir.

Nonninger R., Dege J., Wilke T., Waitz T. (2016). Nanoscience education in school chemistry: Perspectives for curricular innovations in context of an education for a sustainable development. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 237-275). Switzerland: Springer International Publishing.

OECD. (2019). *Future of education and skills 2030*. Paris: OECD Publishing.

Ostler, E., (2012). 21st century STEM education: A tactical model for long-range success. *International Journal Of Applied Science And Technology*, 2(1), 28-33.

- Özçelik, A. & Akgündüz, D. (2018). Üstün/Özel yetenekli öğrencilerle yapılan okul dışı stem eğitiminin değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 334-351 .
- Özdemir, H. (2018). *Meslek Lisesi Öğrencilerinin Alanlarıyla İlgili Mesleki Matematik Başarısını Geliştirmeye Yönelik Stem Uygulamaları*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Öztürk, F. Ö. (2019). STEM uygulamalarına ilişkin görüşlerle bu uygulamanın bilimsel tutum ve fen öğretimi öz yeterlik inancı üzerine etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (52), 1-38.
- Özyurt, M., Kuşdemir-Kayıran, B. & Başaran, M. (2017). *STEM tutum ölçeğini ilkököl ve lise düzeyine uyarlama çalışması*. Ş. Çinkır (Ed.), IV. International Eurasian Educational Research Congress içinde (s. 1231- 1232). Denizli: Pamukkale Üniversitesi.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. Thousand Oaks, CA:Sage.
- Pearce, J. M. (2012). Building research equipment with free, open-source hardware. *Science*, 337, 1303–1304.
- Pearce, J. M. (2014). *Open-source lab: How to build your own hardware and reduce research costs*. Elsevier: Waltham, MA.
- Pic A.C., Moore V.A., & Burnham N.A. (2016). Atomic force microscopy education. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 131-169). Switzerland: Springer International Publishing.
- Prabhu, G. R. D., Witek, H. A. & Urban, P. L. (2019). Telechemistry: monitoring chemical reactions via the cloud using the particle photon wi-fi module. *React. Chem. Eng.*, 4, 1616-1622.
- Ramsden, J. (2009). *Nanotechnology (nanoteknolojinin esasları)*. (A. İnce, çev.). Ankara: ODTÜ.

- Raspberry Pi Web Sitesi, (n.d.). *What is a Raspberry Pi?* The Raspberry Pi Foundation. Retrieved March 8, 2020 from <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
- Ricks, M. M. (2006). *A study of the impact of an informal science education program on middle school students' science knowledge, science attitude, STEM high school and college course selections, and career decisions*. The University of Texas at Austin.
- Roco, M.C., (2011). The long view of nanotechnology development: The national nanotechnology initiative at 10 years. *Journal Of Nanoparticle Research*, 13(2), 427.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- RS/RAEng. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties. Nanoscience and nanotechnologies*. The Royal Society, London.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. *Science education*, 96(3), 411-427.
- Sagmeister, P., Williams, J. D., Hone C. A. & Kappe, C. O. (2019) . Laboratory of the future: A modular flow platform with multiple integrated pat tools for multistep reactions. *React. Chem. Eng.*, 4, 1571-1578.
- Sahin, N., & Ekli, E. (2013). Nanotechnology awareness, opinions and risk perceptions among middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4), 867-881.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential concepts of nanoscale science and technology for high school students based on a Delphi study by the expert community. *Int. J. Sci. Educ.* 37, 1699–1738.
- Sampson, H. (2004). Navigating the waves: The usefulness of a pilot in qualitative research. *Qualitative Research*, 4, 383-402.

- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal Of Industrial Engineering & Management*, 9(3), 811-833.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, stemmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Sarı, U., Alici, M., & Şen, Ö. F. (2018). The effect of STEM instruction on attitude, career perception and career interest in a problem-based learning environment and student opinions. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 22(1).
- Sawicki, J. W., Bogdan, A. R., Searle, P. A., Talaty, N. & Djurica, S.W. (2019). Rapid analytical characterization of high-throughput chemistry screens utilizing desorption electrospray ionization mass spectrometry. *React. Chem. Eng.*, 4, 1589-1594.
- Schönborn K.J., Höst G.E., Lundin Palmerius K.E. (2016). Interactive visualization for learning and teaching nanoscience and nanotechnology. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 195-222). Switzerland: Springer International Publishing.
- Slife, B. D. & Williams, R. N. (1995). *What's behind the research? Discovering hidden assumptions in the behavioral sciences*. Thousand Oaks, CA: Sage
- Smidt, S. (2012). Review of The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering: A Guidebook for Secondary Teachers. *Journal of Chemical Education*, 89,1224-1225.
- Sodexo. (2014). 2014 workplace trends. Erişim: 19.04.2020. <http://viewer.zmags.com/publication/17fda3ad#/17fda3ad/1>
- Soong, R., Agmata, K., Doyle, T., Jenne, A., Adamo, A. & Simpson, A.J. (2019). Rethinking a timeless titration experimental setup through automation and open-source robotic technology: Making titration accessible for students of all abilities. *Journal Of Chemical Education*, 96 (7), 1497-1501.
- Spyropoulou, N., Glaroudis, D., Iossifides, A., & Zaharakis, I. D. (2020). Fostering secondary students' STEM career awareness through 10t hands-on educational

activities: Experiences and lessons learned. *IEEE Communications Magazine*, 58(2), 86-92.

Stevens S., Sutherland L.M. & Krajcik J.S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4.

Şanlı, M., & Özerbaş, D. H. S. (2021). STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik tutumuna ve fene yönelik motivasyonlarına etkisi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(3), 139-154.

Şıvgın, C. (2019). *Lise öğrencilerinin epistemolojik inançları, eleştirel düşünme becerileri ve bilimsel süreç becerileri arasındaki ilişkinin incelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şimşek, F. (2019). FeTeMM etkinliklerinin öğrencilerin fen tutum, ilgi, bilimsel süreç becerileri üzerine etkisi ve öğrenci görüşleri. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 1-1.

Trybula W., Fazarro D., Hanks C., & Tate J. (2016). Nanotechnology safety education. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp. 223-235). Switzerland: Springer International Publishing.

TTGV (2018). Sanayide dijital dönüşüm: Eğitim. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı.

Türkoğuz, S., Sefer, F. (2019). Investigation of the effects on pre-service teachers' self-efficacy toward information technologies of analytical chemistry experiences supported by arduino. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, 12(4) , 1164-1192 .

TÜSİAD, Erkman, F., Göl Güven, M., Ertenü, B., Bilgin, G. G., Kabakçı, N., Pınar, M., ... & Kırmacı, M. (2019). Sosyal ve duygusal öğrenme becerileri: Yeni sanayi devriminin eşliğinde iş ve yaşam yetkinliklerinin anahtarı [Social and emotional learning skills: The key to work and life competencies on the brink of the new industrial revolution]. İstanbul: TÜSİAD.

- Uğraş, M. (2019). Ortaokul öğrencilerinin fen-teknoloji-mühendislik-matematik (FeTeMM) mesleklerine yönelik ilgileri. *Electronic Turkish Studies*, 14(1).
- Uluyol, Ç. & Eryılmaz, S. (2015). 21. yüzyıl becerileri ışığında Fatih Projesi değerlendirmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(2).
- Uluyol, Ç. & Eryılmaz, S. (2015). 21. yüzyıl becerileri ışığında Fatih Projesi değerlendirmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35(2).
- Urban, P. L. (2014). Open-source electronics as a technological aid in chemical education. *J. Chem. Educ.*, 91, 5, 751–752.
- Uzelac, A., Gligoric, N., ve Krco, S. (2015). A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using internet of things. *Comput. Hum. Behav.*, 53, 427–434.
- Waldron, C., Pankajakshan, A., Quaglio, M., Cao, E., Galvanin F. & Gavrilidis, A. (2019). An autonomous microreactor platform for the rapid identification of kinetic models. *React. Chem. Eng.*, 4, 1623-1636.
- Walkowiak, M., & Nehring, A. (2016). Using chemduino, excel, and powerpoint as tools for real-time measurement representation in class. *Journal of Chemical Education*, 93 (4), 778–780
- White, D.W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association Of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.
- Wimmer, E., Cortés-Borda, D., Brochard, S., Barré, E., Truchet, C. & Felpin, F.X. (2019). An autonomous self-optimizing flow machine for the synthesis of pyridine–oxazoline (pyox) ligands. *React. Chem. Eng.*, 4, 1608-1615.
- World Economic Forum. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Global Challenge Insight Report.
- Wu, X., Deshler, J., & Fuller, E. (2018). The effects of different versions of a gateway STEM course on student attitudes and beliefs. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 1-12.

- Wyvratt, B. M., McMullen J. P., And Grosser, S. T. (2019). Multidimensional dynamic experiments for data-rich process development of reactions in flow. *React. Chem. Eng.*, 4, 1637-1645.
- Xie C. & Pallant A. (2011). The molecular workbench software: An innovative dynamic modeling tool for nanoscience education. In M..S. Khine & I..M. Saleh, (Eds.), *Models and modeling cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 121-139). NewYork: Springer
- Yaşar, E. B. (2021). *Fen bilimleri öğretmenlerinin 21. yüzyıl becerileri öz yeterlilik algıları ve STEMtutumlarının incelenmesi.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü/İlköğretim Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı.
- Yıldırım A. ve Şimşek H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). STEM uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183-210.
- Yıldırım, P. (2017). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) entegrasyonuna ilişkin nitel bir çalışma. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, (35), 31-55.
- Yıldırım. A., Şimşek, H. (2016). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. 10. Baskı Ankara s.122 ve 125.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Disign and method* (4th.ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Yurdugül, H. (2005). “Ölçek geliştirme çalışmalarında kapsam geçerliği için kapsam geçerlik indekslerinin kullanılması.” *XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi*, 28-30 Eylül, Denizli.

7. EKLER

EK 1 DERS PLANLARI-ÖĞRETMEN ETKİNLİK İÇERİĞİ

1. 2. HAFTA STEM Alan Bilgisi Fen-Matematik-Sosyal: Nanobilim Etkinliği

	Öğretim Modeli	Ders no (40 dk)	Büyük Fikir	Konu	Araştırma Sorusu
STEM Alan Bilgisi Fen-Matematik- Sosyal: Nanobilim Etkinliği	1- Katılım	1	Ölçek ve Boyut	1. Nanoboyut Nedir?	-Nanometre ne kadar küçüktür? -Küçük nasıl bir şeydir?"
	2- Keşfetme	2	Boyuta Bağlı Özellikler	2. Nanoteknolojinin Doğası: Yapışkan, Titrek, Engeli	-Küçük dünyanın kuralları nelerdir?
	3- Açıklama	3	Kuvvetler ve Etkileşimler		-Nano Neden Farklı Davranıyor?
	4- Derinleştirme	4			
	5-Değerlendirme				

Sınıf	10
Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	5E öğrenme modeli, grupla çalışma, soru cevap
Kazanımlar	Makro- mikro- nano- ölçekteki sınır nesneleri ayırt eder. Makro ölçeğin farklı özelliklere sahip nesneleri içerdiğinin farkına varır. Mikro ölçeğin farklı özelliklere sahip nesneleri içerdiğinin farkına varır. Nano ölçeğin farklı özelliklere sahip nesneler içerdiğinin farkına varır. Nano ölçeğin günlük dünyamızı etkileyebileceğini anlar. Nanobilim ve nanoteknoloji hakkında genel bilgi edinir. Nanoboyutta bilimi farklı yapan anahtar kavramların neler olduğunu kavrar. Nanoboyutun disiplinlerarası doğasını anlar. Nano boyutta bilim ve mühendislik faaliyetleri neden eşsiz olduğunu anlar. Nanoölçekteki kavramlar hakkında bilgi edinir. Nanoteknolojinin teknoloji, mühendislik ve topluma olan etkilerini öğrenir. Nanoboyuttaki ilginç etkilerin neler olduğunu öğrenir. Mikro, nano ve atomik ve moleküler dünyalar dâhil bazı dünyaların çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olduğunu anlar. Bir nesnenin boyutunun hem nitel hem de nicel olmak üzere birçok şekilde temsil edilebileceğini anlar.
Güvenlik Önlemleri	
Kullanılan Araçlar ve Gereçler	Çalışma Yaprakları, Senaryo Metni, Küp şeker, toz şeker, pudra şeker, 3 adet beyaz A4 kâğıdı ve kurşun kalem, 3 adet temiz kap, Temiz yüzey, Geko kertenkelesi görselleri, Çam ağacının yaprak, gövde örnekleri ve görseller Ek: Öğrenci Çalışma Sayfası (ÖÇY)

DERS İÇERİĞİ VE İŞLENİŞ

HAZIRLIK / HEDEFTEN HABERDAR ETME

(Öğrencilerin konuya dikkatlerini çekmek ve ön bilgilerini hatırlatmak amacıyla ilk olarak nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren bir senaryo sunulur. Senaryo ile ilgili sorular sorulur. (ÖÇY1))

Mühendisler küçük yapmaya neden isteklidirler? Neden modern şeylerin tasarlanmasında alanı daha az kullanıp az yer kaplaması için uğraşırlar? Kuşkusuz bunu aksi durumları da var, yani modern kamyonlar, gökdelenler, yolcu uçakları daima daha büyük yapılmaya çalışılır. Fakat bunlar bile küçük şeyler gibi yapılabilir. Ya piyasaya çıkan ilk cep telefonuna ne demeli? Oldukça ağır ve hantal olduğunu büyüklerimizden duymuşsunuzdur. Şimdi ise nasıl? Sadece şekil olarak değil fonksiyonları “hepsi bir arada” dijital ihtiyaçlarımızı karşılıyorlar. Peki, küçülmenin sınırı ne olacak? Küçülme sadece geleneksel bilgisayar sistemlerinin (mikroişlemci ve hafıza vb.) bileşenlerinin geliştirilmesi ile ilgili mi? Geleceğin teknolojileri gerçek dünya ile bir arayüzle bağlanacaklar ve bu bağlantı sadece işlemci ve hafıza noktasında değil sensörler, aktüatörler, RF arayüzleri vb. ile olacak. Elektronikler bizim doğal çevremizde evlerimizde, giysilerimizde, kitaplarımızda vb. her yerde. İhtiyaçlarımıza uygun şekilde otonom şekilde çalışıyorlar. Bu hızlı gelişmeler sonucunda bizleri neler bekliyor. Enerji, su, yiyecek, çevre, yoksulluk, zenginlik, işgücü, yeni meslekler, teknoloji, dijital, terörizm, savaş, hastalıklar, eğitim, demokrasi ve nüfus gibi konularda bizleri neler bekliyor? Kınımımızdaki virüslerin varlığını analiz eden ve bize hemen analiz sonuçlarını veren nano-ölçekteki sensörler geliştirilmektedir. 'Lab-on-a-chip' denilen bu ince aletler ülkelere zaman kazandırmakta ve personel ihtiyacı ortadan kalkmaktadır.

(Senaryo ile ilgili aşağıdaki soruları sorulur. Tartışılır.)

- 1.Senaryo dikkatinizi neler çekti?
- 2.Senaryo ile ilgili günümüzde var olan ve gelecekte karşılaşılabileceğimiz durumlar neler olabilir?

ÖN BİLGİLERİ ORTAYA ÇIKARMA / MOTİVE ETME

*(Öğrencilere günlük yaşamda kullandığımız makro, mikro ve nano ölçekli farklı ölçeklerde yolculuk yaptırmak için çalışma yaprağındaki görselleri incelemeleri istenir. Öğrencilerin uygun ölçekleri tahmin etmeleri ve düzenlemeleri beklenmektedir).
(Öğrencilerin aşağıda verilen görsellerdeki varlıkların gerçek büyüklüklerini ölçü ve birimleri ile tahmin etmeleri istenir ve öğrenciler sıralamalarını belirtilen bölüme yazarlar(ÖÇY1)).*

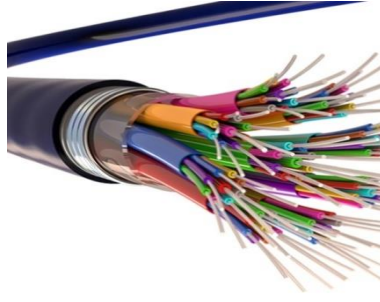
DÜŞÜNMEYE ODAKLAN

Odak Sorusu: 1. Nanometre ne kadar küçüktür?

2. Küçük nasıl bir şeydir?



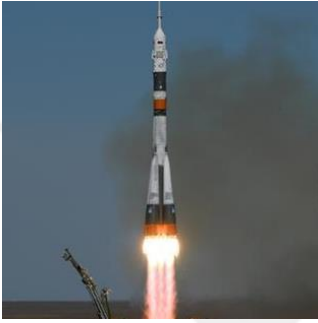
1. Bakır Tel



2. Fiber Optik Tel



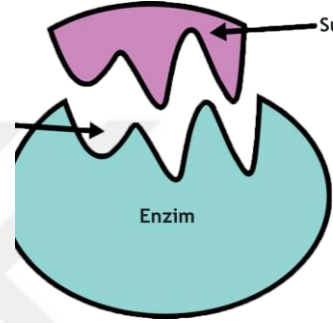
3.Uydu



4. Uzay Aracı



5.Kamera



6.Enzim



7.LCD televizyon



8. Namib böceği



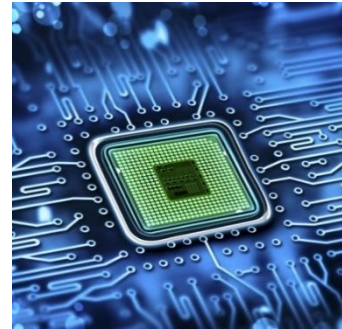
9. Kelebek



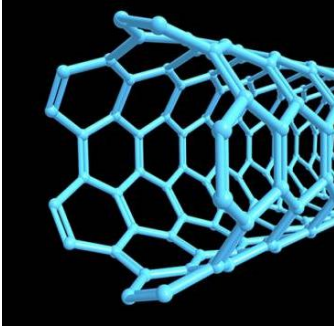
10.Bakteri



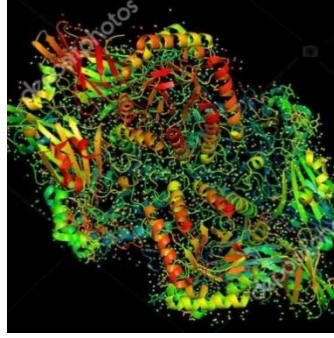
11.Kurşun Kalem Ucu



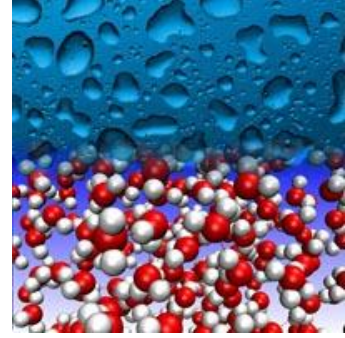
12. Çip



13.Karbon Nanotüp



14.Protein Molekülü



15.Su Molekülü

- Yukarıda size resimleri verilen varlıkların büyüklüklerini ölçü ve birimleri ile tahmin ediniz.

Varlık	Tahmini ölçek ve birim	Varlık	Tahmini ölçek ve birim
Bakır Tel		Kelebek	
Fiber Optik Tel		Bakteri	
Uydu		Kurşun Kalem Ucu	
Uzay Aracı		Çip	
Kamera		Karbon Nanotüp	
Enzim		Protein Molekülü	
LCD TV		Su Molekülü	
Namib Böceği			

- Yukarıda verilen varlıkların gerçek ölçeklerine göre büyükten küçüğe nasıl sıralanacağını arkadaşlarınızla tartışınız. Aşağıdaki tabloya görsellerin numaralarını yazarak sıralayınız. Yaptığınız sıralamaya göre görsellerin çıkartmalarını A4 kâğıdına yapıştırınız.

- Yukarıdaki görselleri makro-, mikro- ve nano- ölçeklerine göre sınırlarını belirleyerek aşağıdaki tabloya görsel numaralarını yazınız.

Makro		Mikro		Nano	

DÜŞÜNMEYE ODAKLAN

Odak Sorusu: 3. Küçük dünyanın kuralları nelerdir?

4.Nano neden farklı davranıyor?

KEŞİF ZAMANI

Yukarıdaki sorulara cevap verebilmek için aşağıdaki deneyleri yapalım.

- Aşağıdaki metni okuyunuz. (ÖÇY2)



Çam ağacı ormanından oluşmuş bir ormanda gezintiye çıktığımızı düşünelim. Çam ağaçlarını ve oradaki birçok varlığı gözümüzle görebiliriz. Rüzgâr eserken yaprakları sağa sola titreşirler. Özellikle ilkbahar aylarında ortama hoş kokular yayan reçineleri onlara dokunduğumuzda ellerimizi yapışık yapışık yapar. İğne gibi yapraklarına dokunduğumuzda ise ellerimizi okşar gibi pürüzlü ve dikensi doğası ile içimize huzur verir.

(Makro boyutta yapışkan, titreşim ve engebeli ortamlar ve materyaller sayesinde bu kavramları anlamalarını sağlamak amacıyla “Yukarıda gözümüzle görebildiğimiz makro âlemden çam ormanındaki ağaçlarla ilgili bir metin verilmiştir.” denilerek sınıfa getirilen çam ağacının yaprakları, reçinesi incelenir. Öğrencilerin görüşleri alınır.

Titreşen yapraklar, yapışkan reçine ve pürüzlü yapıya vurgu yapılarak öğrencilerin bu kavramları keşfetmeleri sağlanır.)

KESTİRİMLERDE/TAHMİNLERDE BULUNMA

(Nano boyutta titreşim ve engelli ortamlar ve materyal örnekleri sayesinde bu kavramları anlamaları sağlanır.)

(Öğrenciler çalışma gruplarına ayrılır. Çalışma yaprağı öğrencilere dağıtılarak etkinlik sırasında aynı zamanda soruları cevaplamaları istenir.)

(Öğretmen tarafından öğrencilere sorulur (ÖÇY2).)

Etkinlikte Kullanılacak Araç ve Gereçler	
Geko kertenkelesi görselleri	Çam ağacının yaprak, gövde örnekleri ve görselleri

- Size verilen çam ağacının yaprakları, reçinesi ve kabuk örneklerini inceleyiniz. Görüşlerinizi paylaşınız.

