



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MÜHENDİSLİK EĞİTİMİ ODAKLI MESLEKİ GELİŞİM
PROGRAMININ FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN
MÜHENDİSLİK ENTEGRASYONU PEDAGOJİK ALAN
BİLGİLERİNE VE MÜHENDİSLİK ÖĞRETİMİ
ÖZ-YETERLİKLERİNE ETKİSİ**

FİLİZ DEMİRCİ

DOKTORA TEZİ

**MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ
ANA BİLİM DALI**

FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

ORDU 2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

FİLİZ DEMİRCİ

Bu tez, 1059B142000171 numaralı “TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı” ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

MÜHENDİSLİK EĞİTİMİ ODAKLI MESLEKİ GELİŞİM PROGRAMININ FEN BİLİMLERİ ÖĞRETMENLERİNİN MÜHENDİSLİK ENTEGRASYONU PEDAGOJİK ALAN BİLGİLERİNE VE MÜHENDİSLİK ÖĞRETİMİ ÖZ-YETERLİKLERİNE ETKİSİ

FİLİZ DEMİRCİ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 373 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. CENGİZ ÖZYÜREK)

Bu araştırmanın amacı, mühendislik öğretimi odaklı çevrim içi öğretmen mesleki gelişim programının fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgilerine ve mühendislik öğretimi öz-yeterliklerine etkisini incelemektir. İç içe karma desende yürütülen çalışmada, temel nitel desen zayıf deneysel desene gömülerek verilerin ilişkilendirilmiştir. Araştırmanın nitel boyutunda öğretmenlerin ders planları ve düşünce yazıları; nicel boyutunda ise mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi testi ve mühendislik öğretimi öz-yeterlik ölçeği veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubu, Ordu ilinde görev yapan on dört fen bilimleri öğretmenin amaçlı seçkisiz örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, mühendislik öğretimi odaklı mesleki gelişim programının, fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi ve mühendislik öğretimi öz-yeterliklerini anlamlı şekilde artırdığı sonucuna varılmıştır ve araştırmadan elde edilen nitel sonuçların da bu bulgularla tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçların gelecekte bu alanda yapılacak öğretmen eğitimi ve mesleki gelişim programı araştırmalarında uygulayıcılarına ve araştırmacılarına katkı sağlayacağı umulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fen Bilimleri Öğretmenleri, Mesleki Gelişim, Mühendislik Entegrasyonu, Öz-Yeterlik, Pedagojik Alan Bilgisi.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ENGINEERING EDUCATION FOCUSED PROFESSIONAL DEVELOPMENT PROGRAM ON SCIENCE TEACHERS' ENGINEERING INTEGRATION PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE AND ENGINEERING TEACHING SELF-EFFICACY

FİLİZ DEMİRCİ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION

SCIENCE TEACHER EDUCATION

PHD THESIS, 373 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. CENGİZ ÖZYÜREK)

The aim of this research was to examine the effect of an engineering teaching-focused online teacher professional development program on science teachers' engineering integration pedagogical content knowledge and engineering teaching self-efficacy. In the study conducted in a nested mixed design, the results were correlated by embedding the basic qualitative design into the weak experimental design. While teacher reflections and lesson plans developed were used as data collection tools in the qualitative dimension of the research, engineering integration pedagogical content knowledge test and engineering teaching self-efficacy scale were used as data collection tools in the quantitative dimension. The study group of the research was determined using the purposeful random sampling method of fourteen science teachers working in Ordu City of Türkiye. As a result of the research, it was concluded that pre-college engineering education focused on online professional development program significantly increased science teachers' engineering integration pedagogical content knowledge and engineering teaching self-efficacy, and the qualitative results obtained from the research were also found to be consistent with these findings. The results obtained from this study which will contribute to practitioners and researchers in future teacher education and professional development program research in this field is hoped.

Keywords: Engineering Integration, Pedagogical Content Knowledge, Professional Development, Science Teachers, Self-Efficacy.

TEŞEKKÜR

Öncelikle burada olmamı sağlayan Türkiye Cumhuriyeti'nin banisi Ulu Önder Mustafa Kemal ATATÜRK'ü saygıyla, minnetle ve rahmetle anıyorum.

Ordu Üniversitesi'nde bulunduğum günden bugüne kadar bilgi ve önerileriyle yoluma ışık tutan ve beni bu yolda cesaretlendiren gerek akademik gerekse sosyal yaşantımda her zaman desteğini, hoşgörüsünü ve samimiyetini hissettiğim danışmanım Prof. Dr. Cengiz ÖZYÜREK'e,

Bu tez çalışmasını 1059B142000171 numaralı "Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi" başlıklı proje kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a, Purdue Üniversitesi'nin Mühendislik Eğitimi Bölümü'nde tez çalışmalarımı gerçekleştirmede değerli desteğiyle büyük katkı sağlayan çok kıymetli mentorum Prof. Dr. Şenay PURZER'a, mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisine ilişkin uzman görüşlerinden faydalandığım Doç. Dr. Morgan HYNES'a ve Purdue INSPIRE Enstitüsü'ne,

Tez izleme komitesinde yer alarak değerli görüşlerini paylaşan saygıdeğer Prof. Dr. Erol TAŞ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Erdem KAYA'ya, tez savunmama katılarak yapıcı eleştirilerde bulunarak tezimin son halini almasına katkı sağlayan saygıdeğer Prof. Dr. Hakan Şevki AYVACI'ya ve Prof. Dr. Zeki APAYDIN'a, mühendislik eğitimindeki değerli deneyimlerini paylaşarak ufkumu genişleten saygıdeğer Prof. Dr. Gültekin ÇAKMAKCI'ya, pedagojik alan bilgisi hakkında uzman görüşlerinden yararlandığım Prof. Dr. Sedef CANBAZOĞLU BİLİCİ'ye ve Doç. Dr. Tuba ACAR ERDOL'a, çalışma grubundaki öğretmenlere ulaşmam konusunda büyük desteği olan saygıdeğer Sezai OKUTAN'a ve Hüseyin ÇERÇİL'e,

Akademik pek çok konuda büyük bir özveriyle ve samimiyetle desteğini benden esirgemeyen çok kıymetli hocalarım Doç. Dr. Erhan YAYLAK'a, Doç. Dr. Filiz ZAYİMOĞLU ÖZTÜRK'e, Doç. Dr. Sanem UÇA TABAK'a, Doç. Dr. Çiğdem AKIN ARIKAN'a ve Doç. Dr. Hasan Hüseyin MUTLU'ya

Çalışmam sürecinde varlığıyla bana güç veren canım kardeşim Yücehan DEMİRCİ'ye ve babacığım Yücel DEMİRCİ'ye, ideallerimi gerçekleştirmem yolunda en büyük destekçim ve bu tezi armağan ettiğim canım annem Sevim CİNGİZ'e en hissi duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
ÇİZELGE LİSTESİ	X
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XI
EKLER LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Durumu	4
1.1.1 Problem Cümlesi ve Alt Problemler	7
1.1.2 Hipotezler	7
1.2 Araştırmanın Amacı ve Önemi	7
1.3 Sayıtlılar	10
1.4 Sınırlılıklar	10
1.5 Tanımlar	11
2. GENEL BİLGİLER	12
2.1 Kavramsal Çerçeve	12
2.1.1 K-12 Mühendislik Eğitimi, Önemi ve Gerekliliği	12
2.1.2 Fen ve Mühendislik Eğitimi Arasındaki İlişki	18
2.1.3 Öğretmen Mesleki Gelişimi	23
2.1.3.1 K-12 Mühendislik Eğitimi Öğretmen Mesleki Gelişimi	30
2.1.4 Pedagojik Alan Bilgisi	34
2.1.4.1 Grossman Modeli	38
2.1.4.2 Magnusson, Krajcik ve Barko Modeli	40
2.1.4.3 Gess-Newsome Modelleri	41
2.1.4.4 Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi ve İlişkili Olduğu Bilgi Türleri	43
2.1.4.4.1 Alan Bilgisi	51
2.1.4.4.2 Genel Pedagoji Bilgisi	51
2.1.4.4.3 Mühendislik Bilgisi	51
2.1.4.4.4 Mühendislik Alan Bilgisi	52
2.1.4.4.5 Mühendislik Pedagojik Bilgisi	52
2.1.4.4.6 Bağlam Bilgisi	54
2.1.5 Öğretmen Öz-Yeterliği	55
2.1.5.1 Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliği	58
2.2 İlgili Çalışmalar	60
2.2.1 Mühendislik Eğitimi Öğretmen Mesleki Gelişimiyle İlgili Yapılan Çalışmalar	60
2.2.2 Öğretmenlerin Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlikleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar	65
2.2.3 Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi İle İlgili Yapılan Çalışmalar	67
3. MATERYAL ve YÖNTEM	69
3.1 Araştırmanın Deseni	69
3.2 Çalışma Grubu	72
3.3 Veri Toplama Araçları	73

3.3.1 Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi (MEPABT).....	73
3.3.1.1 Ölçülmek İstenilen Yapının Belirtilmesi	74
3.3.1.1.1 Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi (MEPAB) Çerçevesi... 74	
- Bileşen 1: Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi (MÖOB).....	78
- Bileşen 2: Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi (MEÖPB).....	78
- Bileşen 3: Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi (ÖMAB).....	79
- Bileşen 4: Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi (MÖSB).....	79
- Bileşen 5: Mühendislik Değerlendirme Bilgisi (MDB).....	80
3.3.1.2 Ölçme Biçiminin Belirlenmesi ve Madde Havuzunun Oluşturulması	80
3.3.1.3 Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmalarının Yapılması	80
3.3.2 Analitik Dereceli Puanlama Aracı (Rubrik)	82
3.3.2.1 Rubriğin Geçerlik Çalışması	82
3.3.2.2 Rubriğin Güvenirlik Çalışması	83
3.3.3 Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği	84
3.3.4 Mühendislik Entegrasyonlu Ders Planı (MEDL)	86
3.3.5 Düşünce Yazısı	87
3.4 Veri Toplama Süreci.....	88
3.4.1 Pilot Uygulama	88
3.4.2 Asıl Uygulama	89
3.5 Verilerin Analizi	101
3.6 Araştırmacının Rolü	102
3.7 Araştırmada Geçerlik, Güvenirlik ve Etik	103
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	105
4.1 Nicel Boyuta İlişkin Bulgular	105
4.2 Nitel Boyuta İlişkin Bulgular	109
4.2.1 MEPABT'ten ve MÖÖÖ'den Gelişim Kazancı Fazla Olan Öğretmene İlişkin Bulgular	109
4.2.1.1 Bahar Öğretmenin MEPAB'ına İlişkin Bulgular	109
4.2.1.1.1 Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi.....	109
4.2.1.1.2 Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi	110
4.2.1.1.3 Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	111
4.2.1.1.4 Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	113
4.2.1.1.5 Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	114
4.2.1.2 Bahar Öğretmenin MÖÖ'ye İlişkin Nitel Bulguları.....	115
4.2.2 MEPABT'ten ve MÖÖÖ'den Gelişim Kazancı Fazla Olan Öğretmene İlişkin Bulgular	117
4.2.2.1 İnci Öğretmenin MEPAB'ına İlişkin Nitel Bulguları.....	117
4.2.2.1.1 Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi.....	117
4.2.2.1.2 Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi	117
4.2.2.1.3 Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	120
4.2.2.1.4 Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	121
4.2.2.1.5 Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	121
4.2.2.2 İnci Öğretmenin MÖÖ'ye İlişkin Bulguları	122
4.2.3 MEPABT'ten Gelişim Kazancı Fazla ve MÖÖÖ'den Gelişim Kazancı Çok Az Olan Öğretmene İlişkin Bulgular	125
4.2.3.1 Ümit Öğretmenin MEPAB'ına İlişkin Nitel Bulgular.....	125
4.2.3.1.1 Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi.....	125
4.2.3.1.2 Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi	125

4.2.3.1.3 Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	127
4.2.3.1.4 Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	129
4.2.3.1.5 Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	130
4.2.3.2 Ümit Öğretmenin MÖÖ'ye İlişkin Bulguları	131
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	134
5.1 Tartışma	134
5.1.1 Öğretmenlerin Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisine İlişkin Tartışma	134
5.1.2 Öğretmenlerin Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliklerine İlişkin Tartışma.....	134
5.2 Sonuç ve Öneriler	140
6. KAYNAKLAR	140
EKLER.....	157
ÖZGEÇMİŞ	371

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Mühendisliğin Bir Tanımı.....	12
Şekil 2.2	Mühendisliğin Teknik ve Sosyal Boyutları	14
Şekil 2.3	Massachusetts (MDE, 2006)'nın Mühendislik Tasarım Süreci Modeli...23	
Şekil 2.4	Desimone (2009)'nun Öğretmenler ve Öğrenciler Üzerine Mesleki Gelişimin Etkilerini Çalışmak için Kavramsal Çerçevesi.....	24
Şekil 2.5	Guskey (2002)'nin Öğretmen Değişim Modeli	25
Şekil 2.6	Konu Alan Bilgisinin Dönüşümü.....	37
Şekil 2.7	Grossman (1988, 1990)'ın Öğretmen Bilgi Modeli	38
Şekil 2.8	Magnusson ve Ark. (1999)'ın Fen Öğretimi İçin PAB Bileşenleri	40
Şekil 2.9	Gess-Newsome (1999)'un Öğretmen Bilgisinin İki Modeli (Solda Bütünleştirici Model, Sağda Dönüştürücü Model, * = Sınıf Öğretimi İçin İhtiyaç Duyulan Bilgi)	42
Şekil 2.10	Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri.....	49
Şekil 2.11	Yeterlilik Beklentisi ile Sonuç Beklentisi Arasındaki Farklılığın Şematik Sunumu.....	56
Şekil 2.12	Öğretmen Öz-Yeterliğinin Döngüsel Doğası (Tschannen-Moran, Woolfolk-Hoy ve Hoy, 1998).....	57
Şekil 2.13	Desimone (2009)'nin Yol Haritasının Bandura (1977a, 1982, 1986)'nın Öz-Yeterlik Teorisiyle Birleşimi	58
Şekil 2.14	Araştırmanın Bandura (1977)'nin Karşılıklı Determinizm Modeliyle İlişkilendirilmesi.....	60
Şekil 3.1	Araştırmanın Şematik Gösterimi.....	71
Şekil 3.2	Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi ve Diğer Öğretmen Bilgileri Arasındaki İlişki (Demirci ve Purzer, 2023)	76
Şekil 3.3	Öğretmenlerin Mühendislik Öğretimi Yeterliklerine İlişkin Örnek Bir Düşünce Yazısı	87
Şekil 3.4	Çevrim İçi Mühendislik Eğitimi Odaklı Mesleki Gelişim Programının Şematik Gösterimi	91
Şekil 3.5	Mesleki Gelişim Eğitimlerinin Birinci Modülünde Yer Alan Eğitimler .96	
Şekil 3.6	Mesleki Gelişim Eğitimlerinin İkinci ve Üçüncü Modüllerde Yer Alan Eğitimler	97
Şekil 3.7	Mesleki Gelişim Eğitimleri Sürecinde Gerçekleştirilen Sanal Toplantılar98	
Şekil 3.8	Mesleki Öğrenen Topluluğunda Öğretmenlerin Sınıf Uygulamaları Hakkında Dayanışmaları	100
Şekil 3.9	Mesleki Öğrenen Topluluğu'nda Öğretmenlerin Birebir veya Grup Olarak Mesajlaşabilecekleri Bir Platform	100
Şekil 4.1	Nihai Küme Merkezleri.....	108
Şekil 4.2	Öğretmenlerin MEPABT ve MÖÖÖ'den Elde Ettikleri Gelişim Kazançlarının Dağılım Grafiği	108
Şekil 4.3	Bahar Öğretmenin Mühendislik Entegrasyonlu Etkinliklerin Uygulanmasında Karşılan Zorluklarla Başa Çıkmaya Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları.....	115
Şekil 4.4	Bahar Öğretmenin Kazanımlara İlişkin Ders Materyallerini Hazırlamaya, Öğrenme Ürünlerine ve Ölçme-Değerlendirmeye Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları	116

Şekil 4.5	İnci Öğretmenin Öğrenme Ürünlerine Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları.....	123
Şekil 4.6	Ümit Öğretmenin Öğrenme Ürünlerine Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları	132
Şekil 4.7	Ümit Öğretmenin Ders Materyallerini Hazırlamaya Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları	132
Şekil 4.8	Ümit Öğretmenin Ölçme-Değerlendirmeye Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları	133

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Yıllara Göre ABD'nin STEM Eğitimindeki Kilit Gelişmeleri	16
Çizelge 2.2	Mühendislik, Fen ve Teknoloji Uygulamalarında Ana Fikirler ve Bileşenleri.....	21
Çizelge 2.3	Bazı Araştırmacılara Göre Etkili Mesleki Gelişimin Özellikleri.....	26
Çizelge 2.4	Bütünleştirici ve Dönüşümcü Öğretmen Bilgisi Modellerine Genel Bakış.....	43
Çizelge 2.5	Ortaokul Düzeyinde Önerilen Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi	47
Çizelge 2.6	Farklı Kavramlaştırmalarından PAB Bileşenleri	55
Çizelge 2.7	Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği	59
Çizelge 3.1	Araştırmanın Deneysel Desen Gösterimi.....	70
Çizelge 3.2	Veri Toplama Araçlarının Araştırmanın Alt Problemleri, Yöntemi ve Veri Analizleriyle İlişkilendirilmesi.....	73
Çizelge 3.3	Mühendislik Öğretimine Yönelik Yönelimler ve Amaçlar.....	78
Çizelge 3.4	MEPABT'nin Bazı Maddelerinde Yapılan Düzenlemelerin Karşılaştırılması.....	81
Çizelge 3.5	MEPABT'nin Birinci Sorusuna İlişkin Performans Açıklamalarının Karşılaştırılması.....	83
Çizelge 3.6	MEPABT'nin Değerlendiriciler Arası Uyum Analizi Sonucu	84
Çizelge 3.7	MÖÖÖ'ye İlişkin Güvenirlik Analizi Sonuçları.....	85
Çizelge 3.8	Modele İlişkin Uyum İndeks Sonuçları	85
Çizelge 3.9	MEDL İlk ve Son Halindeki Bazı Kategorilerinin Karşılaştırılması....	86
Çizelge 3.10	Çevrim İçi K-12 Mühendislik Eğitimi Odaklı Mesleki Gelişim Programının Pilot Uygulaması	88
Çizelge 3.11	K-12 Mühendislik Eğitimi Odaklı Çevrim İçi Mesleki Gelişim Programı Süreci ve İçerikleri.....	92
Çizelge 4.1	Betimleyici Analiz Sonuçları	105
Çizelge 4.2	Normallik Testi Sonuçları	106
Çizelge 4.3	MEPABT'ye İlişkin Bağımlı Gruplar T Testi.....	106
Çizelge 4.4	MÖÖÖ'ye İlişkin Bağımlı Gruplar T Testi.....	107
Çizelge 4.5	Kümeler Arası ANOVA İstatistiği.....	107
Çizelge 4.6	Ümit Öğretmenin Ders Planında Belirttiği Dereceli Puanlama Aracı	130

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

%	: Yüzde
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Akt.	: Aktaran
ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
Çev.	: Çeviren
d	: Etki Büyüklüğü
Ed.	: Editör
F	: F Değeri
ITEEA	: International Technology and Engineering Educators Association (Uluslararası Teknoloji ve Mühendislik Eğitimcileri Birliği)
K-12	: 12 Yıllık Üniversite Öncesi Eğitim
Maks	: Maksimum
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
MEM	: Millî Eğitim Müdürlüğü
MEPAB	: Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi
MEPABT	: Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi
Min	: Minimum
MÖÖ	: Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliği
MÖÖÖ	: Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği
MPAB	: Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi
n	: Örneklemdeki Kişi Sayısı
NAE	: The National Academy of Engineering (Ulusal Mühendislik Akademisi)
NAGB	: National Assessment Governing Board (Ulusal Değerlendirme Yönetim Kurulu)
NASEM	: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri)
NGSS	: Next Generation Science Standards (Yeni Nesil Fen Standartları)
NRC	: National Research Council (Ulusal Araştırma Kurulu)
p	: Anlamlılık Düzeyi
PAB	: Pedagojik Alan Bilgisi
pp.	: Page (Sayfa)
s.	: Sayfa
sd	: Serbestlik Derecesi
SPSS	: Statistical Program for the Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatiksel Paket Programı)
SS	: Standart Sapma
STEM	: Science, Technology, Engineering and Mathematics (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik)
t	: T değeri
vb.	: Ve benzeri
ve ark.	: Ve arkadaşları
\bar{X}	: Aritmetik Ortalama
Z	: Z Değeri

EKLER LİSTESİ

Sayfa

EK 1: Etik kurul izni	158
EK 2: Meb uygulama izni	159
EK 3: Mühendislik entegrasyonlu pedagojik alan bilgisi testinin ilk hali	160
EK 4: Mühendislik entegrasyonlu pedagojik alan bilgisi testinin nihai hali	161
EK 5: Mühendislik öğretimi öz-yeterlik ölçeği	162
EK 6: Mühendislik entegrasyonlu ders planı'nın ilk hali	163
EK 7: Mühendislik entegrasyonlu ders planı'nın nihai hali	164
EK 8: MEPAB analitik dereceli puanlama aracı'nın ilk hali	165
EK 9: MEPAB analitik dereceli puanlama aracı'nın nihai hali	175
EK 10: Modül 1.1. neden k-12'de mühendislik öğretmelisiniz?	185
EK 11: Modül 1.2. mühendislik eğitiminin önem ve gerekliliği	186
EK 12: Modül 1.3. mühendislik disiplini, doğası, kavramları ve becerileri	193
EK 13: Modül 1.4. mühendislik meslekleri	219
EK 14: Modül 1.5. nitelikli k-12 mühendislik eğitimi çerçevesi	230
EK 15: Modül 1.6. mühendislik tasarım süreci	233
EK 16: Modül 1.7. mühendislik eğitimi örnek ders planları	238
EK 17: Modül 2.1. fen ve mühendisliğin ilişkisi	275
EK 18: Modül 2.2. fen eğitiminde mühendislik entegrasyonu	283
EK 19: Modül 2.3. ABD'nin ulusal ve çeşitli eyaletlerinin mühendislik standartları	292
EK 20: Modül 2.4. bağlam temelli mühendislik eğitimi	299
EK 21: Modül 2.5. mühendislik öğretim stratejileri	311
EK 22: Modül 2.6. mühendislik eğitiminde ölçme ve değerlendirme	318
EK 23: Modül 2.7. mühendislik entegrasyonunda kullanılan dijital araçlar	336
EK 24: Modül 3.1. Energy3D programının tanıtımı ve örnek etkinlik	356
EK 25: Mühendislik öğretimi öz-yeterlik ölçeğini Türkçe'ye uyarlama izni	368

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz ve dijitalleşme ile ilişkilendirilerek ifade edilen Endüstri 4.0 kavramı; siber fizik sistemler, bulut bilişim, yapay zekâ ve diğer yenilikçi teknolojileri içeren, mevcut üretim sistemlerinin akıllı fabrikalara evrilmesini teşvik etme stratejisinin bir parçası olarak ilk kez Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı tarafından öne sürülmüştür. Alman ve diğer ekonomilerdeki yüksek kaliteli imalat sektörünün hemen hemen her yönü üzerinde büyük bir etkiye sahip olan Endüstri 4.0 devrimi, sadece üretim sistemleri ve fabrikalarla sınırlı değil, aynı zamanda bu dönüşümü yönlendiren insanlar için de bir gereksinimdir. Başka bir ifadeyle, yenilikçi teknolojilerin, sadece yeni teknolojilere yatırım yapmakla değil, aynı zamanda 21. yüzyıl becerilerine sahip bireylerin eğitimlerine yatırım yapmak önemlidir.

Bu önem doğrultusunda ABD Yeni Nesil Fen Standartları (Next Generation Science Standards-NGSS)'nda, mühendislik uygulamalarının K-12 fen müfredatına dahil edilmesini vurgulamıştır (NGSS Lead States, 2013). K-12 ortamlarında mühendislik, öğrencilerin matematik ve fen içeriğini anlamlı bir şekilde öğrenmeleri için bir köprü görevi görebilir (Moore ve ark., 2014), ayrıca STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) eğitiminin başarısındaki boşlukları kapatmaya ve daha güçlü analitik beceriler için ön koşulların oluşturulmasına yardımcı olabilir (Purzer ve Shelley, 2018). K-12 eğitiminde fen ve mühendisliği bütünleştirilme çalışmalarının geçmişi son 20 yıla dayanmaktadır (Purzer, 2017). Pek çok ülke eğitim programlarını 21. yüzyılın gereksinim duyduğu bireylerin yetiştirilmesini sağlamak üzere yeniden yapılandırmakta ve özellikle fen eğitiminde disiplinlerarası bütüncül bir yaklaşım benimseyen program içerikleri oluşturmaktadır (National Academy of Engineering ve National Research Council [NAE ve NRC], 2009; NAE, 2010). Bu bağlamda, Massachusetts 2001 yılında ülkedeki en güçlü teknoloji ve mühendislik standartlarını belirleyen ilk eyalettir ve birçok okulda standartları uygulamak için önemli ilerleme kaydetmiştir (NAE, 2010).

ABD ulusal ve eyalet düzeyinde (Oregon, Massachusetts, Texas ve Maine vb.) STEM eğitimini geliştirmek için, mevcut fen standartlarına mühendislik standartlarını dahil etme çabası göstermiştir (Moore ve ark., 2014). Örneğin Minnesota eyaleti, 2009

yılında ABD'nin K-12 fen eğitimi için yeni akademik standartlara mühendislik kavramları eklemiştir (Wang ve ark., 2011). Önemli mühendislik bileşenleri, ilk kez ABD'nin Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012)'nin "K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Çapraz Kavramlar ve Temel Fikirler" başlıklı ulusal fen standartları çerçevesinde yayınlanmıştır. K-12 eğitimi sırasında tüm öğrencilerin öğrenmesi gereken temel fen ve mühendislik uygulamalarını içermektedir. Güncel olarak ABD Yeni Nesil Fen Standartları'nda (NGSS) mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin standartları açıkça bünyesine dâhil etmiştir (NGSS Lead States, 2013).

Uluslararası Teknoloji ve Mühendislik Eğitimcileri Birliği (International Technology and Engineering Educators Association-ITEEA) de öğrencilerin teknoloji ve mühendislik okuryazarlığının geliştirilmesi için mühendislik bilgisi, uygulamaları ve becerilerini kapsayan standartlar öne sürmüştür. Böylece ITEEA (2020) K-12 mühendislik eğitimcilerini belirlenen standartlara dayalı olarak hazırlamaya teşvik etmektedir.

Öte yandan, Ülkemizin Millî Eğitim Bakanlığı (MEB, 2018a) Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda "Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları" bölümünün yer almasıyla, fen bilimlerinin mühendislikle bütünleştirilerek öğrencilerin problemlere disiplinlerarası bakış açısıyla bakmaları hedeflenmiştir. Özellikle programın alana özgü beceriler bölümüne "mühendislik ve tasarım becerileri" boyutu da eklenerek, fen öğretiminde mühendislik entegrasyonu önem ve gereklilik kazanmıştır.

Öğrencilerin mühendislik uygulamalarına ilişkin bilgi ve becerileri, öğretmenlerinin bu alandaki yeterlikleriyle doğrudan ilişkilidir. Mesleki gelişim, öğrenci ürünlerini olumlu yönde etkilemek için, öğretmenlerin uygulamalarını değiştirerek alan bilgilerini ve pedagojik becerilerini geliştirmeyi sağlayan destekleyici bir öğrenme olanağıdır (Supovitz ve Turner, 2000). Alanyazında, hizmet içi öğretmenlerinin mühendisliği sınıflarına entegre etmeleri için mesleki gelişim sağlama konusunda büyük bir hareket vardır. Yurt dışında yapılanlar incelendiğinde bunlardan birisi, ABD'nin ulusal çapta yaymayı amaçladığı "Mühendislik Temeldir (EiE)" programıdır. Boston Bilim Müzesi tarafından sunulan EiE mesleki gelişim çalışmaları, öğretmenlerin mühendislik kavramları, becerileri ve pedagoji anlayışlarını

geliştirmeye yardımcı olur (Diefes-Dux, 2014). Bir diğeri, ABD'nin Purdue Üniversitesi'nde 2006 yılında kurulan Üniversite Öncesi Mühendislik Eğitimi Enstitüsü (INSPIRE-The Institute for Pre-college Engineering Education) okul öncesinden K-12 öğrenimine kadar, mühendislik ve mühendislik düşüncesini entegre etmeyi amaçlamaktadır. INSPIRE bir haftalık yüz yüze çalışmaya ek olarak, çevrim içi mesleki gelişim programıyla mesleki öğrenen topluluklarına video konferanslarla geribildirim vermektedir ve bu yolla öğretmenlerin bireysel performansları desteklemektedir (Liu ve ark., 2009). Benzer şekilde, mühendislik entegrasyonunu ele alan STEM mesleki gelişim programının K-12 öğretmenlerine (Gunning, 2021), ortaöğretim öğretmenlerine (Custer ve Daugherty, 2009; Singer ve ark., 2016) ve sınıf öğretmenlerine (Ceran, 2021) yönelik düzenlendiği de görülmektedir.

Ulusal çapta alanyazın incelendiğinde, mühendislik eğitimi öğretmen mesleki gelişimi ile ilgili sadece Mesutoğlu (2017)'nin doktora tezi çalışmasına rastlanılmıştır. Mesutoğlu (2017) K-12 mühendislik eğitimi konusunda öğretmenlerin tutumlarını ve kavrayışlarını ölçmek ve izlemek için iki günlük çalıştay düzenlemiştir. Tasarım temelli yöntemin benimsendiği bu araştırma sonucunda, öğretmenlerin öğrenme ilerlemelerini üç farklı versiyonu ortaya koyulmuş ve öğrenme ilerlemeleri geliştirilmiştir.

ABD'nin Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine [NASEM], 2020) K-12 mühendislik öğretmenlerinin aşağıdakilere sahip olması gerektiğini öne sürmüştür:

- Mühendislik tasarımı ve mühendislik kariyerlerine göre okuryazar olması
- Mühendislik öğretimi ve öğreniminin fen ve/veya matematik öğretimi ve öğrenimine ne kadar benzediği ve bunlardan farklı olduğu gibi ilgili pedagojik alan bilgisini edinme; ve
- Problem çözme ve mühendislik tasarımının diğer konularda (örn. Fen, matematik, dil sanatları, okuma) öğretim standartlarını nasıl bağlama oturabileceklerini teşvik etme.

Kısaca, eğitimciler bir kavramı anladıklarında ve onu öğretirken kendilerini rahat hissettiklerinde öğrencilere en iyi şekilde öğretir (Cunningham ve ark., 2007). Dolayısıyla, öğretmenlerin mühendislik eğitimine ilişkin bilgi ve inançlarında olumlu

etki oluşturmak önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında öğretmenlerin öğretim inançlarının yanı sıra, mühendislik pedagojik alan bilgisi (PAB) mühendislik eğitiminde en kritik ihtiyaç duyulan araştırma alanlarından biri olarak tanımlanmaktadır (Martin ve Ritz, 2014).

1.1. Problem Durumu

Mühendislik 21. yy becerilerinin gelişimini desteklemede (NRC, 2010) ve fen başarısını artırmada önemli bir köprü görevi sağlayabilir. Ancak, K-12 fen derslerinde mühendislik uygulamalarının nasıl öğretilmesi gerektiği konusunda resmi bir anlama yoktur ve fen derslerinde mühendislik entegrasyonuna yönelik farklı yaklaşımlar vardır (Mathis ve ark., 2018).

Öğretmenlerin, öğretim uygulamalarında mühendisliği ve diğer disiplinleri etkili şekilde nasıl birleştireceğini bilmeleri gerekmektedir. Son yıllarda, öğretmenlik ve öğretmen eğitimi araştırmalarındaki dikkat gözlemlenebilir davranış ve öğretim becerilerinden öğretmenlerin bilgi ve inançlarına doğru kaymıştır (Van Driel ve ark., 1998). Öğretmenler, mühendislik problemlerinin tanımlanması ve sınırlandırılması, çözümlerin tasarlanması ve tasarımın optimize edilmesi gibi alan bilgilerinin ötesine geçmelerine yardımcı olan PAB'a sahip olmalıdırlar (Lau ve Multani, 2018).

Nitelikli öğretmenlerin sahip olması gereken mesleki bilgi türlerinin başında PAB yer almaktadır (Doğru, 2018). Öğretmen öğrenmelerinden bir diğer önemli alanı olan PAB, bir konu içindeki belirli kavramların nasıl öğretilmesi hakkındaki bilgidir. Mühendislik öğretimlerinde matematik ve fen bilimlerinden yararlanmayı hedefleyen eğitimcilerin, mühendislik tasarım entegrasyonu ile ilgili pedagojik alan bilgisine gereksinim duymaktadırlar (NASEM, 2020).

Webb (2015) mühendislik eğitime ilişkin mesleki gelişiminde, öğretmenlerin mühendislik alan bilgisi ve PAB'larının geliştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Benzer şekilde Reimers ve ark. (2015) da öğretmenlerin K-12 mühendislik eğitimi mesleki gelişimleriyle ilgili öne sürdüğü standartlarla, düzenlenen programın öğretmenlerin mühendislik pedagojik alan bilgisi geliştirmeye odaklanması gerektiğinin altını çizmiştir.

ABD'nin Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri (NASEM, 2020) yakın tarihli bir raporuna göre mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişim modellerinin az olması K-12 mühendislik eğitimini iyileştirmenin önünde bir engel olduğunu işaret etmektedir. Öncelikle bu alanda öğretmenlerin K-12 mühendislik eğitimine ilişkin pedagojik alan bilgilerine yönelik bir model geliştirilmesi gereklilik arz etmektedir.

Alanyazında mühendislik mesleki gelişiminin ayrı bir alan olarak ayırt edilmek yerine, üniversite öncesi fen eğitimi kapsamına alınabileceğini öne sürmektedir (Kouo ve ark., 2023; NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Ancak öğretmenler mühendislik uygulamalarını öğretmeye hazırlıksız hissetmektedirler (Sargianis ve ark., 2012). Öğretmenlerin bu konudaki mesleki bilgilerini geliştirmek amacıyla, son yirmi yılda çeşitli K-12 mühendislik odaklı mesleki gelişim programları uygulanmaktadır. Bu çalışmalar, bu hizmet içi eğitimlerinin öğretmenlerin mühendisliğe ilişkin mesleki bilgilerine olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır (Autenrieth ve ark., 2017; Duncan ve ark., 2011; Mesutoğlu ve Baran, 2021; Nugent ve ark., 2010; Utley ve ark., 2019; Yoon ve ark., 2013a, 2018).

Webb (2015) üniversite öncesi mühendislik eğitimi başarısına engel olan iki önemli sorundan bahsetmiştir. Bunlardan birisi, öğretmenlerinin kendilerini mühendislik öğretimi hazırlıkları konusunda algılarının zayıf olmasıyla birlikte alan bilgisi ve pedagojik becerilerinin eksikliğidir. Bir diğeri ise öğretmenlerin mühendisliği uygun şekilde öğretmeye ilişkin öz-yeterliklerinin zayıf olmasıdır. Ayrıca Webb, öğretmenlerin öz-yeterlik algılarını geliştirmek için mühendislik alan bilgisini ve MEPAB geliştirmek için ise mesleki gelişime ihtiyaç olduğunu da savunmaktadır.

Fen derslerinde mühendislik uygulamalarını entegre etmeye yönelik öğretmen öz-yeterliğini etkileyebilecek ilk engeller arasında PAB eksikliği yer almaktadır (Grant, 2020). Fen derslerinde mühendisliğin entegre edilmesine rağmen, öğretmenlerin öğrenim geçmişlerinde mühendisliğe ilişkin PAB eksikliğinden dolayı sınıflarda bir karmaşıklık oluşmaktadır. Hammack (2016) da birçok öğretmenin açık uçlu mühendislik tasarım problemlerini etkili şekilde kullanmadaki PAB'ları eksik olabileceğini ifade etmektedir. Öğrenci öğreniminin öğretmen bilgisine bağlı olduğu düşünüldüğünde (Loucks ve ark., 2003), öğrencilerin mühendislik eğitimindeki iyileştirilme çalışmaları için öncelikle öğretmenlerin mühendislikle ilgili mesleki

bilgilerinin yetkin düzeyde olmasına çalışılmalıdır. Bu eksikliği gidermek için, hizmet öncesi ve/veya içi öğretmenlere yönelik mühendislik entegrasyonuna ilişkin etkili mesleki gelişim çalışmalarının gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bununla birlikte, alan yazında PAB'a ilişkin teknoloji eğitiminde (De Miranda, 2018; De Vries, 2015; Gumbo ve Williams, 2014; Martin ve Ritz, 2014; Mishra ve Koehler, 2006; Mishra, 2019), STEM eğitiminde (Ceran, 2021; Güler-Nalbantoğlu, 2023, Lau ve Multani, 2018), matematik konularında (Alamri ve ark., 2018; Krauss ve ark., 2008; Manizade ve Mason, 2011) ve fen konularında (Kind, 2009; Köse, 2014; Abell, 2008; Gess-Newsome ve Lederman, 2002; Kind ve Chan, 2019; Loughran ve ark., 2012; Magnusson ve ark., 1999) olmak üzere çok sayıda araştırmalar olmasına rağmen, K-12 öğretmenlerinin mühendislik PAB'ına ilişkin sınırlı sayıda araştırma mevcuttur (Love ve Hughes, 2022). Mühendislik eğitiminde PAB'A ilişkin az sayıda çalışma olmasına karşın, K-12 mühendislik öğretiminden sorumlu mühendislik eğitimcilerinin kritik bir bilgi türü olmasıyla öncelikle kavramsal bir çerçevesinin geliştirilmesi ve bu alanda çalışılması önem arz etmektedir. Özellikle ülkemiz açısından bakılacak olursa, fen bilimleri (MEB, 2018a) ve teknoloji ve tasarım öğretim programlarında (MEB, 2018b) mühendislik öğretiminden sorumlu öğretmenlerin hizmet öncesinde mühendisliğe ilişkin PAB'larını geliştiren eğitimlerin (üniversite öncesi mühendislik eğitimi pedagojisi, uygulamalar, öğretim stratejiler, kavramlar vb. hakkında bilgi bilgilendirici) oldukça az olmalarından dolayı, fen bilimleri öğretmenlerine yönelik gerçekleştirilen mesleki gelişim çalışmalarının PAB gelişimi açısından önemli bir ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Öğretmenlerin mühendislik öğretimi davranışlarını etkileyen bir diğer etmen ise mühendislik öğretime ilişkin öz-yeterlikleridir. Mühendislik öğretim öz-yeterliği, öğretmenlerin yetiştirilmesinde önemli bir unsurdur (Hynes, 2009). Desimone (2009) de mesleki gelişim programı modelinde, Bandura (1977, 1982, 1986)'nın sosyo-bilişsel teorisi ile birleştirmiştir. Bu mesleki gelişim modelini oluşturan 6 temel özelliğe (alan bilgisi odaklı, aktif öğrenme, tutarlılık, süre ve toplu katılım) sahip mesleki gelişim programının, öğretmenlerin bilgi ve becerilerini artıracaklarını ve öğretim öz-yeterliğini değiştireceğini, bunlarında dolaylı olarak öğretmenin öğretim uygulamalarına etki edeceğini ve nihai olarak öğrenci öğrenmelerini geliştireceğini öne sürmektedir.

Sonuç olarak bu araştırma kapsamında geliştirilen K-12 mühendislik odaklı mesleki gelişim programının, öğretmenlerin mühendisliğe ilişkin PAB ve öz-yeterlikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi, öğretmenlerin mühendislik öğretim davranışlarını doğrudan etkileyen bu iki önemli bileşende yetkin düzeyde olmaları yolunda kritik bir ön-gereksinim olduğu görülmektedir. Tüm bu ihtiyaçlar göz önünde bulundurulduğunda araştırmada aşağıdaki problem cümlelerine yanıt aranmıştır:

1.1.1 Problem Cümlesi ve Alt Problemler

Mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin,

1. Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi (MEPABT) ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?
2. Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (MÖÖÖ) ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?
3. Uygulanan mesleki gelişim programı süresince gelişim düzeyleri farklı olan öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi ve mühendislik eğitimi öz-yeterlikleri nasıldır?

1.1.2 Hipotezler

1. Null Hipotezi (H_0): K-12 mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin, MEPABT ön-test ve son-test ortalama puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.
2. Null Hipotezi (H_0): K-12 mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin, MÖÖÖ ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

1.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

MEB (2018a) Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'na mühendislik, alana özgü becerilerden “mühendislik ve tasarım becerileri” ve “fen, mühendislik ve girişimcilik uygulamaları” ünitesiyle entegre edilmiştir. Bu değişimle hedeflenen, “öğrencilerin mühendislik ve fen arasındaki bağlantıyı kurmalarına, disiplinlerarası etkileşimi anlamalarına ve öğrendiklerini yaşantısal hâle getirerek dünya görüşü geliştirmelerine yardımcı olmaktır” (s. 10). Ancak bu entegrasyonun oldukça yeni

olması, özel alan yeterliklerinde yer almaması, öğrenim geçmişlerinde bu alanda yetiştirilmemesi gibi çeşitli sebeplerden kaynaklanan mühendislik pedagojik alan bilgisi eksikliği öğretmenlerin sınıflarında bir karmaşıklık oluşturmaktadır. Öğrenci ürünlerinde olumlu değişiklikler yapmak ve öğretmenlerin bu bilgi türünü geliştirmek için, öncelikle hizmet içi fen bilimleri öğretmenlerine yönelik etkili mühendislik eğitimi odaklı öğretmen mesleki gelişim çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Öğretmenlerin mühendislik öğretimine ilişkin PAB olarak tanımlanabilecek yeni bir bilgi türüne sahip olması gerekmiştir. Öğretmenlerin bu bilgi türünde geliştirilmeleri için öncelikle MEPAB'larının tespit edilmesi ve bunun için de MEPAB bileşenlere ait kavramsal çerçevesinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bunun için öncelikle alanyazında öğretmenlerin mühendislik pedagojik alan bilgisi ve etkili mühendislik entegrasyonu ile ilgili öne sürülen özelliklerin belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Bu araştırma kapsamında geliştirilen MEPAB çerçevesinin öğretmenlerin MEPAB'larının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi yolunda alan araştırmacılarına önemli bir fikir sunacağı umulmaktadır.