--

- Çam ağacının yaprakları ve dalları durgun mudur ya da hareketli midir? Nasıl?

--

- Gövdesinde elimizi gezdirdiğimizde neler hissederiz. Elimize bulaşan bir şeyler oldu mu? Nasıl?

--

- Kendi gözünüzle görebildiğiniz hissedebildiğiniz bu durumlarla acaba daha küçük canlıların (örneğin örümcek hayvanı) yaşamlarında karşılaştınız mı?

--

(Bu bölümde ise Geko kertenkelesinin düz yüzeylere tırmanabilme yeteneği üzerinden parmaklarındaki nano yapılarla ilgili çalışmalar yapılır.)



1. Geko kertenkelesi ile ilgili görselleri inceleyiniz. Görsellerde dikkatinizi en çok çeken Geko kertenkelesinin hangi özelliğidir?

2. Kertenkelenin parmak yapısının özelliği nedir?

3. Kertenkeleye parmak yapısındaki bu özellik/özellikler ona ne gibi avantajlar sağlar?

4. Aşağıdaki tabloya çam, örümcek ve geko parmaklarına ait titrekleme, yapışkan ve engebeli özelliklerin neler olduğunu yazınız.

	Titrekleme	Yapışkan	Engeli
	Sürekli hareket	Güçlü elektriksel çekim kuvveti Moleküllerarası kuvvetler	Farklı moleküler şekilleri
makro			
mikro			
nano			

(Bu bölümde üç yapıyı da (titrekleme, engeli ve yapışkan) içinde barındıran deneysel çalışma yapılır.)

(Öğrenciler küp şeker, toz şeker ve pudra şekerinin yapısal ve işlevsel farklılıklarını sorgulayacakları deneysel çalışma yaparlar. Yüzey alan hacim oranlarını ve etkilerini araştırırlar. Yapışkanlığı gözlerler. Moleküllerin titrekleme ve engeli yapısı ile ilgili olarak deney yaprağındaki verilen çalışmaları yaparak gözlem ve bulgularını tartışırlar.)

(Öğrenciler çalışma gruplarına ayrılır. Etkinlik çalışma yaprağı öğrencilere dağıtılarak etkinlik yapılırken aynı zamanda soruları cevaplamaları söylenir.)

Etkinlikte Kullanılacak Araç ve Gereçler		
Küp Şeker	Toz Şeker	Pudra Şeker
3 Adet Siyah Karton	Kurşun Kalem	3 Adet Temiz Kap
Fırça	Cetvel	A4 Kâğıdı

Araştırma Sorusu:

--

Deney Tasarımı:

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken

Bulgular:

	Hacim (V, cm ³)	Yüzey Alan (S, cm ²)	S/V oranı (cm ² / cm ³)
Küp şeker			
Toz Şeker			
Pudra Şeker			

KESTİRİM SORULARI

1. Hangi tür şeker parmağımıza daha çok yapıştı?

--

2. Şekerlerin bulunduğu kabı boşaltmaya çalışın. Gözlemlerinizi tartışın.

--

3. Bazı şeker türlerinin neden diğerlerine göre daha fazla yapıştığını tartışınız.

--

4. Her partikülün yüzey alanının hacmine oranı sonuçlarda nasıl bir rol oynar?

--

5. Gözlemlerinize dayanarak bu farklılıkların maddelerin yapısı ve işlevi bakımından ne gibi etkileri vardır?

6. Hangi şeker yapısının daha titrekle olduğunu düşünüyorsunuz? Neden? Nasıl anladınız?

7. Size verilen malzemeleri kullanarak her bir şekerin yüzey resimlerini beyaz kâğıda çıkarmak için yöntem geliştiriniz. Bu resimlere bakarak her bir şekerin yüzey engebeleri hakkında ne düşünüyorsunuz?

Yorumlar:

	titrekle	yapışkan	engebeli
	Sürekli hareket	Güçlü elektriksel çekim kuvveti Moleküllerarası kuvvetler	Farklı moleküler şekilleri
Küp Şeker			
Toz Şeker			
Pudra Şeker			

Sonuçlar

--

AÇIKLAMA ZAMANI

- “Nano” kavramının kökeni, anlamı hakkında, metrenin milyarda biri olduğu hakkında aşağıdaki örneklerle ilgili olarak aşağıda verilen çıkartmalardaki ölçek bilgisi ve ona ait görsel bulunan bilgi kartlarını eşleştiriniz (ÖÇY3).

Örnekler:	nm
İnsan saçı	50 000-100 000
Nanoteknolojinin çalışma aralığı	0-100
Grip virüsü	30
Kırmızı kan hücresinin	10 000 nm-10 ⁻⁵ m veya 6000
DNA	2 - 2.5
Saniyede insan tırnağının uzama hızı	1
Pentium CoreDuo işlemcisinin transistörü	45
Toplu iğne başı	1-2
6 tane birbirine bağlı karbon atomu	1
Bir martının denizdeki bir yakıt tankerine konmasıyla batması	1
Bir su molekülü	0.5
Köpek	1,000,000,000
Pire	1.000.000

Nanoteknolojinin
çalışma aralığı
0-100 nm'dir.

Bir nanometrenin
atomun cinsine
bağlı olarak
yaklaşık 3-10 tane
atom
uzunluğundadır.

Bilinen grip
virüsünün
boyunun 30 nm
uzunluğundadır

İnsan saçının
50 000-
100 000 nm
genişliğindedir.

Nanopartikül
 10^{-9} m. 1 ve
100 nm
arasında bir
boyuttur.

Köpek 1 m ya da
1,000,000,000
nm boyundadır.

DNA 10^{-8} m
veya 2.5 nm
çapındadır.

Pire 10^{-3} m
veya 1.000.000
nm
uzunluğundadır

Bir su molekülü
yaklaşık 0.5
nm'dir.

Bir martı
denizdeki bir
yakıt tankerine
konduğunda onu
1 nm batırır.

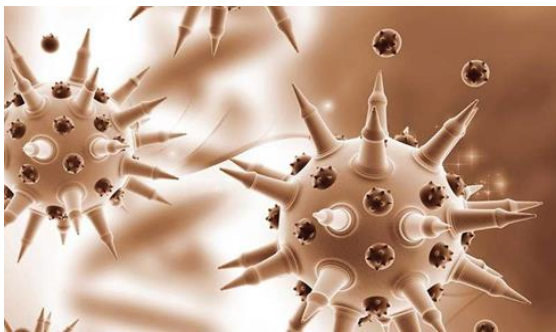
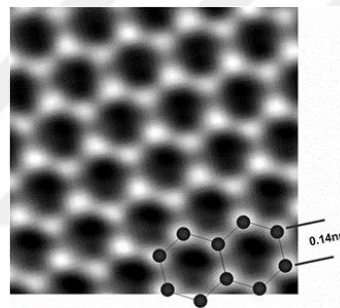
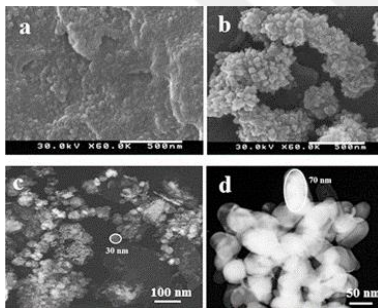
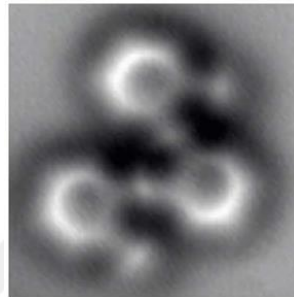
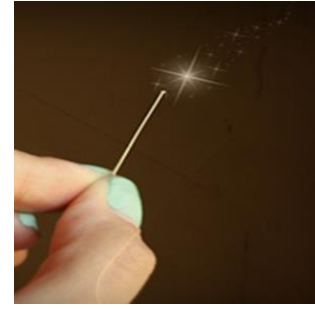
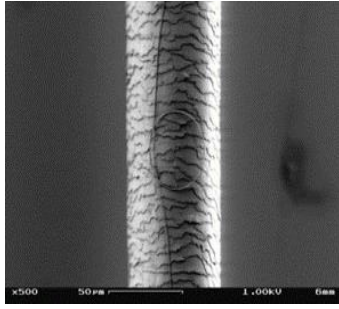
6 tane
birbirine bağlı
karbon atomu
yaklaşık 1
nm'dir.

Toplu iğne başı
1-2 nm'dir.

En son
geliştirilen
transistor
7 nm'dir.

Saniyede insan
tırnağının
uzama hızı
1 nm'dir.

Kırmızı kan
hücresinin
yaklaşık
10 000 nm
genişliğindedir.



7 nm
Transistör



2.5 nm
İnsan
kromozomunun
çapı

DERİNLEŞTİRME ZAMANI

(ÖÇY3’de görselde verilen cep telefonu ve bilgisayar zaman içinde minikleşmesiyle ilgili olarak, minikleşme ile ürünlerin görünümünde, fonksiyonlarında ne gibi değişimler meydana geldiği sorularak tartışmalar yapılır ve paylaşılır.)

- Aşağıda verilen cep telefonu ve bilgisayar görsellerde zaman içinde minikleşmesini görüyorsunuz. Minikleşme ile ürünlerin görünümünde, fonksiyonlarında ne gibi değişimler meydana gelebilir? Neden?



(Not: Öğrencilerden beklenen olası cevaplar şunlardır.

Çok fonksiyonluluk; daha az hammadde kullanılıp daha iyi iş yapılır, fiyatların düşük, olması, hızlı işlemler, sıcaklık değişimleri ve titreşimler küçük aygıtları büyük aygıtlar kadar bozulmaya götürmezler (bir sistemin rezonans titreşimi onun kütlesi ile ters orantılıdır). Daha yüksek, tam hareketler ve boyutsal kararlılık. Yüksek ölçüde kesin ölçüler ve hareketler. Daha düşük enerji ile çalışırlar. Davranışlar kuantum mekaniği ile açıklanır. Ohm yasası yerine kuantum etki geçerlidir.)

(Son olarak Öğrenciler sonuçlarını paylaşır ve **arkasında yatan neden(ler)** araştırırlar.)

DEĞERLENDİRME ZAMANI

Değerlendirme Aşaması: (Paylaşım, değiştirme)

- Size verilen varlıkların çıkartmalarını büyükten küçüğe doğru A4 kâğıdına yapıştırınız.

ÇIKARTMALAR



- Nanoyapıların engebeli, titretilik ve yapışkan özelliklerinin anlatıldığı açıklamaları ve hangi kuvvetlerin etkili olduğunu gösteren kutucukları oklar çizerek eşleştirin.

Birbirleriyle ilgili ifade ve kavramları oklar kullanarak eşleştiriniz.

Kuantum etkiler yine önemlidir. Lazer, transistör, elektron mikroskobu, magnetik rezonans görüntüleme (NMR). Moleküllerarası etkileşimler rol oynar. Geko kertenkelesi. Boyut küçülürken S/V oranı artıyor. Pudra şekeri, toz şekerden daha yüksek S/V oranına sahiptir. Fazla yüzey alanına (nanoboyutta) sahip maddeler yapışkandır.

Engibeli

güçlü
elektrostatik
kuvvet

Nanoalemdede hareket sıcaklık değişimlerine bağlı olarak süreklilik gösterir ve duyarlıdır. Moleküller Brownian hareketi gösterir ve termal kuvvetler arttıkça molekül de daha fazla hareket eder. Katı, sıvı ve gaz hareket davranışları bu titretilikle açıklanabilir.

Titretilik

süreklilik ve ısı
hareket

Kuantum etkileri (proton, nötron ve elektronun davranışları) bağlı olarak nanodünyada nesnelerin engebeliliği söz konusudur. Lotus Etkisi, sinek kanatlarının yüzeyi. Ürünler: Kendi kendini temizleyen tuvaletlerde, uçaklarda, su geçirmez kumaşlarda.

Yapışkan

moleküllerin farklı
şekilleri

3.ve 4. HAFTA Mühendislik Dizayn Süreçleri: STEM-GLASS Tasarım Etkinliği

STEM-GLASS AŞAMALARI	Öğretim Modeli	Ders no (40 dk)	Büyük Fikir	Konu	Araştırma Sorusu
Mühendislik Dizayn Süreçleri: STEM-GLASS Tasarım Etkinliği	STEM-GLASS	5 6 7 8	Boyuta Bağlı Özellikler	3. Sinek ve kuşkanadının özelliklerini ve farklılıkları	-Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?

Sınıf	10
Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	5E öğrenme modeli, grupla çalışma, soru cevap
Kazanımlar	Farklı büyüklükte verilen nesnelerin boyut farklılıklarını keşfeder. Bilim insanlarının çok disiplinli çalışmalar yapmasının avantajlarını ve dezavantajları tartışır. Bilim insanlarının çok disiplinli çalışmalar yaparken karşılaşılan güçlükleri tartışır. Bilim insanlarının çok disiplinli çalışmalar yaparken karşılaşılan güçlükleri çözümler geliştirir. Yapacak olduğu tasarımın sınırlılıklarını bilir. Tasarımının çizimini yapar. Tasarımında kullanacağı malzemeleri belirler. Planladığı tasarımı gerçekleştirir. Tasarımının özelliklerini anlatır. Tasarımında kullandığı parametreleri değerlendirir. Tasarımını geliştirmek için değişiklikler uygular. Tasarımını farklı tasarımlarla kıyaslar. Tasarımındaki STEM-GLASS alanlarıyla ilişkisini yorumlar.
Güvenlik Önlemleri	
Kullanılan Araçlar ve Gereçler	Ek: Öğrenci Çalışma Sayfası (ÖÇY4)

DERS İÇERİĞİ VE İŞLENİŞ

- “Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?”
- Bu aşamada aşağıdaki etkinlik yaprağının uygulaması yapılır. Öğrencilere dağıtılarak adım adım STEM tasarım etkinliğini yapmaları için rehberlik edilir.

STEM-TASARIM ETKİNLİĞİ “KUŞ ve SİNEK KANADI”

Grup No:

Grup Üyeleri:

ODAK SORUSU: Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?



1. Kuşkanadı ve sinek kanadı ile ilgili yaptığınız ön araştırma yapınız. Yaptığınız bu ön araştırmada neler dikkatinizi çekti?



2. Sizce bilim insanlarının bilim ve teknolojileri geliştirmeleri için tek bir bilim dalında uzmanlaşmış olmaları yeterli mi? Olumlu ve olumsuz düşüncelerinizin sebebini açıklayınız.

3. Bilim insanları bilim ve teknolojileri geliştirirken ne gibi sorunlarla karşılaşılıyorlar?

4. Bilim insanları bu sorunlara ne gibi çözümler geliştiriyorlar?

5. Bilim insanlarının karşılaştığı problemlere çözüm önerisi geliştirebilmek için aşağıdaki

bilim dallarından nasıl yararlanıyorlar? Hepsi için birer örnek veriniz. Planladığınız tasarımı yaparken karşılaçağınızı düşündüğünüz problemlere çözüm önerisi geliştirebilmek için aşağıdaki bilim dallarından nasıl yararlanırsınız?

Kimya:	
Fizik:	
Biyoloji	
Mühendislik:	
Matematik:	
Coğrafya:	
Dil:	
Sanat:	

ŞİMDİ SIRA SİZDE !!!

Bu etkinlikte sizden, aşağıda verilen özelliklere sahip bir “kuşkanadı ve sinek kanadı” tasarlamanız beklenmektedir.

- Kuşkanadı ve sinek kanadı birbiriyle gerçekte olduğu gibi oranlı olmalı
- Görüntüsü gerçeğini yansıtmalı
- Kullanılacak malzemelerin özellikleri tasarıma uygun olmalı

Kuşkanadı ve Sinek Kanadı Tasarımı:

Tasarımınızı çiziniz.

Tasarımınızda kullanmayı planladığınız malzemeleri yazınız.

1- Kuşkanadı ve Sinek Kanadını Özelliklerini Yansıtan Bir Proje Tasarımı:

➤ Proje tasarımınızı anlatınız:

➤ Projenizde kullanmayı planladığınız materyalleri yazınız. Eğer görsel materyaller kullanmayı düşünüyorsanız çiziniz.

1. Tasarladığınız kuşkanadı ve sinek kanadını hangi özelliklerine göre karşılaştırabiliriz?

2. Bu özellikler onun hareketlerini, hızını, yüksekliğini vb. nasıl etkiler?

3. Tasarımınız kanatları birbiriyle karşılaştırırken başarılı oldu mu?

4. Tasarımınızı daha iyi hale getirebilmek için tasarımınızda ne gibi değişiklikler yapabilir siz?

5. Farklı tasarımlar araştırma sorusunun cevabını nasıl etkiler?

6. Farklı malzemelerin kullanılması ürününüzü nasıl etkiler?

7. Çalışmanızı **tasarlarken** hangi zorluklarla karşılaştınız.

8. Bu zorlukların üstesinden nasıl geldiniz?

9. Geliştirdiğiniz yeni tasarımınız ya da fikriniz için yapılması geren hesaplamalar nelerdir?

10. Tasarımınızın önemi nedir?

11. Tasarımınız için hangi alanlarda uzmanlaşmış bilim insanlarıyla birlikte çalışmanız gerekir? Açıklayınız. Bu etkinlikteki STEM'in nasıl ele alındığını açıklayınız.

Fizik, kimya, biyoloji, matematik, mühendislik, sanat, mimarlık, jeoloji...

12. Etkinlikten sonra araştırma sorusuna yönelik ulaştığınız sonuç ne/nelerdir?

5.6.7.8 HAFTA Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu

STEM-GLASS AŞAMALARI	Öğretim Modeli	Ders no (40 dk)	Büyük Fikir	Konu	Araştırma Sorusu
Mühendislik Dizayn Süreçleri: Teknoloji Entegrasyonu	1- Katılım	9	Ölçek ve Boyut Boyuta Bağlı Özellikler Araçlar ve Enstrümanlar	4. Nanosensörler	-Basit kurallar karmaşık şeyleri bir araya nasıl getirir?
	2- Keşfetme	10		5. Evimizde Kullandığımız Sensörler	-Nanoteknoloji Nerede Kullanılır?
	3- Açıklama	11		6. Endüstri 4.0 Nedir? 7. IoT nedir?	-Nanoteknolojinin teknoloji, mühendislik ve topluma olan etkileri nelerdir?
	4- Derinleştirme	12 13 14 15 16		8.Gümüş Nanoparçacık Sentezi 9. STEM-IoT Etkinliği	-Endüstri 4.0 devrimi bağlamında disiplinlerarası bir yaklaşım, STEM-GLASS alanlarını bir araya getirerek IoT ile öğrenme ortamına nasıl bir katkı sağlar?
					-Kimya konuları
			mikrodenetleyiciler kullanılarak pratik uygulamalara nasıl dönüştürülebilir?		
5-Değerlendirme					

Sınıf	10
Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	5E öğrenme modeli, grupta çalışma, soru cevap
Kazanımlar	Endüstri 4.0 kavramını bilir. IoT teknolojisini bilir. Çevresinde kullanılan sensörleri keşfeder. Laboratuvar çalışmalarında IoT'nin kullanılması ile ilgili uygulamalar tasarlar. Makine-makine etkileşimine örnekler verir. Makine-insan etkileşimine örnekler verir. IoT'nin avantajlarını ve dezavantajlarını tartışır. Ag NP sentezi deney düzeneğini tasarlar. Ag Np sentezini gerçekleştirir. Kullanılacak mikrodenetleyici bilir. Mikrodenetleyicinin telefona ve bilgisayara kurulumunu gerçekleştirir. IoT-deneyisel düzenek tasarımının genel özelliklerini araştırır. IoT-deneyisel düzenek tasarımının genel özelliklerini belirler. IoT-deneyisel düzenek tasarımına yönelik öneriler geliştirir. IoT-deneyisel çalışmasını gerçekleştirir. Tasarımını değerlendirir, test eder ve değişiklik önerir.

Güvenlik Önlemleri	
Kullanılan Araçlar ve Gereçler	Senaryo metni, Çalışma Yaprakları, Particle Photon, 5 V USB güç kaynağı ya da şarj edilebilir 3.7 V lityum polimer (Li-Po) pil, Power shield, Power switch tail II, Diğer malzemeler (kablolar, switch, perfboard...), Renk Sensörü, Manyetik Karıştırıcı, = 1 mM AgNO₃ çözeltisi, %1'lik sodyum sitrat çözeltisi, beher, deney tüpü, saf su Ek: Öğrenci Çalışma Sayfası (ÖÇY5, ÖÇY 6)

DERS İÇERİĞİ VE İŞLENİŞ

HAZIRLIK / HEDEFTEN HABERDAR ETME

(Modülün başındaki **ilk etkinlikteki** nanoteknoloji ve çalışmalarını içeren aynı senaryo sunulur. Senaryo ile ilgili sorular tekrar sorulur.)

- Senaryo metnine geri dönülerek,

YAPIŞKAN, TİTREK VE ENGEBELİ NANOSENSÖRLER

Mühendisler küçük yapmaya neden isteklidirler? Neden modern şeylerin tasarlanmasında alanı daha az kullanıp az yer kaplaması için uğraşırlar? Kuşkusuz bunu aksi durumları da var, yani modern kamyonlar, gökdelenler, yolcu uçakları daima daha büyük yapılmaya çalışılır. Fakat bunlar bile küçük şeyler gibi yapılabilir. Ya piyasaya çıkan ilk cep telefonuna ne demeli? Oldukça ağır ve hantal olduğunu büyüklerimizden duymuşsunuzdur. Şimdi ise nasıl? Sadece şekil olarak değil fonksiyonları “hepsi bir arada” dijital ihtiyaçlarımızı karşılıyorlar. Peki, küçülmenin sınırı ne olacak? Küçülme sadece geleneksel bilgisayar sistemlerinin (mikroişlemci ve hafıza vb.) bileşenlerinin geliştirilmesi ile ilgili mi? Geleceğin teknolojileri gerçek dünya ile bir arayüzle bağlanacaklar ve bu bağlantı sadece işlemci ve hafıza noktasında değil sensörler, aktüatörler, RF arayüzleri vb. ile olacak. Elektronikler bizim doğal çevremizde evlerimizde, giysilerimizde, kitaplarımızda vb. her yerde. İhtiyaçlarımıza uygun şekilde otonom şekilde çalışıyorlar. Bu hızlı gelişmeler sonucunda bizleri neler bekliyor. Enerji, su, yiyecek, çevre, yoksulluk, zenginlik, işgücü, yeni meslekler, teknoloji, dijital, terörizm, savaş, hastalıklar, eğitim, demokrasi ve nüfus gibi konularda bizleri neler bekliyor? Kınımımızdaki virüslerin varlığını analiz eden ve bize hemen analiz sonuçlarını veren nano-ölçekteki sensörler geliştirilmektedir. 'Lab-on-a-chip' denilen bu ince aletler ülkelere zaman kazandırmakta ve personel ihtiyacı ortadan kalkmaktadır.

(Senaryoda geçen nano kavramına atıfta bulunan ifadeler size neler düşündürüyor? diye sorulur. Tartışılır.)

KEŞİF ZAMANI

(Giriş etkinliğinin genel değerlendirilmesine yönelik ilk baştaki nanoteknolojinin karşımıza çıkardığı mevcut durumlar ve olası durumlarla ilgili tartışmalar yapılır.)

(Küçük gruplar halinde çalışarak “Evimizde Kullandığımız Sensörler” temalı ayrıntılar içeren çevrelerinde karşılaştıkları ve kullandıkları teknoloji, materyaller ve ürünlerle ilgili olarak hazırlanan **ÖÇY_5’teki 1 ve 2. sorular** tartışılır.)

- Aşağıdaki soruları grubunuzda tartışınız ve cevaplarınızı paylaşınız (**ÖÇY_5**).

1. Evlerimizde ne hangi sensörleri kullanıyorsunuz?

2. Bu sensörlerden hangisi nano-sensör olabilir?

(Seçilen “televizyon” ürünü üzerinden öğrenciler araştırma sorusunu “Basit kurallar karmaşık şeyleri bir araya nasıl getirir?” tartışırlar. **ÖÇY_5’teki 3, 4, 5. sorular** tartışılır.)

3. Televizyon ekranlarının geçmişten günümüze geçirdiği değişiklikleri tartışınız.
Bu değişiklikleri büyüklük, görünüş, görüntü kalitesi, hız, çözünürlük vb. özelliklerin değişimine göre değerlendiriniz.

4. Televizyonlarda kullanılan ekran türleri nelerdir?

5. Bu ekranları daha başka nerelerde kullanabiliriz?

AÇIKLAMA ZAMANI

Endüstri 4.0 sunumu yapılır.

(Öğrencilere ÖÇY_6 verilerek metin okutulur ve metinle ilgili sorular cevaplandırılır ve tartışılır.)

“Nesnelerin İnterneti (Nİ)” fiziksel dünyadaki nesnelerin, bunların içinde gömülü halde ve yanında bulunan sensörlerin kablosuz ve kablolu bağlantılar aracılığı ile İnternete bağlanmalarına imkân veren bir sistemdir. “Her şeyin İnterneti” anlamına gelen “Internet of Things (IoT) terimi de kullanılır. Nesnelerin İnterneti fiziksel cihazların, makinelerin, taşıtların, binaların ve çeşitli elektronik ve/veya mekanik donanım ile yazılım içeren nesnelerin veri toplamak, dağıtmak ve iletişim kurmak için oluşturduğu sistemdir.

Kimya laboratuvarında araştırmasını yapan bilim insanı yaptığı deneysel çalışmanın başında tüm zamanını beklemek zorunda mıdır? Bilim insanı, Nesnelerin interneti sayesinde fiziksel cihazlara- laboratuvar ekipmanları ve sensörler- uzaktan erişim sağlayarak geleneksel olarak saatlerce ya da günlerce başında gözlem yapmak zorunda olduğu çalışmaları, ekipmanların performansı ile ilgili bilgileri, laboratuvar koşullarını uzaktan deneyleri kontrol edebilir ve bulut teknolojisi sayesinde cihazlarla direk iletişim sağlayarak daha verimli çalışabilir. Böyle bir uygulama, kimyasal reaksiyonları ve biyolojik süreçleri etkileyen sıcaklık, nem, karbon dioksit seviyesi, ışık ve hava basıncı gibi değişkenleri kontrol edebilen, gerektiğinde reaksiyonu sonlandıran, deneyi yapana uyarı gönderen, verileri depolayan sistemleri olanaklı kılmaktadır. Böylece kimyacı sistemi kurup, fişini takıp ve başka işler yapabilir. Örneğin Bulut Teknolojisi bağlantısı ve Wifi bağlantısı donanımı ile analitik terazi ve manyetik karıştırıcı gibi basit ekipmanlar ve sensörler kendi arasında iletişim kurarak çalışabilirler. Bu cihazlardaki veriler online olarak toplanabilir. Kimyacılar mobil telefonları aracılığıyla reaksiyonları görüntüleyebilir ve kontrol edebilirler. Örneğin ısıtıcıyı kapatabilir, sıcaklığı değiştirebilir ve ilave edilmekte olan bir maddeyi durdurabilir. İnternet bağlantılı pipetler yardımıyla Bluetooth yoluyla ilave edilen sıvı miktarını kontrol edebilir ve bilgilerini paylaşabilir.

1. Laboratuvar çalışmalarında IoT'i nasıl kullanabiliriz?

2. Bulut bağlantılı sıcaklık sensörü nedir? Laboratuvarda ne işimize yarar?

3. Yukarıdaki metinde makine-makine etkileşimine örnekler nelerdir?

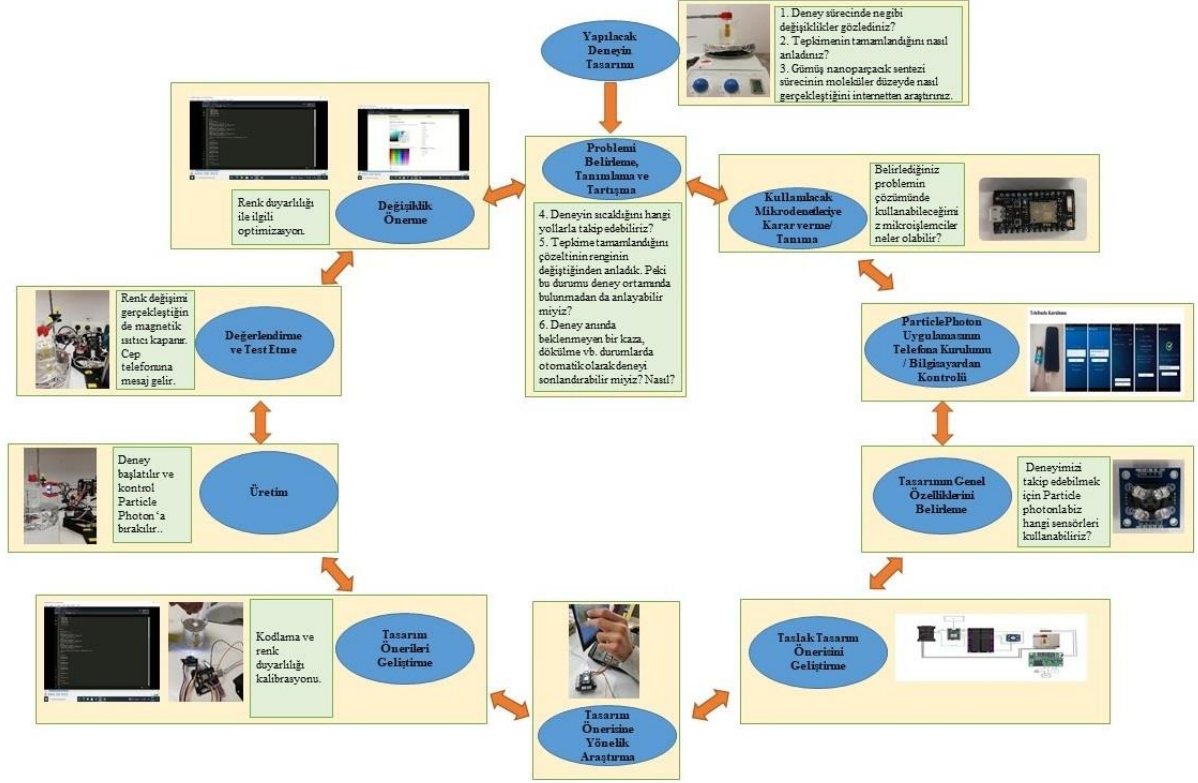
4. Yukarıdaki metinde makine-insan etkileşimine örnekler nelerdir?

5. Nesnelerin interneti laboratuvarda bize daha başka ne gibi avantajlar sağlar?

6. Nesnelerin internetinin laboratuvarda kullanımının ne gibi dezavantajları olabilir?

DERİNLEŞTİRME ZAMANI

STEM-İoT ETKİNLİĞİ

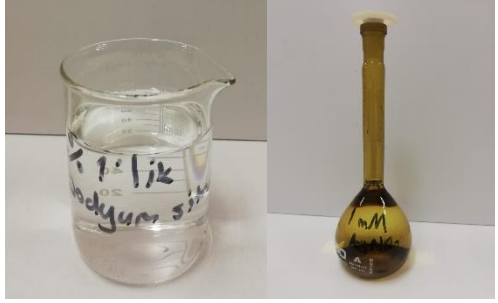


(Bu bölümde öğrenciler Gümüş Nanoparçacık Sentezi yaparak bu deneyi Mikrodenetleyici ile takip edeceklerdir.)

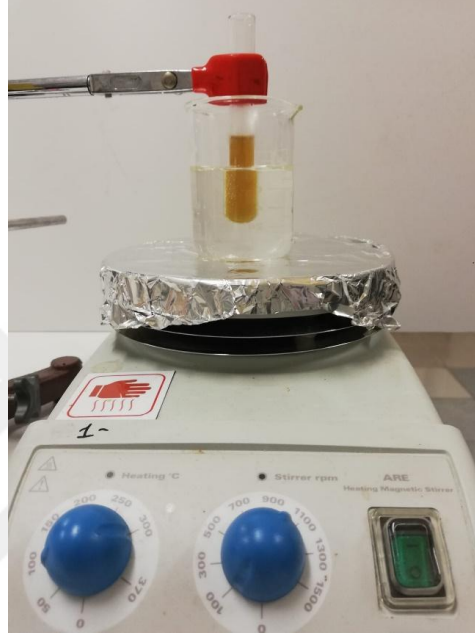
ODAK SORUSU: Mikrodenetleyici kullanarak bir deneyi izleyebilir miyim?

Deneyin Tasarımı

➤ Gümüş Nanoparçacık Sentezi Deneyi

Deneyde Kullanılacak Kimyasallar, Araç ve Gereçler	
2 ml 1 mM AgNO₃ çözeltisi (önceden hazırlanmış) 7 damla (~45 ml) %1.0 'lık Na₃C₆H₅O₇·2H₂O (Sodyum sitrat dihidrat çözeltisi) - Saf su 100 ml'lik beher - Dereceli damlalık - Manyetik Karıştırıcı-Isıtıcı	

1. 4 mL 1 mM'lık Gümüş nitrat çözeltisi bir test tüpüne konur.
2. Bir beher içine bir miktar su konularak kaynamaya bırakılır. Kaynamaya başlayan su içerisinde 10 dakika tutulur.
3. %1.0'lık Sodyum sitrat çözeltisi test tüpünün içine 14 damla ilave edilir.
4. Çözelti renk değiştirinceye kadar ısıtma işlemine devam edilir.
5. Çözelti sarımtırak renk aldığında deney tamamlanmış demektir.
6. Test tüpü standtan alınarak soğumaya bırakılır.



(Yukarıdaki deney rehberli olarak yapılır. Deney yapıldıktan sonra aşağıdaki sorular sorulur.) (ÖÇY_7-1.2.3. sorular)

1. Deney sürecinde ne gibi değişiklikler gözlediniz?
2. Tepkimenin tamamlandığını nasıl anladınız?
3. Gümüş nanoparçacık sentezi sürecinin moleküler düzeyde nasıl gerçekleştiğini internetten araştırınız.

(Öğrencilere bu deneyin bir mikrodenetleyici kullanılarak nasıl yapılması gerektiği sorularak nasıl bir sistem tasarlanabileceği sorulur) (ÖÇY_8)

Problemi Belirleme, Tanımlama ve Tartışma

(Öğrenciler, deney düzeneğinin kurulmasından ve gümüş nanoparçacık sentezi tamamlandıktan sonra deney ortamını uzaktan nasıl kontrol ve takip edebileceklerini tartışılır. Bunun için şu sorular sorulur.) (ÖÇY_7-4.5.6. sorular)

4. Deneyin sıcaklığını hangi yollarla takip edebiliriz?

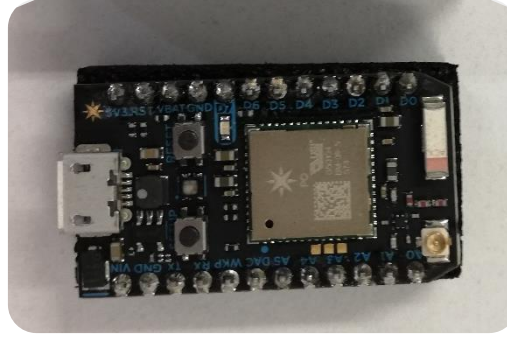
5. Tepkime tamamlandığını çözeltinin renginin değiştiğinden anladık. Peki, bu durumu deney ortamında bulunmadan da anlayabilir miyiz?

6. Deney anında beklenmeyen bir kaza, dökülme vb. durumlarda otomatik olarak deneyi sonlandırabilir miyiz? Nasıl?

(Öğrenciler ilk olarak problemi ifade ederler.)

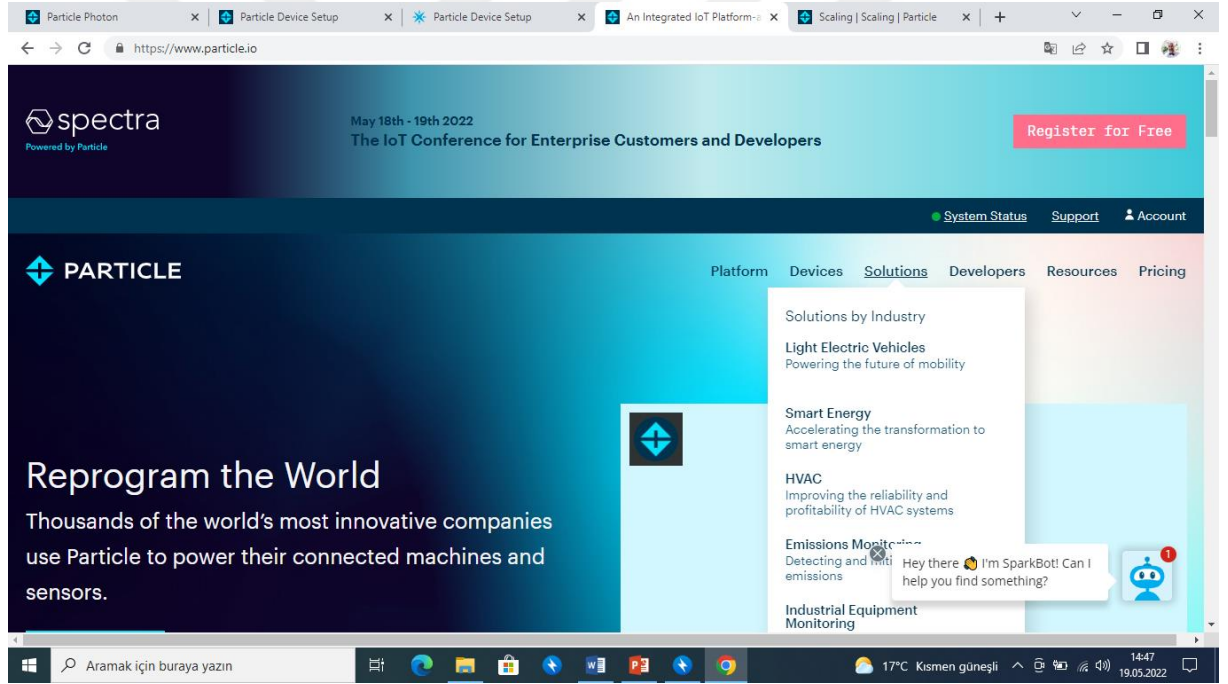
Kullanılacak Mikrodenetleyici Tanıma

- Belirlediğiniz problemin çözümünde kullanabileceğimiz mikroişlemciler neler olabilir?



Öğrencilerden alınan görüşlerden sonra “Particle Photon” cihazının problemin çözümünde kullanılabileceğinden bahsedilerek öğrencilerin araştırmalarına imkân tanınır. “<https://docs.particle.io/photon/>” adresine yönlendirilerek Particle Photon Kılavuzu incelenir.

<https://login.particle.io/> adresinden



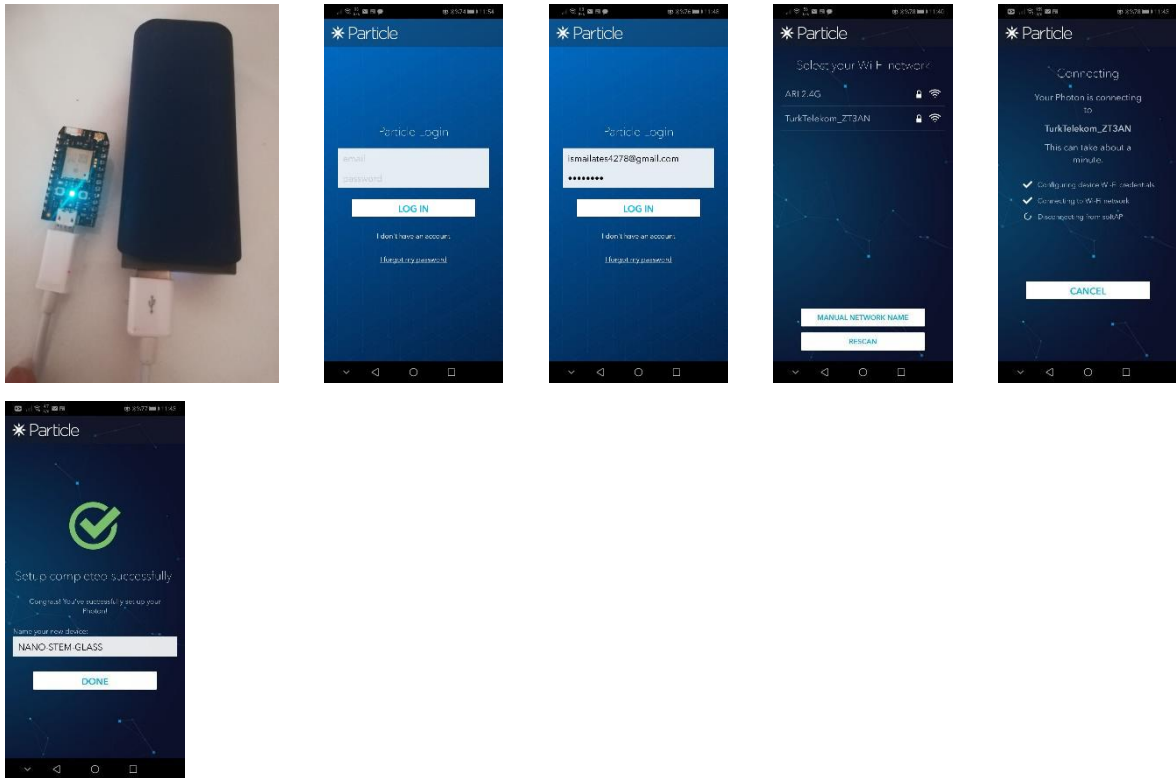
Particle Photon cihazı, deneysel verileri elde etmek ve verileri doğrudan bulutta depolamak için mikro denetleyiciye bulut üzerinden yüklenen basit bir C ++ kodunu çalıştırır. Webhook44, buluttan diğer web tabanlı veri depolama ve analitik hizmetlerine veri aktarımını kolaylaştırır ve fiziksel ve dijital dünya arasındaki boşluğu doldurur. Bu özel durumda, elde edilen veriler (veya olaylar) ilk olarak Particle Cloud'da yayınlanır, daha sonra ThingSpeak.com adlı bulut tabanlı bir veri depolama, analitik ve görselleştirme platformuna aktarılır. Ek olarak, deneysel işlemler, Google Play Store'da bulunan çeşitli mobil programlar (örn. ThingView uygulaması, IoT widget) kullanılarak izlenebilir. Bu özellikler, herhangi bir yerden pH, sıcaklık, nem veya dökülmeyi uzun süre izlemeyi kolaylaştırır.

Ayrıca, Particle IoT platformunun IF This Then That (IFTTT) adlı ücretsiz bir web tabanlı hizmetle ilişkilendirilmesi, kaza / acil durum (örneğin yangın veya kimyasal dökülme) durumunda e-posta yoluyla bildirim almak için kullanılabilir. Ek olarak, IFTTT üzerindeki "düğme widget'ı", pompa ve karıştırıcı için güç kaynağını uzaktan kontrol etmek için kullanılır.

Particle Photon Uygulamasının Telefona Kurulumu / Bilgisayardan Kontrolü

➤ **Photon cihazını kurmak için öncelikle bilgisayar ile eşleştirilmesi gereklidir.**

Telefonda Kurulumu



Bilgisayardan Kontrolü

Particle Photon: Wi-Fi

The Photon is a \$19 tiny Wi-Fi IoT device for creating connected projects and products for the Internet of Things. It's easy to use, it's powerful, and it's connected to the cloud. The board is powered by a Cypress Wi-Fi chip alongside a powerful STM32 ARM Cortex M3 microcontroller.

[Set up your Photon](#)

Learn more: [Quickstart with starter project](#)

Resources: [Documentation](#)

16°C Kısmen güneşli 14:28 19.05.2022

➤ “Set up your photon” tıklanır.

<https://setup.particle.io/>

Particle
log in

ENABLE TWO-STEP AUTHENTICATION
protect your account by adding a second step to verify your identity when logging in

AN EXTRA LAYER OF SECURITY
provide both your account password and a unique verification code to prove its you every time you log into a new device

REMEMBER YOUR DEVICE
Accounts with two-step authentication enabled can choose to stay logged in for longer on a trusted device.