Yurt dışında yapılan çalışmalarda öğretmenlerin MEPAB'larına ilişkin yapılan sınırlı sayıda çalışmanın yer aldığı (Viiri, 2003; Hynes, 2007; Yu ve ark., 2012; Webb, 2015; Hammack, 2016), ülkemizde ise fen öğretmen adaylarının (Güler-Nalbantoğlu, 2023) ve sınıf öğretmenlerinin (Ceran, 2021) STEM PAB'ları incelenmesine rağmen öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu PAB'larını inceleyen çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca bu çerçevede geliştirilen ölçme araçlarının ve elde edilen sonuçların da gelecek hizmet öncesi veya hizmet içi öğretmen eğitimi çalışmalarına ışık tutacağına inanılmaktadır.

Benzer şekilde öğretmenlerin öz-yeterlik inançları sınıf uygulamalarını doğrudan etkileyebilen bir faktördür (Boriack, 2013). Alanyazında öğretmenlerin mühendislik eğitimi öz-yeterlik inançları inceleyen sınırlı sayıda çalışmanın yer aldığı (Vessel, 2011; Yoon ve ark., 2012, 2014; Marquis, 2015; Webb, 2015; Hammack, 2016; Ivey ve ark., 2016; Sibuma ve ark., 2018), ülkemizde ise mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişim programının öğretmenlerin mühendislik eğitimi öz-yeterliklerine etkisini inceleyen çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu araştırma kapsamında

mesleki gelişim programının uygulanmasıyla fen bilimleri öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterliklerinin (MÖÖ) gelişimine, böylece sınıf uygulamalarında öğretim davranışlarının olumlu anlamda değişmesine ve nitekim bu öğretmenlerin sınıflarında K-12 mühendislik eğitimi uygulamalarıyla öğrencilerinde etkili ve anlamlı öğrenmelerin gerçekleşmesine öncülük etmeleri hedeflenmektedir.

ABD’de mühendislik konusunda çeşitli öğretmen mesleki gelişim programlarının (The Infinity Project, EiE, INSPIRE gibi) bulunması ve alanyazında bu alana yapılan çalışmaların yer almasına rağmen (Liu ve ark., 2009; Daugherty, 2010; Boots, 2013; Guzey ve ark., 2014; Reimers ve ark., 2015; Webb, 2015), ülkemizde ise fen bilimleri öğretmenlerine yönelik K-12 mühendislik öğretimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim çalışmasına rastlanılmamıştır. Yapılacak bu çalışma ile çevrim içi öğretmen mesleki gelişim programının fen bilimleri öğretmenlerinin MEPAB ve fen eğitiminde mühendislik entegrasyonu öz-yeterliklerine etkisi ortaya koyularak, bu alanda yapılacak gelecek çalışmalarına fikir sunacağı umulmaktadır. Ayrıca kırsal veya kentsel alanda görev yapan tüm öğretmenlere ulaşabilme ve web sitesi ortamında öğretmenlerin uygulamalarını takip etme fırsatı sunma açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ülkemizde mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi öğretmen mesleki gelişim programının gerek içeriği gerekse kullanılan teknik açısından gelecek çalışmalara öncülük edeceği söylenebilir. Ayrıca, mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişimin öğretmenlerin MEPAB ve öz-yeterliklerine etkisine ilişkin elde edilecek sonuçların, gelecekte bu alanlarda düzenlenecek çalışmalarda araştırmacılara, uygulayıcılara, okul yöneticilerine ve politika yapıcılarına bilgi sunacağı umulmaktadır.

Geleneksel mesleki gelişim programları çalıştay aşamasını tamamladıktan sonra öğretmenlerin okullarında yaptıkları uygulamaları genellikle takip etmemektedir. Alanyazında çalıştay kapsamında mesleki gelişim eğitimi alan öğretmenlerin okullarında yaptıkları öğretim uygulamalarının takip edilmesi sonucu öğretmenlerin öğretim niteliğinin ve öz-yeterliğinin arttığını ortaya koyan çalışmalar yer almaktadır (Tschannen-Moran ve McMaster, 2009). Bu doğrultuda, Guskey ve Yoon (2009)’nın etkili mesleki gelişim programlarının sahip olması gereken özelliklerden olan “takip (follow-up)” aşamasının eğitime dahil edilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla mesleki gelişim programının modüler eğitim aşaması sonrasında, öğretmenlerin sınıf

uygulamalarına yönelik kendi aralarında ve uzmanlar arasında iş birliği ve iletişim kurmaları için çevrim içi öğrenen topluluğunun oluşturulması sağlanacaktır. Böylece gerek öğretmenlerin kendi sınıflarında karşılaştıkları güçlüklerin araştırmacılar tarafından takip edilmesi, gerekse öğretim uygulamalarının iyileştirilmesine yönelik fırsatlar sunulacaktır.

Tüm bu önem ve gerekliliklerden yola çıkarak, bu araştırmanın amacı üniversite öncesi mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programının fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi (MEPAB) ve mühendislik öğretimi öz-yeterliklerine (MÖÖ) etkisinin incelenmesi olarak belirlenmiştir.

1.3. Sayıtlar

1. Geliştirilen MEPAB çerçevesinin, testin ve dereceli puanlama aracının kapsam geçerliğinde alınan uzman görüşleri yeterlidir.
2. Ölçeğin ve testin uygulanmasında öğretmenler eşit düzeyde motive edilmiş, standart koşullar sağlanmıştır.
3. Öğretmenlerin ölçek maddelerine verdikleri yanıtlar, öz-yeterlik inançlarını yansıtmaktadır.
4. Bireysel ders planlarını geliştiren öğretmenlerin ifadeleri ve düşüncelerini yansıttıkları yazılar, kendi düşüncelerini yansıtmaktadır.

1.4. Sınırlılıklar

1. 2022-2023 eğitim öğretim yılı güz dönemi ile,
2. Katılımcı olarak Ordu ili geneli ortaokullarda görev yapan fen bilimleri öğretmenleri ile,
3. Nicel veri toplama aracı olarak test (MEPABT) ve ölçek (MÖÖÖ); nitel veri toplama aracı olarak ise ders planı ve düşünce yazısı ile,
4. Nicel veri toplama aracı olarak on açık uçlu sorudan oluşan MEPABT ve yirmi üç maddelik 6'lı likert tipi MÖÖÖ ile,
5. Nicel desende on dört ve nitel desende üç fen bilimleri öğretmeninden elde edilen verilerle sınırlıdır.

1.5. Tanımlar

Mühendislik: Belirli sınırlıklar altında kriterler tarafından tanımlanmış ihtiyaçları karşılamak için teknolojileri optimize etmek için bilimsel ilkelerin ve matematiksel akıl yürütmenin kullanılmasıdır (International Technology and Engineering Educators Association [ITEEA], 2020).

Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi: Öğretmenlerin sınıflarında mühendislik içeriğini anlaşılabilir ve öğretilebilir hale getirmek için öğretmenlerin gerçek sınıf yönergeleriyle yapılandıkları mühendislik öğretim yöntem ve stratejileridir (Sun ve Strobel, 2014).

Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliği: Bir öğretmenin öğrencilerin mühendislik öğrenmelerini olumlu yönde etkileyebilme becerisine olan kişisel inancıdır (Yoon ve ark. 2014).

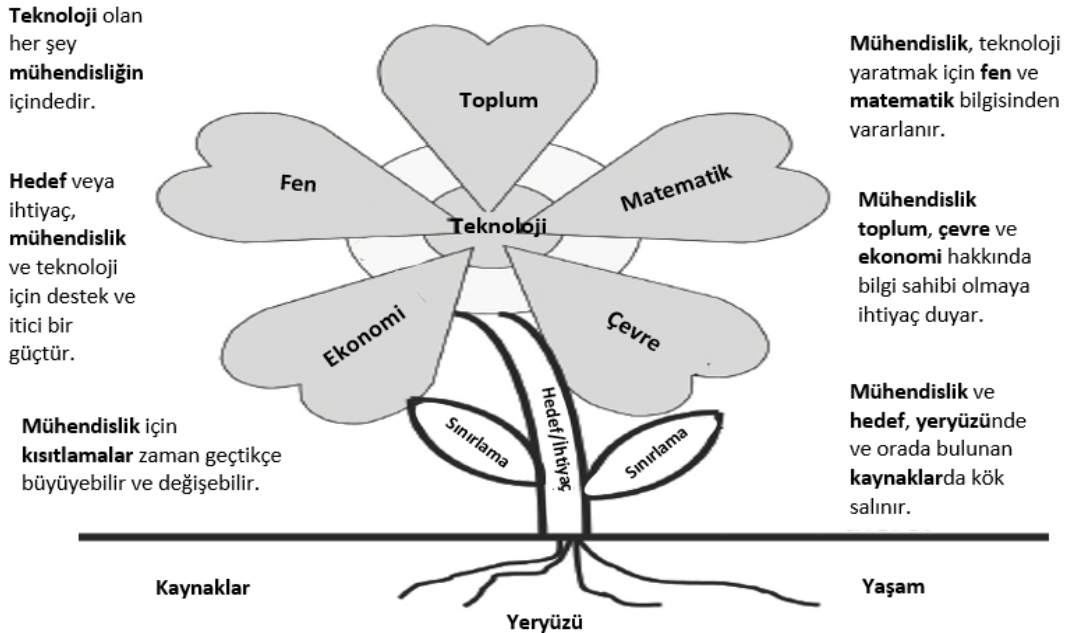
2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kavramsal Çerçeve

2.1.1 K-12 Mühendislik Eğitimi, Önemi ve Gerekliliği

K-12 Mühendislik eğitiminin faydalarını anlamak için öncelikle mühendisliğin kelime anlamının anlaşılması gerekmektedir. Mühendis kelimesi; tasarlamak veya icat etmek anlamına gelen Latin kökenli “ingeniare” kelimesinden türemiştir. “Ingeniare” kelimesi ise akıllı bir icat anlamına gelen Latince kökenli “ingenium” kelimesinden türetilmiştir. Kısaca mühendislik insan yapımı dünyayı tasarlama sürecidir (NAE ve NRC, 2009).

Mühendislik; hem insan yapımı ürünleri yaratmak ve tasarlamaya ilişkin bir bilgi bütünü hem de bir problem çözme sürecidir. Bu süreç belirli sınırlılıklar altına yapılan tasarımdır. Mühendislik tasarımdaki kısıtlamalardan birisi doğa yasaları veya fen iken; diğer sınırlılıklar arasında tamir edilebilirlik, üretilebilirlik, çevre düzenlemeleri, ergonomi, mevcut malzemeler, bütçe, zaman gibi şeyler sayılabilir. Mühendislik, fen ve matematikteki kavramları ve aynı zamanda teknolojik araçları kullanır (NAE ve NRC, 2009). Şekil 2.1’de mühendisliğin ilişkili olduğu kavramlarla ilişkisi bir benzetimle sunulmuştur.



Şekil 2.1 Mühendisliğin Bir Tanımı (Gemma Mann, Akt. Diefes-Dux, 2014)

K-12 Mühendislik Eğitimi Komitesi (NAE ve NRC, 2009), K-12 okullarında mühendislik eğitiminin dahil edilmesinin öğrencilere yararını beş alanda tanımlamıştır:

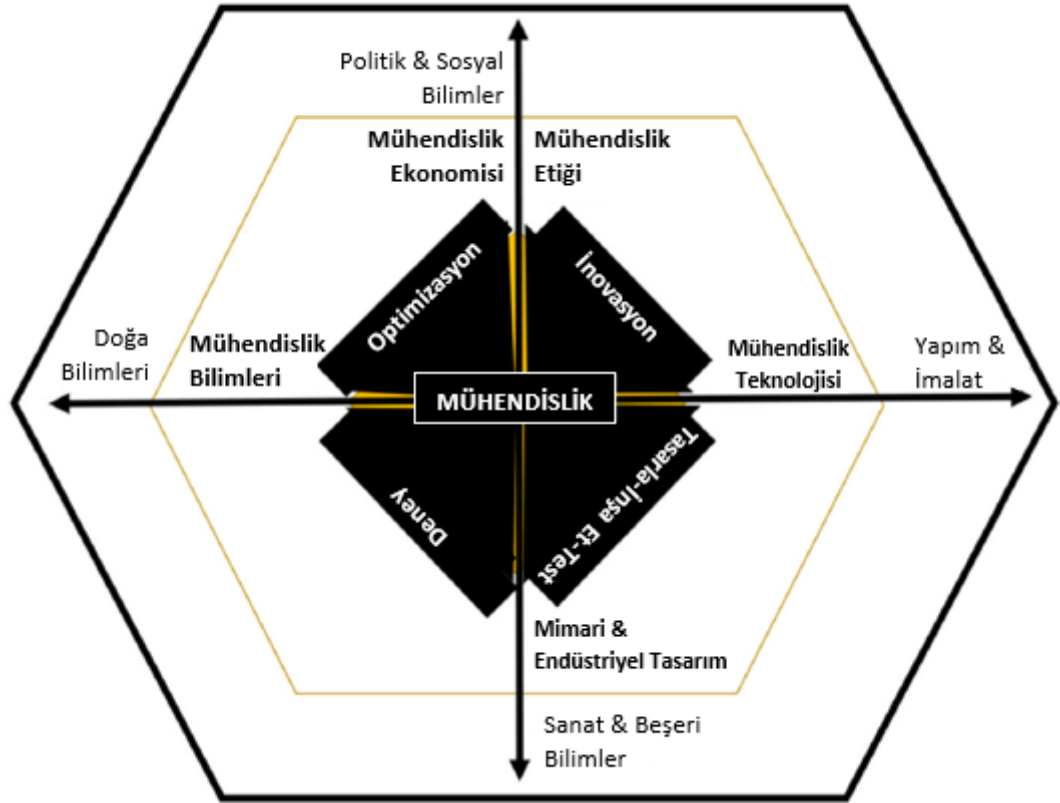
- Fen ve matematikteki başarı ve öğrenmelerini geliştirmek
- Mühendislik çalışmalarında ve bilincini artırmak
- Mühendislik tasarımı anlama ve dahil olma yeteneği
- Mühendisliği bir kariyer olarak takip etme ilgisi
- Teknolojik okuryazarlığı artırmak

Mühendislik insan yapımı dünyanın tasarlanma sürecidir. Süreç, genel olarak istek veya ihtiyaçların özellikleri ile başlar. Mühendisler kısıtlamaları belirler, sistem özelliklerini analiz eder ve çözümler geliştirmek için planlar geliştirir. Çözümler, bilgisayar çipleri veya köprüler gibi eserler olabileceği gibi, montaj hatları veya trafik kontrolü gibi gelişmiş süreçler de olabilir. Mühendislik süreçleri, genel olarak test etmeyi ve yeniden düzenlemeyi içeren tekrarlı bir süreçtir. Mühendisler değiştirilecek teknoloji alanı doğasını anlar, sistemsel düşünmeyi kullanır, mühendislik tasarım süreciyle çalışır ve sorunlu gidermeye çalışır (National Assessment Governing Board [NAGB], 2010).

Öğretmenler, sınıflarında değişiklikler yapma açısından kilit rol oynamaktadır. Bu açıdan bakıldığında, K-12 mühendislik uygulamalarını güçlendirmek ve artırmak için, hizmet içi öğretmenlerin mühendislik konusunda mesleki gelişimi gereklilik arz etmektedir. Öğretmenlerin, yapılan uygulamaya ilişkin yeterince güveni olmadıkça, kendi öğretim uygulamalarında yeniliği veya değişimi benimsemeleri muhtemel değildir. Bu yüzden öğretmenlerin mühendislik uygulamalarında güveninin güçlendirilmesi gerekmektedir (Lee ve Strobel, 2014).

Mühendisliğin, mühendislik problemlerini çözmek için bilimsel gözlem ve deneylerden delilleri kullanması ve bilimsel bilgiyi uygulaması gerekmektedir. Günlük yaşam mühendislik problemlerine hizmet etmede fen eğitiminin bu yönleri mühendislik eğitimiyle bütünleşmeye katkıda bulunmaktadır (Ganesh ve Schnittka, 2014).

Mühendislik doğası gereği disiplinlerarası ve çok yönlüdür; dolayısıyla tek bir mühendislik uygulaması türü yoktur (Purzer and Quintana-Cifuentes, 2019). Cajas (2001) mühendisliğin birden çok disiplinin kesişme noktasında gerçekleştiğini ve süreçlerinin ve teknolojik ürünlerinin toplum için önemli olduğunu ileri sürmüştür. Ek olarak mühendislik problemleri optimizasyon, deney ve yenilik için çeşitli süreçleri gerektirmektedir (Bkz. Şekil 2.2). Bazı mühendislik problemleri fen sorularına benzer (mühendislik bilimlerinde deney); bazı prototip ve test değerleri (tasarla-inşa et-test et); diğerleri analiz ve matematiğe (optimizasyon) daha fazla vurgu yapar ve geri kalanlar teknolojik, sosyal ve ekonomik faktörleri (yenilik) çerçeveleriyle daha karmaşıktır (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019).



Şekil 2.2 Mühendisliğin Teknik ve Sosyal Boyutları (Dixon, 1966'dan uyarlanmıştır) (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019)

Mühendislik, fen ve matematiğin yanı sıra sanat ve beşerî bilimlerle ilgili unsurları da taşır (Radcliffe, 2015). Mühendisliğin bütünleştirici doğasının bir yansıması, programın üçüncü ve dördüncü yıllarında, ortaöğretim sonrası birinci ve ikinci yıllarda fen ve matematikte temel bilgilerle ve mühendislik disiplinindeki

uzmanlıklarla başlayan tipik mühendislik lisans programında görülür (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019).

Mühendislik, fen ve matematiğin yanı sıra sanat ve beşerî bilimlerle ilgili unsurları da bünyesinde taşır (Radcliffe, 2015). Mühendisliğin bütünleştirici doğasının bir yansıması olarak, programın üçüncü ve dördüncü yıllarında, ortaöğretim sonrası birinci ve ikinci yıllarda fen ve matematikte temel bilgilerle ve mühendislik disiplinindeki uzmanlarla başlayan tipik mühendislik lisans programı gözlemlenir (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019).

ABD gün geçtikçe teknolojiye daha fazla bağımlı hale geldikçe, ülkenin fen teknolojisi, mühendislik ve matematik (STEM) alanlarında çalışanlara talebi artmıştır (International Technology Education Association, ITEA, 2007). Bu talepleri karşılamaya yardımcı olmak için, Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012), K-12 eğitimi sürecinde tüm öğrencilerin öğrenmesi gereken temel bilimsel ve mühendislik uygulamalarını belirledikleri K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Kesişen Kavramlar ve Temel Fikirleri yayımladı. NGSS, Çerçeve'de belirlenen uygulamalar temel alınarak geliştirilmiştir ve mühendislik uygulamalarının K-12 fen sınırlarına dahil edilmesini hedeflemektedir (NGSS Lead States, 2013).

STEM konuları geleneksel olarak K-12 okullarında ayrı ayrı öğretilse de yeni girişimler STEM öğretimine yönelik entegre yaklaşımlarına odaklanmaktadır (NRC, 2012, 2013). Örneğin yakın zamanda yayımlanan NGSS, fenin mühendislik ile açık bir şekilde bütünleştirilmesi ihtiyacını ele aldı. Fen bilimleri öğretmenlerinin bilimsel ve mühendislik uygulamalarını kullanarak kesişen kavramları ve ortak disiplinli feni öğretmenleri beklenir (NGSS Lead States, 2013).

Mühendisliğin K-12 matematik ve fen derslerine entegre edilmesinin öğrencilerin matematik ve fen bilimleri içeriğini öğrenmelerine fayda sağladığına dair kanıtlar mevcuttur (NAE ve NRC, 2009). K-12 eğitim ortamlarında mühendislik, öğrencilerin matematik ve fen içeriğini anlamlı bir şekilde öğrenmeleri için bir köprü görevi görebilir. Araştırmalar aynı zamanda, mühendisliğin K-12 matematik ve fen derslerine entegre edilmesinin öğrencilerin matematik ve fen bilimleri içeriğini öğrenmelerine fayda sağladığına dair kanıtlar sunmaktadır (NAE ve NRC, 2009).

Bu nedenle, mühendisliğe giden yolları artırma ihtiyacı ve STEM disiplinleri arasında köprü kurmanın öğrenciler için faydalı olduğuna dair kanıtlar göz önüne alındığında, öğrencilere mühendislik hakkında bilgi edinme ve örgün eğitimlerinde mühendislik tasarıma katılma fırsatlarının verilmesi zorunludur (Moore ve ark., 2014b).

K-12 öğretim programına mühendislik ekleme ihtiyacına ilişkin artan ulusal farkındalık ve bu eyaletler tarafından mühendislik ekleme ihtiyacına ilişkin artan ulusal farkındalık ve bu eyaletler tarafından yapılan çalışmalar nedeniyle, 2013 yılında yayınlanan NGSS, mühendislik ve mühendislik tasarımı da dahil edilmiştir (NGSS Lead States, 2013).

Minnesota, Oregon ve Massachusetts eyaletleri tarafından fen derslerine mühendisliğin entegrasyonu için yapılan çalışmalar ve K-12 öğretim programında mühendisliğin eklenmesine ihtiyaca yönelik ulusal bilincin büyümesinden dolayı, NGSS mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin standartları bünyesine dahil etmiştir (Moore ve ark., 2014b). ABD'nin STEM eğitimindeki önemli gelişmeler kronolojisi (Sneider ve Purzer, 2004) Çizelge 2.1'de sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Yıllara Göre ABD'nin STEM Eğitimindeki Kilit Gelişmeleri

1989	Okul Matematiği için Öğretim Programı ve Değerlendirme Standartları (<i>Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics</i>), tüm öğrenciler için “standartlar” öneren bir belgedir (NCTM, 1989).
1989	AAAS Tüm Amerikalılar için Bilim (<i>Science for All Americans</i>), tüm Amerikalıların 12. sınıftan mezun olana kadar bilim, teknoloji ve tasarlanmış dünya hakkında öğrenmesi gerekenleri açıklamaktadır (AAAS, 1989).
1992	NSTA Ortaöğretim Okul Feninin Bilimi, Sırası ve Düzeni (<i>Science, Sequence, and Coordination of Secondary School Science</i>), fen öğretim programının yeniden yapılandırılmasını önerir, böylece 6-12. sınıflarda her konu her yıl öğretilir (Aldridge, 1992).
1993	AAAS Fen Okuryazarlığı Kriterleri (<i>Benchmarks for Science Literacy</i>), Tüm Amerikalılar için Bilim sonuçlarını paylaşır ve ayrıca öğrencilerin 2, 5, 8. ve 12. sınıfın sonuna kadar öğrenmeleri gerekenlere ilişkin kriterler sağlar (AAAS, 1993).
1996	NRC Ulusal Fen Eğitimi Standartları (<i>National Science Education Standards</i>), tüm öğrencilerin 4, 8. ve 12. sınıfın sonuna kadar bilimde bilmesi ve yapabilmesi gerekenleri açıklar (NRC, 1996).
2000	ITEEA Ulusal Teknoloji Eğitimi Standartları (<i>National Technology Education Standards</i>), tüm öğrencilerin 2, 5, 8 ve 12. sınıfların sonuna kadar teknoloji hakkında ne öğrenmesi gerektiğini açıklar (ITEEA, 2000, 2007).

Çizelge 2.1 Yıllara Göre ABD'nin STEM Eğitimindeki Kilit Gelişmeleri (devamı)

2001	NSF, dört alanı (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) temsil etmek için STEM kısaltmasını tanıtmıştır.
2001	AAAS, kavramların sınıf düzeyleri boyunca nasıl geliştiğini gösteren Fen Okuryazarlığı Atlası Cilt I (<i>the Atlas of Science Literacy, Volume I</i>)'i yayınlamıştır (AAAS, 2001).
2002	NAE Teknik konuşma: Neden tüm Amerikalıların teknoloji hakkında daha fazla bilgi sahibi olması gerektiği (<i>Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology</i>) teknoloji eğitimi için zorlayıcı bir durum sunar ve uygulama için öneriler sunmaktadır (Pearson ve Young, 2002).
2005	NRC Büyüyen Fırtınanın Üzerinde Yükselme (<i>Rising Above the Gathering Storm</i>), ABD'deki öğrencilerin diğer ülkelerdeki öğrencileri nasıl yakalayabileceklerine yönelik bir eylem çağrısıdır. Daha fazla öğrencinin matematik ve fen bilimleri derslerini almasını önermektedir (NRC, 2005).
2006	NCTM Anaokulundan 8. Sınıfa Kadar Öğretim Programı Odak Noktaları: Tutarlılık Arayışı (<i>Curriculum Focal Points for Kindergarten Through Grade 8 Mathematics: A Quest for Coherence</i>) 8. sınıf da dâhil her sınıf düzeyinde öğrencilerin bilmesi ve yapması gerekenleri açıklamaktadır (NCTM, 2006).
2007	AAAS, Fen Okuryazarlığı Atlası Cilt II (<i>the Atlas of Science Literacy, Volume II</i>)'yi yayınlamıştır (AAAS, 2007).
2008	NAGB 2009 Ulusal Eğitim İlerlemesi Değerlendirmesi için Fen Çerçevesi (<i>Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress</i>), öğrencilerin teknoloji tasarım bağlamında bilimi nasıl uyguladıklarına dair ilk ulusal testtir (NAGB, 2008).
2009	NAE K-12 Eğitiminde Mühendislik (<i>Engineering in K-12 Education</i>), öğretim programı materyallerinin incelemeleri dâhil olmak üzere ABD'deki mevcut K-12 mühendislik eğitimini gözden geçirmektedir (NAE, 2010).
2010	NAGB 2014 Ulusal Eğitim İlerlemesini Değerlendirme için Teknoloji ve Mühendislik Okuryazarlığı Çerçevesi (<i>Technology and Engineering Literacy Framework for the 2014 National Assessment of Educational Progress</i>), teknoloji ve mühendislik okuryazarlığının ilk ulusal testidir (NAGB, 2010).
2012	NRC K-12 Fen Eğitimi İçin Bir Çerçeve (<i>A Framework for K-12 Science Education</i>), tüm öğrenciler için bir eğitim hedefi olarak mühendislik tasarımı bilimsel sorgulama ile aynı düzeye çıkarmaktadır (NRC, 2012).
2013	NGSS Yeni Nesil Fen Standartları (<i>Next Generation Science Standards</i>), önceki fen eğitimi standartlarının yerini almıştır (NGSS Lead States, 2013).

AAAS: *American Association for the Advancement of Science*,

ITEEA: *International Technology and Engineering Educators Association*,

NAE: *National Academy of Engineering*, NAGB: *National Assessment Governing Board*,

NCTM: *National Council of Teachers of Mathematics*, NRC: *National Research Council*,

NSTA: *The National Science Teachers Association*, NGSS: *Next Generation Science Standard*

Ülkemizde ise MEB 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Program'ında "Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları" bölümünün yer almasıyla, fen bilimlerinin mühendislikle bütünleştirilerek öğrencilerin problemlere disiplinlerarası bakış açısıyla

bakmaları hedeflenmiştir. Öte yandan, programın alana özgü beceriler bölümüne “mühendislik ve tasarım becerileri” boyutu da eklenerek, fen öğretiminde mühendislik entegrasyonu önem ve gereklilik kazanmıştır (MEB, 2018a).

2.1.2 Fen ve Mühendislik Eğitimi Arasındaki İlişki

Fen, Latin bir kelime olan ve bilgi anlamına gelen “scientia”dan türetilmiştir ve genellikle doğal dünyanın çalışması olarak tanımlanır. Bilim insanları çevremizdeki dünya hakkında sorular sorarken (dışarıda neler olduğu, işlerin nasıl yürüdüğü, gördüğümüz şeyleri açıklamak için kuralların neler olduğu), mühendisler insanların ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak için dünyayı değiştirmektedir. Bilimsel bilgi mühendislik tasarımını bilgilendirir, benzer şekilde mühendisler tarafından geliştirilen teknolojik araçlar da birçok bilimsel ilerleme mümkün kılar (NAE ve NRC, 2009).

Hem bilim insanları hem de mühendisler için bazı sorunlar nispeten açıktır; bununla birlikte zorlayıcı problemler, büyük miktarda yaratıcılık gerektiren belirsizlik seviyeleri ile karakterize edilir. Problemlere çözüm ararken her ikisi de beyin fırtınası, benzetme ile akıl yürütme, zihinsel modeller ve görsel temsiller gibi benzer bilişsel araçları kullanırlar. Her ikisi de (mühendislik tasarım ve bilimsel hipotez) ürünün test edilmesini ve değerlendirilmesini gerektirir (NAE ve NRC, 2009).

Mühendisler çalışmalarında, fen ve matematiği kullanırken, bilim insanları ve matematikçiler çalışmalarında mühendislik ürünlerini kullanırlar. Mühendisliğin her alanında ilgili fen bilgisinin anlaşılması, işi yapmak için bir ön koşuldur (Örneğin, kimya mühendisleri kimyayı, elektronik mühendisleri elektroniklerin çeşitli materyallerde nasıl davrandığını ve nükleer mühendisleri atom çekirdeğinin nasıl davrandığını anlamalı). Kısaca mühendislik, feni işe koşmak olarak düşünülebilir (NAE ve NRC, 2009).

Tüm Amerikalılar için Bilim (AAAS, 1989)'in yayınlanmasından bu yana geçen yaklaşık otuz yılda, K-12 mühendislik eğitimi ile ilgili standart girişimleri gerçekleşmektedir. Tüm Amerikalılar için Bilim (Science for All Americans[AAAS], 1989) temelli 1993 yılında AAAS, Bilimsel Okuryazarlık İçin Kriterleri (Benchmarks for Scientific Literacy)'ni ve 1996 yılında Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council [NRC], 1996) “Ulusal Fen Eğitimi Standartlarını” yayınlamıştır. Bu üç belge mühendislik ve teknoloji ile ilgili önerileri ve standartları içeren;

a) 1989 Yılında “Amerikan Bilimi Geliştirme Birliği (the American Association for the Advancement of Science-AAAS)” tarafından yayınlanan Tüm Amerikalılar için Bilim (Science for All Americans), b) 1993 yılında AAAS tarafından yayınlanan “Bilimsel Okuryazarlık İçin Kriterler (Benchmarks for Scientific Literacy)” ve c) 1996 yılında Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council) tarafından yayınlanan “Ulusal Fen Eğitimi Standartları” üç belge yayımlanmıştır. Daha sonra, 2000 yılında “Uluslararası Teknoloji Eğitimi Birliği (The International Technology Education Association-ITEA) tarafından “Teknoloji Okuryazarlık Standartları” yayımlanmış ve bu standartlarda özellikle mühendislik tasarım fikrine büyük önem vermiştir (NRC, 2010).

Mühendislik Standartları Komitesi, K-12 mühendislik eğitiminde olması gereken üç genel ilke öne sürmüştür: a) mühendislik tasarımı vurgulamalıdır, b) önemli ve gelişimsel olarak uygun matematik, fen ve teknolojik bilgi ve becerilerini bütünleştirmelidir ve c) mühendislik zihin alışkanlıklarını desteklemelidir (NAE ve NRC, 2009; NRC, 2010).

- İlke 1. K-12 mühendislik eğitimi, mühendislik tasarımı vurgulamalıdır.

Tasarım süreci, problemleri tanımlamak ve çözmek için mühendislik yaklaşımı, a) büyük ölçüde yinelemeli, b) bir problemin birçok olası çözümü olabileceği fikrine açıktır, c) fen, matematik ve teknolojik kavramları öğrenmek için anlamlı bir bağlamdır ve d) analiz, modelleme ve sistemsel düşünmeye bir teşviktir. Tüm bu açılardan bakıldığında, mühendislik tasarım potansiyel olarak yararlı bir pedagojik stratejidir.

- İlke 2. K-12 mühendislik eğitimi, önemli ve gelişimsel olarak uygun matematik, fen ve teknolojik bilgi ve becerilerini bütünleştirmelidir.

Bilimsel sorgulama yöntemlerinin kullanımına ek olarak belirli fen kavramları mühendislik tasarım etkinliklerini destekleyebilir. Benzer şekilde, bazı matematik kavramları ve hesaplamalı yöntemler özellikle analiz ve modellemeye hizmet etmede mühendislik tasarımı destekleyebilir. Teknoloji ve teknolojik kavramlar mühendislik tasarımın bir sonucu olarak gösterilebilir, “tersine mühendislik” etkinlikleri fırsatları sağlanabilir, sosyal, çevresel ve mühendislik tasarım kararlarına diğer etkileri açısından düşünmeye teşvik edilebilir. Termometreler ve osiloskoplar gibi test ve ölçüm teknolojileri, veri toplama ve yönetimi için yazılım, grafik hesap makinelerini ve

CAD/COM (bilgisayar destekli tasarım) programları gibi hesaplama ve görselleştirme araçları ve internet uygun olarak, özellikle ortaöğretim düzeyinde mühendislik tasarımı desteklemek için kullanılmalıdır.

Sistem odaklı düşünme, sistemleri bireysel alt sistem davranışlarından tahmin edilemeyen beklenmedik etkileri takdir etmek ve öğrencilerin teknolojik dünyada temel bağlantıları tanınmasını ve bunu takdir etmelerini sağlar.

Yaratıcılık, mühendislik tasarım sürecinin özünde vardır. İyimserlik (optimizasyon) her teknolojinin geliştirilebileceğini anlayışını ve her zorlukta hangi fırsatların ve olasılıkların bulunabileceğine dair bir dünya görüşünü yansıtır. Mühendislik bir “takım sporu”dur; iş birliği, bir tasarım görevine yönelik takım üyelerinin bakış açıları, bilgileri ve yeteneklerini birleştirerek kaldıraç görevi görür. İletişim, etkin iş birliği için, bir müşterinin ihtiyaçlarını ve özel isteklerinin anlaşılması için ve nihai tasarım çözümünü açıklamak ve doğrulamak için için temeldir. Etik düşünceler, mühendisliğin insanlar ve çevre üzerindeki etkilerine dikkati çeker; aynı zamanda teknolojinin istenmeyen sonuçları, belirli bireyler veya gruplar için bir teknolojinin orantısız olası avantaj veya dezavantajları ve diğer sorunları kapsar.

- İlke 3. K-12 mühendislik eğitimi, mühendislik zihin alışkanlıklarını desteklemelidir.

Çoğunun inandığı şeyle uyumlu olan mühendislik zihin alışkanlıkları, 21. yüzyıl vatandaşları için temel becerilerdir. Bunlar (1) sistemsel düşünme, (2) yaratıcılık, (3) optimizasyon, (4) iş birliği, (5) iletişim ve (6) etiği göz önünde bulundurma.

ABD'nin “Ulusal Mühendislik Akademisi (National Academy of Engineering-NAE)”, 2009 yılında öğretim materyalleri ve eğitim araştırmalarının gözden geçirilmesiyle K-12 teknoloji ve mühendislik eğitiminin durumu hakkında bir raporuyla (NRC, 2009) ve ayrı bir mühendislik standartları yaratma potansiyeli ve tavsiyesi üzerine bir raporuyla (NAE ve NRC, 2010) mühendislik eğitimi desteklemek için çalışmalarını sürdürmüştür (Sneider ve Purzer, 2014). Önemli mühendislik bileşenleri, ilk kez ABD'nin Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012)'nin “K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Çapraz Kavramlar ve Temel Fikirler” başlıklı ulusal fen standartları çerçevesinde yayınlanmıştır.

ABD ulusal ve eyalet düzeyinde (Oregon, Massachusetts ve Maine vb.) STEM eğitimini geliştirmek için, mevcut fen standartlarına mühendislik standartlarını dahil etme çabası göstermiştir (Moore ve ark., 2014b). Örneğin Minnesota eyaleti, 2009 yılında ABD'nin K-12 fen eğitimi için yeni akademik standartlara mühendislik kavramları ekledi (Wang ve ark., 2011). Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council [NRC], 2012), K-12 eğitimi sırasında tüm öğrencilerin öğrenmesi gereken temel fen ve mühendislik uygulamalarını, ardından NGSS mühendislik uygulamalarını K-12 fen sınıflarına entegre etme talebinde bulunmuştur. K-12 öğretimine mühendisliğin eklenmesi ihtiyacına ilişkin ulusal bilincin büyümesinden dolayı, NGSS mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin standartları bünyesine dahil etmiştir (Moore ve ark., 2014b).

Mühendislik ile ilgili öğrencilerin K-12 eğitimlerinin çeşitli aşamalarında ne yapmaları ve ne bilmeleri gerektiğiyle ilgili bir dizi performans beklentisi NGSS çerçevesinde belirtilmiştir (Sneider ve Purzer, 2014). NGSS'nin kavramsal olarak dayandırıldığı “K-12 Fen Eğitimi İçin Bir Çerçeve” iç içe geçmiş 3 boyuttan oluşur: (1) Fen ve Mühendislik Uygulamaları (Science and Engineering Practices), (2) Çapraz Kavramlar (Crosscutting Concepts), ve (3) Disiplinlere Özgü Temel Fikirler (Disciplinary Core Ideas) (NGSS Lead States, 2013). Akgündüz (2018)'e göre bu üç bileşenden fen ve mühendislik uygulamaları standartları öğrencilerin ne yapacağı, içerik standartları öğrencileri ne öğreneceği, ortak alanlar standartları ise öğrencilerin nasıl düşüneceği ile ilgilidir. Çizelge 2.2'de bu üç ana fikirler ve bileşenler sunulmuştur.

Çizelge 2.2 Mühendislik, Fen ve Teknoloji Uygulamalarında Ana Fikirler ve Bileşenleri (NGSS Lead States, 2013)

Disiplinlerarası Ana Fikir	Ana Fikir	Bileşen Fikir
Mühendislik, Teknoloji ve Fen Uygulamaları	ETS1: Mühendislik Tasarım	ETS1.A: Bir Mühendislik Problemini Tanımlamak ve Sınırlarını Belirlemek
		ETS1.B: Olası Çözümleri Geliştirmek
		ETS1.C: Tasarımın Çözümlerini Optimize Etmek (İyileştirmek)
	ETS2: Mühendislik, Teknoloji, Fen ve Toplum Arasında Bağlantılar	ETS2.A: Fen, Mühendislik ve Teknolojinin Karşılıklı Bağımlılığı
ETS2.B: Toplum ve Doğal Dünya Üzerine Mühendislik, Teknoloji ve Fenin Etkisi		

2.1.1.1 Fen Eğitiminde Mühendislik Entegrasyonu

Fen, mühendislik ve teknoloji arasındaki etkileşimi anlamak için, özellikle bu üç alanın kavramsal olarak farklılıklarının anlaşılması oldukça önemlidir (Fincher, 2016). “Fen”, genellikle geleneksel doğa bilimlerini (fizik kimya biyoloji) ve son zamanlarda yer, uzay ve çevre bilimlerini ifade eder. Çok geniş anlamda “mühendislik” terimi, belirli insan problemlerine çözümler üretmek için bir sistematik tasarım uygulamasına herhangi bir katılım anlamında kullanılır. Benzer şekilde, “teknoloji” terimi geniş anlamda tüm insan yapımı sistemler ve süreçleri içermesi anlamında kullanılır. Teknolojiler, mühendislerin insan ihtiyaç ve isteklerini karşılama yollarını tasarlamak için, insan davranışlarını ve doğal dünyayı anlamaya başvurdukları zaman teknoloji ortaya çıkar (NRC, 2012).

Öğretmenlerin mesleki gelişim uygulamalarını geliştirmek ve öğretmenlerin STEM eğitimini derslerinin tasarımı ve uygulaması sırasında nasıl entegre edebileceklerine dair (1) içerik entegrasyonu ve (2) bağlam entegrasyonu modeli olmak üzere iki farklı model kullanılmaktadır (Moore ve ark., 2014b; Roehrig ve ark., 2012). Roehrig ve ark. (2012)’e göre içerik entegrasyonu, birden fazla içerik alanlarından “Büyük Fikirler”in altını çizmek için içerik alanlarını tek bir müfredat etkinliği veya modülde birleştirmeye odaklanır. İçerik entegrasyonu modelini kullanan öğretmenin, her disiplinden içerik öğretmesine ve bu alanda bir problem çözmek için bu disiplinlerin nasıl gerekli olduğunun altını çizmesine izin verir. Bağlam entegrasyonu ise yalnızca bir disiplin içeriğine odaklanır ve içeriği daha anlamlı hale getirmek için diğer içerikleri kullanır.