KEEP BAD ACTORS OUT
even if your password is compromised, it will not allow someone to

Particle Photon x Create Particle Account x +

https://login.particle.io/signup?redirect=https://setup.particle.io

 **PARTICLE**

Create Account

Email *
you@email.com

First Name
Albert

Last Name
Einstein

Password *
password

Verify password *
password

This account is
☒ Personal ☐ Business

☐ I agree to the [Terms of Service](#) and [Privacy Policy](#)

Aramak için buraya yazın

16°C Kısmen güneşli 14:31 19.05.2022

Particle Photon x Particle Login x +

https://login.particle.io/login?redirect=https://setup.particle.io

 **PARTICLE**

Login

Email *
ismailates4278@gmail.com

Password *
.....

Log In

[Forgot Password](#) | [Create Account](#)

Aramak için buraya yazın

17°C Kısmen güneşli 14:38 19.05.2022

Particle Photon x Particle Device Setup x +

← → ↻ https://setup.particle.io

ismailates4278...

Select a device you would like to set up as part of the Sandbox. Includes up to **100 B Data Operations** per month and support for up to **100 devices**.

Tracking System

Argon / Boron

B SoM

Photon / P Series

Electron / E Series

Activate a Particle SIM

17°C Kısmen güneşli 14:40 19.05.2022

Particle Photon x Particle Device Setup x +

← → ↻ https://setup.particle.io

ismailates4278...

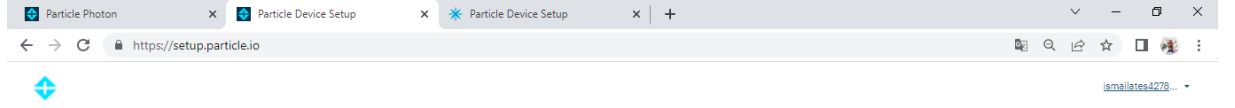
Let's set up your **Photon**!

Before continuing, please make sure you have the following items available:

- 1 Photon
- 2 USB power
- 3 Wi-Fi
- 4

Next

17°C Kısmen güneşli 14:40 19.05.2022



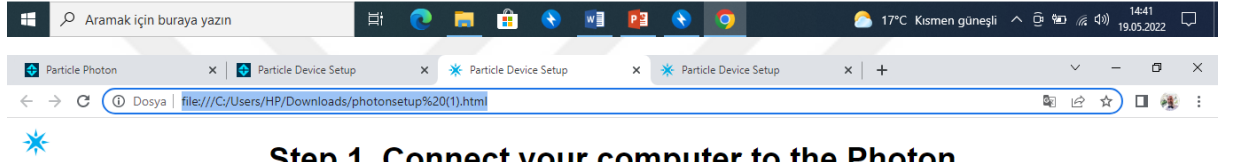
Download the Photon Setup File (photonsetup.html)

The file will help you securely connect your Photon to your Wi-Fi network, therefore giving it access to the internet

The downloaded version will only work once, no more than 60 minutes after it was generated

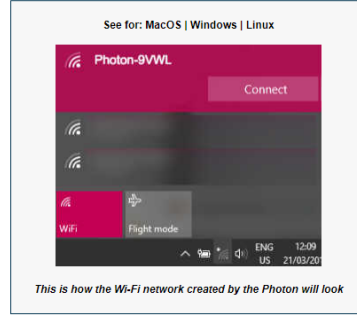
For now, the process only works in Chrome / Firefox / Opera. If you are feeling stuck, [check the docs](#)

Continue With Local File



Step 1. Connect your computer to the Photon

- 1) Hold down SETUP on your Photon for 3 seconds until the LED begins blinking **dark blue**
- 2) From your Wi-Fi network list, connect to the one named '**Photon-...**'



Waiting for you to connect to your Photon

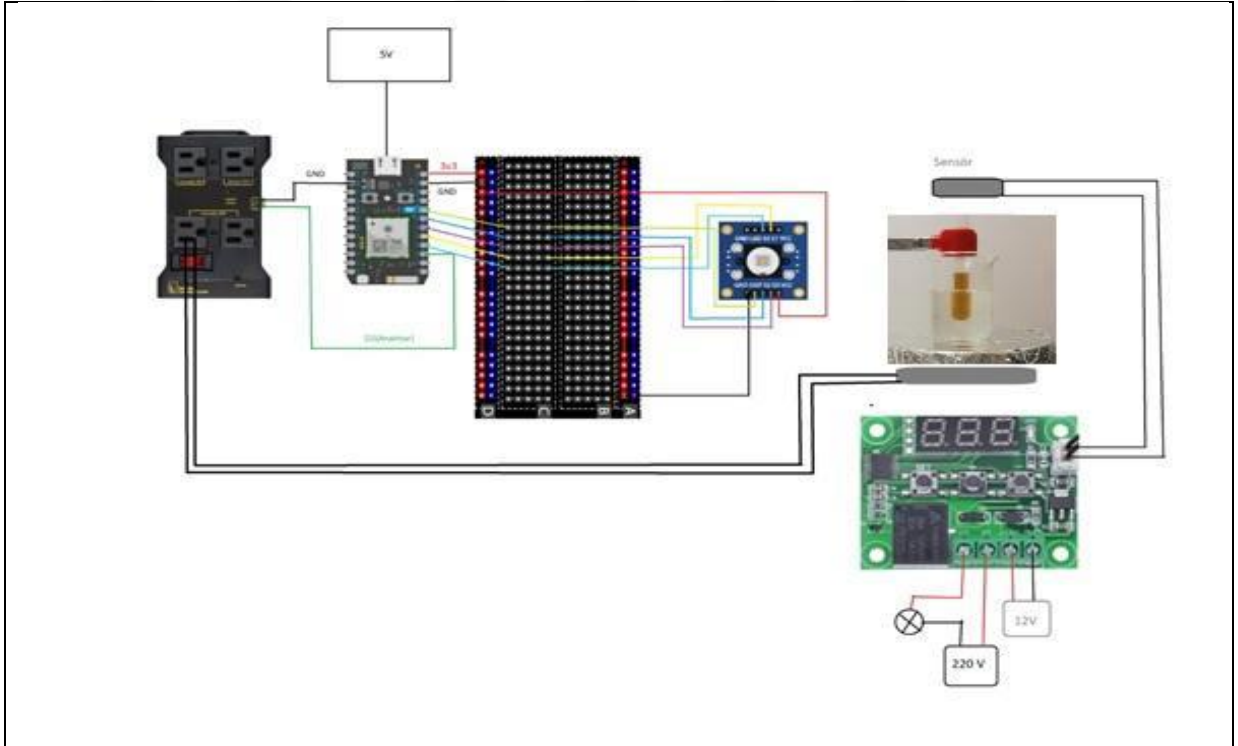


Tasarımın Genel Özelliklerini Belirleme

Deneyimizi takip edebilmek için Particle photonla biz hangi sensörleri kullanabiliriz? diye öğrencilere sorulur.

Taslak Tasarım Önerisini Geliştirme

Kimyasal reaksiyonları izlemek amacıyla Particle Photon denilen bir IoT cihazı ve kullanıma hazır sensörler kullanacaksınız. Modül, dâhili bir Wifi yongasına (Broadcom BCM43362, 802.11b / g / n), 120 Mhz ARM Cortex M3 işlemciye, 1 MB flash belleğe ve 128 KB rasgele erişimli belleğe sahiptir. Çeşitli analog ve dijital sensörlerden elde edilen verileri bulut tabanlı bir veri depolama ve analitik platformuna aktarabilir. Cihaz, 5-V USB güç kaynağı ile çalıştırılabilir. Alternatif olarak, yeniden şarj edilebilir 3.7-V lityum polimer (Li-Po) pil kullanılabilir.



Tasarım Önerisine Yönelik Araştırma

- **Particle Photon renk değişmesi durumunda güç anahtarını otomatik olarak kapatacak şekilde kodlanması.**

Öğrencilere aşağıdaki sorular sorularak tasarım önerisi için fikirler geliştirilir.

Hangi sensörleri hangi pinlere bağladınız?

Kullandığınız Renk Sensörünün özellikleri (markası vb.) nelerdir?

PowerSwitch Tail II nedir? Ne işe yarar?

Manyetik-ısıtıcı karıştırıcıyı ne için kullandık?

Manyetik- Isıtıcı Karıştırıcı ile PowerSwitch Tail II birbirini nasıl bağlanır? Hangi pin ile bağlanabilir?

Tasarım Önerileri Geliştirme

➤ KODLAMA VE RENK DUYARLILIĞI KALİBRASYONU

```
#include "Particle.h"
#include <math.h>

void rgb_red(void);
void rgb_blue(void);
void rgb_green(void);
int rMax = 542;
int rMin = 1916;
int gMax = 606;
int gMin = 640;
int bMax = 542;
int bMin = 604;
int rnum = 0;
int gnum = 0;
int bnum = 0;
int rtot = 0;
int gtot = 0;
int btot = 0;
bool okr = false, okg = false, okb = false;
int intense = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
```



```

    pinMode(D0, INPUT);    // OUT
    pinMode(D1, OUTPUT);   // S2
    pinMode(D2, OUTPUT);   // S3
    pinMode(D3, OUTPUT);   // OE
    pinMode(D4, OUTPUT);   // S0
    pinMode(D5, OUTPUT);   // S1
    pinMode(D6, OUTPUT);
    pinMode(D7,OUTPUT);
    digitalWrite(D4, HIGH); // 20% frequency
    digitalWrite(D5, LOW);

    digitalWrite(D3, LOW);
    Particle.subscribe("stemglass",stemglass);

}

void stemglass(const char *event, const char *data)
{
    while(true)
    {
        digitalWrite(D6,HIGH);
        delay(1500);
        Particle.publish("OK");
    }
}

void loop()
{
    digitalWrite(D6,LOW);
    okr = false, okb = false, okg = false;
    rgb_red();
    rnum = map(int(intensity()), rMin, rMax, 1, 255);
    Particle.publish("R " + String(rnum) + " " + String(intensity()));
    int rhold = map(int(intensity()), rMin, rMax, 1, 255);
    if(rhold >= 258 && rhold <= 260)okr = true;
    rgb_green();
    gnum = map(int(intensity()), gMin, gMax, 1, 255);
    Particle.publish("G " + String(gnum) + " " + String(intensity()));
    int ghold = map(int(intensity()), rMin, rMax, 1, 255);
    if(ghold >= 257 && ghold <= 259)okg = true;
    rgb_blue();
    bnum = map(int(intensity()), bMin, bMax, 1, 255);
    Particle.publish("B " + String(bnum) + " " + String(intensity()));
    int bhold = map(int(intensity()), rMin, rMax, 1, 255);
    if(bhold >= 261 && bhold <= 263)okb = true;

    if(okb && okg && okr){Particle.publish("Deney tamamlanmıştır.");digitalWrite(D6,HIGH); close();}
    delay(1500);
}

void rgb_red(void)
{
    digitalWrite(D2, LOW);
    digitalWrite(D3, LOW);
}
void rgb_blue(void)
{
    digitalWrite(D2, LOW);
    digitalWrite(D3, HIGH);
}
void rgb_green(void)
{
    digitalWrite(D2, HIGH);
    digitalWrite(D3, HIGH);
}
void close()
{

```

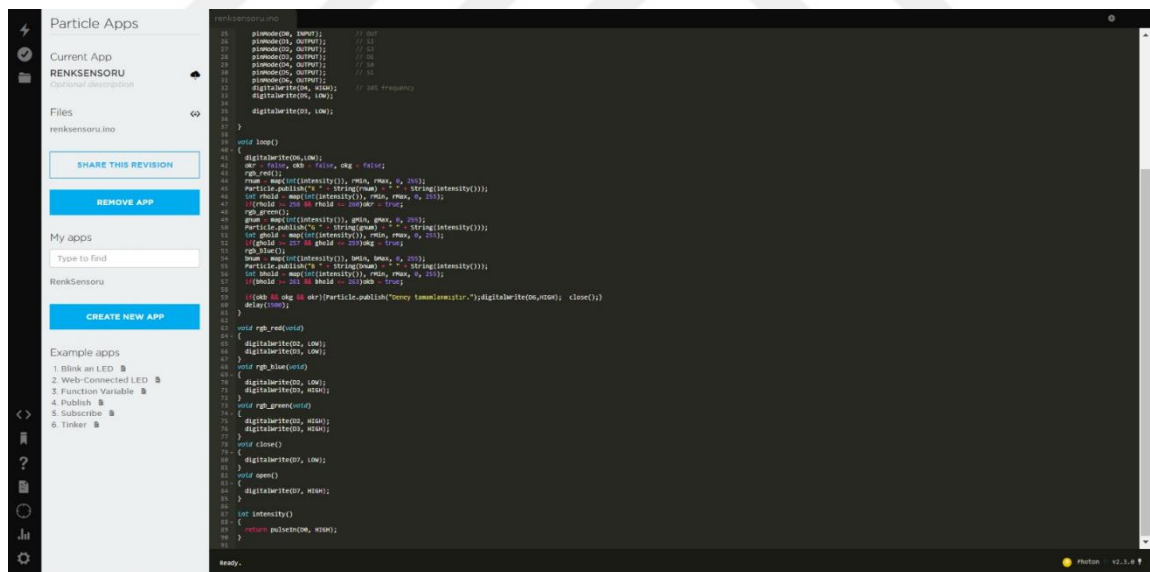
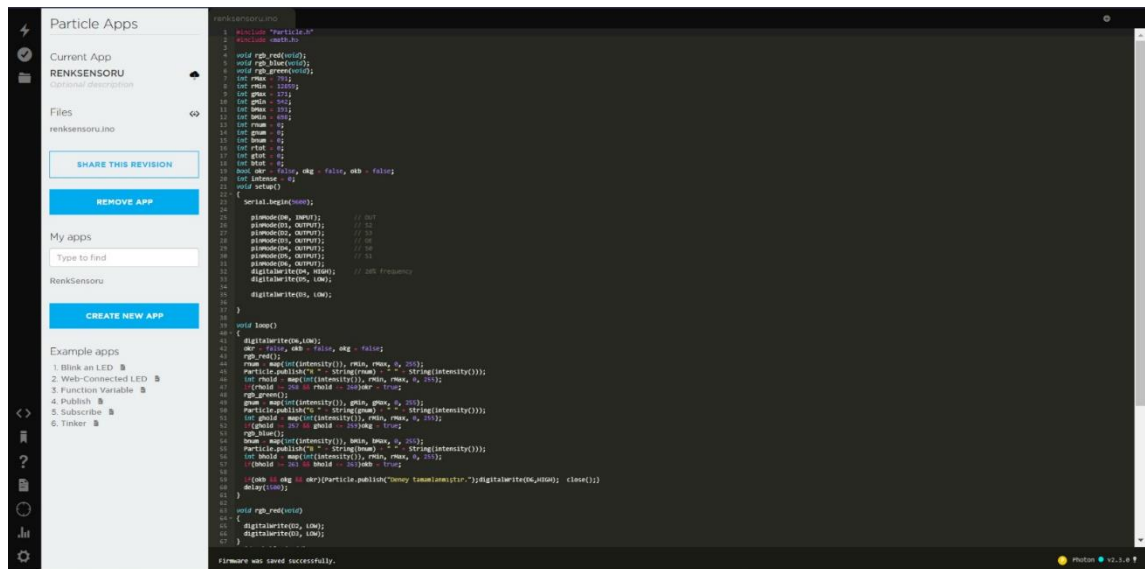
```

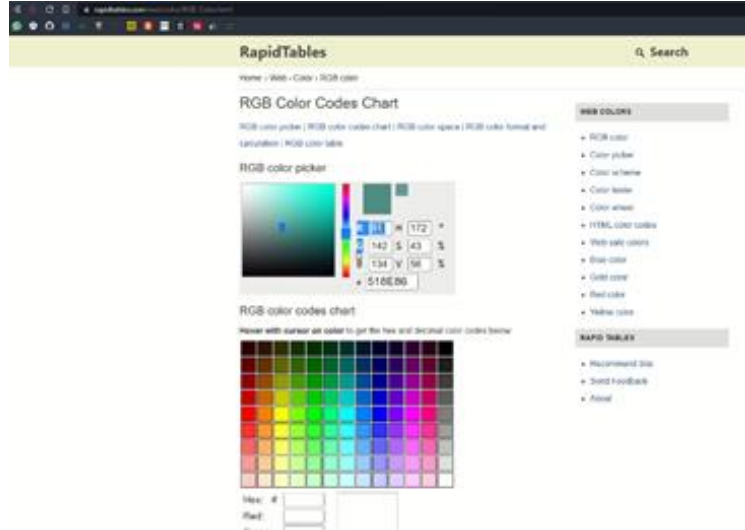
    digitalWrite(D6, LOW);
}

void open()
{
    digitalWrite(D6, HIGH);
}

int intensity()
{
    return pulseIn(D0, HIGH);
}

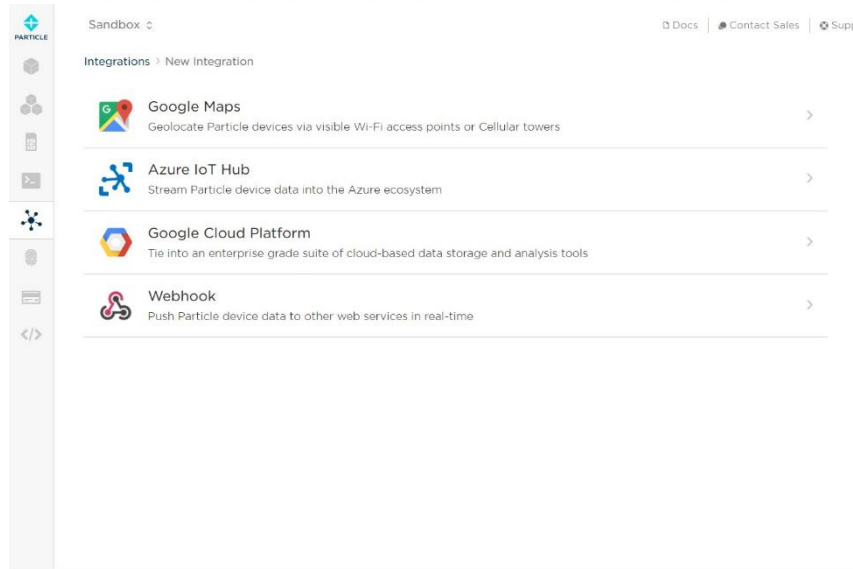
```





build.particle.io

- Particle With IDE
- Renk sensörü bölümü seçilir.
- Renk kalibrasyonu yapılır (max ve min değerlerini ayarları) beyaz ve siyah renklerin verdiği değerler üzerinden RGB değerlerini kalibre edilir.
- Webhook seçilir.





Getting Started With Mailgun Is Free And Takes 57 Seconds

Full Name
İsmail Ateş

Company
BİLSEM

Work Email
ismailates4278@gmail.com

Password

This password is decent, could take a while to crack but could still be cracked. Still recommend setting up 2FA.

Password Confirmation

☒ Add payment info now

 Secure Payment Info

It's free to sign up!

Enjoy 5,000 free emails for your first three months on our trial plan!

Adding a credit card now helps us prevent spammers from signing up, which means better deliverability for everyone, including you. Your card won't be charged during your trial unless you send more than 5,000 messages per month. After your trial, you will be moved to the Foundation 50k, but you can always select pay-as-you-go or a different plan of your choice.

This is a secure 256-bit TLS encrypted form – your data is safe with us.

Üretim

- Deney başlatılır ve kontrol particle photona bırakılır.

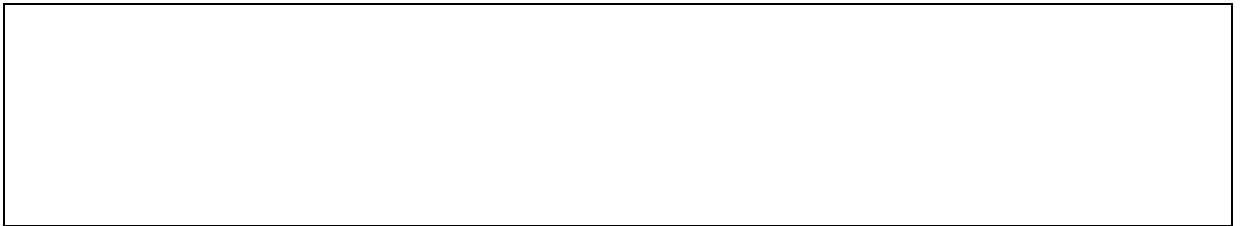
Deneyi uzun vadeli izlemeye Particle Photon cihazının ve ilgili sensörlerin çalışmasını göstermek için, açıklanan sistemi Ag NPs sentezi deneyinde uygulanır.

Değerlendirme ve Test Etme

- Renk değişimi gerçekleştiğinde manyetik ısıtıcı kapanır. Cep telefonuna mesaj gelir.



Deney videosunu buradan izleyebilirsiniz.



Değişiklik Önerme

➤ Renk değişikliği ile ilgili optimizasyon.

DEĞERLENDİRME ZAMANI

- ✓ Öğrencileri etkinlikteki kendi ve diğerlerinin çalışmalarını değerlendirir.
- ✓ Öğrencilerin çalışmanın sonunda ne gibi başka şeyleri araştırmak istedikleri, en çok hangi kısımdan keyif aldıkları, bilmedikleri yeni hangi şeyleri öğrendikleri, zaten bildiği şeyler gibi yansımalar paylaşılır.
- ✓ Açık uçlu sorular (Prototip çizim aşamasında)
- ✓ Önceden bilmediğin bu süreçte ne öğrendiğini düşünüyorsun?
- ✓ Grup olarak probleme çözüm önerisi getirirken sizi en çok zorlayan unsurlar nelerdi ve bu sorunları nasıl aştınız?
- ✓ Akademik değerlendirme için fen bilimleri kazanımlarına yönelik çeşitli sorular sorulur.
- ✓ Giriş etkinliğinin genel değerlendirilmesine yönelik ilk baştaki nanoteknolojinin karşımıza çıkardığı mevcut durumlar ve olası durumlarla ilgili tartışmalar yapılır ve işbirlikli çözüme yönelik kanıtlar sunmaları beklenir.
- ✓ Yapılan çalışmaların değerlendirilmesinde temel ölçütler özgünlük, uygulanabilirlik, sürdürülebilirlik, yararlılık, ekonomiklik, sınırlılık ve süreç olmalıdır.