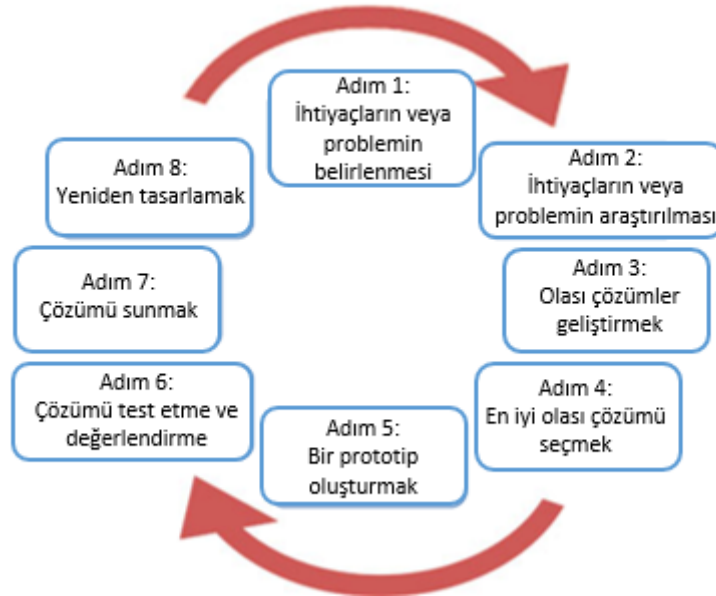
Birçok araştırmacı mühendislik eğitiminde odak olarak mühendislik tasarımı kullanarak fen konularının öğretiminin en iyi yaklaşım olduğunu önermektedir (Hynes, 2009; MDESE, 2016; MDE, 2019; NGSS Lead States, 2013; Pleasant, 2018; Vessel, 2011).

Mühendislik eğitimi, bir problem çözme yaklaşımı olan mühendislik tasarım sürecine odaklanır (NAE ve NRC, 2009). Mühendislik tasarım mühendislerin problemlere yenilikçi çözümler geliştirdiği bir süreçtir. Bu süreç problemi anlamayı, fikirler üretmeyi, çoklu kısıtlamalar altında bir fikir seçmeyi ve bir fikir geliştirmeyi içermektedir. NGSS mühendislik tasarımı üç aşamaya ayırmıştır: a) bir mühendislik

problemini tanımlamak ve problemi sınırlandırmak, b) olası çözümler belirlemek ve c) tasarlanan çözümü optimize etmek (NGSS Lead States, 2013).

Mühendislik tasarım olarak bilinen, yinelemeli, açık uçlu problem çözme yöntemi kullanılarak, öğrencilerin günlük yaşamda meydana gelen mühendislik problemi içinde yer olan fen/matematik içerik bilgisini öğrenmeleri amaçlanır (NRC, 2012).

Massachusetts 2001 yılında ülkedeki en güçlü teknoloji ve mühendislik standartlarını belirleyen eyalettir ve birçok okulda standartları uygulamak için önemli ilerleme kaydetmiştir (NRC, 2010).



Şekil 2.3 Massachusetts (MDE, 2006)'in Mühendislik Tasarım Süreci Modeli

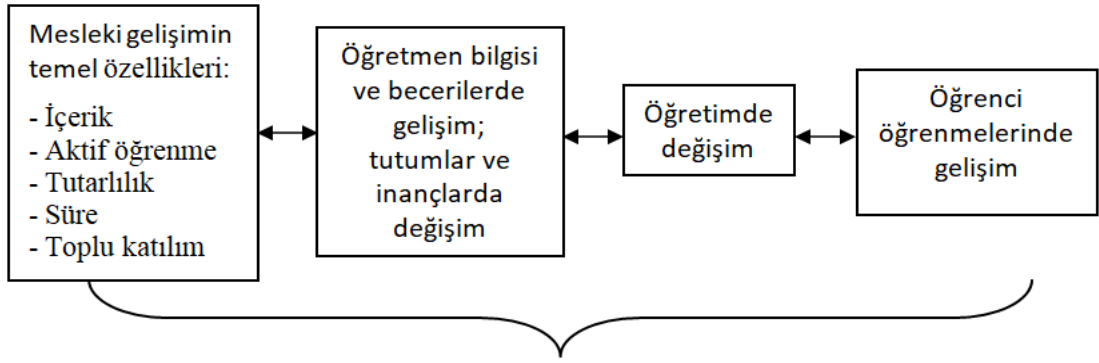
Mühendislik, problem çözmeyi ve proje tabanlı öğrenmeyi teşvik eder. Mühendislik tasarım süreci bir ihtiyaç veya bir problemle başlar ve problemi çözen veya ihtiyaçları karşılayan bir veya daha fazla çözüme ulaşmak için organize bir yol izlenir (Şekil 2.3). Mühendislik, günlük yaşamda ve her işte kullanılacak yaşam becerisi sağlar (Miaoulis, 2014).

2.1.3 Öğretmen Mesleki Gelişimi

Yüksek kaliteli mesleki gelişim, eğitimi geliştirmek için neredeyse her modern öneride merkezi bir unsurdur. Mesleki gelişim faaliyetleri sıklıkla öğretmenlerin tutumlarında, inançlarında ve algılarında değişiklik yaratmak için tasarlanmaktadır.

Öğretmenlerin tutum ve inançlarındaki bu gibi değişikliklerin sınıf içi davranışlarında ve uygulamalarında belirli değişikliklere yol açacağını ve bunun sonucunda da öğrencilerin daha iyi öğrenmelerini sağladığını varsaymaktadırlar (Guskey, 2002).

Mesleki gelişim, öğretmenlerin öğrenci sonuçlarını geliştirmek için öğretmen uygulamalarını değiştirmek amacıyla alan bilgilerini ve pedagojik becerilerini geliştirmeleri için destekleyici bir öğrenme fırsatıdır (Supovitz ve Turner, 2000). Mesleki gelişimin amacı nihai hedef olarak öğrenci ürünlerinde değişiklikler amacıyla öğretmenlerin inançlarında, becerilerinde ve sınıf uygulamalarında değişiklikler olmasını sağlamaktır (Lee ve Strobel, 2014).



Bağlam (Politik çevre, okul yöneticiliği, müfredat, öğretmen ve öğrenci özellikleri)

Şekil 2.4 Desimone (2009)'nun Öğretmenler ve Öğrenciler Üzerine Mesleki Gelişimin Etkilerini Çalışmak için Kavramsal Çerçevesi

Desimone (2009) mesleki gelişim programı modelini Bandura (1977, 1982, 1986)'nın sosyo-bilişsel teorisi ile ilişkilendirmiştir (Şekil 2.4). Bu mesleki gelişim modelini oluşturan 6 temel özelliğe (alan bilgisi odaklı, aktif öğrenme, tutarlılık, süre ve toplu katılım) sahip mesleki gelişim programının, öğretmenlerin bilgi ve becerilerini artıracak ve öğretim öz-yeterliğini değiştireceğini, bunlarında dolaylı olarak öğretmenin öğretim uygulamalarına etki edeceğini ve nihai olarak öğrenci öğrenmelerini geliştireceğini öne sürmektedir.

Bazı araştırmalar (Desimone ve ark., 2002; Garet ve ark., 2001; Penuel ve ark. 2007; Scher ve O'Reilly, 2009), öğretmenlerin inanç ve sınıf uygulamalarında değişikliklere neden olabilen mesleki gelişim özelliklerini önermektedir. Buna ek olarak, öğretmen öğrenimini iyileştirdiği gösterilen uzun vadeli destek ve takip özelliklerine sahip mesleki gelişim programları azdır ve mühendislik

öğretiminden sorumlu K-12 öğretmenleri için bu eğitimlere ihtiyaç duyulmaktadır (Crawford ve ark., 2021).

Guskey (2002)'e göre ise öğretmenlere yönelik mesleki gelişim programları, onların sınıf uygulamalarında, tutum ve inançlarında ve öğrencilerin öğrenme çıktılarında değişiklik sağlamaya yönelik sistematik çabalardır.

Mesleki gelişim faaliyetleri sıklıkla öğretmenlerin tutumlarında, inançlarında ve algılarında değişiklik yaratmak için tasarlanmaktadır. Öğretmenlerin tutum ve inançlarındaki bu gibi değişikliklerin sınıf içi davranışlarında ve uygulamalarında belirli değişikliklere yol açacağını ve bunun sonucunda da öğrencilerin daha iyi öğrenmelerini sağladığını varsaymaktadırlar (Guskey, 2002).

Guskey (2002), mesleki gelişim programlarının üç büyük hedefi öğretmenlerin sınıf uygulamalarını, inanç ve tutumlarını ve öğrencilerin öğrenme ürünlerini değiştirdiğini savunmaktadır.



Şekil 2.5 Guskey (2002)'nin Öğretmen Değişim Modeli

Guskey (2002)'in modeline göre, öğretmenlerin tutum ve inançlarındaki önemli değişiklik öncelikle öğrenci öğrenmelerindeki gelişmelere dair kanıt elde ettikten sonra ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.5). Bununla birlikte, modelin belirttiği gibi öğretmenlerdeki bu değişiklik, öğrenci öğrenmelerinde gerçekleşen olumlu etkinin öğretmen tarafından gözlemlenmesi, devamında da programın sürekli takibi ve gereken desteğin sağlanması başlangıçta verilen eğitimden nispeten önemlidir (Guskey, 2002).

Çizelge 2.3'te bazı araştırmacıların etkili öğretmen mesleki gelişiminde olması gereken bazı temel özellikler sunulmuştur.

Çizelge 2.3 Bazı Araştırmacılara Göre Etkili Mesleki Gelişimin Özellikleri

Çalışmalar	İçerik	Süre	Toplu Katılım	Aktif Öğrenme	Tutarlılık
Garet ve ark. (2001)	X	X	X	X	X
Desimone ve ark. (2002)	X		X	X	X
Penuel ve ark. (2007)	X		X	X	X
Desimone (2009)	X	X	X	X	X
Visser ve ark. (2010)		X	X	X	X
Darling-Hammond ve McLaughlin (2011)	X	X	X	X	X
Hutchison (2012)	X	X	X	X	

X: Bahsedilen özellik

Mundry (2007), K-12 fen öğretmenlerine yönelik etkili hizmet içi mesleki gelişim programlarının aşağıdaki ortak özelliklere sahip olması gerektiğini ifade etmiştir:

- Öğrenci öğrenmesi için açık ve zorlayıcı hedefler
- Yeterli zaman, takip ve süreklilik,
- Yerel politikayla tutarlılık, öğretmenlerin hedefleri ve eyalet standartları
- Aktif, araştırma tabanlı öğrenme
- İş birlikli bir mesleki kültürü desteklemek için uygulamaya dair eleştirel yansıtma
- Mesleki gelişimden kaynaklanan öğretmen ve öğrenci kazanımlarının değerlendirilmesi

Visser ve ark. (2010) da mesleki gelişimin sahip olması gereken temel özelliklerini şu şekilde yorumlamıştır:

- Öğretmenler bilgilerini geliştirmelidir. Öğretmenlere, yeni bilgiler ve beceriler kazanmaları için birçok fırsat sunulmalıdır.
- Öğretmenler meslektaşlarıyla iş birliği yapmalıdır. Öğretmenlere öncelikle meslektaşlarıyla deneyimlerini tartışmak ve fikir alışverişinde bulunmaları için fırsatlar verilmelidir.

- Mesleki gelişim programının sonucu, iş birlikçi etkinliklere farklı okullardan gelen öğretmenlerin katıldığı iyi organize edilmiş bir mesleki iletişim ağı olmalıdır.
- Modül öğrenciler için uygun ve ilgi çekici hale getirilmelidir.
- Öğretmenler iyi şekilde derslerini hazırlamalı ve organize etmelidir. Mesleki gelişim programında, öğretim ve öğrenme güçlükleri tartışılabilir ve iyi uygulamalara çevrilebilir.

Öğretmenler gördüklerini paylaşarak, meslektaşlarıyla iş birliği yaparak, öğrencilere ve çalışmalarına yakından bakarak, tıpkı öğrencileri gibi yaparak, okuyarak ve yansıtarak öğrenirler (Darling-Hammond ve McLaughlin, 2011). Darling-Hammond ve McLaughlin (2011)'e göre etkili mesleki gelişim programının özellikleri şunlardır:

- Öğretmenleri, öğrenme ve gelişim süreçlerini açıklığa kavuşturan somut öğretim, değerlendirme, gözlem ve yansıtma görevlerine katılımını sağlamalıdır.
- Katılımcı odaklı araştırma, yansıtma ve deneylere dayanmalıdır.
- Eğitimciler arasında bir bilgi paylaşımını ve bireysellikten ziyade öğretmenlerin uygulama topluluklarına odaklanmayı içerecek şekilde işbirlikçi olmalıdır.
- Öğretmenlerin öğrencileriyle olan çalışmalarından türetilmeli ve bağlantılı olmalıdır.
- Belirli uygulama problemlerini toplu çözerek, modelleme, koçlukla desteklenerek yoğun, sürekli ve sürdürülebilir olmalıdır.
- Okul değişiminin diğer yönleriyle bağlantılı olmalıdır.

Hutchison (2012) da araştırması sonucunda, öğretmenlerin mesleki gelişimlerini etkili şekilde katkı sağlayan dört faktörün şunlardır: a) süre; öğrenme, deneyim ve uygulamaları için, dersi planlamak için, mesleki gelişimin takip uygulamaları için daha fazla zaman, b) erişim; oturumlar sırasında uygulamalı pratik için ve mesleki gelişim oturumundan sonra ekipmana, entegrasyon modellerine,

danışmanlara, etkileşimli videolara erişim, çevrim içi kaynaklara erişim, (c) bilgi; içerik alanlarına özgü müfredatlar, müfredat standartları, bilgi içerikli sunumlar, modeller, ileri eğitim olanakları, d) destek; öğrenmeyi desteklemek için küçük gruplar, sürekli koçluk, bireysel yardım aracılığıyla sunulan içerik, tutarlı destek, mesleki gelişim sırasında öğrenilen yaklaşımlarla uygulamadan sonra ortaya çıkan sorulara ve endişelere cevap verme, rehberli uygulama. Hutchison (2002) tarafından öne sürülen bu dört faktör sırasıyla Garet ve ark. (2001)'nin öne sürdüğü “süre”, “aktif katılım”, “içerik” ve “topluluk katılım” faktörleri ile benzerdir.

Guskey (2003) etkili mesleki gelişimin özelliklerini ana özelliklerini belirlemek için çeşitli araştırma ve politika organizasyonları tarafından yayımlanan on üç dokümanı incelemiştir. Guskey (2003) bu dokümanlarda etkili mesleki gelişim sahip olması gereken özelliklerden en sık beş özelliğin tanımlandığı sonucuna varmıştır: a) öğretmenlerin alan ve pedagojik bilgilerinin geliştirilmesi, b) etkili mesleki gelişim için gerekli olan yeterli zaman ve diğer kaynakların sağlanması, c) ortaklık ve iş birlikçi değişimin teşvik edilmesi, d) mesleki gelişim deneyimlerini değerlendirme prosedürlerini içermesi ve e) mesleki gelişimin okul veya sahaya dayalı olması gerektiğidir.

Garet ve ark. (2001) çalışmalarında, matematik ve fen bilimleri öğretmen öğrenmeleri üzerine mesleki gelişiminin farklı özelliklerinin karşılaştırmayı amaçlamıştır. Garet ve ark. (2001) “Öğretmen Etkinliği Anketi” ile elde ettiği veriler sonucunda ABD'nin ulusal Eisenhower mesleki gelişim programının öğretmenlerin bilgi, beceri ve sınıf uygulamalarına olumlu etkisinin olduğunu gösteren temel özelliklerinin; a) içerik bilgisine odaklanmak, b) aktif öğrenme için fırsatlar ve (c) diğer öğrenme aktiviteleriyle tutarlılık; yapısal özelliklerinin ise a) etkinliğin şekli (çalıştay ve çalışma grubu), b) aynı okul, sınıf düzeyi veya konudan öğretmenlerin toplu katılımı ve c) etkinliğin süresi olduğu sonucuna varmıştır.

Guskey ve Yoon (2009) birçok çalışmayı inceledikten sonra etkili mesleki gelişim programının özelliklerine ilişkin şu sonuçlara ulaşmışlardır:

Çalıştay: Özgün takip ve sürekli desteğin sunulmadığı tek seferlik yapılan çoğu çalıştaylar, para ve zaman israfı olarak görülür. Ancak, çalıştay veya yaz enstitüleri içeren çalışmalar, öğretmenlerin mesleki gelişimleri ile öğrenci öğrenmelerindeki

gelişimler arasında olumlu bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Bu çalıştaylar araştırma tabanlı öğretim uygulamalarına, katılımcıların aktif öğrenme deneyimlerini içeren ve uygulamalarını sınıflarındaki özgün koşullara uyarlamak için öğretmenlere fırsatlar sunmaya odaklanmıştır.

Uzmanlar: Öğrencilerin öğrenmesinde gelişmeler getiren mesleki gelişim çabaları temel olarak dış uzmanların katılımıyla kazanılan fikirlere odaklanmaktadır. Bu bireyler ya program yazarları ya da fikirleri doğrudan öğretmenlere sunan ve daha sonra uygulamayı kolaylaştırmaya yardımcı olan araştırmacılarıdır.

Süre: Zamanın başarısı için çok önemli bir faktör olduğu bulundu. Temas saatlerinin sayısı, araştırmaya bağlı olarak beş ila yüz saat arasında geniş çapta değişirken; olumlu etkiler gösteren girişimlerin ise otuz veya daha fazla temas saatini içerdiği saptanmıştır (Guskey ve Yoon, 2009). Guskey ve Yoon (2009), öğretmenlerle en az 30 saat temas içeren mesleki gelişim programlarının öğrenci öğrenmesini olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca, etkili mesleki gelişim için Garet ve ark. (2001) sürenin önemli bir özellik Desimone ve ark. (2002) ve Penuel ve ark (2007)'nin çalışmaları sonucu, sürenin öğretmenlerin sınıf uygulamalarını etkileyen bir özellik olmadığını ifade etmiştir.

Etkinlikler: Her durumda mesleki gelişim faaliyetinin yapısal özellikleri; ilgili alan, işin niteliği ve bu işin gerçekleştiği bağlam tarafından belirlendi. En etkili mesleki gelişimin, bu çeşitli uygulamaların belirli bir içeriğe, sürece ve bağlama dikkatlice uyarlanarak sağlandığını ortaya koymaktadır.

Takip: Uzunca zamandır mesleki gelişim uzmanları takip faaliyetlerinin önemini vurguladılar. Tüm seviyelerdeki eğitimciler, yeni müfredat ve yeni öğretim uygulamalarını kendi sınıf koşullarına uyarlamada zorluk çekmektedirler. Neredeyse öğrenci öğrenmesinde olumlu gelişmeler gösteren çalışmaların tümü, temel mesleki gelişim faaliyetlerinden sonra önemli miktarda yapılandırılmış ve sürekli takip aşaması içerdiğini ortaya koymaktadır.

İçerik: Son yıllarda eşit derecede tartışılan, mesleki gelişim içeriğinin öğrenci öğreniminde gelişmelere yol açması en muhtemel olanıdır. Analiz bu yönüyle ilgili önemli tutarlılık kaydetti. Dokuz çalışma, konuyla ilgili belirli alan veya pedagojik uygulamalara odaklanmıştır. Buna ek olarak, çoğu da öğrencilerin nasıl öğrendiklerini

haklı göstererek bu içeriğin ve bu pedagojik uygulamaların uygulanmasında öğretmen takdirine vurgu yaptı. Başka bir deyişle, bu araştırmaların her birinde mesleki gelişim çabaları, doğrudan öğretmenlerin alan bilgisini ve pedagojik alan bilgisini geliştirmeye odaklanmıştır (Shulman, 1986). Etkinlikler, öğretmenlerin hem öğrettiklerini hem de öğrencilerin belirli alan bilgisi ve becerilerini nasıl edindiklerini daha iyi anlamalarına yardımcı olmak için tasarlanmıştır.

Sonuç olarak hizmet içi eğitime katılan öğretmenlere, sınıflarına döndükten sonra sürdürülebilir destekler sağlanmalıdır. Zira, öğretmenlerin inanç ve sınıf uygulamalarındaki olumlu değişiklikler esas olarak öğretim yılı boyunca sağlanan kapsamlı desteğe bağlıdır. Garet ve ark. (2001); Desimone ve ark. (2002); Guskey (2002, 2003) de mesleki gelişim programının hedeflerini uygulamak için öğretmenlerin okullarına döndükleri zaman, sürekli takibinin ve sürdürülebilir desteğin sağlanması gerektiğini ifade etmişlerdir. Sürdürülebilir desteğin sağlanmasında, öğretmenlerin gerek mesleki gelişim programını uygulayan uzmanlar arasında gerekse meslektaşları arasında iş birliği yapabilecekleri ve uygulama deneyimleri üzerinde tartışabilecekleri iletişim ağının kurulması önemlidir.

2.1.3.1 K-12 Mühendislik Eğitimi Öğretmen Mesleki Gelişimi

Öğretmenlerin etkili K-12 mühendislik eğitimi için hazırlanması, mesleki gelişim program geliştiricileri için bir zorluk olmuştur çünkü birçok öğretmenin mühendislik öğretimine ilişkin bir eğitim almamıştır (Custer ve Daugherty, 2009). Bu nedenle mühendisliğin tanıtılması, eğitim sistemlerinde daha fazla karmaşıklık anlamına gelir. Bu ihtiyaç dahilinde, hizmet içi öğretmenlere mühendisliği sınıflarına entegre etmeleri için mesleki gelişim sağlama konusunda büyük bir hareket vardır. Uluslararası açıdan incelendiğinde, ABD’de K-12 mühendislik eğitimi alanında öğretmenlere yönelik düzenlenen mesleki gelişim çalışmalarının (Boots, 2013; Daugherty, 2010; Guzey ve ark., 2014; Liu ve ark., 2009; Porter ve ark., 2019; Reimers ve ark., 2015; Webb, 2015), çeşitli eğitim programlarının (Engineering is Elementary, TeachEngineering, Family Engineering) ve kapsamlı araştırmalar yapan Purdue Üniversitesi INSPIRE Araştırma Enstitüsü olduğu görülmektedir.

Bunlardan birisi de temel bir öğretim programını ulusal anlamda yayma çabası olan “Mühendislik Temeldir (EiE)” programıdır. EiE, Boston Bilim Müzesi tarafından

geliştirilen, teknoloji ve mühendislik kavramlarını fen konularıyla bütünleştirerek öğretmeyi amaçlayan bir temel mühendislik öğretim programıdır. Boston Bilim Müzesi tarafından sunulan EiE mesleki gelişim çalışmaları, öğretmenlerin mühendislik kavramları, becerileri ve pedagoji anlayışlarını geliştirmeye yardımcı olmuştur (Diefes-Dux, 2014).

ABD'nin Purdue Üniversitesi'nde 2006 yılında kurulan "P-12 Mühendislik Araştırma ve Öğrenme Enstitüsü (INSPIRE)" üniversite öncesi mühendislik uygulamalarını ve düşüncesini entegre etmeyi amaçlamaktadır (Liu ve ark., 2009). INSPIRE, öğretmenlerine hafta boyunca mühendislik eğitiminde yüz yüze yaz akademileri ve çevrim içi mesleki gelişim çalışmaları düzenlemektedir. Bu projenin "öğretmen mesleki gelişimi" amacı ise şunları içermektedir: a) mühendisliğin bilgisi ve değerini anlama, b) farklı mühendislik disiplinlerinin tanımlanması, c) mühendisliğin fen, matematik ve okuryazarlık ile ilişkisi, d) mühendislik tasarım sürecinin anlaşılması, e) sınıf için kaynaklar hakkında bir farkındalık (dijital kaynaklar dahil), f) kendi araştırmalarına ve sürekli mesleki gelişimlerine adanmışlık, g) öğretim teknolojisinin kullanımına duyulan güveni artırma ve h) öğrencilere ilham verecek mühendisliğe yönelik temel merak ve tutku duygusu. INSPIRE'in yüz yüze öğretmen mesleki gelişim programı, sınıflarında mühendislik düşüncesini entegre etmeye ilgi duyan ilköğretim öğretmenlerine (K-6) yönelik bir haftalık çalıştırıdır. INSPIRE'in çevrim içi mesleki gelişim programı ise çevrim içi mesleki öğrenen topluluklar ve video konferanslar ile geribildirim verilerek öğretmenlerin bireysel performansları desteklenmektedir (Liu ve ark., 2009).

Hizmet içi eğitim, belirli konuları temel alarak öğrenci bilgisinin önemine vurgu yapılan, yeni öğretim ve ölçme yöntemlerinin tanıtıldığı, uygulama örneklerinin verildiği, müfredatla ilgili öğretmenlerin yaşadığı sorunların tartışılıp cevaplandırıldığı şekilde tasarlanmalıdır (Kıran ve Kutucu, 2018). Hizmet içi eğitime katılan öğretmenlere, sınıflarına döndükten sonra sürdürülebilir destekler sağlanmalıdır. Zira, öğretmenlerin inanç ve sınıf uygulamalarındaki olumlu değişiklikler esas olarak öğretim yılı boyunca sağlanan kapsamlı desteğe bağlıdır. Mesleki gelişim programının hedeflerine ulaşması için öğretmenlerin okullarına döndükleri zaman, sürekli takibinin ve sürdürülebilir desteğin sağlanması gerekmektedir (Desimone ve ark., 2002; Garet ve ark., 2001; Guskey, 2002, 2003).

Sürdürülebilir desteğin sağlanmasında, öğretmenlerin gerek mesleki gelişim programını uygulayan uzmanlar arasında gerekse meslektaşları arasında iş birliği yapabilecekleri ve uygulama deneyimleri üzerinde tartışabilecekleri iletişim ağının kurulması önemlidir. Öğretmenlerin mesleki gelişimlerinde kullanılan etkili araçlardan birisi de web tabanlı iletişim ağıdır. Barnett (2002) araştırmasında web tabanlı iletişimin hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmenlerin mesleki gelişimini nasıl etkilediği ile ilgili inceleme sonucu, dört ana tematik konu tanımlamıştır:

- Web tabanlı teknolojileri, paylaşımı destekleyebilir ve öğretmen izolasyonunu azaltabilir.
- Web tabanlı teknolojileri, uygulamaya yönelik yansıtmayı destekleyebilir.
- Web tabanlı teknolojileri, öğretim uygulamalarını etkiler.
- Web tabanlı teknolojileri, uygulama topluluklarının oluşmasını destekler.

Çevrim içi mesleki gelişim topluluğu aracılığıyla öğretmenlerin mesleki gelişimlerini artırmak, tam zamanında etkili bir şekilde sunmak ve bireysel olarak destek sağlamak açısından umut vericidir (Liu ve ark., 2009). Etkili mesleki gelişim programlarının sahip olması gereken özelliklerinden “takip (follow-up)” aşaması (Guskey ve Yoon, 2009), öğretmenlerin sınıf uygulamalarına yönelik meslektaşları veya uzmanlar arasında iş birliği yapmaları için çevrim içi öğrenen topluluklarıyla gerçekleştirilebilir. Böylece gerek öğretmenlerin kendi sınıflarında karşılaştıkları güçlüklerin uzmanlar/araştırmacılar tarafından takip edilmesi, gerekse öğretim uygulamalarının iyileştirilmesine yönelik fırsatlar sunabilir.

Ek olarak, çevrim içi eğitimler, iş birlikli bir uygulama topluluğunu desteklemek için sürekli bir dönüt, takip için yeterli süre sağlamalı ve katılımcılar tarafından aktif ve araştırma tabanlı öğrenmeyi desteklemelidir (Fincher, 2016). Mesleki öğrenen topluluğu (professional learning community) etkinlikleri, öğretmenlerin bir araya gelerek eğitim seanslarında öğrenciye fayda sağladığını gözlemledikleri deneyimleri birbirlerine yansıtmalarına, fen konularında mühendislik eğitiminin sınıflarında nasıl uygulanabileceğini hakkında fikir alış-verişinde bulunmalarına ve bunları modülün eğitimleriyle bağdaştırmalarına olanak tanımaktadır (Forbes ve ark., 2018; Wang ve ark., 2011).

Bu önem doğrultusunda Liu ve ark. (2009) çalışmasında, INSPIRE ekibi tarafından düzenlenen bir haftalık yüz yüze yaz akademisi ve çevrim içi öğrenen topluluğu aracılığıyla, öğretmenlerin mesleki gelişimleri için bir dizi tasarım ilkelerini sunarken aynı zamanda K-6 mühendislik eğitimi öğretmen mesleki gelişimleri süreçlerini tanımlamayı amaçlamıştır. Liu ve ark. (2009) ilköğretim mühendislik eğitimi üzerine çevrim içi öğretmen mesleki gelişim topluluğunun ihtiyaçlarını belirlemek için bir anket uygulamıştır. Anket sonucunda katılımcıların çevrim içi öğretmen topluluğuna katılmaya istekli ve ihtiyacı olduğunu belirtmişlerdir. Mesleki gelişim programının etkililiğine ilişkin öğretmenlerin algılarını değerlendirmek için anket uygulamıştır. Programa katılan 36 öğretmenin 30'unun uygulamaya ilişkin algısının mükemmel olarak değerlendirdikleri sonucuna ulaşılmıştır.

INSPIRE, öğretmenlerinin mesleki gelişimlerini; mühendisliğin doğası ve uygulamasına dair geniş bir perspektif sunarak, mühendislik ve fen düşüncesi arasındaki farkları ve benzerlikleri ifade ederek, mühendislerin ne yaptığını ve mühendislerin sorunları nasıl çözdükleri hakkında K-6 sınıf öğrencileriyle tartışırken bir rahatlık düzeyi geliştirmek ve ilköğretim öğrencilerini karmaşık açık uçlu problem çözme sürecine dâhil etmek için problem çözme süreçlerini (bilimsel sorgulama, model geliştirme ve tasarım süreçleri) kullanarak sağlamaktadır. INSPIRE iki yıllık öğretmen mesleki gelişimi boyunca Akademi I (mühendislik eğitime ilk maruz kalma) ve Akademi II (1. yıl ve ileri mühendislik eğitime yansıma) grupları olmak üzere gerçekleştirilir. Bu program, hem gerektiği gibi ve mevcut yöntemler üzerine yansımalarını desteklemek için kasıtlı yapılan müdahaleler olarak hem de geliştirme fırsatları kapsamında, akademik yıl boyunca süren çevrim içi öğrenme topluluğu ile öğretmenleri desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, mesleki gelişim programının 1. ve 2. akademik yıllarında, öğretmenlerden mühendisliği sınıflarında uygulamaları ve öğrenci öğrenmesi başarısı açısından yerine getiren bir uygulamayı yansıtmaları beklenmektedir. Öğretmenler akademik öğretim yılı boyunca, atölye ve sınıf bağlamında desteğe ihtiyaç duymaları durumunda INSPIRE personelleri ile iletişime geçebilmektedir (Liu ve ark., 2009).

ABD'nin ulusal, eyalet ve uluslararası çapta kullandığı diğer mesleki gelişim programı ve aynı zamanda ABD'nin Ulusal Bilim Dijital Kütüphanesi'nin bir projesi olan TeachEngineering (Mühendisliği Öğret)'dir (NRC, 2010). Mühendisliği Öğret

öğretim programı, ABD'nin ulusal, eyalet ve uluslararası uygulamalı fen ve matematiği (mühendislik) K-12 ortamlarında pratiğe dönüştürmek için standartlara dayalı mühendislik öğretim programıyla ilgili web tabanlı kaynak ve materyal sağlamak amacıyla donatılmıştır (Moore ve ark., 2014b). TeachEngineering, K-12 eğitiminde standartlara dayalı mühendislik öğretim programıyla öğretmenlere web tabanlı kaynak ve materyal sağlamakta (Moore ve ark., 2014) ve birçok mesleki gelişim programının 1500'den fazla K-12 mühendislik modülleri, dersleri, etkinliklerinin koleksiyonu olan ücretsiz dijital bir kütüphanedir (Forbes ve ark., 2018). 2016 yılında mühendislik öğretim programı kaynaklarını tanıtmak amacıyla proje ekibi 106 öğretmene Google Hangout programı aracılığıyla web seminerleri gerçekleştirmiştir (Forbes ve ark., 2018).

2.1.4 Pedagojik Alan Bilgisi

İlk olarak Shulman (1986) öğretmen bilgisinin bileşenlerini; alan bilgisi, pedagojik alan bilgisi ve müfredat bilgisi olarak isimlendirmiştir. Shulman (1986), pedagojik alan bilgisi şu şekilde tanımlamıştır:

“...bir konu alanındaki öğretilen temaları en düzenli şekilde, bu fikirlerin temsillerinin en yararlı formları, en güçlü analogileri, resimleri, örnekleri, açıklamaları ve gösteri deneyleri için, başka bir ifadeyle, bir sözcüğün konuyu başkalarına anlaşılabilir şekilde temsil etme ve formüle etme yollarını içermektedir... Pedagojik alan bilgisi ayrıca belirli konuların öğrenilmesini kolaylaştıran ya da zorlaştıran şeylerin anlaşılmasını da içerir: farklı yaş ve geçmiş deneyimlere sahip öğrencilerin en sık öğretilen konu ve derslerin öğrenilmesine gelirken getirdiği kavramlar ve önyargılar.” (s. 8-9).

Lee Shulman öncelikle PAB'in iki temel bileşeni temel almıştır: Öğrencilerin belirli bir konuyla ilgili “öğrenci anlamaları” bilgisi ve bir konuyla ilgili “öğretim stratejileri” bilgisi (Kind, 2009; Park ve Oliver, 2008b; Park ve ark., 2011). Ardından Shulman (1987), öğretmen bilgisi yapısını yeniden ele alarak yedi bileşenden oluştuğunu öne sürmüştür:

- Alan bilgisi,
- Genel pedagoji bilgi (genel ilkelere ve sınıf yönetimi stratejilerine belirli atıflarla)

- Müfredat bilgisi (öğretmenler için “ticari araç” olarak hizmet eden materyalleri ve programları özel olarak kavrayarak)
- Pedagojik alan bilgisi (öğretmenlere özgü alan ve pedagojinin özel alaşımı, kendine özgü mesleki anlayış şekli)
- Öğrenenler ve onların özellikleri bilgisi
- Öğretim bağlamları bilgisi (sınıf veya grup çalışmalarından, okul bölgelerinin yönetilmesi ve finanse edilmesi, toplumların ve kültürlerin özelliklerine kadar)
- Eğitimin sonuç, amaç ve değerleri ile onların felsefik ve tarihsel temelleri bilgisi

Bu bileşenler içerisinde PAB öğretim için ayrı bir bilgi birikimlerini tanımladığından özel bir ilgi konusudur. Shulman (1987)’a göre PAB, “belirli konular, problemler, sorunların nasıl organize edildiği temsil edildiği, çeşitli öğrenenlerin ilgileri ve yeteneklerine göre uyarlandığı ve öğretim için sunulduğuna dair bir anlayışta alan ve pedagojinin bir karışımını temsil etmektedir.”

Shulman (1986, 1987) PAB kavramını; öğretmenleri alan uzmanlarından ayıran bilgi birikimi olarak tanımlamıştır. PAB, bir alan uzmanını pedagoğdan ayırma olasılığı en yüksek olan bilgi birikimidir. PAB deneysel (ampirik) çalışmalardan ziyade bir kavramlaştırmaya dayandığı için, araştırmacılar PAB’ı yeniden kavramlaştırmışlardır (Wilson ve ark., 2018). Bu bağlamda son otuz yıldır birçok araştırmacı (Abell, 2008; Cochran ve ark., 1993; Gess-Newsome, 1999; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Kind, 2009; Magnusson ve ark., 1999; Park ve Oliver, 2008b; Van Driel ve ark., 1998), Lee Shulman tarafından öğretmen bilgisi modelinde öne sürülen PAB üzerine çeşitli kavramlaştırma çalışmalarında bulunmuşlardır.

Cochran ve ark. (1993)’a göre PAB:

“Pedagojik alan bilgisi, öğretmenlere özgü bir tür bilgidir ve aslında öğretimin konusudur. Öğretmenlerin, pedagojik bilgilerini (öğretme hakkında bildikleri), konu bağlamındaki bilgileri (öğrettikleri hakkında bildikleri), okul bağlamında, belirli öğrencilerin öğretimi ile ilişkilendirme şekli ile ilgilidir. Öğretmenlerin pedagojik bilgilerin ve onların pedagojik a bilgisini içeren konu bilgisinin bütünleşmesi veya sentezidir.”

PAB, öğretmenlerin belirli konu alanı hakkında ne bildiği, aynı zamanda öğrencileriyle sınıf uygulamaları sırasında bilgiyi nasıl tercüme ettiklerini içermektedir (Marquis, 2015). Grossman (1990) PAB kavramının dört temel bileşenlerini tanımlayarak kavramı genişletmiştir: (a) bir konuyu öğretmeye ilişkin bilgi ve inançlar, (b) öğrencilerin belirli konudaki anlamalarına, kavramlara ve kavram yanılgılarına ilişkin bilgisi, (c) müfredat ve müfredat materyalleri bilgisi ve (d) belirli konuların öğretimi için öğretim stratejileri ve temsilleri bilgisi. Daha sonra, Park ve Oliver (2008a, 2008b) Grossman (1990)'ın ele aldığı bu bileşenlere “öğrenci anlamalarını değerlendirme bilgisi”ni de ekleyerek PAB’ı oluşturan beş bileşeni tanımlamıştır.

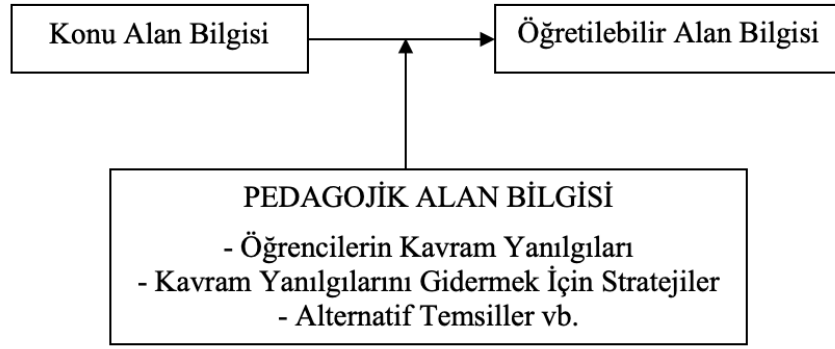
Öğretmenler PAB’ını kendi öğretmenlik uygulamalarından (örneğin, belirli öğrenme güçlüklerini analiz ederek) ve aynı zamanda okul etkinliklerinden (örneğin, öğrenci kavramaları üzerine hizmet içi eğitimden) elde etmektedir (Van Driel ve ark., 1998).

Ancak alanyazında birçok PAB modeli olmasına rağmen, araştırmacıların çoğu belirli bileşenlerde uzlaşıya vardıkları söylenebilir. Fen ve matematik eğitimi araştırmacıları 2012 yılında düzenlenen “PAB Zirvesi”nde, fikir birliğine vardıkları PAB’ın dahil edildiği öğretmen mesleki bilgi modeli geliştirmek hedefiyle farklı modelleri tartışmak ve karşılaştırmak için bir araya gelmişlerdir. Fen eğitimindeki araştırmacılar, karşılaştırdıkları farklı PAB modellerini incelemiş ve bu modellerde ortak noktalar tespit etmişlerdir. Uzlaşılan bu noktalardan birisi ise, PAB’ın alandan ziyade konuya özgü mesleki bilgi olduğudur (Wilson ve ark., 2018; Gess-Newsome ve ark., 2019).

PAB fikriyle 1986’da eğitim araştırmalarında bir “kayıp paradigma” önerdiler. PAB’ın, yüksek nitelikli sınıf uygulamaları oluşturmak için öğrenen ve pedagojik stratejiler bilgisiyle konu alan uzmanının bilgisini birleştirdiğini fark etmişlerdir (Wilson ve ark., 2018).

Öğretmenler konu alan, pedagojik ve PAB’ı kullanarak öğrencilerin öğrenmesi için ortamlar ve fırsatlar yaratır. Bu bilgi tabanları tek başına ve birbirlerinden bağımsız değildir (Hynes, 2007). PAB, güçlü konu alan bilgisine bağlıdır ve sınırlı konu alan bilgisi öğretim için gerekli olan güçlü stratejiler, örnekler veya bağlamlar içeren PAB gelişimini engeller (Davis, 2003; Hynes, 2007; Daehler ve ark., 2015).

PAB, bir konuyu başkalarına anlaşılır hale getirmek için bir konuyu öğretme yollarını içerir (Shulman, 1987). Başka bir ifade ile, PAB genel olarak konu alan ve öğretimle ilgili bilginin kesişimi (konuyu-özel alanı öğretme bilgisi) olarak görülür (Daehler ve ark., 2015). Genel pedagojik bilgidен ziyade öğretmenlerin PAB'ını geliştirmek belirli ve özel konuların öğretilmesinde daha etkili olabilir (Viiri, 2003). PAB'ın genel olarak en az genel pedagoji bilgisi ve konu alan bilgisi alanlarının bir dönüşümü olduğuna inanılır (Gess-Newsome, 1999). PAB'ın konu alan bilgisini öğretilabilir konu alan bilgisine dönüştürmedeki rolü, Viiri (2003) tarafından şematize edilen Şekil 2.6'da sunulmuştur.



Şekil 2.6 Konu Alan Bilgisinin Dönüşümü (Viiri, 2003)

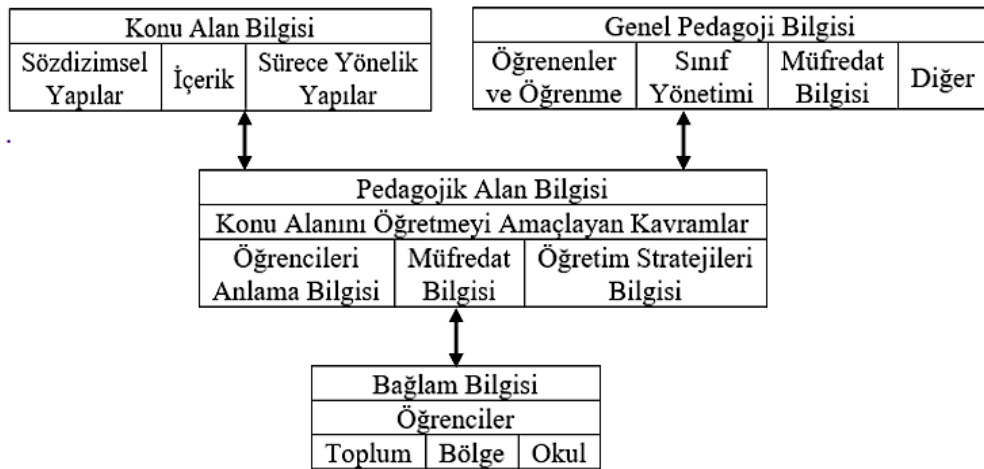
Viiri (2003)'e göre PAB, öğrencilere konuyu anlaşılabilir kılan temsil etme ve formüle etme yöntemleri bilgisinin yanı sıra, belirli konuların öğrenilmesini kolaylaştıran veya zorlaştıran şeyleri de kapsar. Şekil 2.6'da ilişkilendirildiği gibi PAB, belirli bir konunun öğretimiyle ilgili belirli konuları ifade etmektedir ve konu alan bilgisinden önemli ölçüde farklılaşabilir (Viiri, 2003). Bu doğrultuda, PAB öğretmenlerin konu alan bilgisini öğretilir konu alan bilgisine dönüşümünde yadsınamaz bir faktördür ve etkin öğretim için geliştirilmesi gereken bir bilgi türüdür.

PAB, belirli kavramların anlaşılmasını zorlaştıran şeyin anlaşılmasını ve öğrencilerin bir konu hakkındaki kavram yanılgılarını ve önyargılarını içerir (Hammack, 2016). Hynes (2007) öğretmenlerin PAB'ını geliştirmek için bir yöntem ise, öğretilen konu alanındaki çok özel konular ve kavramlarla ilgili öğrencilerin olası kavram yanılgılarını giderici benzetimler ve örnekler sağlanarak öğretmenlerin konu alan ve PAB'ını geliştirmeye yardımcı eğitim materyallerinin tasarlanmasıdır.

Hynes (2007)'e öğretmenlerin PAB'ı yavaş bir şekilde ve dereceli olarak gelişmektedir, herhangi bir kitaptan ya da bir sınıftan kolay ve hızlı bir şekilde elde edilebilen bir şey değildir. PAB, genellikle öğretmenlerin belirli bir konu ve kavramların zamanla uygulamalarda geliştirdikleri kapsamlı bir bilgi birikimidir (Hynes, 2007, 2009). Öğretmenler PAB'ını kendi öğretmenlik uygulamalarından (örneğin, belirli öğrenme güçlüklerini analiz ederek) ve aynı zamanda okul etkinliklerinden (örneğin, öğrenci kavramaları üzerine hizmet içi eğitimden) (Van Driel ve ark., 1998), öğrencilerle yapılan sınıf etkileşimlerinde, akranlarla yapılan konuşmalardan, çevreleyen dünyadaki olaylardan ve içinde yaşadığı kültür veya bağlam içinde yapılandırır (Hynes, 2007). PAB gelişiminin önemli bir yönü ise öğretmenlerin diğer öğretmenlerden öğrenmesidir. Öğretmenlerin farklı konu ve kavramları öğretirken diğer öğretmenleri görebilmeleri onların kendi stratejilerini geliştirmelerine yardımcı olur. PAB'ı geliştirmek için bir başka önemli kaynak ise öğretmenlerin öğrencilerle çalışmaları ve onlarla etkileşim kurmasıdır. Bu mesleki gelişimde yaygın bir uygulamadır. Bu sayede öğretmenler öğrendikleri şeyi test ederken aynı zamanda öğrencilerin anlamalarını derinleştirmek için neyin üzerinde çalışmaları ve neyi geliştirmeleri gerektiğini görme fırsatı bulurlar (Hynes, 2007).

2.1.4.1 Grossman Modeli

Grossman (1988), Shulman'ın PAB yapısını tanıttısından sonra öğretimin bilgi temellerinden birisi olarak PAB'ı tekrar kavramsallaştırmıştır. Grossman (1990)'ın öğretmen bilgisi modeli, pedagojik bilgi, konu alan bilgisi, pedagojik alan bilgisi ve bağlam bilgisi olmak üzere dört genel bileşeni içermektedir (Şekil 2.7).

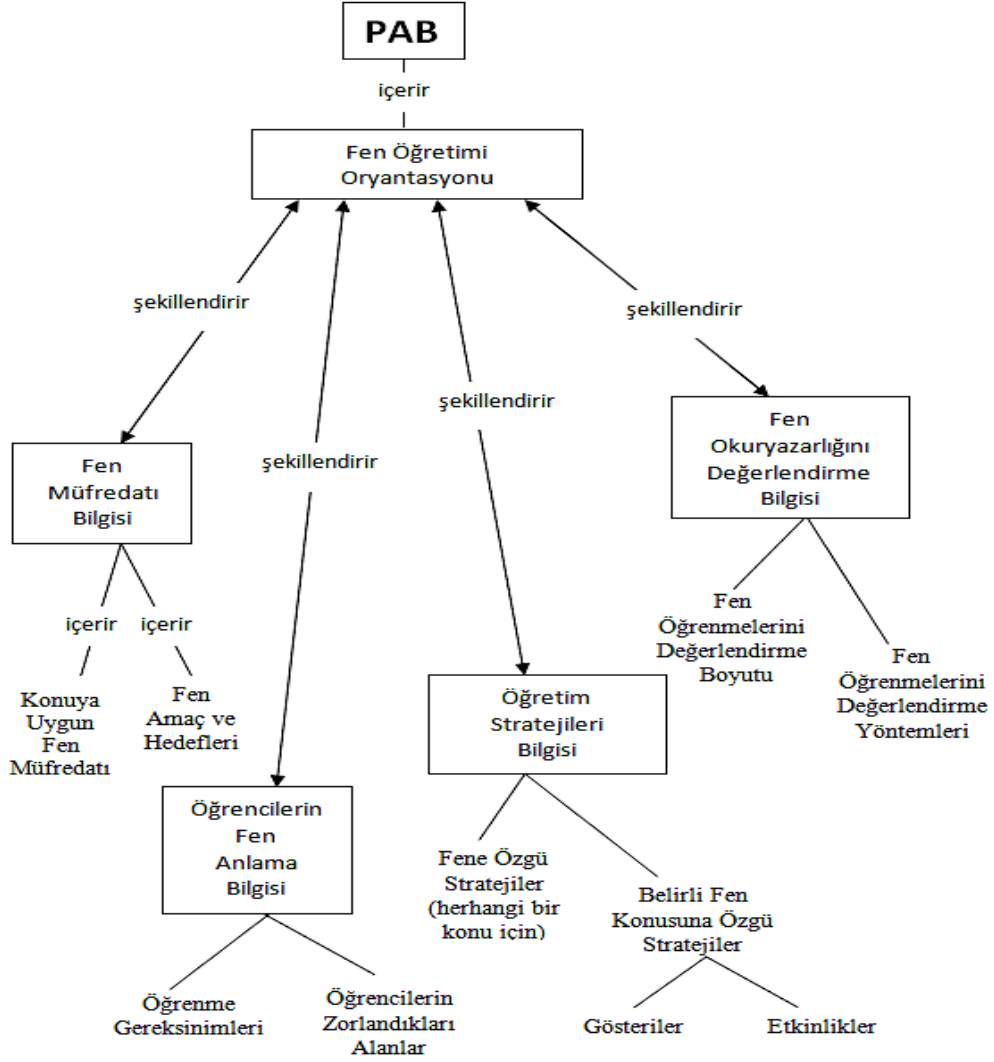


Şekil 2.7 Grossman (1988, 1990)'ın Öğretmen Bilgi Modeli

Konu alan bilgisi, içerik bilgisine ek olarak sözdizimsel yapılar ve önemli yapılar bilgisini içermektedir. İçerik bilgisi, bir alanla ilgili kavram ve büyük olgular ile bunlar arasındaki ilişkileri belirtir. Önemli yapılar bilgisi, gerek ileri sorgulamalara yol gösteren soruların gerekse de alanın nasıl organize edildiğini etkileyen bir alandaki çeşitli paradigmlarla ilgilidir. Genel pedagoji bilgisi; öğretimle ilgili genel bilgi, inanç ve becerileri, genel öğretim ilkeleri bilgisi, sınıf yönetimi bilgi ve becerileri, eğitimin hedef ve amaçlarına ilişkin bilgi ve inançları içermektedir. Pedagojik alan bilgisi, dört merkezi bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen, farklı sınıf seviyelerinde bir konuyu öğretmeyi amaçlayan bilgi ve inançları içermektedir. İkinci bileşeni, bir konu alanındaki öğrencilerin belirli anlamaları, kavramlar ve kavram yanılgılarına dair bilgileri içermektedir. Üçüncü bileşeni, müfredat bilgisidir ve bir konu için dikey ve yatay müfredat bilgisinin yanı sıra, belirli konu alanını öğretmek için mevcut müfredat materyalleri bilgisini içermektedir. PAB'in son bileşeni ise belirli konuların öğretimi için öğretim stratejileri ve temsiller bilgisini içermektedir. Bağlam bilgisi; öğretmenlerin çalıştığı bölge tarafından oluşan fırsatlar, beklentiler ve sınırlılıkları içeren bölge bilgisi, öğretimi etkileyen öğretim düzeyindeki diğer bağlamsal faktörler, bölüm kuralları, okul kültürünü içeren okul ortamı bilgisi ve belirli öğrencilerin geçmiş deneyimleri, aileleri, ilgileri, güçlü ve zayıf yönleri bilgisini içermektedir (Grossmn, 1990).

2.1.4.2 Magnusson, Krajcik ve Barko Modeli

Son 20 yıldır fen öğretmen eğitiminde yapılan birçok çalışmada, Magnusson ve ark. (1999)'ın PAB modeli bileşenleri araştırmaların amacına göre uyarlayarak kullanılmıştır ve bu modelin şematik gösterimi Şekil 2.8'de sunulmuştur.



Şekil 2.8 Magnusson ve Ark. (1999)'ın Fen Öğretimi İçin PAB Bileşenleri

Fen öğretimi oryantasyonu: Herhangi bir sınıf seviyesi için yapılan fen öğretiminin amaçları hakkında bilgi ve inançlardır. Bu bileşen diğer bileşenleri şekillendirmektedir. Fen öğretimi; süreç, akademik hassasiyet, didaktik, kavramsal değişim, etkinliğe dayalı öğretim, keşif, proje tabanlı öğretim, araştırma-sorgulama ve rehberli araştırma-sorgulama oryantasyonlarından oluşmaktadır. Bu oryantasyonların her biri fenin nasıl öğretilmesi gerektiğini ve belirli öğretim stratejileriyle birleştiğine dair bir dizi inancı dayandır.

Fen müfredatı bilgisi: fen amaç ve hedefleri bilgisi ile konuya uygun fen müfredat bilgisi olmak üzere iki alt boyuttan oluşmaktadır. Fen amaçları ve hedefleri bilgisi, öğretmenlerin öğrettikleri konularda öğrencilere yönelik amaç ve hedefler hakkındaki bilgilerinin yanı sıra okul yılı boyunca ele alınan konuların ifade edilmesini içerir. Ayrıca öğrencilerin önceki yıllarda öğrendikleri ve sonraki yıllarda öğrenecekleri konular hakkında öğretmenin bilgisini kapsamaktadır. Konuya uygun fen müfredat bilgisi; belirli bir bilim alanını ve bu alandaki belirli konuları öğretmekle ilgili programlar ve materyaller bilgisinden oluşur.

Fen öğretim stratejileri bilgisi: konuya ve alana özgü bilgisi strateji bilgisi olmak üzere iki alt boyuttan oluşmaktadır. Alana özel stratejiler; fen öğretimine özgü ve kapsam olarak geniş ölçüde uygulanabilir stratejiler bilgisini içermektedir. Konuya özel stratejiler; kapsam olarak daha dardır ve bir bilim alanındaki belirli konuları öğretmek için uygulanabilir gösterimlerin ve etkinliklerin bilgisini içermektedir.

Öğrencilerin fen anlama bilgisi: öğretmenlerin belirli bilimsel bilgileri geliştirmelerine yardımcı olmak için öğrenciler hakkında sahip olması gereken bilgileri ifade eder. Öğrencilerin fen konularını öğrenirken zorlandıkları noktalar ile bir konuyu öğrenmeden önce bilinmesi gereken ön bilgileri içermektedir.

Fen değerlendirme bilgisi: değerlendirilmesi önemli olan fen öğreniminin boyutları ve bu öğrenimin değerlendirilebileceği yöntemler bilgisi olmak üzere iki alt boyuttan oluşmaktadır. Fen öğretiminin değerlendirme boyutu; öğrencilerin bir konudaki öğrenmelerinden nelerin değerlendirilebileceğine ilişkin bilgileri içerir. Değerlendirme yöntemleri bilgisi; fen öğretiminde hangi yöntemler ile değerlendirme yapabileceği bilgisini kapsamaktadır.

2.1.4.3 Gess-Newsome Modelleri

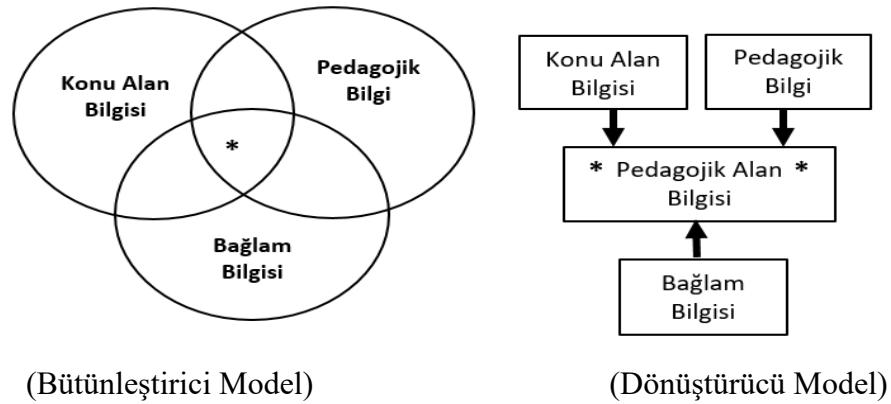
Gess-Newsome (1999) PAB'ın kökenini ve gelişimini açıklamak için iki teorik model önermiştir: Bütünleştirici ve dönüştürücü model. Gess-Newsome (1999) bu iki model arasındaki farkı kimyadan bir analogi ile açıklamıştır. İki materyal birbirine karıştırıldığında, bir karışım veya bir bileşik oluşturulur. Bir karışım, orijinal elemanlar kimyasal olarak aynı kalabilir ancak görsel etkileri bir entegrasyon anlamına gelebilir. Görünüşü ne olursa olsun, bir karışım ana bileşenlerine fiziksel yollarla ayrışabilir. Buna karşılık, bileşikler enerjinin eklenmesi veya alınmasıyla oluşturulur.

Ana maddelerine kolayca ayrılamaz ve başlangıç özelliklerini kaybeder. Bir bileşik, orijinal bileşenlerinden farklı, onu diğer materyallerden ayıran kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip yeni bir maddedir.

Öğretmen bilgisi modelleri açısından bakıldığında, bütünleştirici model bir burada tarif edilen karışıma benzemektedir. Konu alan, pedagoji ve bağlamlardan bilgi unsurları sınıf içi uygulamalarda çağrılır ve eritilir. Bütünleştirici modelde; öğretmen bilgisi, en kolay şekilde konu alan, pedagoji ve bağlam yapının kesişimi ile açıklanabilir. Öğretmenlik, bu üç alandaki bilgiyi sınıf uygulamalarında bütünleştirilmesi eylemini içermektedir. Ayrıca, bütünleştirici modelde, PAB ayrı bir bilgi alanı olarak var olmamaktadır. Öğretim, uygun bir öğretim şekli kullanarak bir bağlamda öğrencilere içeriğin sunulmasına bağlıdır. Öğretmenin görevi, konu alan, pedagojik ve bağlam bağımsız bilgi tabanlarını seçerek kullanmak ve etkili öğrenme fırsatları oluşturmak için onları bütünleştirmektir (Gess-Newsome, 1999).

Dönüştürücü modelde, ilk bilgi tabanları, sadece karmaşık analizlerle keşfedilebilecek ana alanlarda, yeni bir bilgi şeklinde, yani PAB’da birleştirilir. Oluşan bu karışım, onu oluşturan bilgi tabanlarından daha ilginç ve güçlüdür. Öğrencilerin belirli kavramları anlamalarına yardımcı olan PAB, sınıf öğretiminde kullanılan tek bilgidir. Konu alan, pedagoji ve bağlam bilgi tabanları kendi başlarına gizli kaynak olup, sadece PAB’a dönüştürüldüğünde yararlı olmaktadır (Gess-Newsome, 1999).

Gess-Newsome (1999)’ın öğretmen bilgisinin bütünleştirici ve dönüştürücü modellerinin şeması Şekil 2.9’da bu modellere genel bakış ise Çizelge 2.4’te sunulmuştur.



Şekil 2.9 Gess-Newsome (1999)’un Öğretmen Bilgisinin İki Modeli
(Solda Bütünleştirici Model, Sağda Dönüştürücü Model, *
= Sınıf Öğretimi İçin İhtiyaç Duyulan Bilgi)

Çizelge 2.4 Bütünleştirici ve Dönüşümcü Öğretmen Bilgisi Modellerine Genel Bakış

	Bütünleyici Model	Dönüştürücü Model
Bilgi Alanları	Konu alan, pedagoji ve bağlam bilgisi ayrı şekilde geliştirilebilir ve öğretimde birleştirilir. Her bilgi tabanı iyi şekilde yapılandırılmış ve kolay ulaşılabilir olmalıdır.	Konu alan, pedagoji ve bağlam bilgisi ister ayrı şekilde ister bütünleştirilmiş şekilde gelişmiş olsun, öğretim için kullanılan bilgi tabanı, PAB'a dönüştürülür. PAB iyi yapılandırılmış ve kolay ulaşılabilir olmalıdır.
Öğretim Uzmanlığı	Öğretmenler öğrettikleri her konu için bilgi tabanlarının aktif şekilde bütünleşmesinde değışkendirler.	Öğretmenler öğrettiği her konu için pedagojik alan bilgisine sahiptir.
Öğretmen Yetiştirme için Öneriler	Bilgi tabanları ayrı şekilde öğretilir veya bütünleştirilebilir. Bütünleştirme becerileri geliştirilmelidir. Öğretim deneyimi ve yansıması bilgi tabanlarının gelişimi, seçimi, bütünleşmesi ve kullanımını destekler.	Bilgi tabanları en iyi bütünleştirilmiş şekilde öğretilir. Öğretim deneyimi pedagojik alan bilgisinin gelişimini, seçimini ve kullanımını destekler.
Öneriler	Öğretmen yetiştirmeyi tanımlamak Bilginin aktarımı ve bütünleşmesi en iyi şekilde nasıl geliştirilebilir?	Pedagojik alan bilgisinin örneklerini ve kullanım koşullarını tanımlamak Bu örnekler ve seçim kriterleri en iyi şekilde nasıl öğretilir?

2.1.4.4 Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi ve İlişkili Olduğu Bilgi Türleri

Nitelikli öğretmenlerin sahip olması gereken bilgi türlerinin başında, alan ve mesleki bilgi kadar önemli olan pedagojik alan bilgisi (PAB) yer almaktadır (Doğru, 2018). Shulman (1986, 1987) PAB kavramını; “öğretmenleri alan uzmanlarından ayıran bilgi birikimi” olarak tanımlamış ve bir alan uzmanını pedagoğdan ayırma olasılığı en yüksek olan bilgi birikimi olduğunu belirtmiştir. Son 30 yıldır birçok araştırmacı (Abell, 2008; Cochran ve ark., 1993; Gess-Newsome, 1999; Grossman 1990; Hashweh, 2005; Kind, 2009; Magnusson ve ark., 1999; Park ve Oliver, 2008a; Van Driel ve ark., 1998), Shulman (1987)'nin öğretmen bilgisi modelinde öne sürülen PAB üzerine çeşitli kavramlaştırma çalışmalarında bulunmuşlardır.

Öğretmenlerin, öğretim uygulamalarında mühendisliği ve diğer disiplinleri etkili şekilde nasıl birleştireceğini bilmeleri gerekmektedir. Öğretmenler, mühendislik problemlerinin tanımlanması ve sınırlandırılması, çözümlerin tasarlanması ve tasarımın optimize edilmesi gibi alan bilgilerinin ötesine geçmelerine yardımcı olan PAB'a sahip olmalıdırlar (Lau ve Multani, 2018).

Sun ve Strobel (2014) öğretmenlerin MPAB (Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi)'ını, "sınıflarında mühendislik içeriğini anlaşılabilir ve öğretilebilir hale getirmek için öğretmenlerin gerçek sınıf yönergeleriyle yapılandırdıkları mühendislik öğretim yöntem ve stratejileri" olarak tanımlamaktadır. Hynes (2007) ortaokul düzeyi MPAB'ına ilişkin önerdiği on üç yeterliği; "öğrenciler bilgisi", "gerçek dünya örnekleri bilgisi" "uygun örnekler bilgisi", "dersi/tasarım etkinliğini yönetme bilgisi" ve "öğrencilerin anlamasını sağlamada kullanılan stratejiler bilgisi" olmak üzere beş boyut altında ilişkilendirmiştir. Benzer şekilde Yu ve ark. (2012) K-6 öğretmenlerinin mühendislik eğitimi yeterlik modelindeki PAB boyutunu; mühendisliği öğretmek için mühendislik bilgisi ve pedagojisinin özel bir birleşimi olduğunu ifade etmiş ve toplam 18 yeterlik öne sürmüştür.

Yurt dışında mühendislik PAB'ına ilişkin yapılan çalışmalardan bir diğeri de Webb (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Webb (2015) çalışmasında, a) mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterlik algılarının ve K-6 ilköğretim öğretmenlerinin alan ve PAB üzerine mühendislik mesleki gelişimin etkilerini incelemeyi, b) öğretmenlerin öz-yeterliklerini etkileyen kaynakları açıklamayı ve tanımlamayı amaçlamıştır. Araştırma sonucunda mühendislik alan bilgisi ve PAB'larında önemli bir deneyim kazandıkları ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, Hammack (2016) da ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik ve mühendislik tasarımı öğretmeye ABD'nin Yeni Nesil Fen Standartları'na (NGSS) ön gördüğü şekilde hazır olma durumunu incelemeyi amaçlamıştır. Araştırma sonucunda, ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik öğretimini sınıflarında uygulamaya hazır olmadıklarını, mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin anlamalarının sınırlı olduğu tespit edilmiştir.

ABD'nin Ulusal Fen, Mühendislik ve Tıp Akademisi (NASEM, 2020), öğretmenlerin mühendislik öğretimi mesleki gelişiminin mühendislik pedagojik alan bilgisine vurgulanması gerektiğine işaret etmektedir. Bunun için yapılması gerekenler şunlardır:

1. Öğretmenlerin, mühendisliği öğretme ve öğrenmeyi ve bunun fen ve/veya matematiğe entegre ederek öğretme ve öğrenmedeki benzerliklerini ve farklılıklarını keşfetmeye teşvik edilmelidir.

2. Öğretmenlere mühendisliği öğrenmeyi sağlamak için etkili sınıf yönetimi stratejileri tanıtılmalıdır.
3. Öğretmenlerin kendi öğrenci popülasyonları, öğretim ortamları ve/veya yerel toplulukları için uygun tasarım zorlukları geliştirme becerilerini teşvik edilmelidir.
4. Öğretmenlerin kendi öğretim uygulamaları üzerine düşüncelerini kolaylaştırmak ve öğretmenleri mühendislik öğretim uygulamalarını iyileştirmek/optimize etmek için başkalarından geri bildirim almaya teşvik edilmelidir.
5. Öğretmenlerin çeşitli yaklaşımlarla (örneğin, saha deneyimleri, saha gezileri, stajlar, iş birlikleri, sınıf ziyaretleri) mühendislik öğretimini destekleyebilecek mühendislik danışmanlarıyla katılımını teşvik edilmelidir ve desteklenmelidir.

Bu açıdan bakıldığında, öğretmenin PAB gelişiminin asla bitmeyen bir süreç olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle oluşturulan rubrik öğretmenin tamamen mühendislik PAB'ını yerine getirdiği şeklinde yorumlanmayacak ancak acemi ile uzman arasındaki ayrımı yapabilmek için yardımcı olması amaçlanmaktadır.

Konu alan bilgisinin ötesinde, PAB mühendislik öğretiminde uzmanlaşmaya çaba göstermek için oldukça önemlidir (Hynes, 2007). Mühendislik pedagojik alan bilgisi (MEPAB), öğrencilerin mühendislik ve mühendislik tasarım süreci ile ilgili fikirler veya kavram yanılgıları bilgisi ve fen, matematik ve mühendislikten öğrencilerin ilişkilendirebileceği bağlamlara bağlantılar oluşturmak, mühendislik tasarım süreciyle öğrencilere rehberlik edecek stratejileri içermektedir (Hynes, 2007).

Yu ve ark. (2012) mühendislikle ilgili PAB'ı pedagojik mühendislik bilgisi olarak isimlendirmiştir. Yu ve ark. (2012)'a göre pedagojik mühendislik bilgisi, mühendislik bilgisi ve pedagojisinin özel bir alaşımıdır. Yu ve ark. (2012) K-6 öğretmenlerinin mühendislik eğitimindeki yeterlik modelindeki PAB boyutunu; mühendisliği öğretmek için, mühendislik bilgisi ve pedagojisinin özel bir birleşimi olduğunu ifade etmiştir. Sun ve Strobel (2014) öğretmenlerin mühendislik PAB'ını, "sınıflarında mühendislik içeriğini anlaşılabilir ve öğretilebilir hale getirmek için

öğretmenlerin gerçek sınıf yönergeleriyle yapılandıkları mühendislik öğretim yöntem ve stratejileri” olarak tanımlamaktadır (s.43).

Araştırmalardan elde edilen bulgular, MEPAB edinmenin “al ve kullan” modası olmadığını göstermiştir (Lee ve Strobel, 2014). Öğretmenler PAB’ını kendi öğretmenlik uygulamalarından (örneğin, belirli öğrenme güçlüklerini analiz ederek) ve aynı zamanda okul etkinliklerinden (örneğin, öğrenci kavramaları üzerine hizmet içi eğitimden) (Van Driel ve ark., 1998), akranlarla yapılan konuşmalar, çevrelerinde meydana gelen olaylar ve içinde yaşadığı kültürden elde etmektedir (Hynes, 2009). Örneğin, mühendislik tasarım sürecini öğretmek için, öğretmenin mühendislik tasarım sürecine özgü geniş PAB’a ve belirli konuyu bu sürece uygulaması gerekmektedir (Hynes, 2007).

Birçok K-8 öğretmeni açık uçlu mühendislik tasarım problemlerini etkili şekilde kullanma konusundaki PAB’ları yetersiz olabilir (Hammack, 2016). Hynes (2012)’e göre mühendislik öğretimine yeni başlayan öğretmenler, fen pedagojik alan bilgisinden uyarlanabilecek muhtemelen yeni mühendislik pedagojik alan bilgisi geliştireceklerdir. Fen öğretmenlerinin sınıf uygulamalarında mühendisliği etkin şekilde nasıl entegre edeceklerini bilmeleri gerekir. Öğretmenler, mühendislik problemlerini tanımlamayı ve sınırlandırmayı, çözümleri tasarlamayı ve tasarımı optimize etmeyi içeren pedagojik alan bilgisine sahip olmaları gerekmektedir (Lau ve Multani, 2018). Bu doğrultu ışığında, Hynes (2007) ortaokul düzeyinde mühendislik öğretimi ile ilgili öğretmenlerin sahip olması gereken PAB bileşenleri ve içeriği önermiştir.

Hynes (2007)'ın MPAB bileşenleri ve bilgi örnekleri Çizelge 2.5'te sunulmuştur.

Çizelge 2.5 Ortaokul Düzeyinde Önerilen Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi (Hynes, 2007)

Pedagojik Alan Bilgisi	Bilgi Örnekleri
Dersi/Tasarım Etkinliğini Yönetme Bilgisi	<ul style="list-style-type: none">• Özgün mühendislik projeleri üzerinde çalışan öğrenci gruplarını yönetmek• Verimli bir projeyi tamamlama sürecinde olan grupları yönetmek (Yetersiz ile çok fazla rehberlik veya yönlendirme arasında denge kurmak)• Çeşitli gelişim seviyelerindeki projeleri değerlendirmek
Öğrencilerin Anlamasını Sağlamada Kullanılan Stratejiler Bilgisi	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerin anlayabileceği bir şekilde kavramın basitleştirilmesi• Öğrencilere kavramları somutlaştıran fiziksel gösterimler bilgisi• Öğrencilerin düşüncelerini ve keşfettiklerini ortaya çıkaran sorular sormak
Öğrenciler Bilgisi	<ul style="list-style-type: none">• Yaygın kavram yanılgıları (matematik ve fen)• Yaygın zorluklar (uzamsal düşünme-spatial reasoning, çok değişkenli problemler/karar verme)• Günlük yaşamlarıyla ilişkisinin ve kullanımının ne olduğu
Gerçek Dünya Örnekleri Bilgisi	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerin ilgisini çeken tasarım etkinlikleri• Uygun fen, matematik ve mühendislik içeriğini kapsayan tasarım etkinlikleri
Uygun Örnekler Bilgisi	<ul style="list-style-type: none">• Öğrencilerin ilişkilendirebilecekleri benzetimler ve örnekler• Öğrencilerin seviyesine uygun zorlayıcı örnekler/etkinlikler

Hynes (2007) mühendislik ve öğretiminin karmaşık doğalarından dolayı Çizelge 2.5'te önerdiği ortaokul mühendislik öğretimine ilişkin PAB'mın tamamen ele alınmaması da, en azından bir başlangıç noktası olduğunu ifade etmiştir.

Benzer şekilde, Yu ve ark. (2012) K-6 öğretmenlerinin mühendislik eğitimindeki yeterlik modelinde PAB alt boyutunu; mühendisliği öğretmek için gerekli olan özel pedagojiler olduğunu ifade etmiştir. Yu ve ark. (2012)'ın MPAB alt boyutuna ilişkin öğretmenlerin sahip olması gereken bilgileri şu şekilde ifade etmiştir:

- Yapılabilir ve yönetilebilir mühendislik öğretimi hedeflerini seçme bilgisi
- Mühendislik ile ilgili öğrencinin yaygın kavram yanılgıları bilgisi
- Öğrencilerin yaygın mühendisliği öğrenme güçlükleri bilgisi
- Öğrencilerin anlama düzeyine uygun mühendislik tasarım süreci bilgisi
- Öğrenciler için ilgi çekici tasarım etkinlikleri bilgisi

- Öğrencilerin ilişkilendirebileceği örnekler veya analogiler bilgisi
- Öğrencilerin anlama düzeyine uygun şekilde zorlayıcı örnekler/etkinlikler bilgisi
- Özgün mühendislik projeleri üzerinde çalışan öğrenci gruplarını yönetme bilgisi
- Verimli bir projeyi tamamlama sürecinde olan grupları yönetme bilgisi (yetersiz ve çok fazla rehberlik veya yönlendirme arasında denge)
- Etkili mühendislik takım çalışması için fiziksel alanı düzenleme bilgisi
- Çeşitli ilerleme seviyelerindeki projeleri değerlendirme bilgisi
- Mühendislik çalışmalarını değerlendirmek için formal ve informal değerlendirme yöntemleri bilgisi
- Öğrencilere mühendislik anlamalarını pekiştirici geri bildirim vermek için değerlendirme verilerini kullanma bilgisi
- Mühendislik ve gerçek yaşam arasında bağlantı kurma bilgisi
- Öğrencilerin anlayabileceği bir şekilde kavramın basitleştirilmesi
- Öğrencilere kavramları somutlaştıran fiziksel gösterimler bilgisi
- Öğrencilerin düşüncelerini ve keşfetmeleri hakkında bilgi edinme amaçlı soru sorma bilgisi
- Mühendislik öğrenmelerini pekiştirmek için teknolojik araçları kullanma bilgisi

Magnusson ve ark. (1999) fen öğretimi için önerdiği PAB modeli beş bileşenden oluşmaktadır: Fen öğretiminin amaç ve hedefleri (oryantasyon), fen müfredat bilgisi, fen okuryazarlığını değerlendirme bilgisi, öğrencilerin feni anlama bilgisi ve öğretim stratejileri bilgisi. Fen eğitimindeki birçok araştırmacı, genel olarak Magnusson ve ark. (1999)'ın fen öğretimi için önerdiği PAB modelinin beş ana bileşeni şunlardır:

- Fen eğitiminin amaç ve hedefleri bilgisi
- Fen müfredat bilgisi

- Fen öğretim stratejiler bilgisi
- Öğrencilerin feni anlama bilgisi
- Fen değerlendirme bilgisi

Magnusson ve ark. (1999)'ın PAB modeli bileşenlerini çalışmalarının amacına göre uyarlayarak kullanmışlardır. Ülkemizin öğretmenlik mesleği genel yeterlikleri (MEB, 2017) incelendiğinde “Alan Eğitimi Bilgisi” yeterlikleri boyutunda öğretmenlerin pedagojik alan bilgilerine ilişkin yeterlik göstergelerinin Magnusson ve ark. (1999)'ın PAB modeli bileşenlerini baz aldığı anlaşılmaktadır (Şekil 2.10).

ÖĞRETMENLİK MESLEĞİ GENEL YETERLİKLERİ

YETERLİK ALANI: MESLEKİ BİLGİ	
A	YETERLİK ALANI: MESLEKİ BİLGİ KAPSAM: Bu yeterlik alanı, öğretmenin öğretmenlik mesleğine ilişkin sahip olması gereken alan bilgisi, alan eğitimi bilgisi ve mevzuat bilgisi yeterliklerini kapsamaktadır.
YETERLİKLER	YETERLİK GÖSTERGELERİ
A1. ALAN BİLGİSİ Alanında sorgulayıcı bakış açısını kapsayacak şekilde ileri düzeyde kuramsal, metodolojik ve olgusal bilgiye sahiptir.	<p>A1.1. Alanı ile ilgili konu ve kavramları analiz eder.</p> <p>A1.2. Alanındaki temel kuram ve yaklaşımların alanına yansımalarını yorumlar.</p> <p>A1.3. Alanı ile ilgili temel bilgi ve veri kaynaklarını sınıflandırır.</p> <p>A1.4. Alanına ilişkin temel araştırma yöntem ve tekniklerini sınıflandırır.</p> <p>A1.5. Millî ve manevî değerlerin alanına yansımalarını yorumlar.</p>
A2. ALAN EĞİTİMİ BİLGİSİ Alanının öğretim programı ve pedagojik alan bilgisine hâkimdir.	<p>A2.1. Alanının öğretim programını tüm öğeleriyle açıklar.</p> <p>A2.2. Alanının öğretim programını, ilgili diğer öğretim programları ile ilişkilendirir.</p> <p>A2.3. Öğrencilerin gelişim ve öğrenme özelliklerine ilişkin bilgisini öğretim süreçleri ile ilişkilendirir.</p> <p>A2.4. Alanın öğretiminde kullanılacak farklı strateji, yöntem ve teknikleri karşılaştırır.</p> <p>A2.5. Alanın öğretim süreçlerinde kullanılacak ölçme ve değerlendirme yöntemlerini karşılaştırır.</p> <p>A2.6. Alanının öğretiminde millî ve manevî değerlerden nasıl yararlanacağına karar verir.</p>
A3. MEVZUAT BİLGİSİ Birey ve öğretmen olarak görev, hak ve sorumluluklarına ilişkin mevzuata uygun davranır.	<p>A3.1. Vatandaş olarak bireysel hak ve sorumluluklarını açıklar.</p> <p>A3.2. Türkiye Cumhuriyeti Anayasasının içeriğini açıklar.</p> <p>A3.3. Atatürk'ün eğitim sistemimize katkılarını değerlendirir.</p> <p>A3.4. Öğretmenlik mesleğini ilgilendiren mevzuatı açıklar.</p> <p>A3.5. Eğitim paydaşlarının hak ve sorumluluklarını ayırır eder.</p>

Şekil 2.10 Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri (MEB, 2017)

MEB 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nda "Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları" bölümünün yer almasıyla, fen bilimlerinin mühendislikle bütünleştirilerek öğrencilerin problemlere disiplinler arası bakış açısıyla bakmaları hedeflenmiştir. Öte yandan, programın alana özgü beceriler bölümüne "mühendislik ve tasarım becerileri" boyutu da eklenerek, fen öğretiminde mühendislik entegrasyonu önem ve gereklilik kazanmıştır (MEB, 2018a). Bu doğrultuda, öğretmenlerin MPAB olarak tanımlanabilecek yeni bir bilgi türüne sahip olması gerektiği söylenebilir.

Bu ihtiyaçlar göz önünde bulundurulduğunda, bu araştırmada fen eğitimine mühendisliğin entegre edildiği bir model öne sürülmüştür. Böylece öğretmenlerin bu bilgi türünde geliştirilmeleri için öncelikle MPAB'lerinin tespit edilmesi ve bunun için de MPAB bileşenlere ait kavramsal çerçevesinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda öncelikle alanyazında öğretmenlerin mühendislik pedagojik alan bilgisi/etkili mühendislik entegrasyonu ile ilgili öne sürülen özelliklerin belirlenmesi yoluna gidilmiştir.

Tüm Amerikalılar için Bilim (AAAS, 1989)'in yayınlanmasından bu yana geçen yaklaşık otuz yılda, K-12 mühendislik eğitimi ile ilgili standart girişimleri gerçekleştirilmektedir. Mühendislik ve teknoloji ile ilgili önerileri ve standartları içeren; a) 1989 yılında "Amerikan Bilimi Geliştirme Birliği (the American Association for the Advancement of Science-AAAS)" tarafından yayınlanan Tüm Amerikalılar için Bilim (Science for All Americans), b) 1993 yılında AAAS tarafından yayınlanan "Bilimsel Okuryazarlık İçin Kriterler (Benchmarks for Scientific Literacy)" ve c) 1996 yılında Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council) tarafından yayınlanan "Ulusal Fen Eğitimi Standartları" üç belge yayınlanmıştır. Daha sonra, 2000 yılında "Uluslararası Teknoloji Eğitimi Birliği (The International Technology Education Association-ITEA) tarafından "Teknoloji Okuryazarlık Standartları" yayımlanmış ve bu standartlarda özellikle mühendislik tasarım fikrine büyük önem vermiştir (NRC, 2010). Önemli mühendislik bileşenleri, ilk kez ABD'nin Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012)'nin "K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Çapraz Kavramlar ve Temel Fikirler" başlıklı ulusal fen standartları çerçevesinde yayınlanmıştır. Güncel olarak ABD'nin Yeni Nesil Fen Standartları'nda (NGSS) mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin standartları açıkça bünyesine dâhil etmiştir (NGSS Lead States, 2013).

2.1.4.4.1 Alan Bilgisi

Genel olarak bir öğretmenin öğreteceği konu hakkındaki kavramlar, teoriler ve ilkeler hakkındaki bilgisidir (Shulman, 1986; Koehler ve Mishra, 2008, 2009; Doğru, 2018). Fen bilimleri açısından alan bilgisi ise, öğretmenlerin bilimsel gerçekler, teoriler, yöntem ve kanıta dayalı muhakeme bilgisini içerir (Koehler ve Mishra, 2008, 2009). Kuşkusuz öğretmek için sahip olunması gereken önemli bilgilerdir (Hynes, 2009).

2.1.4.4.2 Genel Pedagoji Bilgisi

Öğretmenlerin kullanılacakları sınıf yönetimi ve öğrenme teorileri gibi genel ilke ve stratejiler hakkındaki bilgilerini içerir (Viiri, 2003). Öğrencilerin nasıl öğrendikleri, sınıf yönetimi, ders planının geliştirilmesi ve uygulanması, öğrencilerin anlamasının değerlendirilmesi ile ilgili farklı teoriler hakkında genel bir bilgi biçimidir (Shulman, 1986; Koehler ve Mishra, 2008, 2009). Öğretmenlerin bilişsel, sosyal ve gelişimsel öğrenme teorilerini ve sınıfındaki öğrencilere nasıl uygulanacağını anlamayı gerektirir (Koehler ve Mishra, 2008, 2009).

2.1.4.4.3 Mühendislik Bilgisi

Mühendisliğe ait kavramlar, teoriler ve ilkeler (Hynes, 2009), mühendislik konuları, mühendislik biliminin doğası ve yapısı hakkındaki bilgileri içerir (Viiri, 2003). Ortaokul mühendisliği için ise, bir mühendislik tasarımı bilgisiyle birlikte matematik, fen ve mühendislik ilkelerinin bir karışımıdır (Hynes, 2009). Hynes, (2007)'e göre ortaokul düzeyinde mühendisliğin öğretilmesinde önemli kavramlar veya konular/temalar aşağıdaki bilgileri içermektedir:

1. Mühendislik tasarımı ve teknoloji geliştirme süreci
2. Çeşitli alanlardan temel mühendislik ve teknoloji kavramları (mekanik, elektrik devreleri, üretim teknolojileri, iletişim sistemleri veya bilgisayar programlaması)
3. Malzemeler (örneğin; metallerin, plastiklerin veya polimerlerin avantajları veya dezavantajları, seramik veya organik malzemeler)
4. Mühendislerin yaptığı şeyler ve mesleği
5. Zorunlu temel matematik ve fizik/fen kavramları

2.1.4.4.4 Mühendislik Alan Bilgisi

Fen konu alan bilgisinin öğretiminde kullanılan; mühendislik tasarım süreci, mühendisliğin günlük yaşamla bağlantıları ve mühendislik etkinlikleri için uygun malzemeler hakkında derin bir anlayışa sahip olmayı ifade eder (Marquis, 2015). Öğretmenlerin fen konu alanı bilgisinin öğretimi için öğrencilerine en uygun mühendislik kavramları, ilkeleri ve süreç becerilerini kazandıracığına karar vermelerini gerektirmektedir.