Etkinlik Değerlendirme Ölçeği

Sizden istenen, maddelere 1'den 5'e kadar bir puan vermenizdir. 1-Kesinlikle Katılmıyorum 2-Katılmıyorum 3- Kısmen katılıyorum / kısmen katılmıyorum 4-Katılıyorum 5-Kesinlikle Katılıyorum

Sorular	1	2	3	4	5
1. Çalışma IoT'nin teorisini anlamama ve uygulama yapmama yardımcı oldu.					
2. Geleneksel laboratuvar deneyleri yerine bu tür ekipmanlarla deneyler yapmayı tercih ederim.					

3. Ekipmanları kullanmakta zorlandım.					
4. Etkinliğin yönergelerini uygularken zorluklar yaşadım.					
5. IoT, STEM alanlarının öğretilmesi ve anlaşılmasında birçok uygulama ve yeteneğe sahip faydalı bir araçtır.					
6. Geleneksel öğretim yöntemini tercih ederim (konunun öğretmeni tarafından sunum ve anlatım)					
7. Bu etkinliğin başka bir öğretim konusu olsa daha iyi olur mu? Reaksiyon hızı vb.					
8. Sistem, kimyada daha fazla ve farklı deneyler için de yapılandırılabilir ve kullanılabilir.					

Bu bölümden memnun kaldım	Evet	Hayır

Etkinliği hangi ifadeyle tanımlarsınız?	
Zor	
İlginç	
Kayıtsız	
Etkileyici	
Anlaşılma	
Diğer “Süper...”	

EK 2 ETKİNLİK FORMLARI-ÖĞRENCİ ÇALIŞMA YAPRAĞI

ÇALIŞMA YAPRAĞI 1

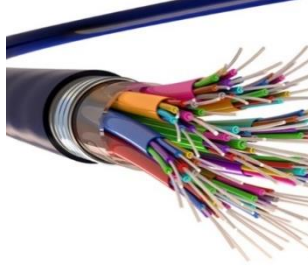
✓ Aşağıda verilen metni okuyunuz.

Mühendisler küçük yapmaya neden isteklidirler? Neden modern şeylerin tasarlanmasında alanı daha az kullanıp az yer kaplaması için uğraşırlar? Kuşkusuz bunu aksi durumları da var, yani modern kamyonlar, gökdelenler, yolcu uçakları daima daha büyük yapılmaya çalışılır. Fakat bunlar bile küçük şeyler gibi yapılabilir. Ya piyasaya çıkan ilk cep telefonuna ne demeli? Oldukça ağır ve hantal olduğunu büyüklerimizden duymuşsunuzdur. Şimdi ise nasıl? Sadece şekil olarak değil fonksiyonları “hepsi bir arada” dijital ihtiyaçlarımızı karşılıyorlar. Peki, küçülmenin sınırı ne olacak? Küçülme sadece geleneksel bilgisayar sistemlerinin (mikroişlemci ve hafıza vb.) bileşenlerinin geliştirilmesi ile ilgili mi? Geleceğin teknolojileri gerçek dünya ile bir arayüzle bağlanacaklar ve bu bağlantı sadece işlemci ve hafıza noktasında değil sensörler, aktüatörler, RF arayüzleri vb. ile olacak. Elektronikler bizim doğal çevremizde evlerimizde, giysilerimizde, kitaplarımızda vb. her yerde. İhtiyaçlarımıza uygun şekilde otonom şekilde çalışıyorlar. Bu hızlı gelişmeler sonucunda bizleri neler bekliyor. Enerji, su, yiyecek, çevre, yoksulluk, zenginlik, işgücü, yeni meslekler, teknoloji, dijital, terörizm, savaş, hastalıklar, eğitim, demokrasi ve nüfus gibi konularda bizleri neler bekliyor? Kınımımızdaki virüslerin varlığını analiz eden ve bize hemen analiz sonuçlarını veren nano-ölçekteki sensörler geliştirilmektedir. 'Lab-on-a-chip' denilen bu ince aletler ülkelere zaman kazandırmakta ve personel ihtiyacı ortadan kalkmaktadır.

✓ Aşağıda verilen görsellerdeki varlıkların inceleyiniz.



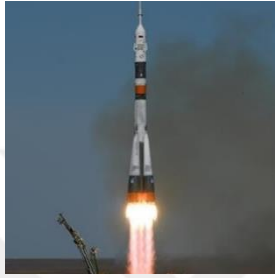
1. Bakır Tel



2. Optik Tel



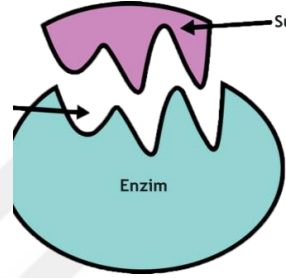
3. Uydu



4. Uzay Aracı



5. Kamera



6. Enzim



7. LCD televizyon



8. Namib böceği



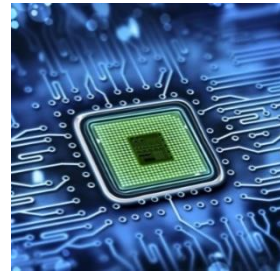
9. Kelebek



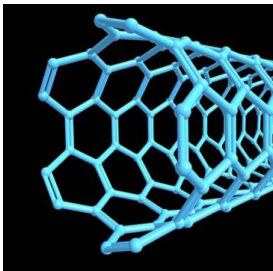
10. Bakteri



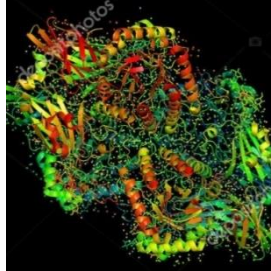
11. Kurşun Kalem Ucu



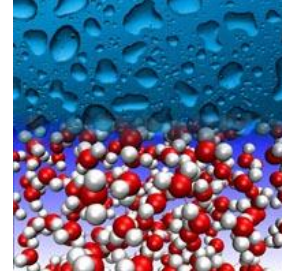
12. Çip



13. Karbon Nanotüp



14. Protein Molekülü



15. Su Molekülü

- Yukarıda size resimleri verilen varlıkların büyüklüklerini ölçü ve birimleri ile tahmin ediniz.

Varlık	Tahmini ölçek ve birim	Varlık	Tahmini ölçek ve birim
Bakır Tel		Kelebek	
Fiber Optik Tel		Bakteri	
Uydu		Kurşun Kalem Ucu	
Uzay Aracı		Çip	
Kamera		Karbon Nanotüp	
Enzim		Protein Molekülü	
LCD TV		Su Molekülü	
Namib Böceği			

- Yukarıda verilen varlıkların gerçek ölçeklerine göre büyükten küçüğe nasıl sıralanacağını arkadaşlarınızla tartışınız. Aşağıdaki tabloya görsellerin numaralarını yazarak sıralayınız. Yaptığınız sıralamaya göre görsellerin çıkartmalarını A4 kâğıdına yapıştırınız.

- Yukarıdaki görselleri makro-, mikro- ve nano- ölçeklerine göre sınırlarını belirleyerek aşağıdaki tabloya görsel numaralarını yazınız.

Makro		Mikro		Nano	

ÇALIŞMA YAPRAĞI 2

Çam Ağacının Yaprakları, Reçinesi ve Kabuğu

✓ Aşağıdaki metni okuyunuz.



Çam ağacı ormanından oluşmuş bir ormanda gezintiye çıktığımızı düşünelim. Çam ağaçlarını ve oradaki birçok varlığı gözümüzle görebiliriz. Rüzgâr eserken yaprakları sağa sola titreşirler. Özellikle ilkbahar aylarında ortama hoş kokular yayan reçineleri onlara dokunduğumuzda ellerimizi yapışık yapışık yapar. İğne gibi yapraklarına dokunduğumuzda ise ellerimizi okşar gibi pürüzlü ve dikensi doğası ile içimize huzur verir.

Etkinlikte Kullanılacak Araç ve Gereçler	
Geko kertenkelesi görselleri	Çam ağacının yaprak, gövde örnekleri ve görselleri



✓ Yukarıda gözümüzle görebildiğimiz makro âlemden çam ormanındaki ağaçlarla ilgili bir metin verilmiştir. Aşağıdaki sorularla ilgili görüşlerinizi yazınız.

- Size verilen çam ağacının yaprakları, reçinesi ve kabuk örneklerini inceleyiniz. Görüşlerinizi paylaşınız.

- Çam ağacının yaprakları ve dalları durgun mudur ya da hareketli midir? Nasıl?

- Gövdesinde elimizi gezdirdiğimizde neler hissederiz. Elimize bulaşan bir şeyler oldu mu? Nasıl?

- Kendi gözünüzle görebildiğiniz hissedebildiğiniz bu durumlarla acaba daha küçük canlıların (örneğin örümcek hayvanı) yaşamlarında karşılaştınız mı? Nasıl?

Geko Kertenkelesi



5. Geko kertenkelesi ile ilgili görselleri inceleyiniz. Görsellerde dikkatinizi en çok çeken Geko kertenkelesinin hangi özelliğidir?

6. Kertenkelenin parmak yapısının özelliği nedir?

7. Kertenkeleye parmak yapısındaki bu özellik/özellikler ona ne gibi avantajlar sağlar?

8. Aşağıdaki tabloya çam, örümcek ve geko parmaklarına ait titreşim, yapışkan ve engembeli özelliklerin neler olduğunu yazınız.

	titreşim	yapışkan	engembeli
	Sürekli hareket	Güçlü elektriksel çekim kuvveti Moleküllerarası kuvvetler	Farklı moleküler şekilleri
makro			
mikro			
nano			

Titrek, Engeli ve Yapışkan

Etkinlikte Kullanılacak Araç ve Gereçler		
Küp Şeker	Toz Şeker	Pudra Şeker
3 Adet Siyah Karton	Kurşun Kalem	3 Adet Temiz Kap
Fırça	Cetvel	A4 Kâğıdı

Araştırma Sorusu:

--

Deney Tasarımı:

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken

Bulgular:

	Hacim (V, cm ³)	Yüzey Alan (S, cm ²)	S/V oranı (cm ² / cm ³)
Küp şeker			
Toz Şeker			
Pudra Şeker			

8. Hangi tür şeker parmağımıza daha çok yapıştı?

--

9. Şekerlerin bulunduğu kabı boşaltmaya çalışın. Gözlemlerinizi tartışın.

--

10. Bazı şeker türlerinin neden diğerlerine göre daha fazla yapıştığını tartışınız.

--

11. Her partikülün yüzey alanının hacmine oranı sonuçlarda nasıl bir rol oynar?

--

12. Gözlemlerinize dayanarak bu farklılıkların maddelerin yapısı ve işlevi bakımından ne gibi etkileri vardır?

13. Hangi şeker yapısının daha titretek olduğunu düşünüyorsunuz? Neden? Nasıl anladınız?

14. Size verilen malzemeleri kullanarak her bir şekerin yüzey resimlerini beyaz kâğıda çıkarmak için yöntem geliştiriniz. Bu resimlere bakarak her bir şekerin yüzey engebesi hakkında ne düşünüyorsunuz?

Yorumlar:

	titretek	yapışkan	engebeli
	Sürekli hareket	Güçlü elektriksel çekim kuvveti Moleküllerarası kuvvetler	Farklı moleküler şekilleri
Küp Şeker			
Toz Şeker			
Pudra Şeker			

Sonuçlar

ÇALIŞMA YAPRAĞI 3

- Aşağıda verilen çıkartmalardaki ölçek bilgisi ve ona ait görsel bulunan bilgi kartlarını eşleştiriniz.

Nanoteknolojinin
çalışma aralığı
0-100 nm'dir.

Bir nanometrenin
atomun cinsine
bağlı olarak
yaklaşık 3-10 tane
atom
uzunluğundadır.

Bilinen grip
virüsünün
boyunun 30 nm
uzunluğundadır

İnsan saçının
50 000-
100 000 nm
genişliğindedir.

Nanopartikül
 10^{-9} m. 1 ve
100 nm
arasında bir
boyuttur.

Köpek 1 m ya da
1,000,000,000
nm boyundadır.

DNA 10^{-8} m
veya 2.5 nm
çapındadır.

Pire 10^{-3} m
veya 1.000.000
nm
uzunluğundadır

Bir su molekülü
yaklaşık 0.5
nm'dir.

Bir martı
denizdeki bir
yakıt tankerine
konduğunda onu
1 nm batırır.

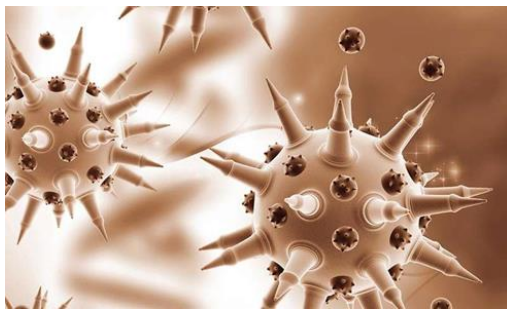
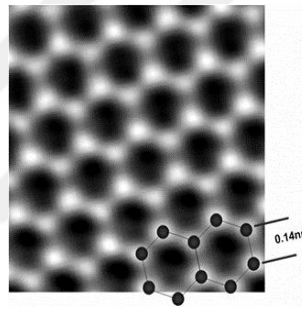
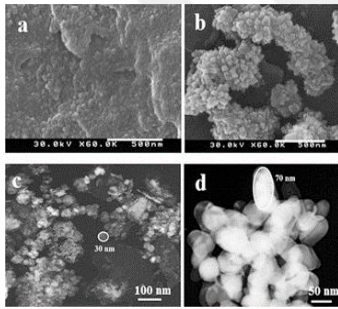
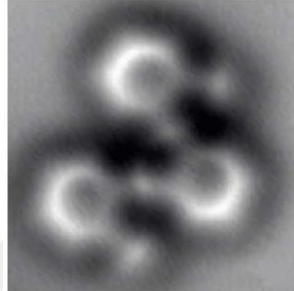
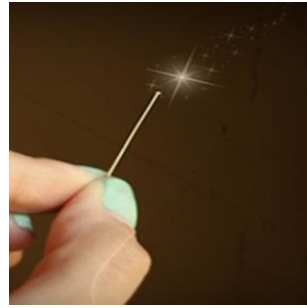
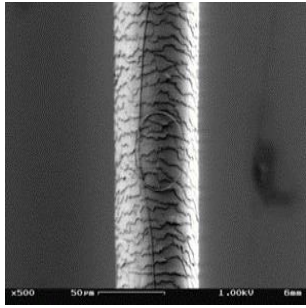
6 tane
birbirine bağlı
karbon atomu
yaklaşık 1
nm'dir.

Toplu iğne başı
1-2 nm'dir.

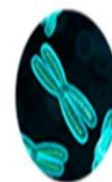
En son
geliştirilen
transistor
7 nm'dir.

Saniyede insan
tırnağının
uzama hızı
1 nm'dir.

Kırmızı kan
hücresinin
yaklaşık
10 000 nm
genişliğindedir.



7 nm
Transistör



2.5 nm
İnsan
kromozomunun
çapı

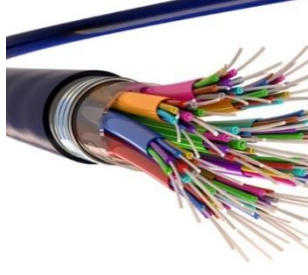
Aşağıda verilen cep telefonu ve bilgisayar görsellerde zaman içinde minikleşmesini görüyorsunuz. Minikleşme ile ürünlerin görünümünde, fonksiyonlarında ne gibi değişimler meydana gelebilir? Neden?



Aşağıdaki çıkartmaları makro-mikro ve nano ölçekte sıralayınız.



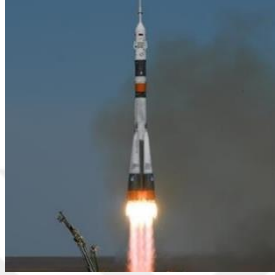
1. Bakır Tel



2. Optik Tel



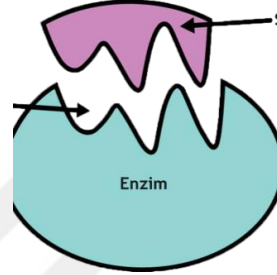
3. Uydu



4. Uzay Aracı



5. Kamera



6. Enzim



7. LCD televizyon



8. Namib böceği



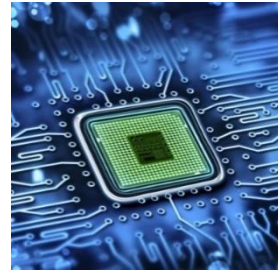
9. Kelebek



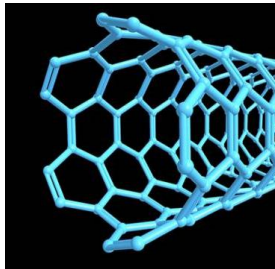
10. Bakteri



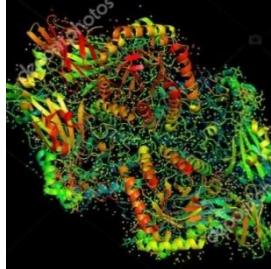
11. Kurşun Kalem Ucu



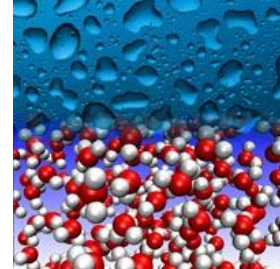
12. Çip



13. Karbon Nanotüp



14. Protein Molekülü



15. Su Molekülü

Birbirleriyle ilgili ifade ve kavramları oklar kullanarak eşleştiriniz.

Kuantum Etkiler yine önemlidir. Lazer, transistör, elektron mikroskobu, magnetik rezonans görüntüleme (NMR). Moleküllerarası etkileşimler rol oynar. Geko kertenkelesi. Boyut küçülürken S/V oranı artıyor. Pudra şekeri, toz şekerden daha yüksek S/V oranına sahiptir. Fazla yüzey alanına (nanoboyutta) sahip maddeler yapışkandır.

Engelibeli

güçlü
elektrostatik
kuvvet

Nanoalemdede hareket sıcaklık değişimlerine bağlı olarak süreklilik gösterir ve duyarlıdır. Moleküller Brownian hareketi gösterir ve termal kuvvetler arttıkça molekül de daha fazla hareket eder. Katı, sıvı ve gaz hareket davranışları bu titreklilikle açıklanabilir.

Titrek

sürekli ve ısı
hareket

Kuantum etkileri (proton, nötron ve elektronun davranışları) bağlı olarak nanodünyada nesnelerin engelibeliliği söz konusudur. Lotus Etkisi, sinek kanatlarının yüzeyi. Ürünler: Kendi kendini temizleyen tuvaletlerde, uçaklarda, su geçirmez kumaşlarda.

Yapışkan

moleküllerin farklı
şekilleri

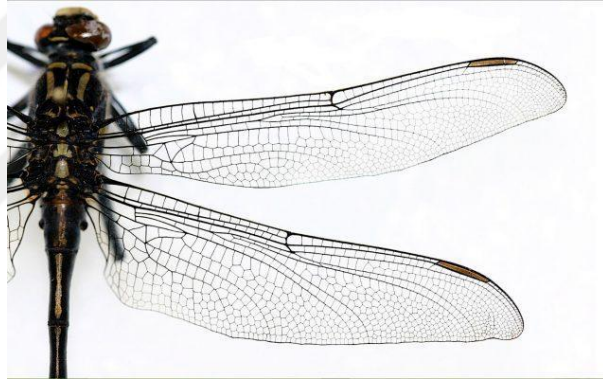
ÇALIŞMA YAPRAĞI 4

STEM-TASARIM ETKİNLİĞİ “KUŞ ve SİNEK KANADI”

Grup No:

Grup Üyeleri:

ODAK SORUSU: Sinek kanadı ve kuşkanadının çarpmasında ne gibi farklar olabilir?



1. Kuşkanadı ve sinek kanadı ile ilgili yaptığınız ön araştırma yapınız. Yaptığınız bu ön araştırmada neler dikkatinizi çekti?

2. Sizce bilim insanlarının bilim ve teknolojileri geliştirmeleri için tek bir bilim dalında uzmanlaşmış olmaları yeterli mi? Olumlu ve olumsuz düşüncelerinizin sebebini açıklayınız.

--

3. Bilim insanları bilim ve teknolojileri geliştirirken ne gibi sorunlarla karşılaşılıyorlar?

--

4. Bilim insanları bu sorunlara ne gibi çözümler geliştiriyorlar?

--

5. Bilim insanlarının karşılaştığı problemlere çözüm önerisi geliştirebilmek için aşağıdaki bilim dallarından nasıl yararlanıyorlar? Hepsi için birer örnek veriniz.

Kimya:	
Fizik:	
Biyoloji	
Mühendislik:	
Matematik:	
Coğrafya:	
Dil:	
Sanat:	

ŞİMDİ SIRA SİZDE !!!

Bu etkinlikte sizden, aşağıda verilen özelliklere sahip bir “kuşkanadı ve sinek kanadı” tasarlamanız beklenmektedir.

- Kuşkanadı ve sinek kanadı birbiriyle gerçekte olduğu gibi oranlı olmalı
- Görüntüsü gerçeğini yansıtmalı
- Kullanılacak malzemelerin özellikleri neler olmalı

✓ Tasarımınızı çiziniz.



✓ Tasarımınızda kullanmayı planladığınız malzemeleri yazınız.

--

2- Kuşkanadı ve Sinek Kanadını Özelliklerini Yansıtan Bir Proje Tasarımı:

- Proje tasarımınızı anlatınız:

- Projenizde kullanmayı planladığınız materyalleri yazınız. Eğer görsel materyaller kullanmayı düşünüyorsanız çiziniz.

1. Tasarladığınız kuşkanadı ve sinek kanadını hangi özelliklerine göre karşılaştırabiliriz?

2. Bu özellikler onun hareketlerini, hızını, yüksekliğini vb. nasıl etkiler?

3. Tasarımınız kanatları birbiriyle karşılaştırırken başarılı oldu mu?

4. Tasarımınızı daha iyi hale getirebilmek için tasarımınızda ne gibi değişiklikler yapabilir siniz?

5. Farklı tasarımlar araştırma sorusunun cevabını nasıl etkiler?

6. Farklı malzemelerin kullanılması ürününüzü nasıl etkiler?

7. Çalışmanızı **tasarlarken** hangi zorluklarla karşılaştınız.

8. Bu zorlukların üstesinden nasıl geldiniz?

9. Geliştirdiğiniz yeni tasarımıınız ya da fikriniz için yapılması geren hesaplamalar nelerdir?

10. Tasarımıınızın nemi nedir?

11. Tasarımıınız için hangi alanlarda uzmanlaşmış bilim insanlarıyla birlikte çalışmanız gerekir? Açıklayınız. Bu etkinlikteki STEM'in nasıl ele alındığını açıklayınız.