2.1.4.4.5 Mühendislik Pedagojik Bilgisi

ABD’de yayımlanmış K-12 mühendislik eğitime ilişkin öne sürülen çeşitli raporlar (NAE ve NRC, 2009; NAGB, 2010; NRC, 2010, 2012), ABD’nin ulusal ve çeşitli eyaletlerinin fen eğitiminde mühendislik entegrasyonuna ilişkin standartları (MDE, 2019; MDESE, 2016; NGSS Lead States, 2013; ODE, 2014) ve mühendislik entegrasyonuna ilişkin öne sürülen çerçeveler (Guzey ve ark., 2016; Mathis ve ark., 2018; Moore ve ark., 2013, 2014a, b; Walker ve ark., 2018) incelenmesi sonucu ulaşılan önemli/ortak temalar ve kavramlar aşağıda sunulmuştur:

A) Motive Edici ve Etkileyici Bağlam:

- Ekonomik, çevresel, toplumsal ve küresel açıdan etkilerini anlamaya yönelik bağlamlar sunmak
- Öğrencilerin ön bilgi ve deneyimleri ile ilişki kurabilmek
- Günlük yaşam olayları ve/veya güncel sorunları içermek
- Motive edici/dikkat çekici/gerçekçi bir bağlamda mühendislik süreçlerini uygulamalarını sağlamak

B) Mühendislik Tasarım Süreci:

- Modül boyunca mühendislik tasarım sürecini uygulamak
- Öğrencilerin mühendislik tasarım süreçlerini kullanmalarını gerektiren etkinlikler içermek
- Problemin arka planı, plan, uygulama, test etme, değerlendirme vb. tasarım süreçlerini ele almak

- Açık uçlu mühendislik probleminin; kriter, sınırlılıklar, güvenlik, güvenilirlik, riskler, alternatifler, ödünleşim (trade-offs) ve etik açıdan düşünmeyi içermek
- Başarısızlıktan öğrenme ve yeniden tasarlama imkânı sunmak
- Mühendislik disiplini ne olduğu ve çeşitli disiplin alanlarında ne yaptıklarını anlamak
- Öğrencilerin çalışmalarında mühendislik teknikleri, becerileri, süreçleri ve araçlarını öğrenme, anlama ve kullanma fırsatı sunmak

C) Fen İçeriğiyle Bütünleştirme:

- Sınıf düzeyine uygun kazanıma dayalı fen kavramlarını/içeriğini öğretmek
- Mühendislik probleminin çözümü bağlamında fen içeriğiyle ilgili çeşitli teknik, beceri süreç ve araçları öğrenme, anlama ve kullanma fırsatı sunmak

D) Öğretim Stratejileri:

- Öğrenmeyi pekiştirici içeriğe uygun teknolojik (dijital veya dijital olmayan) araçlar kullanmak
- Performansa dayalı, biçimsel-süreç değerlendirme
- Mühendislik düşünme becerilerini kullanmak (bağımsız, yansıtıcı, üstbilişsel, sistem odaklı düşünme, yaratıcılık, optimizasyon, azim, yenilikçilik, kanıta dayalı muhakeme becerisi, takım çalışması, iletişim, problem çözme, modelleme)
- Mühendislik kavramlarını (tasarım, sınırlılıklar, ödünleşim vb.) anlamak ve kullanmak
- Öğrenci merkezli ve araştırma tabanlı öğrenme/öğretim stratejileriyle içeriği keşfetmek
- İş birlikli öğrenme stratejileri geliştirmek
- Takım çalışması, takımlar arası kanıta dayalı tartışmak
- Zihinsel (minds-on) ve/veya basit araçlar yaparak öğrenmeyi (hands-on) sağlayan etkinlikler içermek
- Verileri toplamak ve analiz etmelerini gerektiren etkinlikler içermek

- Kanıta dayalı muhakeme yapma ortamı sunmak
- İletişim kurmak/ sunum yapmak (sözlü, yazılı, çizelge veya grafik gibi görseller kullanmak)

Mühendislik pedagojisi, mühendislik içeriğinin elde edilmesini destekleyen özel öğretim stratejilerinin kullanılmasını içerir ve mühendislik epistemolojisi ile tutarlı düşünme yollarını desteklemek için mühendislik bağlamını kullanır (Culver, 2012).

Ayrıca, mühendislik tasarım süreci, optimizasyon ve modelleme gibi yeni pedagojik yaklaşımları da içerir (Yoon ve ark., 2013). Mühendislik tasarımı ise belirli kısıtlamalara dayanarak bir problemi tasarlamak veya çözmek için ele alınan tekrarlı bir süreçtir (Vessel, 2011). Öğrencilerin günlük yaşamda bağlamli mühendislik problemi içinde yer alan fen/matematik alan bilgisini mühendislik tasarım olarak bilinen, yinelemeli, açık uçlu problem çözme yöntemi kullanılarak, yönetmeye ilişkin bilgileridir.

2.1.4.4.6 Bağlam Bilgisi

Öğretmenlerin çalıştığı bölgenin fırsatları, beklentileri ve kısıtlamaları, okulun ortamı ve kültürü, öğrencilerin geçmişleri, aileleri, toplulukları, güçlü-zayıf yönleri, ilgi alanları ve okulda öğretimi etkileyen diğer bağlamsal faktörler hakkındaki bilgileri içermektedir (Grossman, 1988).

Tüm bu açılar göz önüne alındığında, öğretmenlerin PAB gelişiminin sonu olmayan bir süreç olduğunu söyleyebiliriz. Ancak alanyazında birçok PAB modeli olmasına rağmen, araştırmacıların çoğu belirli bileşenlerde uzlaşıya vardıkları söylenebilir.

Öğretmen bilgisini açıklamak amacıyla, bazı fen eğitimi araştırmacılarının kavramlaştırdıkları PAB modelleri Çizelge 2.6’da sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.6 Farklı Kavramlaştırmalarından PAB Bileşenleri (Kind, 2009; Lee ve Luft, 2008; Park ve Oliver, 2008b; Uluçınar-Sağır, 2018)

	Öğrenciyi Anlama Bilgisi	Temsiller ve Öğretim Stratejileri Bilgisi	Müfredat/Medya Bilgisi Bilgisi	Değerlendirme Bilgisi	Amaçlar/ Oryantasyon Bilgisi	Konu Alan Bilgisi	Bağlam Bilgisi	Genel Pedagoji Bilgisi
Shulman (1987)	P	P	a	0	a	a	a	a
Tamir (1988)	P	P	P	P	0	a	0	a
Smith ve Neale (1989)	P	P	0	0	P	a	0	0
Grossman (1990)	P	P	P	0	P	a	a	a
Marks (1990)	P	P	P	0	0	P	0	0
Cochran ve ark. (1993)	P*	0	0	0	0	P*	P*	P*
Geddis ve ark. (1993)	P	P	P	0	0	0	0	0
Fernandez-Balboa ve Stiehl (1995)	P	P	0	0	P	P	P	0
Carlsen (1999)	P	P	P	0	P	a	a	a
Magnusson ve ark. (1999)	P	P	P	P	P	a	a	a
Koballa ve ark. (1999)	P	0	P	0	0	P	P	P
Veal ve MaKinster (1999)	P	P	P	P	P	P	Ps	P
Banks ve ark. (2005)	0	0	0	0	0	P	0	P
Hasweh (2005)	P	P	P	P	P	P	Po	P
Loughran ve ark. (2006)	P	P	0	0	P	P	P	P
Srikoom ve ark. (2018)	P	P	P	P	P	0	0	0

a: Öğretim için özgün bir bilgi tabanı olarak PAB’ın dışında bir kategori, 0: Açıkça tartışılmamış, Ps: PAB bileşeni içerisinde sosyo-kültürel konular bilgisi, Po: PAB bileşeni içerisinde okul bilgisi
P: PAB’ın bir bileşeni, P*: Pedagojik Alan Bilme’nin bir bileşeni

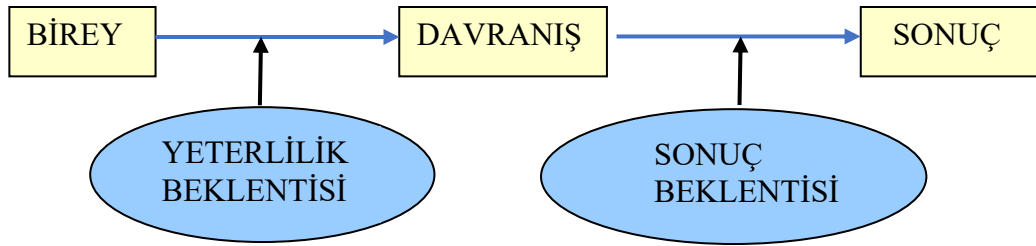
2.1.5 Öğretmen Öz-Yeterliği

Albert Bandura 1977 yılında gerçekleştirdiği sosyal-bilişsel öğrenme kuramı çalışmasında öz-yeterlik kavramına ilk kez değinmiştir. Bu çalışmada Bandura (1997) öz-yeterlik kavramını; “bireylerin belirli bir hedefe ulaşmak için gerekli olan eylemleri yerine getirebilme ve bu hedefleri organize edebilme yeteneklerine olan inançlarıdır.” şeklinde tanımlamıştır (s. 3).

Bandura (1995)’ya göre öz-yeterlik, insanın nasıl düşündüğünü, hissettiğini, kendisini güdülediğini ve davrandığını etkilemektedir. Bireylerin yetenekleri hakkında sahip oldukları inançlar, onların eylemlerini değiştirebilmektedir (Bandura, 1977b). Bireyin öz-yeterlik düzeyi ne kadar yüksekse, belirli bir sonuca ulaşabilmek için gerekli davranışı gerçekleştirebilmeye olan inancı da o kadar fazladır (Bandura, 1977b,

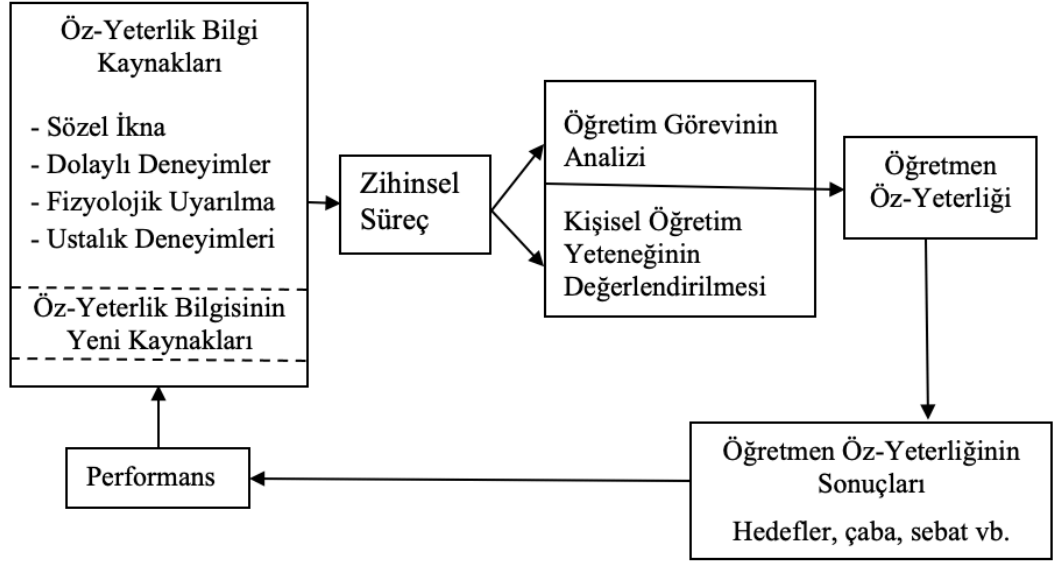
1982) ve dolayısıyla bir eylemde başarılı ihtimali de o derece yüksektir. Ancak bireyin öz-yeterliği düşükse, işi iyi bilmesine rağmen yetersiz davranış sergilemeye daha yatkın olur (Bandura, 1982).

Bandura (1977b) göre yeterlik inancını etkileyen iki kavram öne sürülmüştür: “yeterlik beklentisi (öz-yeterlik)” ve “sonuç beklentisi”. Bandura (1977b, 1997) bu iki kavramı birbirinden ayırmıştır. Yeterlik beklentisi (efficacy expectancies) bireyin belirli sonucu ortaya koymak için gerekli olan davranışı başarılı bir şekilde gerçekleştirebileceğine olan inancı iken; sonuç beklentisi (outcome expectancies) belirli bir sonucu ortaya koymada bireyin belirli bir davranışa olan inancıdır. Bireyin yeterlik beklentisi, gerçekleştireceği eylemleri seçmesinde büyük bir belirleyicidir (Bandura, 1977b). Bandura’nın birey, davranış ve sonuç ile yeterlik beklentisi (öz-yeterlik) ve sonuç beklentisi arasındaki farklılaşma Şekil 2.11’de sunulmuştur.



Şekil 2.11 Yeterlilik Beklentisi ile Sonuç Beklentisi Arasındaki Farklılığın Şematik Sunumu (Bandura 1977b)

Öğretmen öz-yeterliği, Albert Bandura (1993, 1997) tarafından kurulan sosyal bilişsel bir teoridir (1993, 1997). Bandura (1997b) öğretmenlerin öğretimlerine ilişkin öz-yeterlik inançlarının, öğrencilerin zihinsel yetilerinin gelişmesini şekillendirmede ve öğretmenlerin sınıflarında akademik etkinlikleri nasıl planlayacağını kısmen belirlediğine ilişkin bulguların olduğunu ifade etmiştir. Woolfolk-Hoy (2000)’a göre öğretmen öz-yeterliği ise öğrenci öğrenmesini desteklemek için kendi yeteneğine olan inancı olarak tanımlanmaktadır. Öğretmenlerin kendi yetenekleri hakkındaki inançları, onların öğretim etkililiğinin güçlü bir belirleyicisi olabilmektedir (Gibbs, 2003). Friedman ve Kass (2002) da öğretmenlerin öz-yeterlik inançlarının, öğretim performansı ile temel olarak ilişkili olduğunu ifade etmiştir.

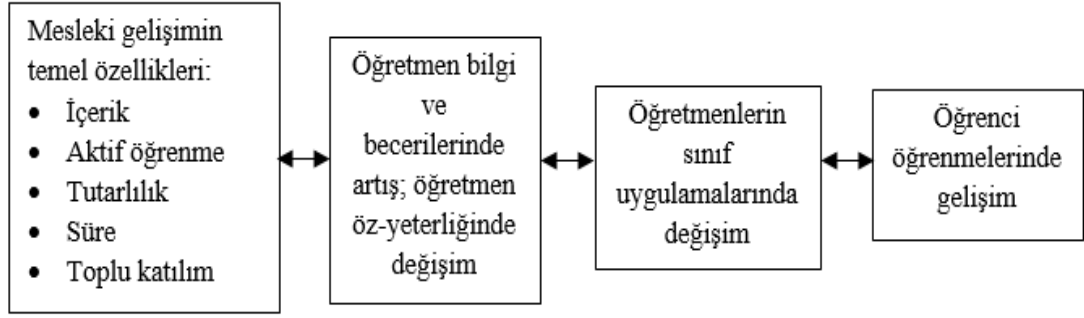


Şekil 2.12 Öğretmen Öz-Yeterliğinin Döngüsel Doğası (Tschannen-Moran, Woolfolk-Hoy ve Hoy, 1998)

Şekil 2.12’de sunulan döngüye göre öğretmen öz-yeterliği; motivasyon ve başarı gibi öğrenci çıktılarına ek olarak, öğretmenin öğretim davranışı, sorumluluk, çabası ve ısrarcı tavırları, sınıflarında sergiledikleri davranışları gibi anlamlı birçok eğitimsel sonuçlarla güçlü bir ilişkisi olduğunu göstermektedir (Tschannen-Moran ve Woolfolk-Hoy, 2001). Alanyazındaki çalışmalar incelendiğinde ise öğretmen öz-yeterliği ile öğrenci ürünlerinin yakından ilişkili olduğu görülmektedir (Ashton ve ark., 1983; Tschannen-Moran ve Woolfolk-Hoy, 2001; Üstüner ve ark., 2009). Öğretmenlerin öğretim yöntemlerini olumlu ve olumsuz inançları doğrultusunda oluşturmaları, öğretmenlerin herhangi bir derse yönelik inançlarını çok önemli kılmaktadır (Aydoğdu ve Peker, 2016).

Alanyazında yer alan çalışmalar, yüksek öğretim öz-yeterliğine sahip öğretmenlerin farklı öğretim yollarını deneme olasılıklarının zorlu ancak etkili stratejileri uygulama ve bu stratejilerde ısrar etme olasılıkları daha yüksek olduğunu göstermektedir (Allinder, 1994; Bruce ve ark., 2010; Guo ve ark., 2012). Öğretmen öz-yeterliliğinin yüksek olması, onların eğitim-öğretim faaliyetlerine daha istekli ve bilinçli katılmalarına, dolayısıyla eğitimin kalitesine ve öğrencilerin akademik gelişimlerine yardımcı olmaktadır (Gündüz-Özsoy, 2017). Düşük öz-yeterliliğe sahip öğretmenlerin ise öğrencilerinin öğrenmesini ve başarısını etkileme konusunda sınırlı

bir yeteneğe sahip olduklarına, kontrol odağının kendisinin çok ötesinde olduğuna ve öğrencinin öğrenmesini geliştirmek için yapabileceklerinin çok sınırlı olduğuna inanmaktadırlar. Ayrıca bu öğretmenlerin sorunlar ve tehditler karşısında bocalama, çaba ve sabır gösterme becerisinin zayıf olduğu, kısaca mesleğinin gereklerini yerine getiremedikleri gözlemlenmiştir (Bruce ve ark., 2010).



Şekil 2.13 Desimone (2009)'nin Yol Haritasının Bandura (1977a, 1982, 1986)'nın Öz-Yeterlik Teorisiyle Birleşimi (Webb, 2015)

Şekil 2.13'te Desimone (2009)'nin etkili mesleki gelişim ile ilgili ikinci bileşeninde, öğretmenlerin neden ve nasıl öğretim uygulamalarının değiştiği teoriksel olarak açıklamak için Bandura (1977)'nin öz-yeterlik teorisi eklenerek ifade edilmiştir (Webb, 2015).

Öğretmenlerin öz-yeterlikleri sınıf uygulamalarını etkileyebilir (Boriack, 2013). Benzer şekilde, öğretmenlerin sınıflarındaki performansları da öğretim öz-yeterliğini etkilemektedir (Yoon ve ark., 2014). Bu konuda yapılan birçok çalışma yer almaktadır. Örneğin, Guskey (2002) mesleki gelişim modelinde öğretmenlerin mesleki gelişim programı sonrası, sınıf içi uygulamaları sonucu öğrencilerin başarılarının arttığını görmeleri sayesinde öğretim öz-yeterlik inançlarının arttığı sonucuna ulaşmıştır.

2.1.5.1 Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliği

Yoon ve ark. (2014)'a göre mühendislik öğretimi öz-yeterliği; "bir öğretmenin, öğrencilerin mühendislik öğrenmelerini olumlu yönde etkileyebilme becerisine olan kişisel inancı" olarak tanımlanır (s. 464). Öğretmen öz-yeterliği değiştirilmesi zor olan bir inanç olmasına rağmen, öğretmenlerin mühendislik etkinliklerine katılmaları sağlayan fırsatlarla mühendislik kavramlarını öğretmeye ilişkin öğretim yeterlikleri ve kendine olan güvenlerini arttırmada yardımcı olabilir (Ivey ve ark., 2016).

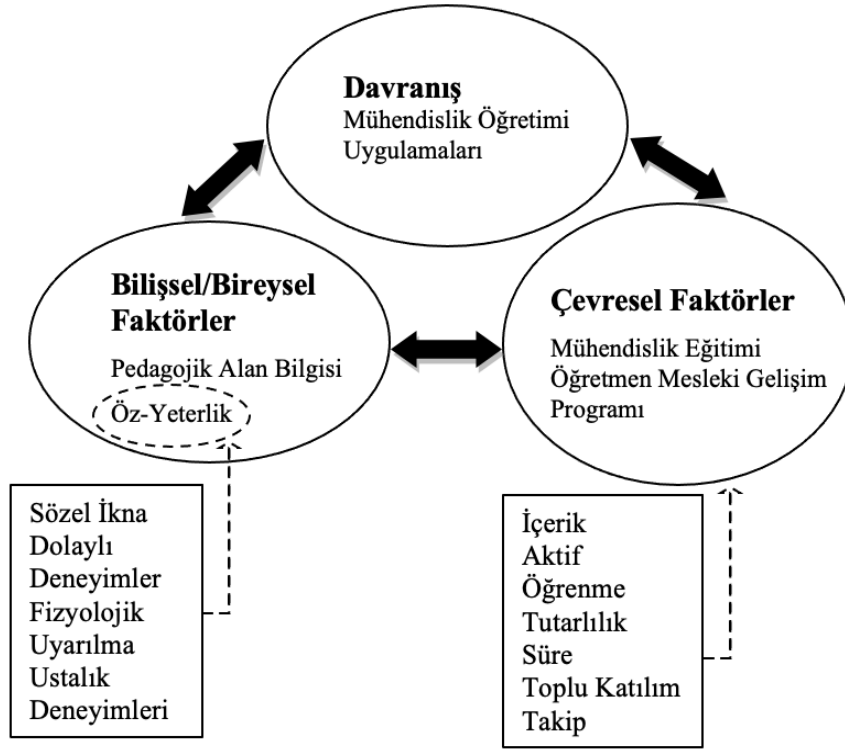
Öğretmenlerin sınıflarında mühendislik eğitime yaklaşım şekilleri, mühendislik öğretimi öz-yeterliği tarafından etkilenmektedir. Fen öğretimi öz-yeterliği konusunda geniş kapsamlı araştırmalar yapılmasına rağmen, mühendislik öğretimi öz-yeterliği ile ilgili alanda yapılan çalışma yetersizlik vardır (Hammack, 2016). Yoon ve ark. (2014) tarafından geliştirilen Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (TESS), literatürde yüzeye çıkması için K-12 mühendislik öğretiminin etkililiğini ölçmek için geliştirilen ilk geçerli ve güvenilir ölçek olma özelliğini taşımaktadır (Hammack, 2016; Ivey ve ark., 2016).

Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (Teaching Engineering Self-Efficacy Scale-TESS), K-12 öğretmenlerinin mühendislik eğitime ilişkin öz-yeterliklerini ölçmek için özel olarak geliştirilmiştir (Yoon ve ark., 2012, 2014). Toplam yirmi üç madde dört alt boyuttan oluşan Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (Yoon ve ark., 2014)'ne ilişkin bilgiler Çizelge 2.7'de sunulmuştur.

Çizelge 2.7 Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği

Ölçek ve Alt Boyutları	Alt Boyutun Tanımı	Cronbach'ın Alfa (α) Katsayısı	Madde Sayısı
Mühendislik Alan Bilgisinin Öz-Yeterliği	Öğretmenlerin, bir öğretim bağlamında faydalı olacağı mühendislik bilgisine dayalı, öğrencinin öğrenmesini kolaylaştırmak için mühendisliği öğretme yeteneklerine dair kişisel inançlarıdır.	0.96	9
Mühendislik Katılım Öz-Yeterliği	Öğretmenlerin, mühendisliği öğretirken öğrencilerin katılmalarını sağlama yeteneklerine dair kişisel inançlarıdır.	0.93	4
Mühendislik Disiplini Öz-Yeterliği	Öğretmenlerin, mühendislik faaliyetleri sırasında çok çeşitli öğrenci davranışlarıyla başa çıkma yeteneklerine dair kişisel inançlarıdır.	0.92	5
Mühendislik Sonuç Beklentisi	Öğretmenlerin öğretimlerinin, öğrencilerin mühendislik öğrenimlerine etkisine dair kişisel inançlarıdır.	0.89	5
Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliği	Öğretmenlerin, mühendislik öğretimi öz-yeterliğinin çoklu doğasını yansıtan öğrencilerin mühendislik öğrenmelerini olumlu şekilde etkileme yeteneklerine dair kişisel inançlarıdır.	0.98	23

Bu araştırmada ele alanından incelenen pedagojik alan bilgisi ve öz-yeterlik kavramları temel alan Bandura (1977)'nin karşılıklı determinizm modeli Şekil 2.14'te sunulmuştur.



Şekil 2.14 Araştırmanın Bandura (1977)'nin Karşılıklı Determinizm Modeliyle İlişkilendirilmesi

Sonuç olarak, Şekil 2.14'e göre öğretmenlerin öz-yeterliklerinin ve pedagojik alan bilgilerinin bu araştırma kapsamında çevresel faktör olarak sunulan K-12 mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programı ile davranış olarak mühendislik öğretime yönelik sınıf uygulamalarından etkilenebileceği ve bu faktörleri de etkileyebileceği söylenebilir.

2.2 İlgili Çalışmalar

2.2.1 Mühendislik Eğitimi Öğretmen Mesleki Gelişimiyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Bazı araştırmacılar, ilkokul öğretmenlerinin öğrencilerin mühendislik anlayışı üzerindeki etkisini iyileştirmek amacıyla, öğretmen içeriğini, PAB'ı veya her ikisini birden iyileştirmeyi amaçlayan mühendislik mesleki gelişim programlarının etkilerini incelemiştir (Cunningham ve ark., 2007; Duncan ve ark., 2011; Hsu ve ark., 2010; Hynes ve ark., 2010; Yoon ve ark., 2013a). Örneğin, Duncan ve ark. (2011) bir haftalık

INSPIRE mühendislik çalıştayının etkilerini değerlendirdi. Araştırmacılar, mesleki gelişim programı öncesinde ve sırasında öğretmenlere fotoğraf çektirerek ve günlük yansımaları yazdırmışlardır. Sonuç olarak, öğretmenler mühendisliği anlama becerilerinde önemli bir gelişme gösterdiklerini gözlemlemişlerdir.

Cunningham ve ark. (2007) çalışmalarında ortaokul ve ortaöğretim düzeyinde görev yapan fen, matematik ve teknoloji öğretmenlerine mühendislik kavramlarını tanıtan iki haftalık yüz yüze bir mesleki gelişim programı düzenlenmiştir. Araştırma sonucunda öğretmenlerin, mühendislik kavramları hakkında çok şey öğrendiklerini ve mühendislik öğretiminde daha hissettikleri sonucuna varılmıştır.

Hsu ve ark. (2010), EiE (Engineering is Elementary)'nin mühendislik tasarım süreci modelini öğreten bir haftalık çalıştaydan önce ve sonra sınıf öğretmenlerinin mühendislik tasarım sürecine ilişkin bilgilerini ölçmek için kendi dereceli puanlama anahtarını geliştirmişlerdir. Karma yöntem çalışmaları, gerçek bir mühendislik tasarım görevini tamamlamaları ve yorumlamaları istenen altmış iki öğretmenle pilot olarak uygulandı. Mühendislik mesleki gelişim programı ileri düzey öğretmen mühendislik tasarımı alan bilgisini tamamladılar.

Liu ve ark. (2009) çalışmasında INSPIRE ekibi tarafından düzenlenen bir haftalık yüz yüze yaz akademisi ve çevrim içi mesleki gelişim programı ile çevrim içi öğrenen topluluğu aracılığıyla, öğretmenlerin mesleki gelişimlerini sağlamak için bir dizi tasarım ilkelerini sunarken aynı zamanda K-6 mühendislik eğitimi öğretmen mesleki gelişimleri süreçlerini tanımlamayı amaçlamaktadır. Liu ve ark. (2009) çalışmalarında, ilköğretim mühendislik eğitimi üzerine çevrim içi öğretmen mesleki gelişim topluluğunun ihtiyaçlarını belirlemek için bir anket uygulamışlardır. Anket sonucunda katılımcıların çevrim içi öğretmen topluluğuna katılmaya istekli ve ihtiyacı olduğunu belirtmişlerdir. Mesleki gelişim programının etkililiğine ilişkin öğretmenlerin algılarını değerlendirmek için anket uygulamıştır. Programa katılan otuz altı öğretmenden otuzunun uygulamaya ilişkin algısının mükemmel olarak değerlendirdikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Daugherty (2010) çalışmasında ortaöğretim okullarında mühendislik eğitimine yönelik mesleki gelişim ilkelerini keşfetmeyi amaçlayan çoklu durum çalışması uygulamışlardır. Araştırmalarında durum olarak ele aldıkları, ortaöğretim

öğretmenlerine yönelik düzenlenen beş mesleki gelişim programını (Engineering the Future: Science, Technology, and the Design Process™, Project Lead the Way™, Mathematics Across the Middle School MST Curriculum, The Infinity Projectsm ve INSPIRE) karşılaştırmışlardır. Her bir duruma ilişkin verilerini ziyaret öncesinde, saha uygulamasında ve ziyaret sonrası aşamalarında ve görüşme, gözlem ve dokümanları çeşitleyerek toplamışlardır.

Hynes ve ark. (2010) çalışmasında üç ortaokul düzeyinde görev yapan matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik tasarım sürecine odaklanan bir mühendislik ünitesini öğretimine ilişkin öğretmenlerin mühendislik alan bilgisini incelemişlerdir. Hynes ve meslektaşları öğretmenlere mühendislik tasarım sürecini LEGO materyallerini kullanarak tanıtmıştır. Öğretmenlerle gerçekleştirilen görüşmeler ve sınıf içi gözlemlerden elde edilen veriler sonucunda, öğretmenlerin her birinin farklı şekillerde kullandığı farklı düzeylerde matematik, fen ve mühendislik bilgisine sahip oldukları ve matematik veya fen bilimleri ile nadiren bağlantı kurdukları sonucuna ulaşılmıştır.

Boots (2013) çalışmasında ABD'nin Güney merkezindeki bir okulda görev yapan 41 hizmet içi ilköğretim öğretmenin algılarını incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla öğretmenlerden, genel olarak başarılı bir öğretmen mesleki gelişim uygulamasını tanımlamaları istenilmiştir. Araştırmada Ulusal Personel Gelişimi Konseyi Mesleki Gelişim Anketi (2005), odak grup ve bireysel görüşmeler ile veriler toplanmıştır. Çalışma sonucunda öğretmenlerin mühendislerle güçlü ortaklıklar, mesleki gelişimi besleyici bir çevre ve öğretmenlerin katılımını oluşturan uygun çoklu seviyelerin gösterilmesi gerek duydukları ortaya çıkmıştır.

Guzey ve ark. (2014) çalışmalarında mühendislik entegrasyonuna odaklanan mesleki gelişim programının etkilerini incelemeye ve öğretmenlerin mesleki gelişim sonucu sınıflarında mühendisliği uygulamayı nasıl seçtiklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmaya bir yıllık mesleki gelişim programına katılan 3-6. sınıf ilköğretim toplam 198 öğretmen katılmıştır. Öğretmenlerin sınıflarındaki mühendislik uygulamalarını değerlendirmek için öğrencilerin çalışma ürünleri, ders planlarının dahil edildiği posterler veri toplama aracı olarak kullanmışlardır. Araştırma sonucunda, mesleki gelişim programına katılan öğretmenlerin çoğunluğunun mühendislik tasarım

derslerini sınıflarında etkin şekilde uyguladıkları ve öğretmenlerin bu başarısının uygulanan programın yapısıyla yakından ilişkili olduğu ortaya koyulmuştur.

Webb (2015) çalışmalarında; a) mühendislik öğretime ilişkin öz-yeterlik algılarının ve K-6 ilköğretim öğretmenlerinin alan ve PAB üzerine mühendislik mesleki gelişimin etkilerini incelemeyi ve b) öğretmenlerin öz-yeterliklerini etkileyen kaynakları açıklamayı ve tanımlamayı amaçlamışlardır. Mühendislik mesleki gelişme katılan toplam on ilköğretim öğretmeni ile yürüttükleri açılımlı sıralı desen karma araştırmasında, mühendislik tasarım dersi değerlendirme ölçeği, öğretmenlerin öz-yeterlik anketi, görüşme ve gözlem notları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mühendislik mesleki gelişim sonrası öğretmenlerin mühendislik öğretime ilişkin öz-yeterlikleri, alan bilgisi ve PAB'lerinde önemli bir deneyim kazandıkları ortaya çıkmıştır. Öte yandan, öğretmenlerin öz-yeterliklerindeki artışın esas olarak ustalık deneyimi ve mühendislik tasarım sürecinin benimseyerek büyüyen bir zihniyetin yetiştirilmesine dayandığı tespit edilmiştir.

Yoon ve ark. (2018) çalışmasında, bir haftalık mühendislik entegrasyonu mesleki gelişim programına katılan toplam üç yüz iki K-8 hizmet içi öğretmenlerinin mühendislik eğitime bakış açılarını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, öğretmenlerin uygulamalı etkinlikler yoluyla mühendislik hakkında bilgi sahibi olmayı tercih ettiklerini, mesleki gelişim programına katılan meslektaşları, eğitimciler, mühendisler ve öğrencilerle etkileşim kurma fırsatlarından keyif aldıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca Yoon ve meslektaşları, öğretmenlerin mühendisliğin farklı konulara entegre edilmesine izin veren yenilikçi öğretim stratejilerine, pedagojik alan bilgisine, etkinliklere ve mühendislik alanlarında da bilgi sahibi olmaya istekli oldukları sonucuna varmıştır.

Crawford ve ark. (2021) çalışmalarında nano-teknolojiye ilişkin alan bilgisi ve proje tabanlı öğrenme pedagojisi odaklı kırk beş saat süren bir lisans üstü kurs geliştirmişlerdir. Öğretmenler gruplar halinde çalışırken her iki ila üç haftada bir kendi ve grup üyelerinin uygulamalarını yansıtma oturumlarına olanak tanındı. Crawford ve meslektaşları, çeşitli üniversite öncesi öğretmenin katıldığı bu mesleki gelişim programının öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterliklerini artırdığını

ve öğretmenlerin gerçekleştirilen kursun teknik becerilerini geliştirmede etkili oldukları sonucuna ulaşmıştır.

ABD’de mühendislik konusunda çeşitli öğretmen mesleki gelişim programlarının (The Infinity Project, Engineering is Elementary, INSPIRE gibi) bulunması ve alanyazında bu alana yapılan çalışmaların yer almasına rağmen (Boots, 2013; Daugherty, 2010; Guzey ve ark., 2014; Liu ve ark., 2009; Reimers ve ark., 2015; Webb, 2015), ülkemizde mühendislik öğretimi odaklı mesleki gelişim çalışmasına rastlanmamıştır. Öte yandan öğretmenlere yönelik mühendislik öğretimine ilişkin çevrim içi mesleki gelişim programına ilişkin herhangi bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Yapılacak bu çalışma ile çevrim içi öğretmen mesleki gelişim programının fen bilimleri öğretmenlerinin MEPAB ve öz-yeterliklerine etkisi ortaya koyularak, bu alanda yapılacak gelecek çalışmalarına fikir sunacağı umulmaktadır.

Ulusal alan yazında yer alan çalışmalar arasında ise, Helvacı-Özacar (2018) yüksek lisans tezi çalışmasında Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) STEM projesi kapsamında düzenlenen öğretmen mesleki programına katılan 32 matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin ders planlarını incelemiştir. Öğretmenler, ders planlarını sınıflarında uygulamış ve programa katılan meslektaşlarıyla deneyimlerini paylaşmışlardır. Araştırmanın sonucunda, öğretmenlerin STEM ders planlarına mühendislik disiplinini entegre etmede anlamlı bir farklılık oluşturduğu sonucuna varmıştır.

Mesutoğlu ve Baran (2021) mühendislik entegrasyonu mesleki gelişim programları kapsamlı sistematik alanyazın taraması sonucu, K-12 öğretmenlerinin mühendisliğe karşı olumlu tutum ve inanca sahip oldukları, mühendislik, gerçek hayat ve toplum, mühendislik branşları, mühendisliğin disiplinlerarası doğası ve mühendisliğin işlevleri ve basamakları, mühendislik tasarım sürecine ilişkin bilgilerinde gelişim olduğu sonucuna varmıştır.

Sonuç olarak, alan yazında mühendisliğe ilişkin gerçekleştirilen mesleki gelişim çalışmalarının (Duncan ve ark., 2011; Sargianis ve ark., 2012; Utley ve ark. 2019, Yoon ve ark. (2013a, b, 2018) genellikle K-8 öğretmenlerinin mühendislik uygulamalarına ilişkin bilgilerini ve öz-yeterliklerini incelemeyi amaçladıkları ve yüz yüze gerçekleştirildiği söylenebilir.

2.2.2 Öğretmenlerin Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlikleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Öğretmenlerin öz-yeterlik inançları sınıf uygulamalarını doğrudan etkileyebilen bir faktör olduğu (Boriack, 2013) ifade edilmektedir. Yapılan bu araştırma ile öğretmenlerin fen eğitiminde mühendislik entegrasyonu öz-yeterlik inançlarının gelişmesi, öğretmenlerin sınıflarında etkili mühendislik öğretimi uygulamalarına neden olması ve nihai amaç olarak öğrencilerin bu konuda anlamlı öğrenmelerin gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Alanyazında öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterlik inançları inceleyen sınırlı sayıda çalışmanın yer almaktadır (Hammack, 2016; Ivey ve ark., 2016; Marquis, 2015; Sibuma ve ark., 2018; Utley ve ark., 2019; Vessel, 2011; Yoon ve ark., 2012, 2014; Webb, 2015).

Marquis (2015) çalışmasında, ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik eğitimi entegrasyonlarını desteklemeye yönelik bir mesleki gelişim programının etkileri incelenmiştir. Araştırmada, LEGO Eğitimi (bir parça birleştirme oyunu) yenilenebilir enerji müfredatı uygulanarak 5. sınıfta öğretim yapan 3 ilköğretim öğretmenin mühendislik öğretimi öz-yeterlik algıları geliştirilmesi hedeflenmiştir. Karma yöntem olarak yürütülen araştırmada, bireysel ve odak grup görüşmeleri ve mühendislik öğretim öz-yeterlik ölçeği kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda gerek nitel gerekse nicel bulgularda öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterlik algılarında gelişim olduğu, özellikle mühendislikte öğretim modülünün sunumu alt boyutu ve mühendislik pedagojik alan bilgilerinde anlamlı bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Webb (2015) çalışmasında, a) mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterlik algılarının ve K-6 ilköğretim öğretmenlerinin alan ve PAB üzerine mühendislik mesleki gelişimin etkilerini incelemeyi ve b) öğretmenlerin öz-yeterliklerini etkileyen kaynakları açıklamayı ve tanımlamayı amaçlamışlardır. Mühendislik mesleki gelişme katılan 10 ilköğretim öğretmeni ile yürüttükleri açımlayıcı sıralı desen karma araştırmasında, mühendislik tasarım dersi değerlendirme ölçeği, öğretmenlerin öz-yeterlik anketi, görüşme ve gözlem notları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mühendislik mesleki gelişim sonrası öğretmenlerin mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterliklerinde gelişim olduğu ortaya çıkmıştır. Öte yandan, öğretmenlerin öz-yeterliklerindeki artışın esas olarak ustalık deneyimi ve mühendislik tasarım sürecinin benimseyerek büyüyen bir zihniyetin yetiştirilmesine dayandığı tespit edilmiştir.

Hammack (2016) çalışmasında, ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik ve mühendislik tasarımı öğretmeye NGSS'in ön gördüğü şekilde hazır olma durumunu incelemeyi amaçlamıştır. Açımlayıcı sıralı karma yöntem çalışmasında, araştırmanın nicel aşamasına Oklahoma'dan beş yüz kırk iki K-5 fen öğretiminden sorumlu öğretmen katılmıştır. Ardından anketin alt boyutlarına yönelik öğretmenlerle bireysel ve odak grup görüşmeleri gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik öğretimini sınıflarında uygulamaya hazır olmadıklarını, mühendislik öğretimine ilişkin PAB ve öz-yeterliklerinin düşük olduğunu, mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin anlamalarının sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan öğretmenler, mühendislik etkinliklerini sınıflarında uygulamalarının yararlarını fark etmelerine rağmen, müfredatlarındaki mühendislik öğretimi için yeteneklerini destekleyecek fırsatların, materyallerin, eğitimin ve zamanın yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir.

Sibuma ve ark. (2018) çalışmalarında okul öncesi öğretmenlerinin mühendislik alan bilgisi, öz-yeterlikleri ve öğretim uygulamaları üzerine STEM entegrasyonlu müfredatın etkisini belirlemeyi amaçlayan bir pilot çalışma yapmışlardır. Deney ve kontrol gruplarından oluşan çalışmada Massachusetts'in merkezinde yer alan on yedi okul öncesi okulda "STEM'in Tohumları (The Seeds of STEM)" öğretim programını (öğretmenlerin mühendislik öğretimi bilgilerini oluşturmayı ve mühendislik tasarım sürecini öğretme yeteneklerini desteklemeyi amaçlamaktadır) uygulamışlardır. Araştırmada ölçme aracı olarak STEM ve mühendislik alan bilgisi, öz-yeterlik ve öğretim uygulamaları anketleri kırk iki okul öncesi öğretmenine uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, deney ve kontrol grubunun STEM ve mühendislik alan bilgisi, pedagojik alan bilgisi ve öğretim öz-yeterliklerinde bir gelişim gözlenmemiştir.

Utle ve ark. (2019) çalışmasında, mühendislik mesleki gelişiminin, hizmet içi sınıf öğretmenlerinin mühendislikle ilgili bilgi ve algıları ve mühendislik öğretimi öz-yeterliği üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu nicel yöntem araştırmasında, öğretmenlerin mühendisliğe ilişkin bilgilerini geliştirdiği ve mühendislik kavramlarını öğretmede öz-güvenlerinin arttığı sonucuna varılmıştır.