Fizik, kimya, biyoloji, matematik, mühendislik, sanat, mimarlık, jeoloji...

12. Etkinlikten sonra araştırma sorusuna yönelik ulaştığınız sonuç ne/nelerdir?

ÇALIŞMA YAPRAĞI 5

1. Evlerimizde ne hangi sensörleri kullanıyorsunuz?

2. Bu sensörlerden hangisi nano-sensör olabilir?

3. Televizyon ekranlarının geçmişten günümüze geçirdiği değişiklikleri tartışınız. Bu değişiklikleri büyüklük, görünüş, görüntü kalitesi, hız, çözünürlük vb. özelliklerin değişimine göre değerlendiriniz.

4. Televizyonlarda kullanılan ekran türleri nelerdir?

5. Bu ekranları daha başka nerelerde kullanabiliriz?

ÇALIŞMA YAPRAĞI 6

“Nesnelerin İnterneti (Nİ)” fiziksel dünyadaki nesnelerin, bunların içinde gömülü halde ve yanında bulunan sensörlerin kablosuz ve kablolu bağlantılar aracılığı ile İnternete bağlanmalarına imkân veren bir sistemdir. “Her şeyin İnterneti” anlamına gelen “Internet of Things (IoT) terimi de kullanılır. Nesnelerin İnterneti fiziksel cihazların, makinelerin, taşıtların, binaların ve çeşitli elektronik ve/veya mekanik donanım ile yazılım içeren nesnelerin veri toplamak, dağıtmak ve iletişim kurmak için oluşturduğu sistemdir.

Kimya laboratuvarında araştırmasını yapan bilim insanı yaptığı deneysel çalışmanın başında tüm zamanını beklemek zorunda mıdır? Bilim insanı, Nesnelerin interneti sayesinde fiziksel cihazlara- laboratuvar ekipmanları ve sensörler- uzaktan erişim sağlayarak geleneksel olarak saatlerce ya da günlerce başında gözlem yapmak zorunda olduğu çalışmaları, ekipmanların performansıyla ilgili bilgileri, laboratuvar koşullarını uzaktan deneyleri kontrol edebilir ve bulut teknolojisi sayesinde cihazlarla direk iletişim sağlayarak daha verimli çalışabilir. Böyle bir uygulama, kimyasal reaksiyonları ve biyolojik süreçleri etkileyen sıcaklık, nem, karbon dioksit seviyesi, ışık ve hava basıncı gibi değişkenleri kontrol edebilen, gerektiğinde reaksiyonu sonlandıran, deneyi yapana uyarı gönderen, verileri depolayan sistemleri olanaklı kılmaktadır. Böylece kimyacı sistemi kurup, fişini takıp ve başka işler yapabilir. Örneğin Bulut Teknolojisi bağlantısı ve Wifi bağlantısı donanımı ile analitik terazi ve manyetik karıştırıcı gibi basit ekipmanlar ve sensörler kendi arasında iletişim kurarak çalışabilirler. Bu cihazlardaki veriler çevrimiçi olarak toplanabilir. Kimyacılar mobil telefonları aracılığıyla reaksiyonları görüntüleyebilir ve kontrol edebilirler. Örneğin ısıtıcıyı kapatabilir, sıcaklığı değiştirebilir ve ilave edilmekte olan bir maddeyi durdurabilir. İnternet bağlantılı pipetler yardımıyla Bluetooth yoluyla ilave edilen sıvı miktarını kontrol edebilir ve bilgilerini paylaşabilir.

1. Laboratuvar çalışmalarında IoT’i nasıl kullanabiliriz?

--

2. Bulut bağlantılı sıcaklık sensörü nedir? Laboratuvarı ne işimize yarar?

3. Yukarıdaki metinde makine-makine etkileşimine örnekler nelerdir?

4. Yukarıdaki metinde makine-insan etkileşimine örnekler nelerdir?

5. Nesnelerin interneti laboratuvarı bize daha başka ne gibi avantajlar sağlar?

6. Nesnelerin internetinin laboratuvarı kullanımının ne gibi dezavantajları olabilir?

ÇALIŞMA YAPRAĞI 7

1. Deney sürecinde ne gibi değişiklikler gözlediniz?

2. Tepkimenin tamamlandığını nasıl anladınız?

3. Gümüş nanoparçacık sentezi sürecinin moleküler düzeyde nasıl gerçekleştiğini internetten araştırınız.

ÇALIŞMA YAPRAĞI 8

Problemi Belirleme, Tanımlama ve Tartışma

1. Deneyin sıcaklığını hangi yollarla takip edebiliriz?

2. Tepkime tamamlandığını çözeltinin renginin değiştiğinden anladık. Peki, bu durumu deney ortamında olmadan da anlayabilir miyiz?

3. Deney anında beklenmeyen bir kaza, dökülme vb. durumlarda otomatik olarak deneyi sonlandırabilir miyiz? Nasıl?

Problemi kendi cümleinizle ifade ediniz.

Kullanılacak Mikrodenetleyici Tanıma

Belirlediğiniz problemin çözümünde kullanabileceğimiz mikroişlemciler neler olabilir?

Tasarımın Genel Özelliklerini Belirleme

Deneyimizi takip edebilmek için Particle photonla biz hangi sensörleri kullanabiliriz?

Taslak Tasarım Önerisini Geliştirme

Tasarım Önerisine Yönelik Araştırma

Hangi sensörleri hangi pinlere bağladınız?

Kullandığımız Renk Sensörünün özellikleri (markası vb.) nelerdir?

PowerSwitch Tail II nedir? Ne işe yarar?

Manyetik-ısıtıcı karıştırıcıyı ne için kullandık?

Manyetik- Isıtıcı Karıştırıcı ile PowerSwitch Tail II birbirini nasıl bağlanır? Hangi pin **ile** bağlanabilir?

Tasarım Önerileri Geliştirme

Yapacağınız deneyi (çalışmayı) tanımlayınız.

Bu deneyde sensörler ne tür veriler toplar?

Toplanan veriler nasıl faydalı olabilir ve kime faydalı olabilir?

Üretim:

Değerlendirme ve Test Etme:

Değişiklik Önerme:

Etkinlik Değerlendirme Ölçeği

Sizden istenen, maddelere 1’den 5’e kadar bir puan vermenizdir.

1-Kesinlikle Katılmıyorum 2-Katılmıyorum 3- Kısmen katılıyorum / kısmen katılmıyorum 4- Katılıyorum 5-Kesinlikle Katılıyorum

Sorular	1	2	3	4	5
1. Çalışma IoT’nin teorisini anlamama ve uygulama yapmama yardımcı oldu.					
2. Geleneksel laboratuvar deneyleri yerine bu tür ekipmanlarla deneyler yapmayı tercih ederim.					
3. Ekipmanları kullanmakta zorlandım.					
4. Etkinliğin yönergelerini uygularken zorluklar yaşadım.					
5. IoT, STEM alanlarının öğretilmesi ve anlaşılmasında birçok uygulama ve yeteneğe sahip faydalı bir araçtır.					
6. Geleneksel öğretim yöntemini tercih ederim (konunun öğretmeni tarafından sunum ve anlatım)					
7. Bu etkinliğin başka bir öğretim konusu olsa daha iyi olur mu? Reaksiyon hızı vb.					
8. Sistem, kimyada daha fazla ve farklı deneyler için de yapılandırılabilir ve kullanılabilir.					

Bu bölümden memnun kaldım	Evet	Hayır

Etkinliği hangi ifadeyle tanımlarsınız?	
Zor	
İlginç	
Kayıtsız	
Etkileyici	
Anlaşılma	
Diğer “Süper...”	

EK 3 NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ (NBT) KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ

Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavramsal Anlama Testi

BÖLÜM I. Nanobilim/ Nanoteknoloji

1. Aşağıda verilen terimleri daha önce duydunuz mu? Bu terimler ile ilgili size uygun olan şıkkı işaretleyin. Eğer duyduysanız, kendi cümleleriniz ile kısaca açıklayınız.

- Nanobilim /Nanoteknoloji

a) Duymadım/Açıklayamam.

b) Duydum ama açıklayamam.

c) Duydum. Bence _____

- Nanoparçacıklar

a) Duymadım/Açıklayamam.

b) Duydum ama açıklayamam.

c) Duydum. Bence _____

- Lotus Etkisi

a) Duymadım/Açıklayamam.

b) Duydum ama açıklayamam.

c) Duydum. Bence _____

- Karbon nanotüp

a) Duymadım/Açıklayamam.

b) Duydum ama açıklayamam.

c) Duydum. Bence _____

- Taramalı Tünel Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, (STM)) ve/veya Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope,(AFM))
- a) Duymadım/Açıklayamam.
 - b) Duydum ama açıklayamam.
 - c) Duydum. Bence _____
2. Herhangi bir nanoteknoloji uygulaması biliyor musunuz? Biliyorsanız, bu uygulama hangi alanda yapılmış? Örnekler veriniz. Bu uygulamaları nereden duymuştunuz?

BÖLÜM II. Boyut

Yukarıda belirtilen maddeleri boyutlarına göre **büyükten küçüğe** dizebilir misiniz?

İnsan saçının kalınlığı
Toplu iğne başı
Su molekülü
DNA sarmalının genişliği

Bacillus bakterisi
Elektron
Oksijen atomu
Virüs

_____ > _____ > _____ > _____ > _____ > _____ > _____

BÖLÜM III. Kuvvet ve Etkileşimler

1. Su damlası bir zemin üzerinde yuvarlak şekilde duruyor. Bu zeminin özelliği hakkında ne söyleyebilirsiniz?

.....
.....

Bir tür kertenkele olan gekoların kirli bir yüzeyde yürürken ayaklarının kirlenmemesinin sebebi ne olabilir?

.....
.....

Bir su örümceği suyun yüzeyinde yürüyerek dolaşabiliyor. Bunun nedenini açıklayabilir misiniz?

.....
.....

EK 4 AÇIK UÇLU NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ_ENDÜSTRİ 4.0 FORMU

1. Bu çalışmaya neden katılmak istedin?

.....

.....

2. Nanobilim ve nanoteknoloji terimleri ile daha önce karşılaştın mı? Evet, ise nerede karşılaştın? Kısaca açıkla mısın?

.....

.....

3. Nanobilim ve Nanoteknoloji sence nedir? Kısaca açıkla mısın?

.....

.....

4. Nanobilim ve nanoteknoloji hakkında neleri merak ediyorsun? Neleri öğrenmek istedin?

.....

.....

5. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti(IoT) terimleri ile daha önce karşılaştın mı? Evet, ise nerede karşılaştın? Kısaca açıkla mısın?

.....

.....

6. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) sence nedir? Kısaca açıkla mısın?

.....

.....

7. Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) hakkında neleri merak ediyorsun?

.....

.....

8. Gelecekte hangi alanda çalışmayı düşünüyorsun?

.....

.....

EK 5 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_NANOTEKNOLOJİ TUTUM ÖLÇEĞİ

NANOTEKNOLOJİ TUTUM ÖLÇEĞİ

Değerli öğrenciler,

Bu ölçek sizin nanoteknoloji konularına karşı tutumlarınızı ölçmek için geliştirilmiştir. Her cümleyi dikkatlice okuduktan sonra, cümleye ne derecede katıldığınızı veya katılmadığınızı belirtmek için yanındaki seçeneklerden birini (X) şeklinde işaretleyiniz.

	Tutum maddeleri	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
1	Nanoteknoloji ürünlerinin birey, toplum ve çevre üzerinde etkileri olduğuna inanıyorum.				
2	Nanoteknoloji ürünlerinin ekonomik faaliyetler üzerinde etkisi olduğuna inanıyorum.				
3	Nanoteknoloji ürünlerinin bilimsel bilginin gelişmesine katkı yaptığına inanırım.				
4	Nanoteknolojiyle ilgili farklı kaynaklardan bilgi edinirim.				
5	Nanoteknoloji ile ilgili konuları veya uygulamalarını içeren kitapları okumaktan hoşlanırım.				
6	Nanoteknolojinin günlük yaşantıda çok önemli yeri yoktur.				
7	Nanoteknoloji konularının anlatıldığı derse zevkle girerim.				
8	Nanoteknoloji konularına ayrılan ders saatinin daha fazla olmasını isterim.				
9	Nanoteknoloji konularına çalışırken canım sıkılır.				
10	Nanoteknoloji konuları çevremizdeki doğal olayların daha iyi anlaşılmasında önemlidir.				
11	Nanoteknoloji konuları ile ilgili tartışmaya katılmak bana cazip gelmez.				
12	Çalışma zamanının önemli bir kısmını nanoteknoloji konularına ayırmak isterim.				
13	Nanoteknoloji konularının gelecekte öneminin gittikçe artacağına inanıyorum.				
14	Nanoteknoloji topluluklarına veya derneklerine üye olmak isterim.				
15	Diğer konulara göre nanoteknoloji konuları daha ilgi çekicidir.				
16	Okuldan sonra arkadaşlarla nanoteknoloji konuları hakkında konusmak zevklidir.				
17	Nanoteknoloji ile ilgili bilimsel gelişmeleri yakından takip ederim.				
18	Nanoteknoloji konusunda ülkemizde bilgili/yetkili kişi sayısının yetersiz olduğuna inanıyorum.				
19	Nanoteknoloji pek çok bilim dalının gelişmesine katkı sağladığına inanıyorum.				

EK 6 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_ ORTAÖĞRETİM ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİ TESTİ

ORTAÖĞRETİM ÖĞRENCİLERİNE YÖNELİK BİLİMSEL SÜREÇ BECERİLERİ TESTİ

Burcu, Çevre ve Orman Bakanlığında çevre mühendisi olarak çalışmaktadır. Görevi çevre kirliliği ile ilgili gelen ihbarları değerlendirmektir. Son iki yıldır Ege bölgesinde bulunan Yeşilyurt kasabasında balık ölümlerinin arttığı ihbarı gelmiştir. Bunun üzerine bu bölgede inceleme yapması için görevlendirilir. Kasabaya gelir gelmez öncelikle kasabanın çevresini gezerek fotoğraflar çeker. Çektiği fotoğraflardan bazıları aşağıdadır:



Fotoğraf 1



Fotoğraf 2



Fotoğraf 3

1. ve 2. soruyu aşağıdaki metne ve fotoğraflara göre cevaplandırınız.

Burcu çevrede yapmış olduğu gezilerde ve yöneticilerle görüşmesinde aşağıdaki bilgilere ulaşmıştır: Kasaba iki ırmağın birleşerek Ege denizine aktığı yere kurulmuş. Burcu, aynı bölgede üç yıl önce çekilmiş olan fotoğrafları da bularak incelemeye başlar.



Fotoğraf 1



Fotoğraf 2



Fotoğraf 3



Fotoğraf 4

1. I. Kasabada tarım ve balıkçılıkla uğraşanlar bulunmakta.
II. Kasabada ağaçlık alanlar bulunmaktaymış.
III. Halkın çoğu kasabadan dışarıya göç etmiştir.

Burcu daha önce çekilmiş olan fotoğraflar ve topladığı bilgilerle yukarıdaki gözlemlerin hangilerine ulaşılabilir?

- A) I ve II B) II ve III C) I, II ve III D) I ve III E) Yalnız I

2. Burcu, izlenimlerini düzenli olarak rapor şeklinde müdürüne sunmaktadır. Buna göre müdürün rapordaki “gözlemler” bölümünde aşağıdaki ifadelerden hangisini görmesi beklenir?

- A) Su kirliliği tarımsal alanların yok olmasına neden olmuştur.
B) Arıtmanın olmayışı kasabada balıkçılığı yok etmiştir.
C) Tarımla uğraşan insan sayısı azalmıştır.
D) Nehirlerde kirlenme görülmüştür.
E) Ağaçların kesilmesi kuş çeşitliliğini azaltmıştır.

3. ve 4. soruyu aşağıdaki metni dikkate alarak cevaplandırınız.

Burcu, denizden 3, iki nehirden 2 şer tane olmak üzere toplam 7 su örneği alarak incelemeye başlamıştır. Denizin derin kısmı, yüzeyi ve nehrin denize aktığı kısımdan aldığı örneklerin rengini incelemiştir. Aynı şekilde iki nehrin denize yakın kısmından ve kaynağından aldığı örnekleri renklerine göre incelemeye başlamıştır. Denizin ve nehrin derin kısımlarından sıvı örneklerini dalgıçlar yardımıyla alırken, derin olmayan (sığ) kısımlarından kendi imkânlarıyla almıştır.

Denizin derin kısmından alınan sıvının rengi koyu kahverengi, sığ kısmından alınan sıvının rengi açık kahverengi ve nehrin denize aktığı kısımdan aldığı sıvının renginin kırmızı olduğunu belirlemiştir. Aynı şekilde her iki nehrin kaynaklarından alınan sıvıların renksiz, birinci nehrin denize yakın kısmından alınan sıvı kırmızı ve ikinci nehrin denize yakın kısmından gelen sıvının renksiz olduğunu tespit etmiştir.

3. Burcu işini kolaylaştırmak için sıvı örneklerini sınıflandırmaya karar vermiştir. Sınıflandırmayı neye göre yapması uygun olmaz?

- A) Renklerine göre
- B) Nehir ya da denizden alınma durumuna göre
- C) Nehirden veya denizden alınış yöntemine göre
- D) Örneklerin denizden alındıkları yere göre
- E) Sıvı örneklerinin miktarına göre

4. Yukarıdaki bilgilere göre, Burcu aşağıda yapmış olduğu sınıflandırmalardan hangisinde hata yapmıştır?

Rengi	Alındığı Bölge
A) Renksiz	Nehir kaynağı
B) Koyu kahverengi	Denizin derin kısmı
C) Kırmızı	Denizin sığ kısmı
D) Renksiz	2. nehrin denize aktığı kısım
E) Kırmızı	Nehrin denize akan kısmı

5. soruyu aşağıdaki metne göre cevaplandırınız.

Asitlerin turnusol kâğıdını kırmızıya, bazların ise maviye boyadığını bilen Burcu, denizden ve nehirden aldığı her bir örneğe turnusol kâğıdını batırarak asitliklerini incelemiştir. Denizin derin kısmından ve sığ kısmından alınan sıvı ile birinci nehir ile denizin kesiştiği yerden alınan sıvıların turnusol'ün rengini maviye boyadığı görülmüştür. Nehir kaynaklarından alınan sıvılar kâğıt üzerinde renk değişimi meydana getirmezen, ikinci nehirden alınan örneğin rengi kırmızıya çevirdiğini belirlemiştir.

5. Yukarıdaki bilgilere göre Burcu'nun aşağıdaki çıkarımlardan hangisini yapması beklenir?

- A) Renksiz olan sıvılar her zaman nötrdür.
- B) I. nehirdeki asit oranı II. nehre göre daha fazladır.
- C) Sıvının rengi koyulaştıkça baz özelliği artar.
- D) Denizden alınan örnekler baz özelliğindedir.
- E) II. nehirden alınan örnek, denizden alınan örneklerle aynı özelliktedir.

6. Suyun içerisinde bulunan mineraller suyun saflığını etkilemektedir. Saf suyun elektriği iletmediği düşünülürse denizden ve nehirden alınan sıvı örneklerinin saflığını belirlemek için aşağıdaki ölçüm cihazlarından hangisinin kullanılması en uygun olur?

- A) PH metre
- B) Termometre
- C) Barometre
- D) (Kondüktimetre) İletkenlik ölçer
- E) Kalorimetre

7. Çeşitli araştırmacıların yaptığı gözlemlere göre, deniz suyu sıcaklığında normal şartlardan en az 5 °C lik ani değişimler, balıklarda ölümcül etki yapabilmektedir. Toplu balık ölümlerinin görüldüğü gün deniz suyu sıcaklığındaki değişimin aşağıdakilerden hangisi gibi olmasını beklersiniz?

İlk sıcaklık	Son sıcaklık
A) 9 0C	10 0C
B) 12 0C	11 0C
C) 17 0C	19 0C
D) 20 0C	13 0C
E) 17 0C	20 0C

8. Araştırma yapılan bölgede toplu balık ölümlerinin yaşanması düşündürücüdür. Canlıların yaşaması için gerekli olan temel ihtiyaçları düşünürsek balıkların ölüm nedenini inceleyen Burcu'nun denizde öncelikle hangi ölçümü yapmasını beklersiniz?

- A) pH B) İletkenlik C) Oksijen miktarı D) Tuzluluk oranı
E) Sertlik oranı

9. Balık ölümlerinin nedenlerinden birisi deniz suyunda çözünen mineraller olabilir. Bunun için sudaki tuz oranının hesaplanması gerekir. Burcu, denizin yüzeyinden aldığı su örneklerinin tuzluluk oranlarını değişik sıcaklıklarda ölçmek istiyor. Katıların çözünürlüğünün sıcaklıkla arttığı düşünülürse, tuzluluk oranı aşağıdakilerden hangisindeki gibi ölçülmüş olabilir?

Tuzluluk oranı (ppm)		
20 0C	25 0C	30 0C
A) 22,45	21,58	20,78
B) 19,85	24,71	13,42
C) 24,45	24,67	24,83
D) 15,14	32,46	31,47
E) 24,78	23,46	23,40

10. Bakanlıktaki müdürü Burcu'dan yapmış olduğu çalışmalarla ilgili rapor istemektedir. Burcu denizin yüzeyinden, 10 m ve 20 m derinlikten alınan su örneklerindeki oksijen miktarını ve suyun sıcaklığını Mart, Nisan ve Mayıs aylarının değişik zamanlarında ölçmeye karar vermiştir. Bu ölçümleri balık ölümleri ile karşılaştıracaktır.

Yukarıdaki açıklamaya göre Burcunun yaptığı ölçümler, aşağıdaki hipotezlerden hangisini test etmek için kurulamaz?

- A) Denizdeki oksijen miktarı arttıkça ölen balık sayısı azalır.

- B) Suyun sıcaklığı arttıkça oksijen miktarı artacaktır.
 C) Derine indikçe oksijen miktarı azalacaktır.
 D) Sıcaklık arttıkça balık ölümleri azalır.
 E) Oksijen miktarı arttıkça suyun pH değeri değişecektir.

11, 12 ve 13. soruları aşağıdaki tabloya göre cevaplandırınız.

Tarih	Oksijen oranı (mg/L)			Sıcaklık (0C)			Balık Ölümleri (kg)
	Yüzey	10 m	20 m	Yüzey	10 m	20 m	
01.03.2009	5.68	5.60	4.23	11.22	11.18	12.55	21
15.03.2009	7.22	5.15	5.01	13.32	13.21	13.25	14
30.03.2009	6.36	4.82	4.48	13.68	13.63	13.91	17
15.04.2009	5.84	5.83	4.56	17.38	17.03	15.43	22
30.04.2009	6.16	4.62	4.18	19.98	19.89	17.34	18
13.05.2009	5.46	4.90	3.89	21.58	20.38	16.21	22
30.05.2009	5.36	5.27	3.97	22.15	22.15	20.14	25

11. Burcu'nun Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yapmış olduğu ölçümler yukarıdaki tabloda verilmiştir. Bu sonuçlara göre aşağıdaki hipotezlerinden hangisinin doğruluğu kabul edilebilir?

- A) Derine inildikçe oksijen miktarı azalacaktır.
 B) Ortalama sıcaklık değeri arttıkça balık ölümleri her zaman azalır.
 C) Derine inildikçe sıcaklık artar.
 D) Sıcaklık arttıkça oksijen miktarı artar.
 E) Mayıs ayındaki balık ölümleri Mart ayına göre daha fazla olacaktır.

12. Tablodaki verilere göre aşağıdaki sonuçlardan hangisine varılabilir?

- A) Balık ölümleri en çok yüzeyde gerçekleşmiştir.
 B) En az balık ölümü Mart ayında gerçekleşmiştir.
 C) En yüksek sıcaklıklar Nisan ayında ölçülmüştür.
 D) Oksijen oranı en az 15 Mart tarihinde görülmüştür.
 E) En çok balık ölümü deniz suyu sıcaklığının en yüksek olduğu zaman görülmüştür.

13. Balık ölümlerinde suyun sıcaklığı ve oksijen miktarı kadar, suda çözünmüş ve çözünmemiş maddeler de etkilidir. Buna göre yukarıdaki tabloda yer alan verilerle aşağıdakilerden hangisine ulaşılabilir?

- A) Balık ölümlerinin nedeni suyun sıcaklığıdır.

B) Bu bölgedeki balıklar ölümlerinin tek nedeni sudaki oksijen yetersizliğidir.

C) Mevsimsel değişimler balık ölümlerinde etkisizdir.

D) Balıkların ölüm nedeni için tablodaki değişkenler yetersizdir.

E) Balıkların ölüm nedeninin tespiti için yüzeyde analiz yapmak yeterlidir.

14. Sıvıların hacminin litre, ağırlıklarının kilogram, sıcaklığın 0C ve basıncın atm gibi birimlerle ifade edildiğini bilen Burcu, çözeltilerdeki asitliğin pH ile ifade edildiğini bilmektedir. Ayrıca notlarına bakarak pH= 7 iken çözeltinin nötr, 1 ile 7 arası asidik ve 7 ile 14 arası bazik olduğunu hatırlamıştır. 1'e yaklaştıkça asit özelliği artıp baz özelliği azalırken, 14'e yaklaştıkça asit özelliği azalıp baz özelliği artacaktır.

Asitlerin turnusol kâğıdını kırmızıya, bazların da maviye çevirdiği bilindiğine göre aşağıdakilerden hangisinde eşleştirme doğru verilmiştir?

pH aralığı	Turnusolun rengi
A) 1-3	Mavi
B) 5-6,5	Mavi
C) 7	Kırmızı
D) 9-11	Kırmızı
E) 14	Mavi

15. İndikatörler, pH değiştikçe çözeltilerde renk değiştirebilen organik boyar maddelerdir. Örneğin Metil Oranj, asidik ortamda kırmızı ve bazik ortamda sarıdır. Buna göre aşağıda verilen karşılaştırmalardan hangisi doğrudur?

pH aralığı	Renk
A) 1-3	Sarı
B) 5-6,5	Sarı
C) 7	Renksiz
D) 9-11	Kırmızı
E) 13	Sarı

16. Burcu yapmış olduğu araştırmalarda, balık ölümleri ile sudaki oksijen miktarı, asitlik oranı ve suyun sıcaklığı arasında yakın ilişki olduğunu buldu. Aynı zamanda sudaki kokunun Fenol den kaynaklandığını belirledi. Balıkların 7-7,5 pH aralığında yaşayabildikleri ve sudaki ani sıcaklık değişimlerinde öldükleri bilindiğine göre aşağıdaki karşılaştırmalardan hangisi yanlıştır?

A) Sudaki oksijen oranı arttıkça balık ölümleri azalır.

B) pH=3'te balık ölümleri gerçekleşir.

C) Sudaki bazlık oranı arttıkça balık ölümleri azalır.

D) Sudaki fenol miktarı arttıkça suyun kokusu artar.

E) Sıcaklığın aniden 200C den 120C ye düşmesiyle balık ölümleri gerçekleşir.

17.

İndikatör	Rengin Değiştiği pH	Düşük pH'taki Renk	Yüksek pH'taki Renk
Kresol kırmızısı	0,2-1,8	Kırmızı	Sarı
Metil kırmızısı	4,2-6,2	Kırmızı	Sarı
Fenol kırmızısı	6,8-8,4	Sarı	Kırmızı
Bromtimol mavisi	6,0-7,6	Sarı	Mavi
Fenolftalein	8,3-10,0	Renksiz	Kırmızı
Alizarin sarısı	10,1-12,1	Sarı	Leylak
Kırmızı lahana suyu	2,4-4,5	Kırmızı	Yeşil
Metil oranj	3,1-4,4	Turuncu	Sarı

Tabloda indikatörler, renk değiştirdikleri pH aralıkları ve bu aralıktaki renkleri verilmiştir.

Bu bilgilere göre aşağıdakilerden hangisinde çözeltinin pH aralığı indikatör karşılaştırması doğru verilmiştir?

Çözeltinin pH aralığı	Kullanılacak İndikatör
A) 1	Metil Oranj
B) 8	Fenol Kırmızısı
C) 3	Fenolftalein
D) 7	Alizarin sarısı
E) 11	Kresol kırmızısı

18. Burcu, denizde yaşayan balıkların yaşayabildiği en uygun sıcaklığı belirlemek istemektedir. Bunun için nasıl bir deney tasarlamalıdır?

A) 4 farklı cinsteki balığı çeşme suyu ile doldurulmuş bir akvaryuma koyarak 200C de balıkları gözlemlemelidir.

B) 4 tane aynı tür balığı çeşme suyu ile doldurulmuş akvaryuma koyarak 15, 20, 30 ve 400C de davranışlarını gözlemlemelidir.

C) 4 tane aynı tür balığı deniz suyu ile doldurulmuş akvaryuma koyarak 15, 20, 30 ve 400C de davranışlarını gözlemlemelidir.

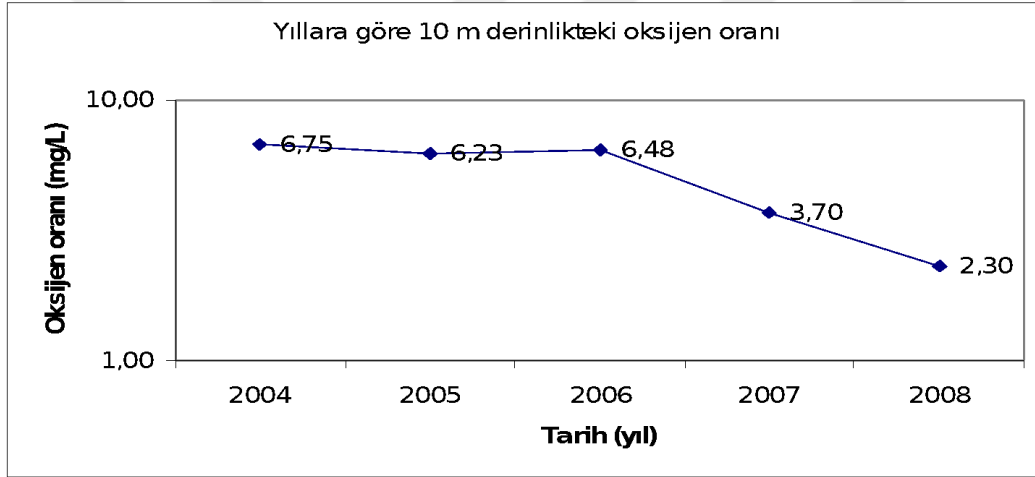
D) 4 tane farklı tür balığı deniz suyu ile doldurulmuş akvaryuma koyarak 15, 20, 30 ve 400C de davranışlarını gözlemlemelidir.

E) 4 tane aynı tür balığı 2 tanesini deniz suyu ile 2 tanesini de çeşme suyu ile doldurulmuş bir akvaryuma koyarak 150C de davranışlarını gözlemlemelidir.

19. Burcu, deniz suyunda yaşayan balıkların yaşayabileceği en uygun pH aralığını belirlemek istiyor. Bunun için nasıl bir deney tasarlamalıdır?

- A) 4 farklı tür balığı pH'ı 2 olan deniz suyu ile doldurulmuş akvaryuma alarak davranışlarını gözlemler.
- B) 4 aynı tür balığı deniz suyu ile doldurulmuş pH'ı sırayla 3, 5, 7, 9 olan farklı akvaryumlara alır ve davranışlarını gözlemler.
- C) 4 farklı tür balığı deniz suyu ile doldurulmuş pH'ı sırayla 3, 5, 7, 9 olan farklı akvaryumlara alır ve davranışlarını gözlemler.
- D) 4 aynı tür balığı pH'ı 2 olan deniz suyu ile doldurulmuş akvaryuma alarak davranışlarını gözlemler.
- E) 4 aynı tür balığı pH'ı 11 olan deniz suyu ile doldurulmuş akvaryuma alarak davranışlarını gözlemler.

20 ve 21. soruları aşağıdaki tabloya göre cevaplandırınız.



20.

Yukarıdaki grafiğe göre 10 m derinlikte oksijen oranının en çok değişime uğradığı yıllar hangi aralıkta doğru verilmiştir?

- A) 2007-2008 B) 2006-2007 C) 2005-2006 D) 2004-2005 E) 2004-2006

21. 2009 yılında yapılan gözlemlerde denizin 25 m altında hiçbir balığın yaşamadığı belirlendiğine göre, bu derinlikteki oksijen miktarının ne kadar olması beklenir?

- A) 6 mg/L B) 4 mg/L C) 3 mg/L D) 2 mg/L E) 0 mg/L

22. Yeşilyurt sahil şeridinde kütle halinde balık ölümü (kırgın) olayı gözlenmiştir. İlk aşamada, bu kırgının meydana gelmesine yol açabilecek etkenler olarak aşağıdakilerden hangisinin olması beklenmez?

- A) Su sıcaklığının ani olarak düşmüş olması,
- B) Toksik (zehirli) bir maddenin deniz yaşamını etkileme olasılığı
- C) Patlayıcı bir maddenin etkili olabileceği
- D) Deniz organizmaların solunumu için sudaki oksijenin azlığı

E) Hava sıcaklığının ani olarak düşmesi

23. Su sıcaklığındaki ani düşüş balık ölümlerinin bir nedenidir. Buna göre Burcu'nun aşağıdaki araştırmalardan hangisini yapması öncelikle beklenmez?

- A) Son 5 yılın su sıcaklık değerleri
- B) Son 5 yıldaki balık ölümlerinin miktarı
- C) Balıkların yaşadığı sıcaklık aralığının belirlenmesi
- D) Suyun ısı kapasitesi
- E) Balıkların yaşadığı ortamın asitlik oranı

24. Burcu'nun araştırma yaptığı kasaba son yıllarda dışarıdan çok göç almıştır, bu nedenle çarpık kentleşme görülmektedir. Hala kasabanın arıtma tesisi bulunmamaktadır. Ayrıca ziraat mühendislerinin tüm uyarılarına rağmen kontrolsüz tarım ilacı kullanılmaktadır. İlçenin sanayi odası yapmış oldukları çalışmalarla arıtma tesisinin inşasına başlamıştır. Kasabada özellikle deri fabrikaları bulunmaktadır.

Bu bilgiler ışığında kasabalının en çok şikâyet ettiklerinden birisi aşağıdakilerden hangisi olabilir?

- A) Denizden gelen koku
- B) Hava kirliliği
- C) Depremlerin yol açtığı yıkımlar
- D) Sanayileşmenin yavaş olması
- E) İnşaat atıkları

25. Burcu, denizden toplamış olduğu su örnekleri için öncelikle nitel analiz yapmıştır. Nitel analiz sonucu denizin değişik bölge ve derinliklerinden topladığı su örnekleriyle (1 litre) ilgili aşağıdaki verilerden hangisine ulaşması beklenir?

Örneğin Alındığı Bölge		Örneğin Alındığı Derinlik	
İskeleden	İskeleden 100 m açıklık	Yüzey	10 m
A) Kokuyor	Az kokuyor	Kokuyor	Az Kokuyor
B) 8 mg/L bakteri	4 mg/L bakteri	7 mg/L bakteri	0,2 mg/L bakteri
C) Kokuyor	7 mg/L bakteri	Kokmuyor	0 mg/L bakteri
D) 2 mg/L bakteri	0,5 mg/L bakteri	2 mg/L bakteri	0 mg/L bakteri
E) 2mg/L bakteri	Kokmuyor	2mg/L bakteri	Kokuyor

26. Kasaba halkı özellikle sıcak havalarda denizdeki kokunun arttığını belirtmiştir. Kokunun sıcak havalarda artma nedeni ne olabilir?

- A) Balık ölümlerinin artmış olması
- B) Kokuya neden olan organizmaların sıcak havalarda çoğalması

C) Suyun asitliğinin sıcaklık ile değişmesi

D) Sudaki tuz oranının sıcaklık ile artması

E) Sıcaklık artışı ile suda çözünen oksijen miktarının artması

27. Denizdeki kokunun sebeplerinden biri olarak suda hidrojen sülfür ve metan gibi çözülmüş gazların bulunması gösterilmektedir. Buna göre, Yeşilyurt kasabasındaki ağır deniz kokusunun nedeninin bu gazlar olduğundan kuşkulanan Burcu'nun sırayla aşağıdaki işlemlerden hangisini yapması beklenir?

I. Denizden su örneği alma

II. Örnekteki gaz miktarının kokmayan sudaki gaz değerleri ile karşılaştırılması

III. Sudaki gazı belirleyecek ölçüm cihazının seçimi

IV. Sudaki gazın nitel olarak tespiti

V. Sudaki gazın miktarının belirlenmesi

A) III, IV, I, II, V

B) V, II, I, IV, III,

C) I, III, IV, V, II

D) I, III, V, II, IV

E) V, II, I, III, IV

28. Burcu yapmış olduğu araştırmalarda ve uzmanlarla görüşmesinde sudaki kokuya neden olan maddelerden birinin de fenol olduğunu öğrenmiştir. Fenol kokusunun duyulmayacak kadar az olması için su içinde ancak 0.005 mg/L'nin altında olması gerekir. Çevre Bakanlığı sularda olması gereken fenol miktarı ile ilgili standartlar belirlemiştir. Buna göre Fenol miktarının kanalizasyon sistemlerinde tam arıtmanın yapılmış olduğu Atıksu Altyapı Tesislerinde 20 mg/L olması gerekir. Ayrıca fenol miktarına göre suyun kalitesi aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Parametre	1. sınıf	2. sınıf	3.sınıf	4.sınıf
Fenol miktarı mg/L	0,002	0,01	0,1	0,1

28. soruyu aşağıdaki metne göre cevaplandırınız.

Burcu, kokan deniz suyundan 3 örnek alarak laboratuvarında yapmış olduğu analizlerde kokan sudaki fenol miktarını kokmayan sudaki oranla karşılaştırıyor. İskeleden aldığı su örneğindeki fenol miktarı 0,5 mg/L, iskelenin 100 m açığından aldığı sudaki oran 0,102 mg/L ve 100 m açıktaki ve 10 m derinden aldığı sudaki oran 0,01 olarak ölçülüyor. 2. deneyde

ise Burcu, kokunun rahatsızlık vermediği deniz suyundaki fenol miktarını da hesaplıyor. Bu miktarı 0.002 mg/L olarak ölçüyor.

28. Burcu'nun yapmış olduğu bu deneyde değişkenler, aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Kontrol Edilen Değişken
A) Fenol Miktarı	Örneğin alındığı yer	Deniz suyu miktarı
B) Sıcaklık	Fenol Miktarı	Deniz suyu miktarı
C) Örneğin alındığı yer	Deniz suyu miktarı	Fenol Miktarı
D) Deniz suyu miktarı	Örneğin alındığı yer	Fenol Miktarı
E) Örneğin alındığı yer	Sıcaklık	Fenol Miktarı

29. Fenol kokusunun duyulmayacak kadar az olması için su içinde ancak 0.005 mg/L'nin altında olması gerekir. Burcu, denizden almış olduğu deniz suyu örnekleriyle ilgili ölçümler yapmıştır. Yapmış olduğu ölçümleri aşağıdaki tablolardan hangisinde yeterli ve doğru şekilde göstermiştir?

A)

Fenol miktarı mg/L	İskele	100 m açığı	100 m açığı-10 m derinlik
Su Örneğindeki	0,5	0,102	0,01
Kokunun rahatsızlık vermediği deniz suyu	0.002		

B)

Fenol miktarı mg/L	İskele	100 m açığı	100 m açığı-10 m derinlik
Su Örneğindeki	Koku yok	Koku var	Koku var
Kokunun rahatsızlık vermediği deniz suyu	Koku var		

C)

Fenol miktarı mg/L	İskele	100 m açığı	100 m açığı-10 m derinlik
Su Örneğindeki	0,5	0,102	0,01
Kokunun rahatsızlık vermediği deniz suyu	0.005		

D)

Fenol miktarı mg/L	İskele	100 m açığı	100 m açığı-10 m derinlik
Su Örneğindeki	0,5	0,102	0,01

E)

Fenol miktarı mg/L	İskele	100 m açığı	100 m açığı-10 m derinlik
Su Örneğindeki	Koku var	Koku var	Koku var

30. Burcu, Yeşilyurt kasabasındaki çalışmalarını tamamladı. Sudaki oksijen oranını, iletkenliği, pH (asitlik oranını), sıcaklığı ve fenol miktarını incelemişti. İncelemelerini rapor haline getirip müdürüne sunmayı planlamaktadır. Burcu'nun, yapmış olduğu tüm çalışmalar sonucunda raporunda balık ölümlerini aşağıdakilerden hangisiyle ilişkilendirmesi uygun olmaz?

- A) Balık ölümlerinin nedeni sudaki oksijen oranındaki azalmadır.
- B) Sudaki fenol oranındaki artış balık ölümlerine neden olmuştur.
- C) Sudaki ani sıcaklık değişimleri ölümlere neden olmuş olabilir.
- D) Suda çözünen mineraller balık ölümlerinin nedenlerinden biri olabilir.
- E) Suyun pH oranındaki değişim balık ölümlerinin nedeni olabilir.

Cevap Anahtarı:

1. A	6. D	11. A	16. C	21. E	26. B
2. D	7. D	12. E	17. B	22. E	27. C
3. E	8. C	13. D	18. C	23. E	28. A
4. C	9. C	14. E	19. B	24. A	29. A
5. D	10. E	15. E	20. B	25. A	30. B

EK 7 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ_ LİSE ÖĞRENCİLERİNİN STEM'E KARŞI TUTUMU

LİSE ÖĞRENCİLERİNİN STEM'E KARŞI TUTUMU

Sevgili Öğrenciler;

Bu ölçek sizin Fen Bilimleri ve matematik dersine yönelik STEM'e ilişkin düşüncelerinizi belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Burada belirteceğiniz görüşler yalnızca araştırma amacıyla kullanılacak ve sonuçlar tüm grubun yanıtları göz önüne alınarak değerlendirilecektir. Bu araştırmanın güvenilirliği için gerçek düşüncelerinizi belirtmeniz özel bir önem taşımaktadır. Lütfen hiçbir maddeyi boş bırakmayınız ve her biri için tek yanıt veriniz. Vereceğiniz bu yanıtlar bilimsel bir çalışma için kullanılacak ve başka kişiler ile paylaşılmayacaktır.

Bu çalışmaya yaptığınız katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Cümleyi okuyunca buna katılıp katılmadığınızı bileceksiniz. Bu ifadeye ne ölçüde katıldığınızı tanımlayan yuvarlağı işaretleyin. Bazı ifadeler birbirine çok benziyor olsa da lütfen bütün ifadeler için ilgili cevabı işaretleyin. Bu seçeneklerin işaretlenmesi zaman açısından ölçülmemektedir; hızlı ancak dikkatli bir şekilde çalışın.

Hiçbir şekilde "yanlış" ya da "doğru" cevap seçenekleri söz konusu değildir! Tek doğru yanıt sizin için doğru olan yanıttır. Mümkün olduğu noktada sizin başınız gelmiş olabilecek durumların sizin tercihte bulunmanıza yardım etmesine izin verin. Lütfen her soru için bir cevabı işaretleyin.

Matematik

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1. Matematik benim en kötü olduğum derstir.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Matematiğin kullanıldığı bir kariyeri seçmeyi düşünebilirim.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Matematik benim için zor.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Matematikte başarılı olabilecek bir öğrenciyim.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Birçok dersle başa çıkabilirim ancak matematikle başa çıkamıyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Matematik konusunda ileri seviyede çalışmalar yapabileceğimden eminim.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Matematikte iyi notlar alabilirim.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Matematikte iyiyim.	☐	☐	☐	☐	☐

Fen

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1. Fen ile ilgilenirken kendimden emin davranıyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Fen üzerine bir kariyer yapmayı düşünebilirim.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Okuldan mezun olduğumda fen'i kullanmayı umut ediyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Fen konusunda bilgili olmam benim hayatımı kazanmama yardım edecek.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Gelecekteki çalışmalarım için fene ihtiyacım olacak.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Fen konusunda başarılı olabileceğimi biliyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Hayatımdaki çalışmalarda, fen benim için önemli olacak.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Birçok dersle başa çıkabilirim ancak fenle başa çıkamıyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Fen konusunda ileri seviyede çalışmalar yapabileceğimden eminim.	☐	☐	☐	☐	☐

Mühendislik ve Teknoloji

Lütfen soruları cevaplamadan önce bu paragrafı okuyunuz.