2.2.3 Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Alanyazında öğretmenlerin MEPAB'larına ilişkin yapılan sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır (Viiri, 2003; Hynes, 2007; Yu ve ark., 2012; Webb, 2015; Hammack, 2016). Örneğin Webb (2015) çalışmasında; a) mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterlik algılarının ve K-6 ilköğretim öğretmenlerinin alan ve PAB üzerine mühendislik mesleki gelişimin etkilerini incelemeyi ve b) öğretmenlerin öz-yeterliklerini etkileyen kaynakları açıklamayı ve tanımlamayı amaçlamışlardır. Mühendislik mesleki gelişme katılan toplam on ilköğretim öğretmeni ile yürüttükleri açımlayıcı sıralı desen karma araştırmasında, mühendislik tasarım dersi değerlendirme ölçeği, öğretmenlerin öz-yeterlik anketi, görüşme ve gözlem notları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mühendislik alan bilgisi ve PAB'larında önemli bir deneyim kazandıkları ortaya çıkmıştır.

Hammack (2016) çalışmasında ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik ve mühendislik tasarımı öğretmeye NGSS'nin ön gördüğü şekilde hazır olma durumunu incelemeyi amaçlamıştır. Açımlayıcı sıralı karma yöntem çalışmasında, araştırmanın nicel aşamasına Oklahoma'dan toplam beş yüz kırk iki K-5 fen öğretiminden sorumlu öğretmen katılmıştır. Ardından anketin alt boyutlarına yönelik öğretmenlerle bireysel ve odak grup görüşmeleri gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, ilköğretim öğretmenlerinin mühendislik öğretimini sınıflarında uygulamaya hazır olmadıklarını, mühendislik öğretimine ilişkin PAB ve öz-yeterliklerinin düşük olduğunu, mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin anlamalarının sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan öğretmenler, mühendislik etkinliklerini sınıflarında uygulamalarının yararlarını fark etmelerine rağmen, müfredatlarındaki mühendislik öğretimi için yeteneklerini destekleyecek fırsatların, materyallerin, eğitimin ve zamanın yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir.

Love ve Hugnes (2022) çalışmasında ABD'nin çeşitli eyaletlerinde görev yapan fen bilimleri öğretmenlerin mühendislik PAB'ına ilişkin formal ve inofrmal deneyimleriyle sınıf içi mühendislik eğitimi uygulamaları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmada öncelikle Love (2015) tarafından geliştirilen Teknoloji ve Mühendislik Eğitimsicilerinin Fen PAB (TEES PCK) Anketi kullanılarak toplam elli beş fen bilimleri öğretmenin formal ve informal öğretim deneyimleri hakkında veri toplanmıştır. Daha sonra amaçlı örnekleme ile bu araştırma grubundan sekiz öğretmen

belirlenmiştir. Bu öğretmenlerin mühendislik alan bilgi ve uygulamaları öğretimine ilişkin gözlem verileri Sawada ve ark. (2002) tarafından geliştirilen Love ve ark. (2017) tarafından uyarlanan Düzenlenmiş Öğretim Gözlem Protokolü (RTOP) ile mühendislik öğretimlerine ilişkin gözlem verileri toplanmıştır. Bu veriler alan ve ses kaydı notları, görüşmeler ve uygulanan ders planlarının içeriği ile desteklenerek öğretmenlerin mühendislik alan bilgisi ve uygulamaların öğretimi analiz edilmiştir. Sonuç olarak, çeşitli formal veya informal olarak öğretim deneyimlerinin katılımcıların mühendislik alan bilgisini ve uygulamalarını öğretmeyle önemli ölçüde ilişkili olduğu bulunmuştur.

Ulusal çapta yer alan çalışmalar incelendiğinde ise mühendislik eğitimi öğretmen mesleki gelişimi ile ilgili sadece Mesutoğlu (2017)'nin doktora tezi çalışmasına rastlanılmıştır. Mesutoğlu (2017) K-12 mühendislik eğitimi konusunda öğretmenlerin tutumlarını ve kavrayışlarını ölçmek ve izlemek için iki günlük çalıştay düzenlemiştir. Tasarım temelli yöntemin benimsendiği bu araştırma sonucunda, öğretmenlerin öğrenme ilerlemelerini üç farklı versiyonu ortaya koyulmuş ve öğrenme ilerlemeleri geliştirilmiştir.

Güler-Nalbantoğlu (2023) doktora tezi çalışmasında fen bilimleri öğretmen adaylarının STEM eğitime yönelik PAB gelişimlerini ders imecesi aracılığıyla incelemiştir. Çoklu durum deseni olarak gerçekleştirilen çalışmada, son sınıfta öğrenimlerini sürdüren dört öğrenci ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Dört ders imecesi öğretmenlik uygulaması kapsamında uygulanmış ve veriler görüşme, içerik gösterimi, gözlem teknikleriyle elde edilmiştir. Araştırmanın sonucunda uygulanan ders imecesi aşamalarının öğretmen adaylarının STEM eğitime ilişkin PAB'lerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Deseni

Araştırmada nicel ve nitel yöntemlerin birlikte kullanıldığı “İç İçe Karma Desen” benimsenmiştir. İç içe karma desende, nicel veya nitel desen bu iki yöntemden birisiyle birleştirilen bir desen içine yerleştirilir. Bu araştırmada nitel veri kaynakları, deneysel desen (nicel) sonuçlarının anlaşılması ve açıklamalarının iyileştirilmesi amacıyla ana desenin içine iliştilmiştir (Creswell ve Plano-Clark, 2015). Bunun için aşağıdaki aşamalar izlenmiştir:

1. Genel deneysel müdahale sürecini tasarlamak ve nitel verilerin hesaba katılmasının gerekçeleri üzerinde karar vermek.
2. Deneysel desenlerin iyileştirilmesi için nitel verilerin toplanması ve analizi,
3. Nicel çıktılı verilerin deneysel grup için toplanması ve analizi,
4. Nitel sonuçların deneysel prosedürleri ve deney sonuçlarının anlaşılabilirliğini nasıl güçlendirdiğini açıklamak.

Bu iç içe desen araştırmasında, temel nitel desen ana desen olan deneysel desen (nicel) içerisine yerleştirilmiştir. Nitel veri setleri iki amaç için deneysel desen içerisine eklenmiştir: bunlardan birisi nitel sonuçlarla nicel sonuçların geçerliliğini sağlamak ve diğeri ise deneysel süreçte öğretmenlerin yaşadığı süreci anlamak ve betimlemektir. Bu doğrultuda, MEPABT ve MÖÖÖ’den elde edilen nicel veriler, çevrim içi K-12 mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişim programının fen bilimleri öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi ve mühendislik öğretimi öz-yeterlik inançları üzerine bir etkisi olacağını tahmin eden bir hipotezi test etmek için kullanılmıştır. Nitel veri toplama aracı olarak kullanılan ders planları ve düşünce yazıları ise deneysel müdahale sürecinde nasıl bir gelişim olduğunu detaylı veriler toplamak için deneysel desen uygulaması sırasında toplanmıştır. Böylece iki farklı sonuç turu ayrı ayrı yorumlanarak, öğretmenlerin öğretim uygulamalarında ölçülen özelliklerin etkisine ilişkin nicel veri toplama araçlarının sınırlarının aşılmasına ve önceden tahmin edilemeyen faktörlere ilişkin derinlemesine bilgiler elde edilmesine olanak sunulmuştur.

Araştırmanın nicel yöntem boyutunda, zayıf deneysel desenlerden “Tek Grup Ön-Test ve Son-Test Desen” kullanılmıştır (Fraenkel ve ark., 2012). Tek grup ön-test ve son-test desende, bir grup üzerinde uygulanan deneysel işlemin bağımlı değişkene

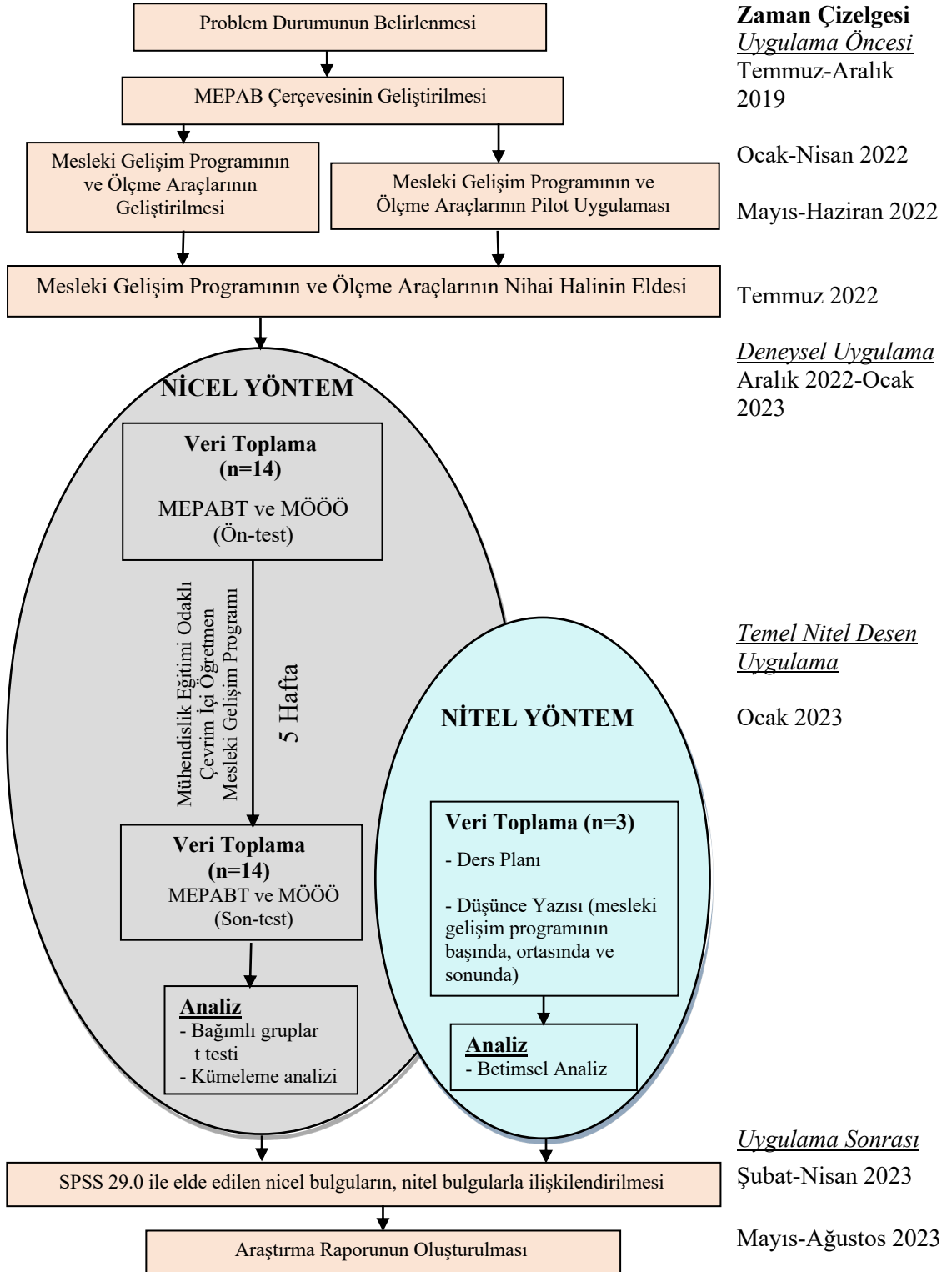
etkisi, ön-test ve son-test olarak aynı ölçme araçları kullanılarak test edilir (Büyüköztürk ve ark., 2014). Araştırmada deneysel grupta uygulanan mühendislik öğretimi mesleki gelişim programının öğretmenlerin öz-yeterlik ve pedagojik alan bilgilerine etkisi olup olmadığını tespit etmek amacıyla bu desenin kullanılmasına karar verilmiştir. Çizelge 3.1’de araştırma desenin gösterimi verilmiştir.

Çizelge 3.1 Araştırmanın Deneysel Desen Gösterimi

Grup	Ön-Test	Deneysel İşlem	Son-Test
Deney (n=14)	MEPABT MÖÖÖÖ	5 Haftalık Mühendislik Odaklı MEPABT Mesleki Gelişim Programı	MEPABT MÖÖÖÖ

Grupların eşleştirilmesi ve katılımcıların gruplara seçkisiz atanması deneysel çalışmalarda uygulanması gereken en önemli özelliklerden (dış değişkenlerin etkisini en aza indirmek ya da kaldırmak) birisidir (Fraenkel ve ark., 2016). Ancak bu çalışmada, fen bilimleri öğretmenlerinin mevcut sınıf içi/dışı uygulamalarında mühendislik entegrasyonunu sürekli kullanan bir kontrol grubu oluşturulamadığından, araştırmanın tek bir grup üzerinde yapılan uygulamalarla gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Müdahale uygulamasının bağımlı değişken üzerine etkisi, süreç içerisine gömülen nitel yöntem ile elde edilecek verilerle derinlemesine betimlemelerle açıklanmaya çalışılacaktır. Böylece benimsenen deneysel desenin sınırlılıkları aşılmasına çalışarak, araştırmanın iç geçerliğini artırma yoluna gidilmiştir.

Araştırmanın nitel yöntem boyutunda temel nitel araştırma deseni benimsenmiştir. Merriam (1998)’a göre temel nitel araştırma (basic qualitative study) araştırmacılar, bir olguyu, bir süreci veya ilgili kişilerin bakış açılarını ve dünya görüşlerini keşfetmeye, yorumlamaya ve anlamaya çalışırlar. Böylece araştırma bir sürecin kategoriler, faktörler, değişkenler, temalar biçiminde tasvir edilmesiyle sonuçlanır. Bu çalışmada, K-12 mühendislik öğretimi odaklı mesleki gelişim programının öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi ve mühendislik öğretimi öz-yeterlik inançlarına etki düzeyleri (düşük, yüksek vb.) her biri kendi içinde derinlemesine betimlenmiş, süreç tasvir edilmiş ve elde edilen sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 3.1’de araştırmanın deseni şematik gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırmanın Şematik Gösterimi

3.2 Çalışma Grubu

Araştırmanın evrenini, 2022-2023 eğitim öğretim yılı bahar döneminde Ordu ilinde görev yapan fen bilimleri öğretmenleri oluşturmaktadır. Temel karma yöntem örnekleme tekniklerinden amaçlı seçkisiz örnekleme tekniği (Teddlie ve Tashakkori, 2015) kullanılmıştır. Bu örnekleme tekniğinin seçkisiz olma özelliği olasılıklı örneklemeyle benzerdir ve çalışma grubunun az oluşu da amaçlı örnekleme özelliğini oluşturur. Bu örnekleme daha büyük bir araştırma bulgularının inanılabilirliğini artırmak için kullanılır (Teddlie ve Tashakkori, 2015). Bu doğrultuda, seçkisiz örneklemeyle il genelindeki altı ortaokul belirlenmiştir. Ordu İl Millî Eğitim Müdürlüğü (MEM) yoluyla okul müdürlerinden izin alındıktan sonra, ilgili okullardaki fen bilimleri öğretmenlerine çevrim içi mesleki gelişim programı hakkında bilgilendirilme yapılmıştır.

Ardından, az sayıda ve dikkatle seçilmiş örneklemeden derin bilgiler elde etmek için amaçlı örneklemede şu kriterler dikkate alınmıştır:

1. 5-8. sınıf fen bilimleri öğretmeni olmak,
2. Gönüllü Katılım Formu'nu doldurmuş olmak,
3. Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi'ni yanıtlamış olmak,
4. Mühendislik Öğretimi Öz-yeterlik Ölçeği'ni yanıtlamış olmak,
5. Çalışma kapsamında en az iki ders saati öğrencilerle gerçekleştirecekleri mühendislik eğitimi uygulaması için sınıfları müsait olmak ve
6. Araştırmaya aktif katılımında motivasyonu yüksek olmak.

Amaçlı örnekleme yöntemi (Patton, 2002) ile yukarıdaki kriterleri karşılayan on sekiz fen bilimleri öğretmenleri çalışma grubunu oluşturmuştur. Mesleki gelişim programının başlangıcında dört öğretmen araştırmadan ayrılarak toplam on dört öğretmen ile deneysel desen yürütülmüştür.

Nitel verileri toplamanın bir amacı da nicel sonuçlara en uygun katkı sağlayacak bireyler hakkında ayrıntılı bilgiler elde etmektir (Creswell ve Plano-Clark, 2015). Bu amaçla, araştırmanın nitel boyut çalışma grubu, mühendislik öğretimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan öğretmenler içerisinde maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Maksimum çeşitlilik örneklemede kendi içerisinde

benzeşik olan alt gruplar belirlenerek her bir gruptan derinlemesine inceleme yapmaya olanak sunacak olan birer öğretmen seçilerek nitel veriler analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, araştırmanın deneysel desen sonucundan elde edilen farklı üç kümeden birer öğretmen seçilerek her bir öğretmenin nitel bulgularının karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece farklı kümelerden seçilen öğretmenlerle ortak veya ayrılan yönleri ortaya çıkarılarak araştırma problemi daha geniş bir çerçevede betimlenerek yanıtlanmıştır.

3.3 Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama araçlarından MEPABT ve MÖÖÖ mesleki gelişim programının başında ve sonunda Google formlar platformu aracılığıyla; ders planı ve düşünce yazıları ise mesleki gelişimin gerçekleştirildiği web sitesine entegre edilerek sunulmuştur. Çizelge 3.2’de araştırmanın alt problemleriyle veri toplama araçlarının ilişkisi sunulmuştur.

Çizelge 3.2 Veri Toplama Araçlarının Araştırmanın Alt Problemleri, Yöntemi ve Veri Analizleriyle İlişkilendirilmesi

Alt Problem	Yöntem	Veri Toplama Araçları	Verilerin Analizi
1. Mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin, Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi (MEPABT) ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?	Zayıf Deneysel Desen	- MEPABT	- Bağımlı gruplar t testi - Betimsel istatistik analizi
2. Mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin, Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (MÖÖÖ) ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?		- MÖÖÖ	- K-ortalama kümeleme analizi
3. Uygulanan mesleki gelişim programı süresince gelişim düzeyleri farklı olan öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi ve mühendislik öğretimi öz-yeterlikleri nasıldır?	Temel Nitel Araştırma Deseni	- Ders planları - Düşünce yazıları	- Betimsel nitel analiz

3.3.1 Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi (MEPABT)

MEPABT öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonuna ilişkin pedagojik alan bilgisini ölçmeyi amaçlayan toplam on adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Aşağıda MEPABT’nin dört ana geliştirilme aşamaları (ölçülmek istenilen yapının belirtilmesi,

ölçme biçiminin belirlenmesi ve madde havuzunun oluşturulması, geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarının yapılması, geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarının yapılması ve ölçeğin son hâlinin verilmesi) sunulmuştur.

3.3.1.1 Ölçülmek İstenilen Yapının Belirtilmesi

Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi (MEPABT) fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonuna ilişkin pedagojik alan bilgisini ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, alanyazındaki PAB modelleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Ardından tipik olarak mühendislik yoluyla entegre edilen PAB'a ilişkin çalışmalar özel bir şekilde incelenmiştir. Sonuç olarak bu araştırma kapsamında geliştirilen MEPAB çerçevesi, geliştirilen MEPABT için kavramsal çerçeve olarak kullanılmıştır.

3.3.1.1.1 Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi (MEPAB) Çerçevesi

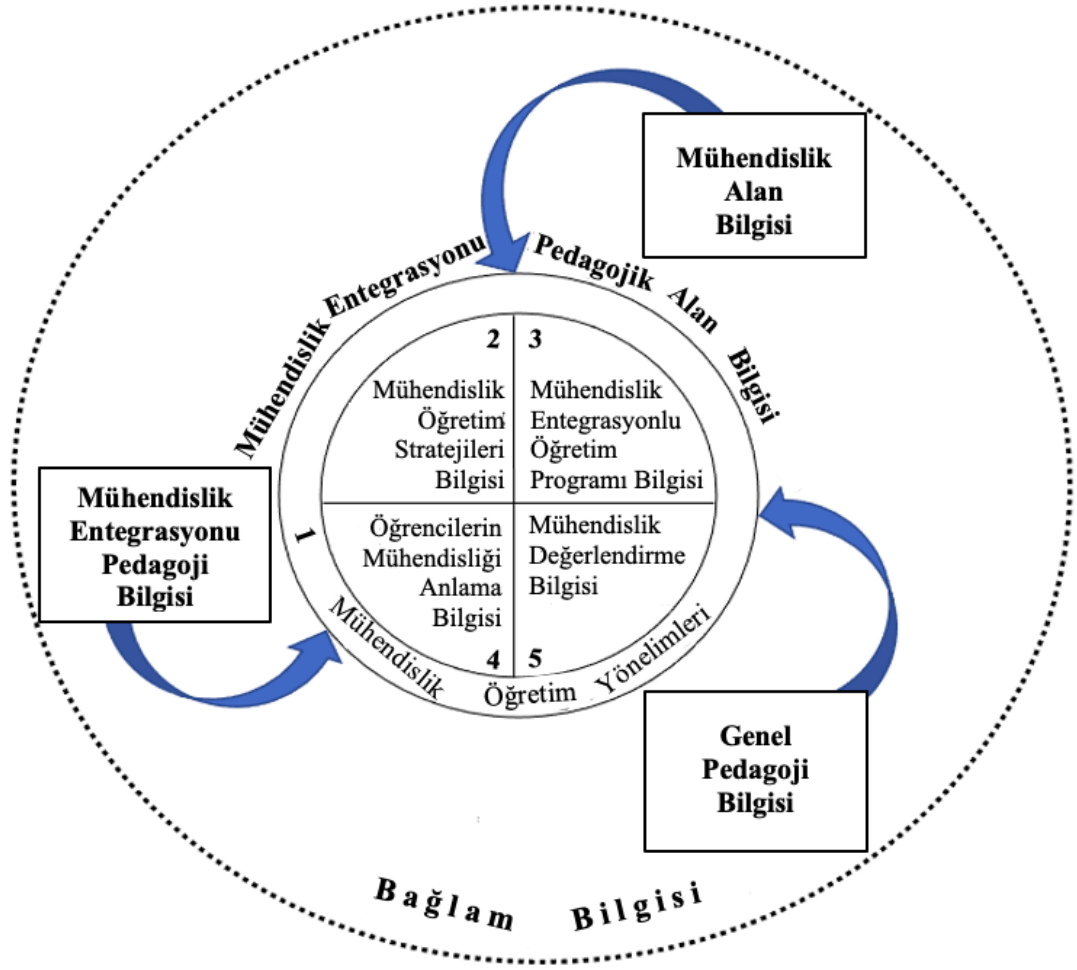
Shulman (1987)'a göre, “PAB, içerik ve pedagojinin, belirli konuların, problemlerin veya konuların nasıl düzenlendiği, temsil edildiği ve öğrencilerin farklı ilgi ve yeteneklerine göre nasıl uyarlandığı ve öğretim için nasıl sunulduğuna dair bir anlayışa karışmasını temsil eder.” (s. 8). Otuz yılı aşkın bir süredir birçok araştırmacı PAB konusunda çeşitli kavramsallaştırma çalışmaları yürütülmektedir (Abell, 2008; Cochran ve ark., Gess-Newsome 1999; Grossman 1990; 1993; Hashweh, 2005; Kind, 2009; Loughran ve ark., 2012; Magnusson ve ark., 1999; Park ve Oliver, 2008a; Van Driel ve ark., 1998). Bu modeller arasında Magnusson ve ark. (1999)'ın PAB modeli, hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmen eğitiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle alan bilgisi, genel pedagoji bilgisi ve bağlam bilgisi öğretmenlerin PAB'ını etkileyen temel alanlar olmuştur (Abell, 2008; Cochran ve ark., 1993; Gess-Newsome, 1999; Grossman, 1990).

Son yirmi yılda, araştırmacılar mühendislik eğitiminde öğretmenlerin pedagojik alan bilgilerini tanımlamak ve geliştirmek için çok sayıda çalışma yürütmüştür (Hammack, 2016; Hynes, 2007; Viiri, 2003; Yu ve ark., 2012; Webb, 2015; Yeter, 2021). Bu akademisyenler, genellikle Delphi yöntemleri gibi uzman görüşü çalışmalarını kullanarak ve bir değerlendirme aracı geliştirerek bir dizi model geliştirdiler (Hammack, 2016; Yeter, 2021; Webb, 2015). Sun ve Strobel (2014), ilkökul öğretmenleri için mühendislik PAB'ı, mühendislik içeriğini ilkökul sınıflarında anlaşılır ve öğretilbilir hale getirmeye yönelik yöntemler ve stratejiler olarak

tanımlamıştır. Hynes (2007) ortaokul mühendislik PAB'ı için beş kapsayıcı boyut altında on üç yeterlilik geliştirdi: a) öğrenci bilgisi, b) gerçek dünya örnekleri bilgisi, c) uygun örnek bilgisi, d) ders/tasarım yönetimi bilgisi etkinlik ve e) öğrencilerin anlamalarına yardımcı olmak için kullanılan stratejilerin bilgisi. Benzer şekilde, Yu ve ark. (2012) mühendislik öğretimi için K-6 öğretmen yeterlik modelinde PAB boyutlarını ve on sekiz yeterliliği ortaya koymuştur. Lau ve Multani (2018)'ye göre mühendislik PAB'ı, mühendislik problemlerini tanımlamayı ve sınırlamayı, çözümler tasarlamayı ve tasarımı optimize etmeyi içermelidir

MEPAB çerçevesinde önceden tanımlanan üç öğretmen bilgi alanına (mühendislik alan bilgisi, genel pedagoji bilgisi ve bağlam bilgisi) bir yenisini olan mühendislik entegrasyonu pedagoji bilgisi eklenerek toplam dört bilgi alanı belirlenmiştir (Şekil 3.2). Mühendislik entegrasyonu pedagojik bilgisi; mühendisliğin çok disiplinli doğasını yansıtan, mühendisliği farklı okul konularına (fen, matematik vb.) entegre etme yollarına odaklanan uzmanlaşmış bir bilgi alanıdır.

Ayrıca, K-12 mühendislik eğitimi (NAGB, 2010; NRC, 2012), ABD'nin NGSS ile ilgili çeşitli raporların kapsamlı sistematik inceleme analizinin bir sonucu olarak, pedagojik içerik bilgisini açıklamak için beş bileşen belirlenmiştir (MDSE, 2016; MDE, 2019; NGSS Lead States, 2013; ODE, 2014) ve mühendislik entegrasyonu ile ilgili çerçeveler (Guzey ve ark., 2016; Mathis ve ark., 2018; Moore ve ark., 2013, 2014a, b; Walker ve ark., 2018). Bu beş ana bileşen şunlardır: a) mühendislik öğretimi yönelimleri bilgisi, b) mühendislik entegrasyonlu öğretim programı bilgisi, c) öğrencilerin mühendisliği anlama bilgisi, d) mühendislik öğretim stratejileri bilgisi ve e) mühendislik değerlendirme bilgisi (Şekil 3.2). Ayrıca MEPAB alt bilgilerinden birisi çıkarılıp dört alt bilgi türü mühendislik PAB alanında uzman iki akademisyenin görüşünü alarak yenilenmiştir. Sonuç olarak, toplam sekiz alt bilgi türünü içeren MEPAB çerçevesi nihai haline getirilmiştir.



Şekil 3.2 Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi ve Diğer Öğretmen Bilgileri Arasındaki İlişki (Demirci ve Purzer, 2023)

Şekil 3.2'ye göre MEPAB, aşağıda açıklanan dört tür öğretmen bilgisini (alanlarını) etkiler:

A. Mühendislik Alan Bilgisi, öğretmenlerin mühendislik kavramları, mühendislik becerileri/uygulamaları ve mühendislik bilgisi hakkındaki bilgilerini ifade eder. Mühendislik kavramları, kısıtlamalar, sistemler, optimizasyon, ödünleşim (trade-offs) mühendislik analizi, işlevsellik ve verimlilik gibi kavramları içerir (Hynes, 2009; NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Mühendislik becerileri/uygulamaları arasında sistem düşüncesi, yaratıcılık, iyimserlik, iş birliği, iletişim, sebat ve etik düşünce/sorumluluk (NAE, 2010, 2019), gereksinimleri belirleme becerileri, sistemleri ayrıştırma, çözüm üretme, temsiller çizme ve oluşturma, görselleştirme, ilgi uyandırma, tartışmada en iyi çözümü savunmak ve yeniden tasarlamak, en iyi çözümü sunmak yer alır (Yu ve ark., 2012; NRC, 2012). Mühendislik bilgisi; a) mühendislik bilimini, b) mühendislik matematiğini ve c) mühendislik teknik uygulamalarını

(Advancing Excellence in P-12 Engineering Education & The American Society for Engineering Education [AE3 ve ASE], 2020) içerir.

B. Mühendislik Entegrasyonu Pedagoji Bilgisi, uygun pedagojiler (proje tabanlı öğrenme veya tasarım tabanlı öğrenme gibi), mühendisliğin günlük yaşamla bağlantıları ve mühendislik faaliyetlerine uygun materyaller hakkında derin bir anlayışa sahip olmayı ifade eder (Marquis, 2015). Bu bilgi, öğretmenlerin hangi mühendislik entegrasyonu yöntemlerinin hem içerik hem de öğretim amaçları ve hedefleri için en uygun olacağına karar vermelerini gerektirir.

C. Genel Pedagoji Bilgisi, öğretmenlerin sınıf yönetimi ve öğrenme teorileri gibi genel ilke ve stratejiler hakkındaki bilgisini ifade eder (Viiri, 2003). Öğrencilerin nasıl öğrendiği, sınıf yönetimi, ders planı geliştirme ve uygulama ve öğrencilerin anlamalarının değerlendirilmesi ile ilgili farklı teoriler hakkında genel bir bilgi biçimidir (Shulman, 1986; Koehler ve Mishra, 2008, 2009). Bu bilgi, öğretmenlerin bilişsel, sosyal ve gelişimsel öğrenme teorilerini ve bunları sınıflarında öğrencilere nasıl uygulayacaklarını anlamalarını gerektirir (Koehler ve Mishra, 2008, 2009).

D. Bağlam Bilgisi, öğrencilerin belirli öğrenme bağlamları, bölüm kuralları, okul ortamı, kültür, geçmiş deneyimler ve öğretimi etkileyen diğer bağlamsal faktörler hakkındaki bilgisini ifade eder (Grossman, 1990). Bağlamsal bilgi, kültüre olarak duyarlı pedagojilerin entegrasyonuna olanak tanır (Bond ve Russel, 2021).

Bu araştırmada MEPAB; mühendislik alan bilgisi, mühendislik entegrasyonu pedagoji bilgisi, genel pedagoji bilgisi ve bağlam bilgisini sınıf uygulamalarında birleştirilerek oluşan ve kendisini oluşturan bu dört farklı bilgi tabanlarından farklı bir bilgi türü ortaya çıkmıştır. Dönüştürücü modelde PAB; konu alan bilgisi, genel pedagoji bilgisi ve bağlam bilgisinin sentezinden oluşmaktadır (Gess-Newsome, 1999). Bu araştırmada öğretmenlerin performans göstergeleri, geliştirilen bu dönüştürücü MEPAB çerçevesi baz alınarak değerlendirilmiştir.

- Bileşen 1: Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi (MÖOB)

MÖOB, öğretmenlerin belirli bir okul konusuna (örneğin fen bilimleri) entegre edilecek mühendislik eğitimi ve öğrenci düzeyine uygunluğu hakkında amaç ve hedeflerinin bilgisinden oluşur. Mühendislik öğretim yönelimleri, MEPAB'ın diğer bileşenlerinden (mühendislik entegrasyonlu öğretim programı, öğrencilerin mühendislik anlayışı, mühendislik öğretim stratejisi ve mühendislikte değerlendirme) statü açısından daha yüksektir (Magnusson ve ark., 1999). Yapılabilir ve yönetilebilir mühendislik öğretim hedeflerini seçme bilgisini içerir (Yu ve ark., 2012). Öğretmenlerin mühendislik eğitime yönelik amaç ve hedefleri doğrultusunda oryantasyon türleri “kullanıcı merkezli tasarım”, “tasarım yap-test”, “mühendislik bilimi”, “mühendislik optimizasyonu”, “mühendislik analizi” ve “tersine mühendislik” şeklindedir (Çizelge 3.3).

- MÖOB alt bilgisi: “Belirli bir sınıf düzeyindeki mühendislik öğretiminin amaç ve hedeflerine ilişkin inancı ve bilgisi”

Çizelge 3.3 Mühendislik Öğretimine Yönelik Yönelimler ve Amaçlar (Purzer ve ark., 2022'den uyarlanmıştır)

Yönelimler	Amaç
Kullanıcı Merkezli Tasarım	Öğrenciler mühendislik zorluğunun kapsamını belirler ve kullanıcıların ihtiyaçlarına ve diğer paydaşlara öncelik vererek çözer.
Tasarla-İnşa Et-Test Et	Öğrenciler fiziksel olarak bir prototip oluşturur ve mühendislik sorununu çözmek için onu test eder.
Mühendislik Bilimi	Öğrenciler, kontrollü deneyler tasarlayarak yeni teknolojik bilgiler üretirler.
Mühendislik Optimizasyonu	Öğrenciler mevcut bir sistemin performansını optimize etmeye çalışırlar.
Mühendislik Analizi	Öğrenciler matematiksel çerçeveler geliştirerek verileri analiz eder ve mühendislik zorluklarını çözer.
Tersine Mühendislik	Öğrenciler, bir sistemi veya yapıları oluşturan parçaların ne olduğunu ve nasıl çalıştıklarını anlarlar.

- Bileşen 2: Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi (MEÖPB)

MEÖPB, mühendislik amaç ve hedefleri ile öğretim materyallerinden oluşur. Mühendislik amaç ve hedefleri yönü, çeşitli öğretim programlarında (fen bilimleri, teknoloji ve tasarım öğretim programları vb.) öğretilen mühendislikle ilgili amaç ve hedeflerin bilgisini ve mühendislik eğitimi ile ilgili mühendislik, fen ve matematiğe

ait kavramlara ve becerilerine ilişkin hedef kazanımları içerir. Öğretim materyalleri yönü, öğretmenin mühendislik öğretiminde kullanılan ders kitapları ve planlar gibi öğretimde kullanılan materyallerin hazırlanmasına ilişkin bilgisini içerir.

- MEÖPB alt bilgisi: “Mühendislik konu alanına özgü öğrenci ürünleri bilgisi”
- MEÖPB alt bilgisi: “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğinin amaç ve hedeflerine uygun ders materyali hazırlama bilgisi”

- Bileşen 3: Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi (ÖMAB)

ÖMAB, öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarının ve zorluklarının yönlerinden oluşur. Öğrenme gereksinimi yönü, öğretmenin mühendislik kavramları, becerileri/uygulamaları, öğrencilerin motivasyonları, ilgi alanları ve mühendislikle bütünleştirilmiş konuları etkili bir şekilde öğrenmek için gerekli olan ön bilgilerini içerir. Öğrenme zorlukları boyutu, öğretmenlerin öğrencilerin konu hakkındaki yanlış anlamaları gibi öğrenme zorlukları hakkındaki bilgilerini ve öğrencilerin mühendislik içeriğini öğrenmeden önce sahip olmaları gereken bazı bilgiler ve düşünme becerilerini içerir (Hynes, 2007; Yu ve ark., 2012).

- ÖMAB alt bilgisi: “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğiyle ilgili öğrencilerin öğrenme zorlukları bilgisi”
- ÖMAB alt bilgisi: “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğiyle ilgili öğrencilerin öğrenme öncesi sahip olmaları gereken ön bilgiler ve beceriler bilgisi”

- Bileşen 4: Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi (MÖSB)

MÖSB mühendislik öğretiminde konu alanına özgü öğretim stratejilerinden oluşur. Öğrencilerin mühendislik düşünme becerilerini ve uygulamalarını (Hynes, 2007; Yu ve ark., 2012) anlamaları ve kullanabilmeleri için, öğretmenin mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğinde kullandığı özel mühendislik stratejilerden (kullanıcı merkezli tasarım, tasarla-yap-test et, mühendislik bilimi, mühendislik optimizasyonu, mühendislik analizi ve tersine mühendislik) birisine ilişkin bilgisini içerir (Purzer ve ark., 2022).

- MÖSB Alt Bilgisi: “Mühendislik alanına özgü öğretim stratejileri bilgisi”

- Bileşen 5: Mühendislik Değerlendirme Bilgisi (MDB)

MDB, neyin ve nasıl değerlendirileceğinin yönlerinden oluşur. Değerlendirilen öğrenme ürünü yönü, öğretmenlerin mühendislik entegrasyonlu bir etkinliğin öğretiminde öğrenci ürünlerinden neyin ölçüldüğü ve değerlendirildiği hakkındaki bilgilerini içerir (Hynes, 2007; Yu ve ark., 2012). Ölçme ve değerlendirme yöntemi yönü, öğretmenlerin öğrenci ürünlerini hangi yöntemlerle nasıl ölçüldüğü ve değerlendirildiği hakkındaki bilgisini içerir (Yu ve ark., 2012).

- MDB Alt Bilgisi: “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğinde değerlendirilen öğrenme ürünü bilgisi”
- MDB Alt Bilgisi: “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliği öğrenme ürününün ölçülmesinde ve değerlendirmesinde kullanılan yöntemler bilgisi”

3.3.1.2 Ölçme Biçiminin Belirlenmesi ve Madde Havuzunun Oluşturulması

MEPABT, hizmet içi fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi düzeyini ölçmeyi amaçlayan bir bilgi testidir. Testi madde havuzunun oluşturulması aşamasında, bu araştırma kapsamında geliştirilen MEPAB çerçevesinin her bir bileşenini (mühendislik öğretim yönelimleri bilgisi, mühendislik öğretim bilgisi, mühendislik entegrasyonlu öğretim programı bilgisi, öğrencilerin mühendisliği anlama bilgisi ve mühendislik değerlendirme bilgisi) kapsayan on bir açık uçlu soru geliştirilmiştir. Ayrıca, PAB alanında yürütülen çalışmaların alana özgü ve konu bazlı yürütülmesi önerilmektedir (Alkış-Küçükaydın, 2018). Bu bağlamda, MEPABT’te yer alan sorular öğretmenin kendisinin belirlediği bir mühendislik entegrasyonlu konu çerçevesinde yanıtlanacak şekilde hazırlanmıştır. MEPABT’nin ilk hali EK 3’te sunulmuştur.

3.3.1.3 Geçerlik ve Güvenirlilik Çalışmalarının Yapılması

Ölçeğin kapsam ve görünüş geçerliliği için K-12 mühendislik eğitiminde pedagojik alan bilgisinde uzman iki akademisyenin görüşü alınarak testin maddeleri yeniden düzenlenmiştir. Düzenlemeler sonucunda on bir maddelik testten bir maddenin çıkarılmış, geri kalan maddeler için düzenlemeler yapılmıştır. MEPABT, araştırmanın pilot uygulamasında yedi fen bilimleri öğretmenine ön-test olarak uygulanmıştır. Yapılan pilot uygulama sonucunda testte muğlak, çok kapsamlı ve genel sorular olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ölçeğin uzman görüşü alındıktan sonra ilk halinde yer alan yedinci maddesi (Hangi mühendislik faaliyetinin uygun olduğunu düşünüyorsunuz? Bu süreci nasıl yönetirsiniz? Lütfen açıklayınız.) testten çıkarılmış ve toplam on açık uçlu sorudan oluşan nihai hali elde edilmiştir (EK 4). Ayrıca, MEPABT'nin bazı maddelerinin ilk ve son hali Çizelge 3.4'te sunulmuştur.

Çizelge 3.4 MEPABT'nin Bazı Maddelerinde Yapılan Düzenlemelerin Karşılaştırılması

İlk Halindeki Maddeler	Nihai Halindeki Maddeler
Soru 5- Öğrencilerinize bu mühendislik entegrasyonlu konuyu etkili bir şekilde öğretmek için, hangi mühendislik alanına özgü stratejiyi kullanırdınız?	Soru 2- Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, sınıfınızda hangi öğretim stratejisini (tersine mühendislik, mühendislik optimizasyon vb.) kullanırdınız? Nasıl? Lütfen açıklayınız.
Soru 3- Bu mühendislik entegrasyonlu konuyu (kavramlar/bilgi ve beceriler) kullanarak öğrencilerinize neleri öğretmeyi hedeflerdiniz?	Soru 4- Bu mühendislik entegrasyonlu etkinlik aracılığıyla, öğrencilerinize öğretim programında yer alan ve yer almayan hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) kazandırmayı hedeflerdiniz?
Soru 6- Öğrencilerinize bu mühendislik entegrasyonlu konuyu etkili bir şekilde öğretmek için, hangi mühendislik entegrasyonlu konuya özgü stratejiyi (gösterimler, etkinlikler, analogiler vb.) kullanırdınız? Bu süreci nasıl yönetirdiniz? Lütfen açıklayınız.	Soru 6- Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıflarınızda etkili bir şekilde uygulamak için öğrenim sürecinde bireysel/ekip halinde çalışan öğrencilerinize hangi mühendislik eğitimi uygulamalarını (nicel analiz, prototipleme vb.) kullanırdınız? Bunları nasıl uygulardınız?
Soru 11- Bu mühendislik entegrasyonlu konuda, mühendislikle ilgili bu öğrenci ürünleri için hangi değerlendirme yöntemlerini kullanırdınız? Lütfen açıklayınız	Soru 10- Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliğinizle ilgili öğrencilerinizin bu öğrenme ürünleri hakkında fikir sahibi olmak için hangi formal/informal ölçme ve değerlendirme yöntemlerini (örneğin, görüşme tekniği) kullanırdınız? Nasıl?

İlhan (2017) klasik test kuramına göre açık uçlu sorularla yapılan ölçme sonuçlarının güvenilirliğinde; test ve puanlayıcılar için hesaplanan güvenilirlik katsayılarına yer verildiğini ifade etmiştir. Bu nedenle, açık uçlu soruların değerlendirilmesi için geliştirilen bir dereceli puanlama aracının (rubrik) güvenilirlik çalışması yoluna gidilmiştir.

3.3.2 Analitik Dereceli Puanlama Aracı (Rubrik)

Araştırmada, fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisine ilişkin yeterliklerini değerlendirmek için bir dereceli puanlama anahtarı (rubrik) geliştirilmiştir. MEPABT'ten elde edilen veriler analitik rubrik kullanılarak puanlanmıştır.

3.3.2.1 Rubriğin Geçerlik Çalışması

İyi tanımlanmış puan kategorilerine sahip bir puanlama anahtarı, puanlayıcının kim olduğuna veya ne zaman tamamlandığına bakılmaksızın tutarlı puanlamanın sürdürülmesine yardımcı olmalıdır ve böylece değerlendiriciler arası güvenilirliği artırmaktadır (Moskal ve Leydens, 2000). Belirli bir değerlendirme tablosunun anlaşılabilirliğini değerlendirmek için Moskal ve Leydens (2000)'in önerdiği üç soru göz önünde bulundurulmuştur: 1) Puanlama kategorileri iyi tanımlanmış mı? 2) Puan kategorileri arasındaki farklar açık mı? ve 3) İki bağımsız puanlayıcı, puanlama anahtarına dayalı olarak belirli bir yanıt için aynı puana ulaşır mı? Bu sorular uzman görüşü alınırken dikkate alınarak rubriğin performans açıklamalarında düzenlemeler yapılmıştır.

Öncelikle, ön-test ve son-testten elde edilen veriler beş tur değerlendirilerek rubriğin taslak bir formu elde edilmiştir. Ardından, K-12 mühendislik eğitimi alanında bir profesörün uzman görüşü alınarak son hali elde edilmiştir. Mühendislik eğitiminde profesörün uzman görüşü alındıktan sonra, MEPAB'ın "Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi" bileşeninin kapsadığı MEPABT'nin birinci sorusuna (Sizce mühendislik eğitiminin en önemli amaç ve hedefleri nelerdir? Neden? Lütfen açıklayınız.) ilişkin rubriğin ilk ve son halleri Çizelge 3.5'te sunulmuştur.

Çizelge 3.5 MEPABT'nin Birinci Sorusuna İlişkin Performans Açıklamalarının Karşılaştırılması

Düzyey	Performans Açıklaması (İlk Hali)	Performans Açıklaması (Son Hali)
Boş (0 puan)	-	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Sadece mühendisliğin teknoloji ile ilişkisinden bahseder.	Mühendisliğin, sadece teknoloji veya toplumla ilişkisinden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Problem çözme, proje tabanlı öğrenme, bilimsel süreç becerileri ve tasarım kavramlarından bahseder.	Proje tabanlı öğrenme, bilimsel süreç gibi düşünme becerilerinden bahseder.
Yeterli (3 puan)	1) Kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun mühendislik problemini çözmek, 2) fiziksel bir prototip oluşturarak mühendislik probleminin çözümünü test etmek, 3) kontrollü deneyler yaparak yeni bir teknolojik bilgi üretmek, 4) mevcut bir sistemin performansını optimize etmek, 5) verileri analiz ederek geliştirdiği matematiksel modellerle mühendislik problemini çözmek ve 6) bir sistemi ve yapılarını oluşturan parçaların ne olduğunu ve nasıl çalıştığını anlamak ana cümleleriyle ilişkili bir amaç cümlesinden bahseder.	Altı (6) ana amaç cümlesinin sadece birini bahseder: 1) Kullanıcıların ihtiyaçlarını belirlemek ve buna uygun şekilde mühendislik problemini çözmek, 2) Fiziksel bir prototip oluşturarak mühendislik probleminin çözümünü test etmek, 3) Kontrollü deneyler yaparak yeni bir teknolojik bilgi üretmek, 4) Mevcut bir sistemin performansını optimize etmek, 5) Verileri analiz ederek geliştirdiği matematiksel modellerle mühendislik problemini çözmek, 6) Bir sistemi ve yapılarını oluşturan parçaların ne olduğunu ve nasıl çalıştığını anlamak.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitiminin altı amaç cümlesinden birisinden bahseder ve buna yönelik detaylı açıklamalarda bulunmuştur.	Mühendislik eğitiminin altı amaç cümlesinden birini bahseder ve buna yönelik detaylı açıklamalarda bulunmuştur.

Çizelge 3.5 incelendiğinde, sıfır puanına ait performansın düzeyinin ve açıklamasının rubriğin son haline eklendiği görülmektedir. Öte yandan “yetersiz”, “az gelişmiş” ve “yeterli” düzeylerine ilişkin açıklamaların anlaşılabilirliğini artırmaya yönelik düzenlemelerde bulunulduğu da söylenebilir.

3.3.2.2 Rubriğin Güvenirlik Çalışması

Rubriğin güvenilirliğinin sınanmasında puanlayıcılar arası uyum hesaplamaları kullanılmaktadır (Moskal ve Leydens, 2000). Bu nedenle, öğretmenlerin MEPABT'ye verdiği yanıtların güvenilirliğini hesaplamak için Kendall'ın uyum katsayısı hesaplanmıştır. Araştırma grubundan rastgele seçilen bir öğretmenin teste verdiği on soruya ilişkin yanıtları, birisi mühendislik eğitiminde profesör, birisi STEM eğitimi

uzmanı, ikisi STEM eğitimcisi ve birisi testi geliştiren araştırmacı ile toplam beş değerlendirici tarafından rubrik kullanılarak puanlanmıştır. Testten elde edilen yanıtlara ilişkin değerlendiriciler arasında uyum sonucu Çizelge 3.6'da sunulmuştur.

Çizelge 3.6 MEPABT'nin Değerlendiriciler Arası Uyum Analizi Sonucu

Madde	n	Ortalama	Ortalama Sıralaması	SS	Min	Maks	W*	Ki-Kare	sd	p
1	5	2.00	1.20	0.00	2	2	0.91	41.07	9	0.00**
2	5	3.00	4.40	0.00	3	3				
3	5	3.00	4.40	0.00	3	3				
4	5	4.00	8.70	0.00	4	4				
5	5	4.00	8.70	0.00	4	4				
6	5	3.00	4.40	0.00	3	3				
7	5	4.00	8.70	0.00	4	4				
8	5	3.60	7.10	0.55	3	4				
9	5	2.80	3.70	0.45	2	3				
10	5	2.80	3.70	0.45	2	3				

*: Kendall'in Uyum Katsayısı, **: $p < 0.05$

Beş farklı değerlendiricinin, öğretmenlerden birisinin on sorudan oluşan MEPABT yanıtları için yaptıkları değerlendirmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı derece uyum olduğu söylenebilir ($W=0.91$, $p < 0.05$). Elde edilen bu sonuca göre araştırmacının MEPABT'ten elde edilen yanıtlara yaptığı puanlamaların diğer değerlendiricilerle tutarlı olduğu söylenebilir.

3.3.3 Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği

Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (MÖÖÖ-Teaching Engineering Self-Efficacy Scale) Yoon ve ark. (2014) tarafından ABD'de görev yapan K-12 öğretmenlerinin mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterliklerini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir (Yoon ve ark., 2012, 2014). MÖÖÖ, kesinlikle katılmıyorum (1 puan) ile kesinlikle katılıyorum (6 puan) arasında değişen 6'lı likert yapısına sahip ve toplam 23 maddelik bir ölçektir. Bununla birlikte, ölçek toplam dört alt boyut içermektedir: a) Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisi Öz-Yeterliği, b) Mühendislik Katılım Öz-Yeterliği, c) Mühendislik Disiplin Öz-Yeterliği ve d) Mühendislik Sonuç Beklentisi.

2019 yılında sorumlu yazardan Türkçe'ye uyarlama izni alınan (EK 25) MÖÖÖ'nün Türkçe'ye uyarlanması Demirci (2022) tarafından Türkiye'nin kırk sekiz farklı illerinde görev yapan iki yüz seksen biri (%63) fen bilimleri öğretmeni ve yüz

altmış beşi (%37) teknoloji ve tasarım öğretmeni olmak üzere toplam dört yüz kırk altı öğretmenden elde edilen verilerle gerçekleştirilmiştir. MÖÖÖ'nün alt boyutları açısından hesaplanan Cronbach'ın alfa (α) iç tutarlılık katsayıları Çizelge 3.7'de sunulmuştur.

Çizelge 3.7 MÖÖÖ'ye İlişkin Güvenirlilik Analizi Sonuçları

Ölçek ve Alt Boyutları	Alt Boyutun Tanımı	Cronbach'ın Alfa (α) Katsayısı		Madde Sayısı
		Orijinal	Türkçe'ye Uyarlama	
Mühendislik Pedagojik Alan Bilgisinin Öz-Yeterliği (MPAB)	Öğretmenlerin, bir öğretim bağlamında faydalı olacağı mühendislik bilgisine dayalı, öğrencinin öğrenmesini kolaylaştırmak için mühendisliği öğretme yeteneklerine dair kişisel inançlarıdır.	.96	.94	9
Mühendislik Katılım Öz-Yeterliği (MKÖ)	Öğretmenlerin, mühendisliği öğretirken öğrencilerin katılmalarını sağlama yeteneklerine dair kişisel inançları.	.93	.95	4
Mühendislik Disiplini Öz-Yeterliği (MDÖ)	Öğretmenlerin, mühendislik faaliyetleri sırasında çok çeşitli öğrenci davranışlarıyla başa çıkma yeteneklerine dair kişisel inançları.	.92	.93	5
Mühendislik Sonuç Beklentisi (MSB)	Öğretmenlerin öğretimlerinin, öğrencilerin mühendislik öğrenimlerine etkisine dair kişisel inancı	.89	.87	5
Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliği	Öğretmenlerin, mühendislik öğretimi öz-yeterliğinin çoklu doğasını yansıtan öğrencilerin mühendislik öğrenmelerini olumlu şekilde etkileme yeteneklerine dair kişisel inançlarıdır.	.98	.96	23

MÖÖÖ'nün geçerlik ve güvenilirlik analizleri için elde edilen veriler toplam on dokuz eyaletten elde edilmiştir ve farklı öğrenim düzeylerine de uygulanarak geçerlik çalışmaları yapılması hedeflenmiştir (Yoon ve ark., 2014). Mühendislik öğretimi öz-yeterlik ölçeğinin orijinal formu toplam yirmi üç madde ve dört boyuttan oluşmaktadır (EK 5). Ölçeğin faktör yapısının Türkiye örnekleminde kuramsal yapıyı doğrulayıp doğrulanmadığını ortaya çıkarmak için Doğrulayıcı faktör analizi (DFA) kullanılmıştır. DFA sonuçlarına ilişkin uyum indeksleri Çizelge 3.8'de sunulmuştur.

Çizelge 3.8 Modele İlişkin Uyum İndeks Sonuçları

X ²	sd	X ² /sd	RMSEA [CI]	CFI	TLI	SRMR
664.656	224	2.967	.067 [.061-.073]	.945	.938	.036

3.3.4 Mühendislik Entegrasyonlu Ders Planı (MEDL)

Öğretmenlerin PAB'lerini belirlemek için genellikle ders planları kullanılmaktadır (Alkış-Küçükaydın, 2018). Bu araştırmada, öğretmenlerin MEPAB'larına ilişkin nicel yöntemden elde edilen verileri detaylandırmak için nitel veri toplama aracı olarak mühendislik entegrasyonlu ders planı (MEDL) kullanılmıştır. Bunun için, öncelikle MEPAB çerçevesinin her bileşenini kapsayan (1-mühendislik öğretim yönelimleri bilgisi, 2-mühendislik öğretim stratejisi bilgisi, 3-mühendislik entegrasyonlu öğretim programı bilgisi, 4-öğrencilerin mühendisliği anlama bilgisi ve 5-mühendislik değerlendirme bilgisi) bir şablon ile Mühendislik Entegrasyonlu Ders Planı (MEDL)'nin ilk hali elde edilmiştir (EK 6).

MEDL'nin kapsam ve görünüş geçerliğinin sağlamak amacıyla, pedagojik alan bilgisi alanında ve mühendislik eğitiminde iki akademisyenden alınan geri bildirimler sonucunda bazı kategorilerin açıklamalarında düzeltmeler yapılmıştır. Uzman görüşü sonrasında, ders planının beş kategorisinden (mühendislik entegrasyonlu konu", "öğrenci kazanımları", "hazırlıklar", "işleyiş ve "ölçme ve değerlendirme) "mühendislik entegrasyonlu konu" kategorisi çıkarılıp yerine "amaç" ve "mühendislik stratejisi" kategorileri eklenerek son hali elde edilmiştir (EK 7). Çizelge 3.9'da ders planının bazı kategorilerinde yapılan düzenlemeler sunulmuştur.

Çizelge 3.9 MEDL İlk ve Son Halindeki Bazı Kategorilerinin Karşılaştırılması

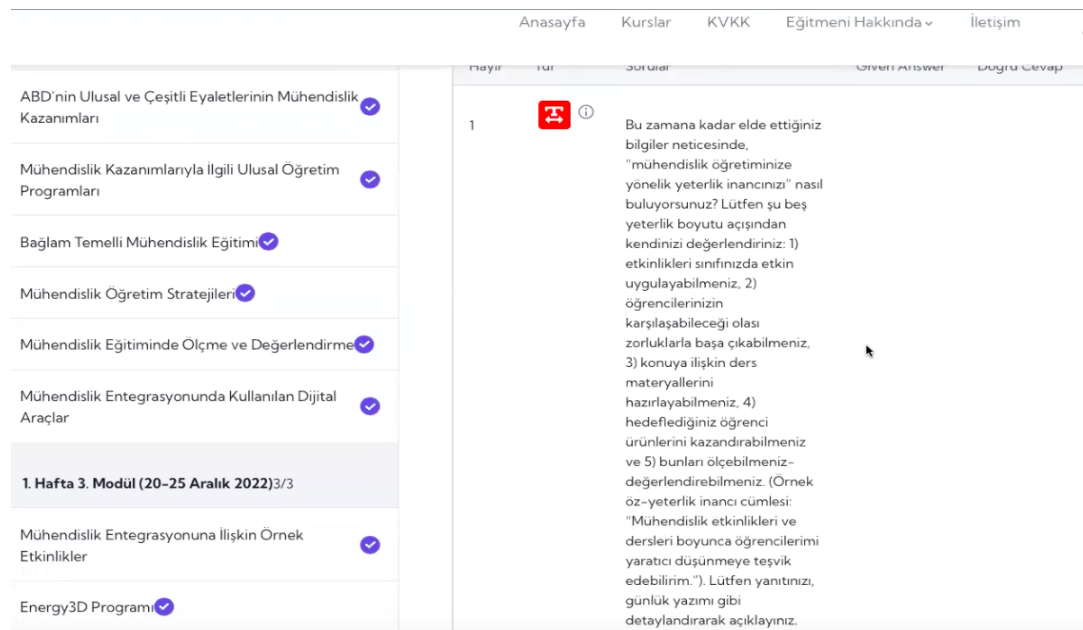
Kategorinin İlk Hali	Kategorinin Son Hali
<i>Öğrenci Kazanımları: (Öğrencilerinize bu konuda kazandırmayı hedeflediğiniz öğretim programında yer alan kazanımları lütfen belirtiniz. Ayrıca müfredatta yer almayan ancak kazandırmayı hedeflediğiniz bilgi ve becerileri de belirtiniz.)</i>	<i>Öğrenci Kazanımları: (Lütfen bu dersin uygulanmasıyla öğrencilerinize kazandırmayı amaçladığınız öğretim program(lar)ında yer alan öğrenci ürünlerini (kazanımları) belirtiniz. Ayrıca programda yer almayan ancak kazandırmayı amaçladığınız bilgi, beceri, tutum ve davranışları da belirtiniz.)</i>
<i>Hazırlıklar: (Lütfen bu konuda kullandığımız öğretim materyallerini belirtiniz. Ayrıca öğrencilerin karşılaşılabilecekleri olası zorluklara karşı nasıl önlem alacağınızdan da bahsediniz.)</i>	<i>Hazırlıklar: (Lütfen uygulamadan önce hangi etkinliği seçeceğinizi, kullanacağınız diğer öğretim materyallerini ve bunları nasıl oluşturacağınızı belirtiniz. Ayrıca öğrencilerin karşılaşılabileceği olası zorluklara karşı nasıl önlemler alacağınızdan da bahsediniz.)</i>

Çizelge 3.9 MEDL İlk ve Son Halindeki Bazı Kategorilerinin Karşılaştırılması (devamı)

Kategorinin İlk Hali	Kategorinin Son Hali
<p>Öğretim Süreci: (Lütfen a) bu konuyu öğretmek için genel mühendislik alan yolunu ve b) mühendislik konusuna özgü yolu nasıl izlediğinizi belirtiniz. Bu süreçten bahsederken öğrencilerinizin öğrenme ihtiyaçlarının neler olduğunu ve sizin bu ihtiyacı nasıl karşılayacağınızı da ifade ediniz.)</p>	<p>İşleyiş: (Lütfen bu konunun işlenmesinde izleyeceğiniz mühendislik alanına özgü stratejinizi [kullanıcı merkezli tasarım, tersine mühendislik vb.] ve kullanacağınız mühendislik eğitime ilişkin uygulamaları [grafik, nicel analiz, hesaplamalı düşünme vb.] belirtiniz. Bu süreçten bahsederken, öğrencilerinizin öğrenme ihtiyaçlarının neler olduğunu ve bu ihtiyaçları nasıl karşılayacağınızı da belirtiniz.)</p>

3.3.5 Düşünce Yazısı

Öğretmenlerin mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterlik inançları hakkında bilgi edinebilmek için mesleki gelişim programı süresince düşünce yazısı (reflection) yazmaları istenilmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen bu düşünce yazısı, MEPAB çerçevesinin her bileşenine ilişkin öğretmenlerin mühendislik öğretimi yeterlikleri hakkında düşüncelerini yazdıkları düz yazı metnidir. Uygulanan mesleki gelişim programının başında, sırasında ve sonunda olmak üzere öğretmenlerden üç kez düşünce yazısı yazmaları istenmiştir. Şekil 3.3'te mesleki gelişim programında öğretmenlere sunulan düşünce yazısının ekran görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 3.3 Öğretmenlerin Mühendislik Öğretimi Yeterliklerine İlişkin Örnek Bir Düşünce Yazısı

3.4 Veri Toplama Süreci

Araştırmada öğretmenlerden toplanan veriler ve uygulanan çevrim içi mesleki gelişim programının pilot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama sonrası veri toplama araçları ve mesleki gelişim programı asil uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Asıl uygulamada veri toplama süreci haftalara göre sunulmuştur.

3.4.1 Pilot Uygulama

Araştırmada örnekleme çerçevesinin asıl araştırma için etkili olup olmadığını, veri toplama araçlarının uygulanabilirliği ve tasarlanan araştırma protokolünün gerçekçiliği ve uygulanabilirliği sınanmıştır. Uygun örnekleme yoluyla belirlenen yedi fen bilimleri öğretmenleriyle pilot uygulamada gerçekleştirilen mesleki gelişim programının kapsamı ve işleyişi Çizelge 3.10'de sunulmuştur.

Çizelge 3.10 Çevrim İçi K-12 Mühendislik Eğitimi Odaklı Mesleki Gelişim Programının Pilot Uygulaması

Ay	Hafta	Uygulama	Dokümanlar
Nisan	11-17 Nisan 2022	Türkiye'nin ilgili komitelerinden Pilot Uygulama İzininin Alınması	Etik Kurul Onay Formu
	18-24 Nisan 2022	Gönüllü Katılım Formu Nicel Veri Toplama	MEPABT (n=7) MÖÖÖ (n=7)
	25-30 Nisan 2022	Tanışma, Modül 1 ve Modül 2	-
Mayıs	2-8 Mayıs 2022	Modül 3 ve Ders Planı Hazırlama	-
	9-15 Mayıs 2022	Ders Planı Hazırlama	-
	16-22 Mayıs 2022	Sınıfta Uygulama	-
	23-29 Mayıs 2022	Sınıfta Uygulama	-
	30 Mayıs – 5 Haziran 2022	Okulların Yıl Sonu Sınavları	-
Haziran	6-10 Haziran 2022	Sınıfta Uygulama	Sınıf Uygulamasına İlişkin Dokümanların Paylaşımı
	13-19 Haziran 2022	Nitel Veri Toplama Teşviklerin Sunulması	Mühendislik Entegrasyonlu Ders Planı (n=7) Düşünce Yazısı (n=7)

Pilot uygulama sonrasında geliştirilen modüllerin ve veri toplama araçlarının (test, ölçek, ders planı ve düşünce yazısı) öğretmenler tarafından yanıt verebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca mesleki gelişim programının tüm içerik yazılarına

öğretmenler tarafından çıktısı alınabilecek şekilde özellik eklenmiştir. Gerçekleştirilen toplantılara katılım sağlayamayan öğretmenler için toplantı kaydı tutulmuştur. Ayrıca mesleki gelişim programının süresinin olabildiğince kısa ve öz olmasının öğretmenlerin motivasyonu açısından olumlu etki oluşturduğu göz önüne alınarak asıl uygulamanın toplam 5 hafta olacak şekilde yeniden planlaması yapılmıştır. Mesleki gelişim programının ikinci aşaması olan mesleki öğrenen topluluğunda yaşanan teknik arıza yaşanması, asıl uygulama sırasında olası teknik arıza için yedek bir platform oluşturulması ihtiyacını doğurmuştur. Böylece mesleki gelişim programının tüm aşamaları yedeklenerek gerekli önlemler alınmıştır.

3.4.2 Asıl Uygulama

Alanyazında etkili öğretmen mesleki gelişimin özelliklerine yönelik öne sürülen çalışmaların dikkatlice incelenmesi sonucu (Darling-Hammond ve McLaughlin, 2011; Desimone, 2009; Garet ve ark., 2001; Guskey, 2002, 2003; Guskey ve Yoon, 2009; Hutchison, 2012) en sık altı özellik üzerinde durulduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında uygulanacak mühendislik eğitimi odaklı öğretmen mesleki gelişim programının aşağıda sunulan bu özelliklere göre yapılandırılmasına karar verilmiştir:

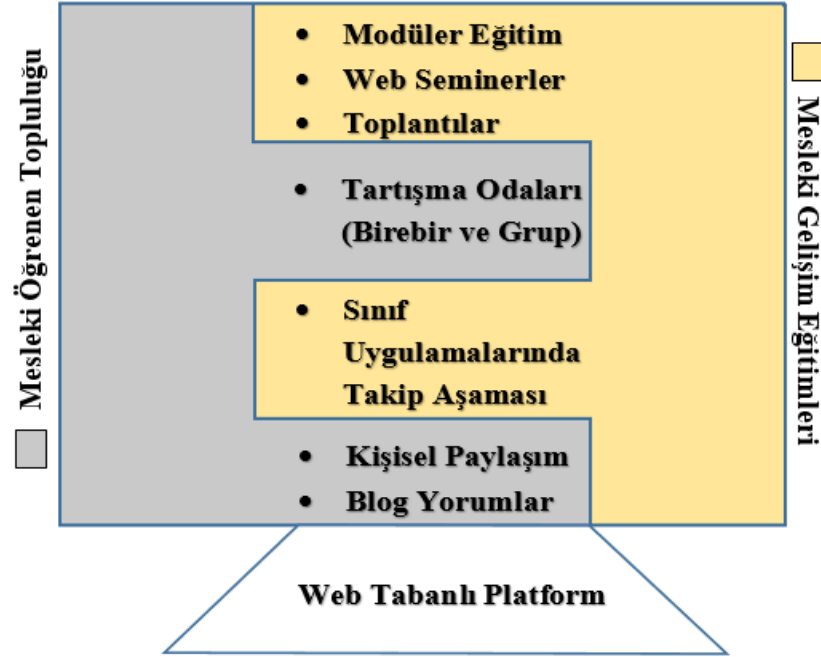
- **Etkinliğin Şekli:** Geleneksel çalıştay veya konferansa karşılık bir grup çalışması veya ağ oluşturma gibi yenilikçi türde olmasının altını çizmektedir (Garet ve ark., 2001).
- **Aktif Öğrenme:** Öğretim ve öğrenmenin anlamlı analizlerine (örneğin, öğretimlerine yönelik geribildirim almak veya öğrencilerin çalışmalarını gözden geçirerek) aktif katılmış olmak için öğretmenlere yönelik fırsatlar sunmanın altını çizmektedir (Garet ve ark., 2001). Öğretmenler gördüklerini paylaşarak, meslektaşlarıyla iş birliği yaparak, öğrencilere ve çalışmalarına yakından bakarak, tıpkı öğrencileri gibi yaparak, okuyarak ve yansıtarak öğrenirler (Darling-Hammond ve McLaughlin, 2011).
- **Süre:** Etkinliğin yer aldığı yerde harcanan zamana ek olarak katılımcıların etkinlikte harcadıkları toplam iletişim süresinin altını çizmektedir. Zamanın başarısı için çok önemli bir faktör olduğu bulundu. Temas saatlerinin sayısı, araştırmaya bağlı olarak beş ila yüz saat arasında geniş çapta değişirken; olumlu etkiler gösteren girişimlerin ise 30 veya daha fazla temas saatini içerdiği

saptanmıştır (Guskey ve Yoon, 2009). Guskey ve Yoon (2009), öğretmenlerle en az otuz saat temas içeren mesleki gelişim programlarının öğrenci öğrenmesini olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca, etkili mesleki gelişim için Garet ve ark. (2001) sürenin önemli bir özellik Desimone ve ark. (2002) ve Penuel ve ark. (2007)'ın çalışmaları sonucu, sürenin öğretmenlerin sınıf uygulamalarını etkileyen bir özellik olmadığını ifade etmiştir.

- **Tutarlılık:** Mesleki gelişim programında sunulan etkinliklerin ulusal standartlar ve değerlendirmelerle paralel ve öğretmenlerin hedefleriyle tutarlı deneyimleri bütünleştirmeye ve öğretmenler arasında mesleki iletişimi sürdürmeye teşvik etmesinin altını çizer (Garet ve ark., 2001).
- **Toplu Katılım:** Farklı okullardan bireysel olarak katılan öğretmenlere karşılık, aynı okuldan veya sınıf seviyesinden öğretmen gruplarının katılımıyla tasarlanmasının altını çizmektedir (Garet ve ark., 2001).
- **Takip:** Neredeyse öğrenci öğrenmesinde olumlu gelişmeler gösteren çalışmaların tümü, temel mesleki gelişim faaliyetlerinden sonra önemli miktarda yapılandırılmış ve sürekli takip aşaması içerdiğini ortaya koymaktadır (Guskey ve Yoon, 2009).

Guskey ve Yoon (2009)'ın etkili mesleki gelişim programlarının sahip olması gereken özelliklerden olan “takip (follow-up)” aşamasının eğitime dahil edilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla mesleki gelişim programının modüler eğitim aşaması sonrasında, öğretmenlerin sınıf uygulamalarına yönelik kendi aralarında ve uzmanlar arasında iş birliği ve iletişim kurmaları için mesleki öğrenen topluluğunun oluşturulmuştur. Böylece gerek öğretmenlerin kendi sınıflarında karşılaştıkları güçlüklerin uzmanlar/araştırmacılar tarafından takip edilmesi, gerekse öğretim uygulamalarının iyileştirilmesine yönelik fırsatlar sunacağı düşünülmektedir.

Çevrim içi mesleki gelişim programının web sitesi¹ iki bölümden oluşmaktadır: a) mesleki gelişim eğitimleri ve b) mesleki öğrenen topluluğu (Şekil 3.4). Mesleki gelişim programının ilk aşaması olan mesleki gelişim eğitimlerinde genel amaç; fen bilimleri öğretmenlerinin MEPAB'larını artırmak amacıyla web platformunda çeşitli kaynaklar sunmak ve uzmanlarla iletişim kurmalarını sağlamaktır. Bu ışık doğrultusunda, uzmanların yönetiminde mühendislik öğretimine ilişkin örnek etkinliklerin sunulması, öğretmenlerin meslektaşları tarafından kayıt altına alınan iyi uygulama örneklerinin paylaşılması sağlanmıştır. Ayrıca, öğretmenlerin fen konularında bağlam olarak mühendisliği nasıl kullanabileceklerine, ders planı hazırlamaya ve öğrencilerin öğrenme ürünlerini ölçme ve değerlendirmeye ilişkin aşamalı eğitim modül eğitimleri ve fen konularında mühendisliğin nasıl entegre edilerek öğretilbileceğine ilişkin bilgi veren sanal toplantılar sunulmuştur.



Şekil 3.4 Çevrim İçi Mühendislik Eğitimi Odaklı Mesleki Gelişim Programının Şematik Gösterimi

Mesleki gelişim programının ikinci aşaması olan mesleki öğrenen topluluğu, öğretmenlerin bir araya gelerek eğitim seanslarında öğrendiklerini yansıtmaları, eğitimin sınıflarda nasıl uygulanacağını, sınıf içi deneyimlerini ve kullandıkları

¹ <https://k12ee-pd.net/courses/universite-onesi-k-12-muhendislik-egitimi-mesleki-gelisim-programi/>

materyaller hakkında bilgi sahibi olarak dolaylı deneyim edinmelerine yardımcı olan bir platformdur. Bu sayede öğretmenler, mühendislik entegrasyonlu ders planlarını uygularken gözlemledikleri, öğrenciye fayda sağlayan deneyimlerini birbiriyle paylaşmaları sağlanmıştır. Ayrıca bu platformda, öğretmenler sınıf içi uygulamalarında karşılaştıkları sorunlar ve zorluklar hakkında uzmanlara ve meslektaşlarına danışabileceği tartışma odaları da oluşturulmuştur. Çizelge 3.11’de mesleki gelişim programının kapsamı ve işleyişi sunulmuştur.

Çizelge 3.11 K-12 Mühendislik Eğitimi Odaklı Çevrim İçi Mesleki Gelişim Programı Süreci ve İçerikleri

Hafta	Tarih	İçerik Başlığı	Dokümanlar
	15 Aralık 2022	• Etik Kurul Onayı ve İl MEM’den Uygulama İzninin Alınması	EK 1, EK 2
	16-19 Aralık 2022	• Ön-Test Uygulamaları (MEPABT ve MÖÖÖ)	EK 4, EK 5
Hazırlıklar		<u>Modül 1:</u>	
		• Programın İçeriği Hakkında Bilgilendirme	Sanal Toplantı (Şekil 3.7)
		• Neden K-12’de Mühendislik Öğretmelisiniz?	EK 10
		• Mühendislik Eğitiminin Önemi ve Gerekliliği	EK 11
		• Mühendislik Disiplinleri, Doğası, Kavramları ve Becerileri	EK 12
		• Mühendislik Meslekleri	EK 13
		• Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi Çerçevesi	EK 14
		• Mühendislik Tasarım Süreci	EK 15
		• Mühendislik Eğitimi Örnek Ders Planları	EK 16
		<u>Modül 2:</u>	EK 17
		• Fen ve Mühendisliğin İlişkisi	
		• Fen Eğitiminde Mühendislik Entegrasyonu	EK 18
		• ABD’nin Ulusal ve Çeşitli Eyaletlerinin Mühendislik Kazanımları	EK 19
	• Mühendislik Kazanımlarıyla İlgili Ulusal Öğretim Programları	MEB (2018a, b, c, d)	
	• Bağlam Temelli Mühendislik Eğitimi	EK 20	
	• Mühendislik Öğretim Stratejileri	EK 21	
	• Mühendislik Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme	EK 22	
	• Mühendislik Entegrasyonunda Kullanılan Dijital Araçlar	EK 23	

Çizelge 3.11 K-12 Mühendislik Eğitimi Odaklı Çevrim İçi Mesleki Gelişim Programı Süreci ve İçerikleri (devamı)

Hafta	Tarih	İçerik Başlığı	Kaynaklar
1	20-25 Aralık 2023	<u>Modül 3:</u>	
		<ul style="list-style-type: none"> Mühendislik Entegrasyonuna İlişkin Örnek Etkinlikler Energy3D Programı 	EK 16, EK 24 EK 24
2	26 Aralık – 1 Ocak 2022	<ul style="list-style-type: none"> Sınıfta Uygulama Bireysel Ders Planlarının Geliştirilmesi 	-
3	2-8 Ocak 2023	<ul style="list-style-type: none"> Sınıfta Uygulama Bireysel Ders Planlarının Geliştirilmesi Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliğine İlişkin Düşünce Yazısı 	Bkz. Şekil 3.3 (Düşünce yazısına bir örnek)
4	9-15 Ocak 2023	<ul style="list-style-type: none"> Ders Planlarının Geliştirilmesi Öğretmenlerin Deneyimlerini Birbirleriyle Paylaşması Mühendislik Entegrasyonlu Ders Planlarının Nihai Halinin Elde Edilmesi Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliğine İlişkin Düşünce Yazısı 	Bkz. Şekil 3.8 (Mesleki öğrenen topluluğunda öğretmenlerin deneyimlerini paylaşması)
5	16-22 Ocak 2023	<ul style="list-style-type: none"> Son-Test Uygulamaları (MEPABT ve MÖÖÖ) Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliğine İlişkin Düşünce Yazısı Teşviklerin Sunulması ve Kapanış (Katılım Sertifikası ve Bir Kitap Dükkânından Sanal Hediye Çeki) 	EK 4, EK 5

Mesleki gelişim programının birinci modülünde, öğretmenlere uygulanan mesleki gelişim programının “Programın İçeriği Hakkında Bilgilendirme” toplantısı gerçekleştirilmiştir. Bu toplantıda web sitesini geliştirilen uzman tarafından hazırlanan mesleki gelişim programına katılımları için cihazlarının (PC, tablet veya mobil telefon) sahip olması gereken donanımsal ve yazılımsal kriterler paylaşılmıştır. Programın başında iki öğretmen kişisel bilgisayarının olmamasından ve iki öğretmen görev aldığı okuldaki iş yükünden dolayı mesleki gelişim eğitim programının başında eğitimden ayrılmak zorunda kalmıştır. Tüm teknik alt yapısının eğitime uygunluğu sağlandıktan sonra, bu toplantıda eğitimlerin gerçekleştirildiği web sitesinin bölümleri ve öğretmenlerin bu programı başarılı şekilde tamamlamaları için yapılması gerekenler

hakkında bilgilendirmeler yapılmıştır. Mesleki gelişim eğitimlerini yürüten araştırmacı ve web sitesini geliştiren uzman tarafından, süreç boyunca gerekli durumlarda öğretmenlere bu teknolojik destekler çevrim içi destek platformda sunulmuştur. Ayrıca öğretmenlere mesleki gelişim programında web sitesini nasıl kullanılacaklarına yönelik araştırmacı tarafından hazırlanan rehber bir video yardımı sunulmuştur. Bu açıdan bakıldığında, bu çevrim içi mesleki gelişim programını gerçekleştirmem için ön gereksinim olan öğretmenlerin teknolojik pedagojik alan bilgi ve becerilerinin (kendi bireysel sayfalarında dokümanları yüklemeleri, e-posta yoluyla sorunlarını iletmeleri ve birbirileri arasında deneyimlerini paylaşmaları için bilişim sistemlerini kullanma vb.) yeterli düzeyde olması sağlanmıştır.

Modül 1, 2 ve 3'ün tamamlanması için öğretmenler beş günlük web sitesi üzerinden kaynakları sadece okuyarak incelemişlerdir. Ancak bu modüllerde yer alan bilgilere öğretmenler verilerin toplanması aşaması da dahil olmak üzere tüm mesleki gelişim programı boyunca dilediği zaman ulaşabilmişlerdir.

Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi: Mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 1.1. Neden K-12’de Mühendislik Öğretmelisiniz? (EK 10)”, “Modül 1.2. Mühendislik Eğitiminin Önem ve Gerekliliği (EK 11)”, “Modül 1.4. Mühendislik Meslekleri (EK 13)”, “Modül 2.1. Fen ve Mühendisliğin İlişkisi (EK 17)” ve “Modül 2.5. Mühendislik Öğretim Stratejileri (EK 21)” kaynakları öğretmenlerin “Belirli bir sınıf düzeyindeki mühendislik öğretiminin amaç ve hedeflerine ilişkin inancı ve bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir.

Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi: Mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 1.3. Mühendislik Disiplini, Doğası, Kavramları ve Becerileri (EK 12)”, “Modül 1.5. Mühendislik Tasarım Süreci (EK 14)”, “Modül 2.3. ABD’nin Ulusal ve Çeşitli Eyaletlerinin Mühendislik Standartları (EK 19)” ve MEB’in matematik, sosyal bilgiler, fen bilimleri, teknoloji ve tasarım dersi öğretim programları (MEB, 2018a, b, c, d) kaynakları öğretmenlerin “Mühendislik konu alanına özgü öğrenci ürünleri bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir. Ayrıca, mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 2.7. Mühendislik Entegrasyonunda Kullanılan Dijital Araçlar (EK 23)”, “Modül 3.1. Energy3D Programının Tanıtımı ve Örnek Etkinlik (EK 24)” kaynakları öğretmenlerin

“Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğinin amaç ve hedeflerine uygun ders materyali hazırlama bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir.

Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi: Mesleki öğrenen topluluğunda ve öğretmen önderliğinde öğretmenlerin sınıf uygulamalarında karşılaştıkları olası öğrenme zorluklarına yönelik çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 1.3. Mühendislik Disiplini, Doğası, Kavramları ve Becerileri (EK 12)” kaynağı öğretmenlerin “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğiyle ilgili öğrencilerin öğrenme öncesi sahip olmaları gereken ön bilgiler ve beceriler bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir.

Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi: Mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 1.6. Mühendislik Tasarım Süreci (EK 15)”, “Modül 1.7. Mühendislik Eğitimi Örnek Ders Planları (EK 16)”, “Modül 2.2. Fen Eğitiminde Mühendislik Entegrasyonu (EK 18)”, “Modül 2.4. Bağlam Temelli Mühendislik Eğitimi (EK 20)” ve “Modül 2.5. Mühendislik Öğretim Stratejileri (EK 21)” kaynakları öğretmenlerin “Mühendislik alanına özgü öğretim stratejileri bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir.

Mühendislik Değerlendirme Bilgisi: Mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 1.3. Mühendislik Disiplini, Doğası, Kavramları ve Becerileri (EK 12)”, “Modül 2.6. Mühendislik Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme (EK 22)” ve MEB’in matematik, sosyal bilgiler, fen bilimleri, teknoloji ve tasarım dersi öğretim programları (MEB, 2018a, b, c, d) kaynakları öğretmenlerin “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliğinde değerlendirilen öğrenme ürünü bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir. Ayrıca, mesleki gelişim eğitimlerinde sunulan “Modül 2.6. Mühendislik Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme (EK 22)” kaynağı öğretmenlerin “Mühendislik entegrasyonlu bir öğretim etkinliği öğrenme ürününün ölçülmesinde ve değerlendirmesinde kullanılan yöntemler bilgisi” MEPAB alt bilgi türünü geliştirilmeye hedeflemektedir.

Mesleki gelişim programında öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterliklerini geliştirmek için ise Bandura (1997)’nin öne sürdüğü dört faktör geliştirilme yoluna gidilmiştir:

- Öğretmenlerin sınıflarında mühendislik entegrasyonlu bir etkinliği uygulamalarıyla öğretmen öz-yeterliklerinin ustalık deneyimleri” bileşeninin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir.
- Gerek öğretmenlerin mesleki öğrenenler topluluğunda benzer mühendislik öğretimlerini başarıyla uygulayan meslektaşlarıyla gerekse uzmanların kendi başarılı deneyimlerini paylaşma yollarıyla öğretmen öz-yeterliklerinin “dolaylı deneyim” bileşeninin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir. Ayrıca öğretmenlerin örnek ders planlarının da mesleki gelişim eğitimlerinde paylaşılması da bu bileşeni geliştirilmesi hedeflenmiştir.
- Eğitmenin ve uzmanların toplantılarda bilgilendirici paylaşımlarla cesaretlendirici ve destekleyici davranışlarda bulunması öğretmen öz-yeterliklerinin “sözlü ikna” bileşeninin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir.
- Öğretmenlerin mesleki gelişim programı boyunca duydukları başarı ve güven duygularının desteklenmesiyle “Psikolojik ve fizyolojik durumlar” bileşeninin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir.

Şekil 3.5’te ve Şekil 3.6’da çevrim içi mesleki gelişim programının modüler eğitim içeriklerinin ekran görüntüleri sunulmuştur.

The screenshot shows a web application interface for a professional development program. The page is titled "Mühendislik Entegrasyonuna İlişkin Örnek Etkinlikler". The left sidebar shows a list of modules, with the first one selected: "1. Hafta 1. Modül (20-25 Aralık 2022)7/7". The main content area displays a list of resources and a link to a website for more information.

Aşağıdaki kaynaklara ulaşmak için ilgili yazıların üzerine tıklayınız.

1. NASAnın en iyi öğrencileri
2. Su Artımı
3. Ayda Bir Geziye Çıkıyoruz
4. Bir Makine Tasarımcısı Olmak
5. Bitkilere Doğrudan Su Akışı (9-12 Yaş)

Günlük Malzemelerle Bir Planör Yapımı

Daha fazlası için
<https://www.teachengineering.org/curriculum/browse> sayfasını ziyaret ediniz

Şekil 3.5 Mesleki Gelişim Eğitimlerinin Birinci Modülünde Yer Alan Eğitimler

Şekil 3.6 Mesleki Gelişim Eğitimlerinin İkinci ve Üçüncü Modüllerde Yer Alan Eğitimler

Mesleki gelişim eğitimlerinde öğretmenler sanal toplantılara Zoom platformu üzerinden katılım göstermişlerdir. Katılmayanlara ise toplantı kayıtları ayrıca gönderilerek tüm öğretmenlerin içeriklerinden bilgi sahibi olması sağlanmıştır. Şekil 3.7’de mesleki gelişim programında sunulan sanal toplantılardan ekran görüntüleri sunulmuştur.