Lütfen soruları cevaplama Herkesin yaşamını iyileştiren ve yeni ürünler icat eden mühendisler matematik, fen ve yaratıcılığı problemleri araştırmak ve çözmek için kullanır. Mühendisliğin çok farklı türü vardır.

Örneğin kimya, elektrik, bilgisayar, makine, inşaat, çevre ve Biyomedikal. Mühendisler köprüler, arabalar, kumaşlar, gıdalar ve sanal gerçeklik, lunaparklar gibi şeyleri tasarlar ve geliştirir. Teknoloji uzmanları mühendislerin geliştirdiği tasarımları tamamlar/uygular; onlar inşa eder, test eder ve ürünleri ve süreçleri sürdürür/korur.

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1. Yeni ürünlerin üretildiğini hayal etmek hoşuma gidiyor.	☐	☐	☐	☐	☐
2.Mühendisliği öğrenirsem, insanların günlük yaşamlarında kullandığı şeyleri geliştirebilirim.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Bir şeyleri oluşturmak ve onları tamir etmekte iyiyim.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Makinelerin nasıl çalıştığı ile ilgiliyim.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Ürünler veya yapılar tasarlamak gelecekteki çalışmalarım için önemli olacak.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Elektronik eşyaların nasıl çalıştığı konusunda meraklıyım.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Yaratıcılık ve yeniliği gelecekteki çalışmalarında kullanmak isterim.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Matematik ve Fen'i birlikte nasıl kullanacağımı bilmek bana kullanışlı şeyler icat etme şansı tanıyacak.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Mühendislik konusunda başarılı bir kariyere sahip olabileceğime inanıyorum	☐	☐	☐	☐	☐

21. Yüzyıl Becerileri

	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1. Diğer bireylere bir hedefe ulaşmalarında liderlik edebileceğim konusunda kendime güveniyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Diğer bireyleri ellerinden gelenin en iyisini yapmaları için cesaretlendirebileceğime inanıyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Yüksek kalitede çalışmalar yapabileceğimden eminim.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Akranlarımla farklılıklarına karşı saygılı davranacağımdan eminim.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Akranlarıma yardım edebileceğime eminim.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Karar verirken başkalarının görüşlerini göz önüne alacağımdan eminim	☐	☐	☐	☐	☐
7. İşler planlandığı gibi gitmediğinde değişiklikler yapabileceğimden eminim.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Kendi öğrenme hedeflerimi belirleyebileceğime inanıyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Kendi başıma çalışırken zamanımı akıllıca yönetebileceğimden eminim.	☐	☐	☐	☐	☐
10. Yapmam gereken görevler olduğunda hangilerinin önce yapılması gerektiğini seçebilirim.	☐	☐	☐	☐	☐
11. Farklı altyapılara sahip olan öğrencilerle iyi bir şekilde çalışabileceğimden eminim.	☐	☐	☐	☐	☐

EK 8 ÖN TEST-SON TEST ANKETLERİ _ FEN, TEKNOLOJİ, MATEMATİK VE MÜHENDİSLİK MESLEKLERİNE YÖNELİK İLGİ ÖLÇEĞİ

FEN, TEKNOLOJİ, MATEMATİK VE MÜHENDİSLİK MESLEKLERİNE YÖNELİK İLGİ ÖLÇEĞİ

FEN BÖLÜMÜ

Önermeler	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1. Fen dersinden iyi not alabilirim.					
2. Fen ödevlerimi tamamlayabilirim.					
3. Gelecekte fenle ilgili bir mesleğe sahip olmak isterim.					
4. Fen dersine diğer derslere göre daha çok çalışırım.					
5. Fen derslerindeki başarımın, gelecek meslek hayatımda bana fayda sağlayacağına inanıyorum.					
6. Fen alanında bir meslek seçmemi ailem de ister.					
7. Fen alanındaki mesleklere ilgi duyuyorum.					
8. Fen dersini severim.					
9. Fen alanında çalışan birini mesleki açıdan örnek alırım.					
10. Fen alanında çalışan insanlarla sohbet etmeyi seviyorum.					

*Biyolog, doktor, eczacılık, hemşirelik vb. fen alanındaki mesleklere örnek olarak verilebilir.

MATEMATİK BÖLÜMÜ

Önermeler	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1. Matematik dersinden iyi not alabilirim.					
2. Matematik ödevlerimi tamamlayabilirim.					
3. Gelecekte matematikle ilgili bir mesleğe sahip olmak isterim.					
4. Matematik dersine diğer derslere göre çok çalışırım.					
5. Matematik derslerindeki başarımın gelecek meslek hayatımda bana fayda sağlayacağına inanıyorum.					
6. Matematik alanında bir meslek seçmemi ailem de ister.					
7. Matematik alanındaki mesleklere ilgi duyuyorum.					
8. Matematik dersini severim.					
9. Matematik alanında çalışan birini mesleki açıdan örnek alırım.					
10. Matematik alanında çalışan insanlarla sohbet etmeyi seviyorum.					

* Muhasebeci, bankacı, matematik öğretmenliği vb. matematik alanındaki mesleklere örnek olarak verilebilir.

TEKNOLOJİ BÖLÜMÜ

Önermeler	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1. Teknoloji kullanımı gerektiren etkinliklerde başarılıyım.					
2. Teknolojideki yenilikleri kolaylıkla öğrenebilirim.					
3. Meslek hayatımda yeni teknolojileri yakından takip etmeyi düşünüyorum.					
4. Derslerimde bana faydası olacağına inandığım yeni teknolojileri öğrenmek isterim.					
5. Teknolojiyle ilgili çok şey öğrenirsem pek çok iş imkanıyla karşılaşabilirim.					
6. Teknoloji alanında bir meslek seçmemi ailem de ister.					
7. Sınıf içi çalışmalarımızda teknoloji kullanmayı seviyorum.					
8. Teknoloji alanındaki mesleklere ilgi duyuyorum.					
9. Teknoloji alanında çalışan biri/birilerini mesleki açıdan örnek alırım.					
10. Teknoloji alanında çalışan insanlarla sohbet etmeyi seviyorum.					

*Bilgisayar programcılığı, bilgisayar yazılımı ve donanımı ile ilgili meslekler, bilgisayar teknisyenliği, elektrik-elektronik teknisyenliği vb. teknoloji alanındaki mesleklere örnek olarak verilebilir.

MÜHENDİSLİK BÖLÜMÜ

Önermeler	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1. Mühendislik becerisi gerektiren etkinliklerde başarılıyım.					
2. Mühendislik becerisi gerektiren etkinlikleri tamamlayabilirim.					
3. Meslek hayatımda mühendislik becerilerini kullanmayı düşünüyorum.					
4. Derslerimde mühendislik becerisi gerektiren etkinliklere katılma konusunda çok istekliyim.					
5. Mühendislikle ilgili çok şey öğrenirsem pek çok iş imkanıyla karşılaşabilirim.					
6. Mühendislik alanında bir meslek seçmemi ailem de ister.					
7. Mühendislik alanındaki mesleklere ilgi duyuyorum.					
8. Mühendislik becerisi gerektiren etkinlikleri seviyorum.					
9. Mühendisleri mesleki açıdan örnek alırım.					
10. Mühendislerle sohbet etmeyi seviyorum.					

* Makina mühendisi, inşaat mühendisi, çevre mühendisliği, elektrik mühendisliği, kimya mühendisliği vb.

EK 9 KONGRE SÖZLÜ BİLDİRİ ÖZETİ



VII. UKEK
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Yedinci Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi
24-26 Eylül

Nesnelerin İnterneti (IoT) Destekli Nano-STEM Etkinliklerinin Tasarlanması ve Uygulama Sürecinin İncelenmesi

İsmail ATEŞ
Marmara Üniversitesi
ismailates4278@gmail.com

Musa ÜCE
Marmara Üniversitesi
musauce@marmara.edu.tr

Özet

Günümüzde önemli bir paradigma değişikliğine yol açabilecek potansiyele sahip olan Endüstri 4.0 devrimi toplumu etkilemektedir. Bu teknolojik devrim, teknolojinin yaşam, çalışma, birbirimizle ilişkilerimizi kökten değiştirebilecek ilerlemeleri beraberinde getirmektedir. Bu ilerlemeler insanların teknolojiyi kullanırlarken eşi benzeri görülmemiş işlem gücü, depolama ve bilgi erişiminin nimetlerinden yararlanma fırsatı sunmaktadır. Bu imkanlar arasında yapay zeka, robotik, nesnelerin interneti (IoT), özerk taşıtlar, 3D yazıcılar, nanoteknoloji, biyoteknoloji, malzeme bilimi, enerji depolama ve kuantum bilgi işlem gibi yeni teknolojiler sayılabilir. Bu gelişmelerle birlikte ortaya çıkan yeni iş alanları ve meslekler toplumsal hayatta değişimlere yol açmaktadır. Bu yeni teknolojiler arasında kuşkusuz nanoteknoloji önemli bir önem taşımaktadır. Nanoteknoloji, maddelerin nanoboyuttaki eşsiz işlevsel özelliklerinin uygulama alanlarıyla bu teknolojik devrimin katalizörü olmaktadır. Öğrencilerimizin erken yaşlarda bu teknolojik devrime ve onun çok yönlü etkisine olan farkındalığı önemlidir. Endüstri 4.0 devriminin beklentileri ve öngörülleri doğrultusunda mevcut lise kimya öğretim programına paralel, nanobilimler ve nanoteknolojiler özelinde STEM bütünlüklük eğitim yaklaşımının kullanıldığı yapılandırıcı paradigma ile hazırlanmış alternatif etkinliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde kimya ders içeriğinin öğretilmesinde mikroişlemcilerin kullanıldığı, özellikle IoT destekli çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, kimya laboratuvarında IoT destekli öğretim içeriğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada karma araştırma yöntemlerinden temel karma yöntem desenlerinden biri olan Birleştirme (Çeşitleme) Deseni ve bu temel desene ilave edilen Müdahale Deseni birlikte kullanılmıştır. Çalışma grubu olarak amaçlı örneklem yöntemlerinden ölçüt örneklem kullanılmıştır. Katılımcılar İstanbul'da bulunan bir fen lisesinde 2019-2020 eğitim öğretim yılında, 10. sınıf seviyesinde 12 (6 kız, 6 erkek) öğrencidir. Tasarlanan öğretim programı 16 ders saatinde uygulanmıştır. Öğretmen etkisiyle oluşabilecek etkilerin olmaması için uygulamalar araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak Nanobilim Kavramsal Anlama Testi, Nanoteknoloji Tutum Ölçeği, Bilimsel Süreç Becerileri Testi, STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği hem ön test hem de son test olarak kullanılmıştır. Bunun yanında ders planları doğrultusunda hazırlanan öğrenci çalışma yapıtları, öğretime ilişkin ses ve video kayıtları, araştırma günlüğü, öğrenci ürünleri ve öğrencilerle yapılan görüşmelerle de veriler toplanmıştır. Nicel verilerin analizinde SPSS 20 istatistik programı kullanılmıştır. Nitel verilerin analizinde ise tümevarım analizi ile temalar ve kodlar oluşturulmuştur. Uygulama boyunca elde edilen bulguları, katılımcıların nanobilim ve nanoteknoloji kavramsal anlamalarına, tutumuna, bilimsel süreç becerilerinin değişimine yönelik nicel veriler ve süreç boyunca elde edilen nitel veriler oluşturmaktadır. Öğrenci profilleri de belirlenerek değişim orataya konulmaya çalışılmıştır. Uygulama etkinliklerinin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili temel seviyede öğrenmeyi gerçekleştirdiği, STEM yaklaşımının nanobilimsel ve nanoteknolojik uygulamaların öğretilmesinde ve geliştirilmesinde kullanılabileceği görülmüştür. Bunun yanında STEM entegrasyonun özellikle teknolojik boyutunda IoT kullanılarak kimya deneylerinin yapılabilirliği ve öğretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Nanobilim, nanoteknoloji, STEM, Endüstri 4.0, nesnelerin interneti (IoT)

EK 10 ANKET VE ARAŞTIRMA İZİNLERİ

İstanbul Valiliği Milli Eğitim Müdürlüğü'nün 07/05/2019 tarihli, 59090411-20-E.9015530 sayılı “Anket ve Araştırma İzni” konulu resmi izni.		İzin alınmıştır.
Ölçekler	İzin Durumu	
Nanobilim ve Nanoteknoloji Kavramsal Anlama Testi (NKAT)	Alındı	
Açık Uçlu Nanobilim ve Nanoteknoloji-Endüstri 4.0 Formu	Alındı ve geliştirildi	
Nanoteknoloji Tutum Ölçeği (NTTÖ)	Alındı	
Bilimsel Süreç Becerileri Testi (BSBT)	Alındı	
STEM'e Yönelik Tutum Ölçeği (STEMYAT)	Alındı	
Fen, Teknoloji, Matematik ve Mühendislik Mesleklerine Yönelik İlgi Ölçeği (STEMYİÖ)	Alındı	

VELİ KATILIM İZNİ FORMATI

VELİ İZİN ONAY BELGESİ

Velisi bulunduğum.....isimli öğrencinin “Endüstri 4.0 Devriminde Nano-STEM-GLASS Eğitimi Etkinliklerinin Tasarlanması ve Uygulama Sürecinin İncelenmesi” adlı doktora çalışması uygulamalarına katılmasına,

☐

İzin veriyorum

☐

İzin vermiyorum

VELİNİN

Adı Soyadı:

Telefonu:

İmza :

Tarih:

**EK 11 UYGULAMA OKULUNA VERİLEN UYGULAMA PLANI,
UYGULAMAYA DAİR KATILIMCILARI BİLGİLENDİRİCİ AÇIKLAMA
METNİ VE POSTER**

**NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) DESTEKLİ NANO-STEM-GLASS
ETKİNLİKLERİ ATÖLYESİ UYGULAMA PLANI**

Hafta	Gün	Saat	SÜREÇ	KONULAR ve Etkinlikler
1	10.10.2019	15:30-17:00	Hazırbulunuşluk durumunun belirlenmesi	
2	17.10.2019	15:30-17:00	Nanoteknoloji etkinlikleri 1	1.Nanoboyut Nedir? 2.Nanoteknolojinin Doğası:
3	24.10.2019	15:30-17:00	Nanoteknoloji etkinlikleri 2	Yapışkan, Titrek, Engebeli 3.Küçük dünyanın kuralları nelerdir? 4. Nano Neden Farklı Davranıyor?
4	31.10.2019	15:30-17:00	STEM_GLASS etkinlikleri (Nanoteknoloji bağlamında) 1	5.Nanosensörler
5	07.11.2019	15:30-17:00	STEM_GLASS etkinlikleri (Nanoteknoloji bağlamında) 2	
6	14.11.2019	15:30-17:00	Endistri 4.0 nedir? IoT vurgulu etkinlik.	6. Endistri 4.0 Nedir? Iot Nedir?
7	28.11.2019	15:30-17:00	IoT Etkinlikleri (Geleneksel Nano-STEM_GLASS içeriğine IoT 'nın uygulanması 1	7.Nano-STEM_GLASS içeriğine IoT 'nın uygulanması
8	05.12.2019	15:30-17:00	IoT Etkinlikleri (Geleneksel Nano-STEM_GLASS içeriğine IoT 'nın uygulanması 2	
9	12.12.2019	15:30-17:00	IoT Etkinlikleri (Geleneksel Nano-STEM_GLASS içeriğine IoT 'nın uygulanmasının değerlendirilmesi.	8.Ürün Geliştirme Çalışmaları ve Prototip
10	19.12.2012	15:30-17:00	Ürün değerlendirme	9.Ürün Değerlendirme

ETKİNLİK ADI	NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) DESTEKLİ NANO-STEM-GLASS ETKİNLİKLERİ
HEDEF KİTLE	10. sınıf öğrencileri
AMAÇ	MEB ortaöğretim kimya öğretim programında yer alan nanobilim ve nanoteknoloji bağlantılı konular paralelinde, Nesnelerin İnterneti (IoT) ile desteklenmiş STEM-GLASS bütünsel eğitim yaklaşımı ve yapılandırmacılık temelli öğretim yöntem ve teknikleri kullanıldığı eğitim ve öğretim etkinliklerinin uygulanması.
ETKİNLİĞİN ÖNEMİ Günümüzde önemli bir paradigma değişikliğine yol açabilecek potansiyele sahip ve karşı karşıya kaldığımız dördüncü sanayi (Endüstri 4.0) devrimi toplumu etkilemektedir. Bu teknolojik devrim, teknolojinin yaşam, çalışma, birbirimizle ilişkilerimizi kökten değiştirebilecek ilerlemeleri beraberinde getirmektedir. Bu ilerlemeler insanların teknolojiyi kullanırlarken eşi benzeri görülmemiş işlem gücü, depolama ve bilgi erişiminin nimetlerinden yararlanma fırsatı sunmaktadır. Bu imkanlar arasında yapay zekâ (YZ), robotik, nesnelerin interneti (Nİ), özerk taşıtlar, 3D yazıcılar, nanoteknoloji, biyoteknoloji, malzeme bilimi, enerji depolama ve kuantum bilgi işlem gibi yeni teknolojiler sayılabilir. Bu gelişmelerle ortaya çıkan yeni iş alanlar ve mesleklerle birlikte yeni bir toplumsal hayat değişimleriyle karşı karşıya kalmış bulunmaktayız. Bu değişimle birlikte birey olarak teknolojinin bizim ve gelecek kuşakların yaşamını nasıl değiştireceğine ve yaşadığımız ekonomik, sosyal ve kültürel ve insani bağlamları nasıl yeniden biçimlendireceğine dair kapsayıcı ve küresel bir görüşe sahip olmamız gerekiyor. Yukarıda bahsedilen yeni teknolojiler arasında kuşkusuz nanoteknoloji önemli bir önem taşımaktadır. Nanoteknoloji bu teknolojik devrimde maddelerin nanoboyuttaki eşsiz işlevsel özelliklerinin uygulama alanlarıyla bu devrimin katalizörü olmaktadır. Öğrencilerimizin erken yaşlarda bu teknolojik devrime ve onun çok yönlü etkisine olan farkındalığı önemlidir. Nanobilimler ve nanoteknolojiler özelinde öğrencilerimizin uygulamaya dönük öğretim programları paralelinde sınıf içi ve dış ortam etkinliklerinin planlaması ve öğretimin sağlanması elzemdir. Endüstri 4.0 devriminin ortaya koyduğu beklentiler ve öngörüler doğrultusunda eğitim etkinliklerinin tasarlanmasında STEM-GLASS bütünsel eğitim yaklaşımının kullanılması nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi etkinliklerinin tasarlanmasında ve uygulanmasında doğru bir seçim olacaktır. Yapılandırmacılık temelli öğretim yöntem ve tekniklerinin bu etkinliklerde kullanılması da hazırlanan etkinliklerin öğrenciler tarafından öğrenilmesinde öğrenci merkezli bir öğrenme sağlayacaktır. Tüm bileşenler (Endüstri 4.0, STEM-GLASS, NBT Eğitimi ve Yapılandırmacı yaklaşım öğretim yöntemleri) beraber düşünülerek hazırlanan eğitim ve öğretim etkinlikleri öğrencilerimizi geleceğe hazırlayacaktır. Günümüzde önemli bir paradigma değişikliğine yol açabilecek potansiyele sahip ve karşı karşıya kaldığımız dördüncü sanayi (Endüstri 4.0) devrimi toplumu etkilemektedir. Bu teknolojik devrim, teknolojinin yaşam, çalışma, birbirimizle ilişkilerimizi kökten değiştirebilecek ilerlemeleri beraberinde getirmektedir. Bu ilerlemeler insanların teknolojiyi kullanırlarken eşi benzeri görülmemiş işlem gücü, depolama ve bilgi erişiminin nimetlerinden yararlanma fırsatı sunmaktadır. Bu imkanlar arasında yapay zekâ (YZ), robotik, nesnelerin interneti (Nİ), özerk taşıtlar, 3D yazıcılar, nanoteknoloji, biyoteknoloji, malzeme bilimi, enerji depolama ve kuantum bilgi işlem gibi yeni teknolojiler sayılabilir. Bu gelişmelerle ortaya çıkan yeni iş alanlar ve mesleklerle birlikte yeni bir toplumsal hayat değişimleriyle karşı karşıya kalmış bulunmaktayız. Bu değişimle birlikte birey olarak teknolojinin bizim ve gelecek kuşakların yaşamını nasıl değiştireceğine ve yaşadığımız ekonomik, sosyal ve kültürel ve insani bağlamları nasıl yeniden biçimlendireceğine dair kapsayıcı ve küresel bir görüşe sahip olmamız gerekiyor. Yukarıda bahsedilen yeni teknolojiler arasında kuşkusuz nanoteknoloji önemli bir önem taşımaktadır. Nanoteknoloji bu teknolojik devrimde maddelerin nanoboyuttaki eşsiz işlevsel özelliklerinin uygulama alanlarıyla bu devrimin katalizörü olmaktadır. Öğrencilerimizin erken yaşlarda bu teknolojik devrime ve onun çok yönlü etkisine olan farkındalığı önemlidir. Nanobilimler ve nanoteknolojiler özelinde öğrencilerimizin uygulamaya dönük öğretim programları paralelinde sınıf içi ve dış ortam etkinliklerinin planlaması ve öğretimin sağlanması elzemdir. Endüstri 4.0 devriminin ortaya koyduğu beklentiler ve öngörüler doğrultusunda eğitim etkinliklerinin tasarlanmasında STEM-GLASS bütünsel eğitim yaklaşımının kullanılması nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi etkinliklerinin tasarlanmasında ve uygulanmasında doğru bir seçim olacaktır. Yapılandırmacılık temelli öğretim yöntem ve tekniklerinin bu etkinliklerde kullanılması da hazırlanan etkinliklerin öğrenciler tarafından öğrenilmesinde öğrenci merkezli bir öğrenme sağlayacaktır. Tüm bileşenler (Endüstri 4.0, STEM-GLASS, NBT Eğitimi ve Yapılandırmacı yaklaşım öğretim yöntemleri) beraber düşünülerek hazırlanan eğitim ve öğretim etkinlikleri öğrencilerimizi geleceğe hazırlayacaktır.	



İsmail ATEŞ
Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Musa ÜCE
Marmara Üniversitesi