The image shows a web application interface for a course. The top navigation bar includes 'Anasayfa', 'Kurslar', 'KVKK', 'Eğitmeni Hakkında', and 'İletişim'. The main content area is divided into two columns. The left column displays a course plan with the following items:

- Mühendislik Entegrasyonlu Ders Planı
- 2. Hafta (26 – 30 Aralık 2022) 1/2
 - 2. Toplantı
 - Düşünce yazıları (Reflection)
- 3. Hafta (3-9 Ocak 2023) 0/2
 - 3. Toplantı
 - Düşünce yazıları (Reflection)
- 4. Hafta (10-16 Ocak 2023) 0/2
 - Düşünce yazıları (Reflection)

The right column displays the content for the '2. Toplantı' (Meeting 2) section, titled '1- Kullanıcı Merkezli Tasarım' (User-Centered Design). The text discusses user-centered design and provides examples of design problems and solutions. Below the text, there is a notification box that reads: 'The video conference has expired. Please contact your instructor for further information.' The notification also includes the meeting date: 'Meeting Date: 25 Dec, 2022 - 09:00 PM' and the host email: 'Host Email: flizdemirci@gmail.com'.

Şekil 3.7 Mesleki Gelişim Eğitimleri Sürecinde Gerçekleştirilen Sanal Toplantılar²

² Bu ekran görüntüsünde öğretmenlerin kişisel bilgileri ve araştırmacının yüzü kişisel verilerin korunması kanunu gereğince siyah şerit ile gizlenmiştir.

Toplam dört sanal toplantı oturumlarında öğretmenlere aşağıdaki ana içerikler sunulmuştur:

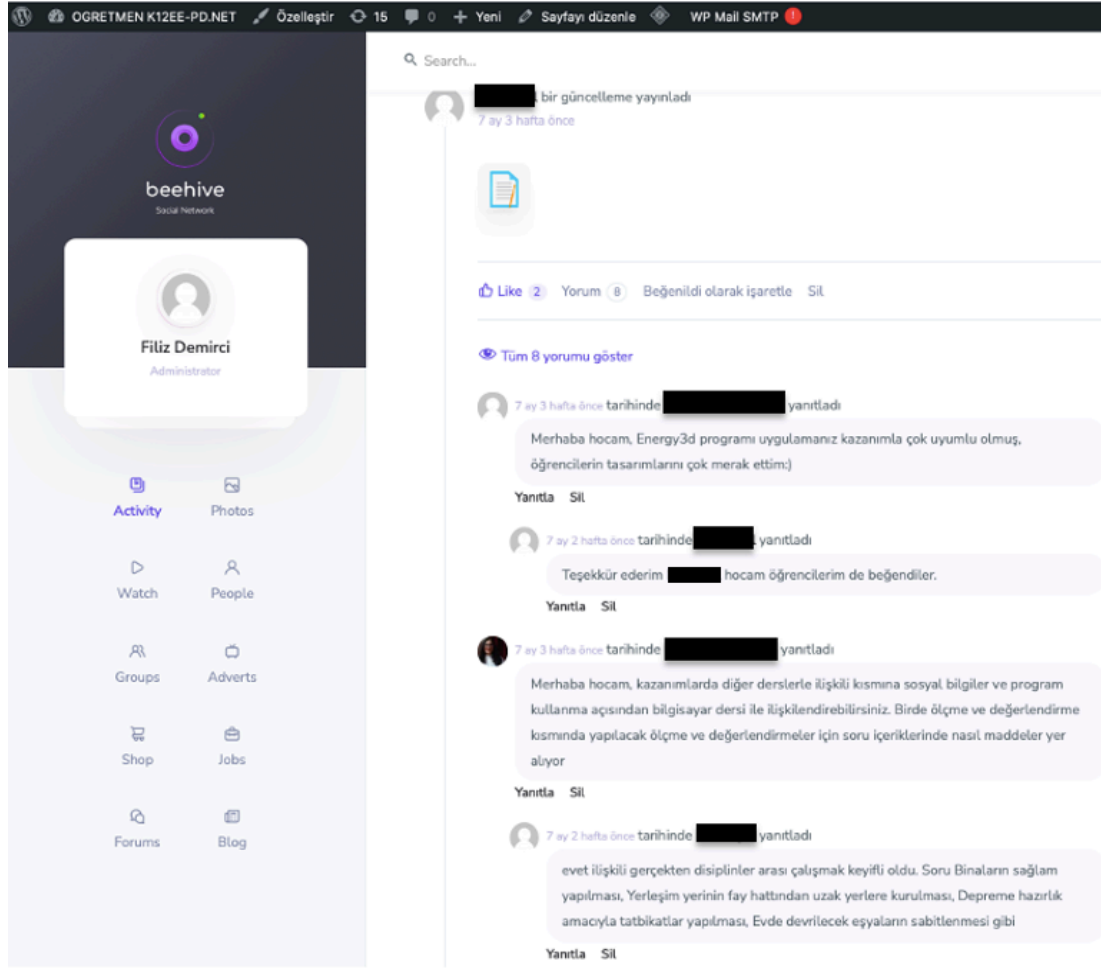
1. Toplantı: Bu toplantıda eğitimin amaç ve kapsamı, uzmanların tanıtılması, web sitesinde kayıt oluşturma ve içerikleri görüntüleme konusunda bilgilendirme yapılmıştır.

2. Toplantı: Bu toplantıda öğretmenlerin sınıfta uyguladıkları mühendislik eğitimi etkinliklerine ilişkin kullandıkları materyalleri, elde ettikleri deneyimlere yönelik ders planlarının, videoları ve fotoğrafları, mesleki öğrenenler topluluğunda nasıl paylaşacakları konusunda bilgilendirilmiştir. Buna ek olarak öğretmenlerin bireysel olarak geliştirecekleri ders planı hakkında bilgilendirilme yapılmıştır. Ayrıca, öğretmenlerin web sitesinde yer alan dokümanlara yönelik var olan soruları yanıtlanmıştır.

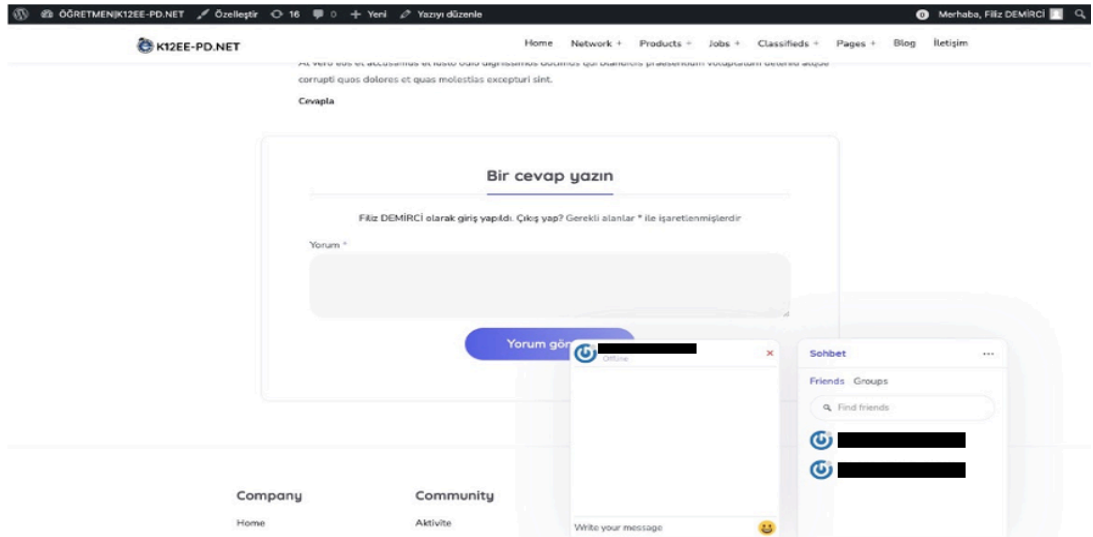
3. Toplantı: Bu toplantıda öğretmenlerin sınıflarında mühendislik öğretirken karşılaştıkları zorluklar ve bunlarla nasıl başa çıkacakları hakkında çözüm önerileri konusunda mühendislik ve fen eğitimi uzmanlarına danışmışlardır.

4. Toplantı: Bu toplantıda MEPABT'nin son test uygulamasına, katılım belgeleri ve sanal hediye çekinin sunulması hakkında bilgilendirilme yapılmıştır. Öğretmenlerin eğitime dair duygu ve düşüncelerini paylaşmasıyla kapanış konuşması gerçekleştirilmiştir.

Ayrı bir sayfa olarak geliştirilen mesleki öğrenenler topluluğunda, öğretmenlerin kişisel sınıf içi uygulamalarını paylaşabilmekte ve diğer öğretmenlerin paylaşımlarına yorum yapabilmekte, bu sayede dayanışma ve birbirlerinden öğrenme sağlanmaktadır. Şekil 3.8'de mesleki öğrenenler topluluğunda öğretmenlerin sınıf içi uygulamaları hakkında birbirilerine yaptıkları yorumlar sunulmuştur. Ayrıca bu platformda öğretmenlerin gerek uzmanlara gerekse meslektaşları ile aralarında etkileşimde bulunmaları için bir çevrim içi sohbet platformu oluşturulmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3.8 Mesleki Öğrenen Topluluğunda Öğretmenlerin Sınıf Uygulamaları Hakkında Dayanışmaları



Şekil 3.9 Mesleki Öğrenen Topluluğu'nda Öğretmenlerin Birebir veya Grup Olarak Mesajlaşabilecekleri Bir Platform

3.5 Verilerin Analizi

Araştırmanın nicel yönteminden elde edilen verilerin analizinde SPSS 29.0 paket programından yararlanılmıştır. Araştırmanın birinci ve ikinci alt problemleri yanıtlamak için MEPABT ve MÖÖÖ'den elde edilen ön-test ve son-test verileri parametrik test varsayımlarını karşıladığından bağımlı gruplar için t-testi kullanılmıştır. Bağımlı gruplar için t-testi; aynı veri kaynağı üzerinde art arda yapılan iki ölçüme ait veri değerleri ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemeye yardımcı parametrik bir test tekniğidir (Can, 2014). Ayrıca öğretmenlerin ön-test ve son-test uygulamalarındaki MEPABT ve MÖÖÖ düzeylerini belirlemek için betimsel istatistik analizi uygulanarak, ölçme araçlarının her bir boyutuna ilişkin ortalama, standart sapma, yüzde ve frekans değerleri incelenmiştir. Araştırmada anlamlılık düzeyi (p) 0.05 olarak benimsenmiştir. Ayrıca nicel analiz sonucu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmesi durumunda ise bu etkinin büyüklüğü hakkında bilgi sahibi olabilmek için etki büyüklüğü (d) hesaplanmıştır. Etki büyüklüğünün (d) değeri 1'in üzerinde ise bu etki seviyesi çok yüksek olarak yorumlanır (Morgan, 2004).

Ayrıca hem MEPABT hem de MÖÖÖ'ten elde edilen ön-test ve son-test ortalama puanlar kullanılarak normalleştirilmiş kazançlar (g) Hake (1998)'in aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (1.1).

$$g = (\text{son-test} - \text{ön-test}) / (100 - \text{ön-test}) \quad (1.1)$$

Bu formülde “g” ile belirtilen normalleştirilmiş kazanç; öğretim öncesinden öğretim sonrasına ortalama sınıf puanlarındaki değişimin sınıf ortalama kazancının mümkün olan maksimum kazanca bölümünün bir ölçüsüdür (Hake, 1998).

Dereceli puanlama anahtarı tipi bir ölçek kullanılarak öğretmenlerin PAB'ı değerlendirilebilmektedir (Lee ve ark. 2007; Park ve ark., 2008). Bu araştırmada, toplam 10 açık uçlu sorudan oluşan MEPABT'nin ön-test ve son-test uygulamasından elde edilen veriler analitik rubrik kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çerçeveye göre, önce çerçevenin her bir bileşenini kapsayan kriterler tanımlanmış ve ardından bu kriterlere ait öğretmenlerin performans düzeyleri “boş: 0 puan”, “yetersiz: 1 puan”, “az gelişmiş: 2 puan”, “yeterli: 3 puan” ve “ileri derece: 4 puan” olarak derecelendirilmiştir. MEPABT'ten alınabilecek puan, en az 0 (sıfır) puan ve en yüksek

4 puandır. Benzer şekilde, MÖÖÖ düzeylerini değerlendirmek için de yirmi üç maddelik ölçeğin tamamından elde edilen ortalama puan dikkate alınmıştır. MÖÖÖ'den alınabilecek ortalama puan, en az 1 puan ve en yüksek 6 puandır.

Bu araştırmada hiyerarşık olmayan yöntemlerden K-ortalama (means) kümeleme analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, n adet verinin, her örneğın kendine en yakın olduğu k tane kümeye ayrılmasını amaçlamaktadır (Yıldız ve ark., 2019). Elde edilen nicel sonuçlara dayalı olarak MEPABT ve MÖÖÖ'den düşük ve yüksek normalleştirilmiş kazançlarına göre sınıflandırma yapılması amaçlandığından, en az iki tane küme olacağı araştırmacı tarafından varsayılmıştır.

Araştırmada düşünce yazıları ve ders planından elde edilen nitel verilerin analizinde betimsel analiz kullanılmıştır. Betimsel analiz; a) betimsel analiz için bir çerçeve oluşturma, b) tematik çerçeveye göre verilerin işlenmesi, c) bulguların tanımlanması ve d) bulguların yorumlanması olmak üzere dört aşamadan oluşur (Yıldırım ve şimşek, 2013). Bu kapsamda, öncelikle elde edilen veriler, tema olarak ele alınacak MEPAB çerçevesinin her bir bileşenine ilişkin belirlenen performans düzeyleri altında sistematik ve açık bir şekilde betimlenmiştir. Ardından bu bulgulara gereken yerlerde ders planlarındaki ifadelerden doğrudan alıntılar verilerek betimlemeler zenginleştirilme yoluna gidilmiştir. Son aşamada ise tanımlanan bulguları yorumlayarak bazı çıkarımlarda bulunmuştur.

3.6 Araştırmacının Rolü

Araştırmacı 2017 yılından beri fen bilimleri öğretmenlerine yönelik mühendislik tasarım ve STEM eğitimi üzerine hizmet öncesi ve hizmet içi sınıf, fen bilimleri, teknoloji ve tasarım branşlarında çeşitli eğitimler vermiştir. Bu zaman zarfında, araştırmacı çeşitli tarama araştırmaları ve ağırlıklı olarak görüşme tekniğinin kullanıldığı nitel araştırmalar yürütmüştür. Bu araştırmada ise gerek mesleki gelişim programının tüm içeriklerin geliştirilmesinde gerekse de içeriklerin uygulanmasında eğitmen rolünü üstlenmiştir. Ayrıca, öğretmenlerin uygulamada karşılaştıkları sorunlar veya uygulamaya dönük sorulara yönelik uzmanlara ulaşılmasında köprü görevi görerek katılımcılara yardımcı olmuştur.

Bu araştırma süresince araştırmacı tüm ölçme araçlarının uygulanmasında nesnel bir tutum sergilemiş ve yanıtlarda herhangi bir müdahalede bulunmamıştır. Nicel ve nitel desenden elde tüm verilerin analizi araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Nitel verilerin analizinde önyargılarından veya varsayımlarından arınmak adına, araştırmacı MEPABT'ten elde edilen açık uçlu soruların puanlanmasında dışında dört farklı uzmandan değerlendirmesini istemiştir. Ek olarak araştırmacı düşünce yazıları ve ders planlarından elde edilen betimsel analizleri, nitel araştırma yöntemlerinde uzman başka bir akademisyen tarafından gözden geçirilmesini sağlamıştır.

Araştırmanın iç geçerliğini artırmak için bu bölümde araştırmacının önyargılarının, düşüncelerin ve uygulamaların bahsedilmesi önem arz etmektedir. Bu amaç ışığında, araştırmacı nicel analizlerini doğası gereği nesnel bir şekilde analiz aşamalarını takip ederek analiz etmiştir. Nitel analizleri gerçekleştirmeden önce, araştırmacı uygulanan K-12 mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişim programının öğretmenlerin pozitif anlamda etkileyeceğine ilişkin varsayıma sahipti. Ayrıca, önceki uygulamalardan deneyimlerini temel alarak uygulanan bu mesleki gelişim programının öğretmenlerin öz-yeterlik inançlarını artırabileceğini tahmin etmekteydi.

3.7 Araştırmada Geçerlik, Güvenirlilik ve Etik

Araştırmada öncelikle etik kurul izni (EK 4) ve Ordu İl MEM'den uygulama izni (EK 5) alınmıştır. Ardından çalışma grubunu oluşturacak öğretmenlere araştırmanın amacı ve kapsamı hakkında bir bilgilendirici metin sunulmuş ve gönüllü katılım formunu dolduran öğretmenler bu izinle uygulamaya dahil edilmiştir. Gönüllü katılım formunda sunulan bu bilgilendirici izin ile katılımcılara kişisel verilerin gizliliğinin esas olduğu ve bilgilerinin güvenli şekilde depolanacağı ve araştırmacı haricinde başkalarının katılımcıların kimlik bilgilerine ulaşamayacağına vurgu yapılmıştır. Uygulanan çevrim içi mesleki gelişim programında öğretmenlerin kişisel bilgileri isteğe bağlı olarak görünür olsa da raporlamada kod isimlerini kullanılmış veya kişisel bilgilerini gizlenerek görsel kayıtlar sunulmuştur. Ayrıca, öğretmenlerin kişisel verilerin korunması kanuna ilişkin bir metin mesleki gelişim programının gerçekleştirildiği web sitesine entegre edilmiştir.

Bilimsel çalışmalarda geçerlik ve güvenilirliğin belirli bir düzeye kadar sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda araştırmanın iç geçerliğini (inanılabilirliğini) artırmak için nicel ve nitel yöntemlerde kullanılan farklı veri kaynaklarıyla veri çeşitlemesi (triangulation) yapılmıştır. Bunun için deneysel (nicel) desen içeresine temel nitel desen iliştirilerek elde edilen sonuçların geçerliği sınanmıştır. Ayrıca ham verilerin elde edildiği kaynaklarıyla kontrol edilmesi iç geçerliği artırıcı bir diğer unsurdur. Verilerin tamlığı ve gerçekliği yansıtmadaki yeterliği kontrol etmek için, öncelikle araştırmada nitel veri toplama aracı olarak kullanılan düşünce yazıları ve ders planlarından elde edilen sonuçlar öğretmenlere tekrar incelenerek katılımcıların teyit etmesi istenilmiştir. Ardından, elde edilen ham veriler ve yapılan analizler nitel araştırma yöntemlerinde uzman ve araştırmadan bağımsız bir akademisyen tarafından incelenmiştir. Bu uzman, araştırmacının kullandığı betimsel analiz tekniği kapsamında takip etmiştir. Böylece nitel bulguların doğruluğu denetlenerek son halini almıştır.

Dış geçerliği (aktarılabirliği) sağlamak zengin betimlemeler ve önceden yapılmış diğer kuramsal çalışmalarla desteklenerek genellemeler yapılmaya çalışılmıştır. Öncelikle betimsel analizden elde edilen nitel bulgular doğrudan atıflar verilerek ayrıntılı açıklamalarda bulunulmuştur. Ardından bu bulgular, alanyazında yer alan başka çalışmalar ile desteklenerek genelleme yapılma yoluna gidilmiştir.

Araştırmada tutarlılığı sağlamak için ise araştırmacı her bir öğretmene benzer bir yaklaşım (bilgilendirmenin aynı olması, veri toplama sürenin eşit olması vb.) sergileyerek verileri toplamıştır. Araştırmacı aynı zamanda betimsel analiz için yaptığı betimlemeleri iki ay sonra tekrar analiz ederek teyit etmiş ve son halini raporda sunmuştur. Ek olarak, deneysel desende açık uçlu sorularla verilerin puanlanmasında değerlendirmeci çeşitlemesi yapılarak elde edilen sonuçların güvenilirliği arttırılmaya çalışılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada elde edilen nicel ve nitel bulgular ayrı başlıklar altında sunulmuştur. Öncelikle araştırmının deneysel uygulama sonrası fen bilimleri öğretmenlerinden elde edilen nicel veri analizi prosedürleri uygulanmıştır ve nicel bulgular altında sunulmuştur. Ardından, kümeleme analizi ile üç öğretmen seçilmiş ve nitel bulgular altında sunulmuştur.

4.1. Nicel Boyuta İlişkin Bulgular

Bu bölümde araştırmının birinci alt problemi olan “Mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin, Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisi Testi (MEPABT) ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?” ve ikinci alt problem olan “Mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programına katılan fen bilimleri öğretmenlerinin, mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği (MÖÖÖ) ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?” sorularına ilişkin elde edilen bulgular yer almaktadır. Bu soruları yanıtlamak için bağımlı gruplar t testi kullanılmıştır. Öncelikle MEPABT ve MÖÖÖ’nün normallik testi sınanmıştır. Çizelge 4.1’de MEPABT ve MÖÖÖ’ye ilişkin betimsel analizleri sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Betimleyici Analiz Sonuçları

	Ölçüm*	\bar{X}	Min	Maks	SS	Varyans	Çarpıklık**	Basıklık**
MEPABT	Ön-test	0.89	0.30	1.60	4.33	18.74	0.76	0.83
	Son-test	2.92	2.40	3.50	3.51	12.33	0.06	1.00
MÖÖÖ	Ön-test	4.48	2.95	5.74	2.83	8.05	0.05	0.54
	Son-test	5.82	4.91	5.95	1.05	1.10	5.37	9.61

*: n=14, **: Standart hatasına bölünmüş değerler

Çizelge 4.1 incelendiğinde, MEPABT testine ilişkin çarpıklık veya basıklık değerlerinin standart hatalarına bölüldüğünde elde edilen değerler -1.96 ila +1.96 arasında kalıyorsa verilerin normal dağılım gösterdiği varsayılmaktadır (Can, 2014). Ek olarak, MEPABT testinden alınan ortalama puanın en az 0 puan ve en fazla 4 puan alınabileceği göz önünde bulundurulduğunda, öğretmenlerin ön test puan ortalamasının ($\bar{X}_{\text{ön-test}}=0.88$) düşük düzeyde olduğu, son-test puan ortalamasının ($\bar{X}_{\text{son-test}}=2.92$) ise yüksek düzeyde olduğu söylenebilir. Ayrıca, MÖÖÖ’den alınan ortalama puanın en az

1 ve en fazla 6 olabileceği göz önünde bulundurulduğunda, öğretmenlerin hem ön-test ortalama puanının ($\bar{X}_{\text{ön-test}}=4.48$) hem de son-test ortalama puanının ($\bar{X}_{\text{son-test}}=5.82$) yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.³ MEPAB ve MÖÖÖ'den elde edilen nicel verilerin analizinde parametrik testlerin kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için normallik testi sonuçları da incelenmiştir ve Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Normallik Testi Sonuçları

Ölçüm*	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	sd	p	İstatistik	sd	p
MEPABT	0.19	14	0.17	0.92	14	0.21**
MÖÖÖ	0.13	14	0.20	0.96	14	0.64**

*: n=14, **: p> 0.05

MEPABT ve MÖÖÖ'den elde edilen örneklemin büyüklüğü 30'dan az olduğu için veriler Shapiro-Wilk testi incelenmiştir. Çizelge 4.2'den elde edilen göre hem MEPABT (p=0.21) hem de MÖÖÖ (p=0.64)'den elde edilen verilerin normal dağılım gösterdiği (p>0.05) söylenebilir. Bu nedenle her iki veri seti için bağımlı gruplar t-testi kullanılmıştır, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3 MEPABT'ye İlişkin Bağımlı Gruplar T Testi

Ölçüm	n	\bar{X}	SS	sd	t	p	d
MEPABT	14	2.03	0.55	13	13.74	0.00*	3.67**

*: p < 0.05, **: $d = t/\sqrt{n}$

Çizelge 4.3 incelendiğinde, bağımlı gruplar t testi MEPABT ön-test ($\bar{X}_{\text{ön-test}}=8.86$) ve son-test ortalama puanları ($\bar{X}_{\text{son-test}}=29.21$) arasında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($t_{(13)}=13.74$, p<0.05). Ayrıca, test sonucu MEPABT'ye ilişkin elde edilen etki büyüklüğü bu farkın çok yüksek düzeyde ($d = 3.67$) olduğunu göstermektedir (Morgan, 2004).

³ MEPABT'elde edilen puanlar 0-1.29 puan arası "düşük", 1.30-2.69 puan arası için "orta" ve 2.70-4.00 puan arası "yüksek" olarak; MÖÖÖ'den elde edilen puanlar ise 1.00-2.66 puan arası "düşük", 2.67-4.33 arası "orta" ve 4.34-6.00 arası "yüksek" olarak düzeylendirilmiştir.

Çizelge 4.4 MÖÖÖ’ye İlişkin Bağımlı Gruplar T Testi

Ölçüm	n	\bar{X}	SS	sd	t	p	d
MÖÖÖ	14	1.33	0.83	13	6.05	0.00*	1.62**

*: $p < 0.05$, **: $d = t/\sqrt{n}$

Çizelge 4.4 incelendiğinde, bağımlı gruplar t testi MÖÖÖ ön-test ($\bar{X}_{\text{ön-test}}=17.19$) ve son-test ortalama puanları ($\bar{X}_{\text{son-test}}=22.32$) arasında son test lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($t_{(13)}=6.05$, $p < 0.05$). Ayrıca, test sonucu MÖÖÖ’ye ilişkin elde edilen etki büyüklüğü bu farkın çok yüksek düzeyde ($d = 1.62$) olduğunu göstermektedir (Morgan, 2004).

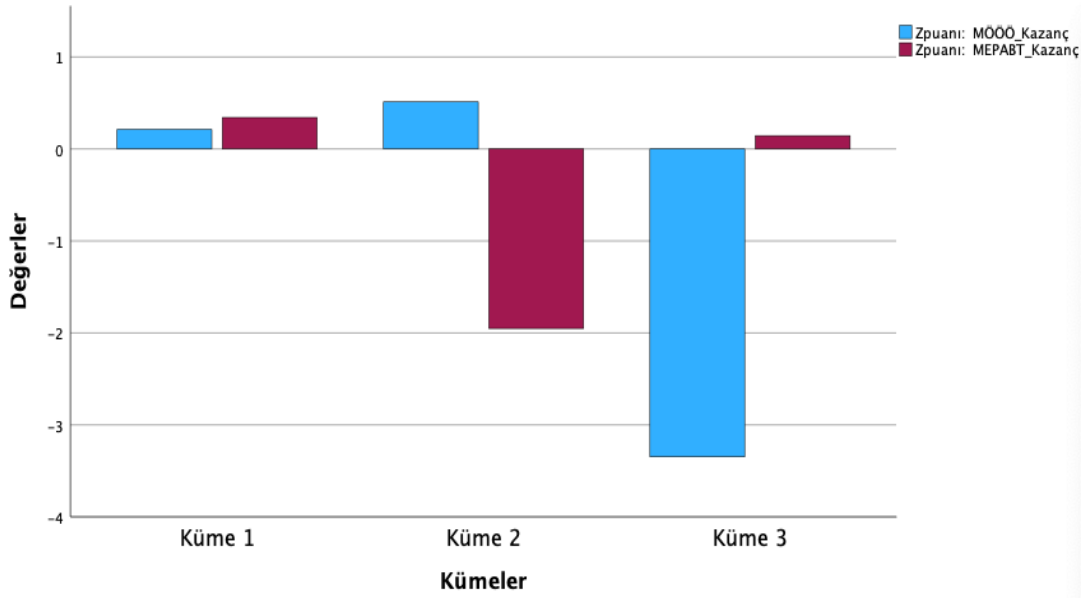
Ayrıca, her öğretmenin kümelerle ilişkin üyeliğini belirlemek için bir K-ortalama (means) küme analizini kullanılmıştır. SPSS 29.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilen K-ortalama (means) kümeleme analizi (Anderberg'in ağırlık merkezi sıralama yöntemi), anlamlı gruplandırmalar yaparak birkaç küme seçilmesine izin verir (Aldenderfer ve Blashfield, 1984). Kümeleme analizi sonucu üç grup belirlenmiştir. Bu bağımsız gruplamaları doğrulamak için bir varyans analizi (ANOVA) ile kümeler arasındaki farklılıklar incelenmiştir ve Çizelge 4.5’te sunulmuştur.

Çizelge 4.5 Kümeler Arası ANOVA İstatistiği

Ölçüm* (Z puanı)	Küme		Küme		F	p
	Ortalama Kare	sd	Ortalama Kare	sd		
MEPABT	6.11	2	0.07	11	85.42	0.00**
MÖÖÖ	4.46	2	0.37	11	12.03	0.00**

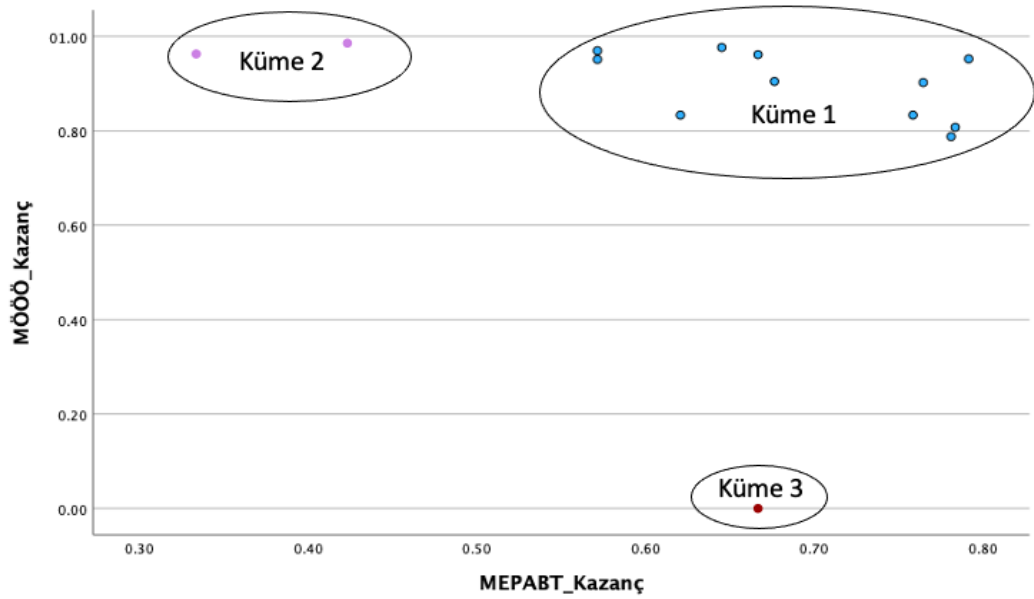
*: $n=14$, **: $p < 0.05$

Çizelge 4.5’te sunulan ANOVA sonuçları incelendiğinde, kümeler arası her iki veri toplama aracından elde edilen puan ortalamalarının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p < 0.05$) birbirinden bağımsız olduğunu göstermiştir. Elde edilen ANOVA sonucuna göre üç kümenin verileri iyi ayırt ettiği ve birbirinden bağımsız olduğu söylenebilir (Goldstein, 2018). Şekil 4.1’de öğretmenlerin MEPABT ve MÖÖÖ’ye ilişkin öğrenme kazançlarının küme merkezlerine göre gösterimi, Şekil 4.2’de ise öğrenme kazançlarına göre dağılım grafiği sunulmuştur.



Şekil 4.1 Nihai Küme Merkezleri

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi, K-ortalama kümeleme analizi için öğretmenlerin MEPABT ve MÖÖÖ ortalama puanları z puanlarına dönüştürülmüştür. Analiz sonucunda, küme 1’de yer alan öğretmenlerin MEPABT ve MÖÖÖ’den elde ettikleri gelişim kazançlarının her ikisi de pozitif değer aldığı, küme 2’de öğretmenlerin MEPABT gelişim kazançlarının negatif (az) ve MÖÖÖ gelişim kazançlarının pozitif (çok) olduğu ve küme 3’te öğretmenlerin MEPABT gelişim kazançlarının pozitif (çok) ve MÖÖÖ gelişim kazancının negatif (az) olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 Öğretmenlerin MEPABT ve MÖÖÖ’den Elde Ettikleri Gelişim Kazançlarının Dağılım Grafiği

Şekil 4.2 incelendiğinde, öğretmenlerin MEPABT ve MÖÖÖ'den elde ettikleri gelişim kazançlarının her ikisi de pozitif değer aldığı (son test puanları lehine olumlu yönde kazanç var) görülmektedir. Ayrıca bu iki veri setinin birbiri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olmadığı da tespit edilmiştir (Spearman'ın rho katsayısı=0.27, $p=0.35>0.05$).

4.2 Nitel Boyuta İlişkin Bulgular

Bu bölümde araştırmanın üçüncü alt problemi olan “Uygulanan mesleki gelişim programı süresince gelişim düzeyleri farklı olan öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi ve mühendislik öğretimi öz-yeterlikleri nasıldır?” sorusuna ilişkin elde edilen bulgular yer almaktadır. Bu sorunun yanıtlanması için kümeleme analizi yoluyla, grup içinde benzeşik ancak gruplar arasında farklılık gösteren öğretmen gruplarının belirlenmesi ve her bir gruptan temsili birer öğretmen seçilmesi yoluna gidilmiştir. Uygulanan K-ortalama kümeleme analizi sonucu, her bir gruptan bir öğretmenin MEPAB ders planı ve öz-yeterlik düşünce yazılarına ilişkin nitel bulguları sunulmuştur. Kümeleme sonucu 3 farklı kümeden seçilen öğretmenlerin isimleri sırasıyla Bahar (küme 1), İnci (küme 2) ve Ümit (küme 3) olarak bahsedilmiştir.

4.2.1 MEPABT'ten ve MÖÖÖ'den Gelişim Kazancı Fazla Olan Öğretmene İlişkin Bulgular

Kümeleme analizi sonucu testten ve öz-yeterlik ölçeğinden gelişim kazancı fazla olarak sınıflandırılan küme 1'in üyesi olan Bahar öğretmene ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bu bölümde, öğretmenin MEPAB'a ilişkin öğretmenin ders planına ait bulguları MEPAB çerçevesinin beş ana bileşeni altında sunulmuştur. Ardından, ayrı bir alt başlık altında mühendislik öğretimi öz-yeterliklerine ilişkin nitel bulgulara yer verilmiştir. Bahar öğretmenin MEPABT ön-test ve son-test arasındaki gelişim kazancı %79, MÖÖÖ ön-test ve son-test arasındaki gelişim kazancı %95'tir.

4.2.1.1 Bahar Öğretmenin MEPAB'ına İlişkin Bulgular

4.2.1.1.1 Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi

Bahar öğretmen mühendisliğin en önemli amaç ve hedefini ilişkin ders planının amaç cümlesinde şu şekilde yanıt vermiştir:

“Öğrencilerin afete dayanıklı olmayan binalarla ilgili mühendislik probleminin kapsamını kendisinin belirleyerek çözmesini sağlamaktır. Deprem gibi afet

durumlarında insanların ihtiyaçlarına ve diğer paydaş isteklerine öncelik vererek problem çözmeyi ve yeniliği öğrenmeleri amaçlanmıştır. Tasarım kısıtlamaları ve kriterleri, problem kapsamı ile belirlenir. Yıkıcı doğa olayları (Deprem, heyelan, sel, kasırga, volkan patlamaları) kesin zamanı tam olarak bilinemediği için can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerdir. Yıkıcı doğa olayları kısa sürede meydana gelip, insanlar tarafından önlenememekte, nerelerden ve ne zaman olacağı tahmin edilemediğinden can ve mal kayıpları olmaktadır. Bilgilerinin kazandırılarak öğrencilerin tasarımlarını sunmalarını sağlamak.”

Bahar öğretmenin mühendislik eğitiminin genel amacının kullanıcıların ihtiyacını belirlemesi ve bu ihtiyaca uygun mühendislik problemlerinin gereksinimlerini (kriterleri ve sınırlılıkları) öğrencilerin kendisinin belirleyerek problemi çözmek olduğunu ifade etmiştir. Bu yanıt öğretmenin ders planında benimsediği öğretim stratejisi ile de tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.2.1.1.2 Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi

Bahar öğretmen ders planında mühendislik öğretim stratejisine ilişkin kullanıcı merkezli tasarım stratejisini kullanacağını belirtmiş ve ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Öğrencilere yıkıcı doğa olaylarına dayanabilecek bir ev tasarımları istenir. Energy3d programıyla doğal afetlere dayanıklı olan kendi evlerini grafik çizimiyle tasarımları beklenir. Problem durumu olarak, öğrencilere afete hazır olmadığımızı dünyada birçok yıkıcı doğa olaylarının ansızın gerçekleşmesi sebebiyle toplu yıkımla sonuçlandığı belirtilir. Öğrencilerden hayal güçlerini kullanarak en dayanıklı, en afete hazır bir ev tasarımları istenir. Bu evi energy3d programında bilişim araçlarını kullanarak yapmaları beklenir. Öğrencilerimizin grafik çiziminde acemi olmaları çok normaldir. Öğrencilere gösterip yaptırma yoluyla öğretilerek, mühendis olduklarını hayal etmeleri istenir ve öğrencilere yaratıcılıklarını ortaya koymaları için teşvik olacaktır.”

Bahar öğretmenin benimsediği kullanıcı merkezli tasarım stratejisinin, mühendislik eğitiminin genel amaç ve hedefleri yanıtı ile tutarlı olduğu görülmektedir.

Ayrıca, öğretmen uyguladığı yıkıcı doğa olaylarına dayanabilecek bir ev tasarımı etkinliğinde kullanıcı merkezli tasarım stratejisinin ilk adımı olarak problemin bağlamını tanıtmıştır. Daha sonra öğretmen öğrencilerden bu bağlamda kullanıcıların (bulunduğu bölgede konaklayacak ev sakinlerinin) ihtiyaçlarının tespit etmeleri ve problemin kapsamıyla tasarımın kriter ve gereksinimlerini belirlemelerini istemiştir.

Bahar öğretmen mühendislik öğretim stratejisine uygun kullandığı mühendislik uygulamalarını şu şekilde ifade etmiştir:

“Mühendislik tasarımlarından problemi belirleme, proje yönetimi, bilgi toplama, fikir oluşturma, karar verme, prototipleme yapma noktasında tasarım yöntemleri mühendislik grafikleri, tasarım iletişimi ile sonlanacaktır.”

Bahar öğretmenin mühendislik tasarım sürecinin yanı sıra mühendislik uygulamalarına ilişkin sadece başlıklar halinde değindiği görülmektedir.

Bahar öğretmenin bütüncül olarak ders planında kullandığı mühendislik entegrasyonlu etkinlikte, mühendislik tasarım sürecinin ilk adımı kullanıcıların ihtiyaçlarını belirlemekle ilgili “problemi belirlemek”, kullanıcıların ihtiyaçlarını öğrenmeye ilişkin “bilgi toplama”, öğrencilere mühendis olduklarını hayal ettirerek yaratıcı fikir üretmelerine teşvik ettirmeye ilişkin “yenilikçi fikirler üretmek”, öğrencilerin araç tasarımını hayal ederek görsel temsillerini çizmelerine ilişkin “mühendislik grafikleri”, öğrencilerin tasarım sürecini kendilerinin planlamaları ve etkin yürütmelerine ilişkin “proje yönetimi”, ve öğrencilerin nihai ürünlerine ilişkin fikirlerini, kararları ve bilgilerini savunmalarına ilişkin “tasarım iletişimi” gibi mühendislik uygulamalarından bahsettiği görülmektedir. Ayrıca, mühendislik tasarımın yanı sıra, öğretmen öğrencilerinin dayanıklı ev tasarımı fikirlerinin geçerliliğini sağlamak, değerlendirmek ve geliştirmek için çeşitli modeller geliştirmeye ilişkin “simülasyon/modelleme” mühendislik uygulamasına vurgulayarak değinmiştir.

4.2.1.1.3 Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilgili Bahar öğretmen ders planında birden fazla öğretim programlarındaki ve mühendislikle ilgili kazanımlardan şu şekilde bahsetmiştir:

“Fen bilimleri öğretim programı kazanımları:

F.5.6.3.1. Doğal süreçlerin neden olduğu yıkıcı doğa olaylarını açıklar.

Depremler, volkanik patlamalar, seller, heyelanlar, hortum, kasırgalara ayrıntıya girilmeden değinilir.

F.5.6.3.2. Yıkıcı doğa olaylarından korunma yollarını ifade eder.

Sosyal bilimler öğretim programı kazanımları:

SB.5.3.4. Yaşadığı çevredeki afetlerin ve çevre sorunlarının oluşum nedenlerini sorgular.

SB.5.3.5. Doğal afetlerin toplum hayatı üzerine etkilerini örneklerle açıklar.

SB.5.3.6. Doğal afetlere yönelik gerekli hazırlıkları yapar.

SB.7.7.4. Arkadaşlarıyla birlikte küresel sorunların çözümüne yönelik fikir önerileri geliştirir.

Yaratıcılık, çok boyutlu düşünebilme ve sistemsel düşünme becerilerinin kazandırılması. Ayrıca model geliştirme ve kullanma, Araştırma planlama ve yürütme, Veriler analiz etme ve yorumlama, matematik ve hesaplamalı düşünmeyi kullanma, Kanıtlardan argüman oluşturma, bilgiyi alma, değerlendirme ve iletme öğrenme ürünlerini hedeflerim. Özetle, tasarım süreci, bilimsel araştırmaya benzer şekilde soru sormayı, gözlem yapmayı ve kanıt toplamayı içerir. Bununla birlikte, bağlamsallaştırılmış problem, tasarım kısıtlamaları ve ödünleşimleri...”

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden ders materyali hazırlama bilgisine ilişkin Bahar öğretmen kullandığı etkinliğe ilave ders materyali olarak dersin başında sunulan görsel öğretim araçlarından şu şekilde bahsetmiştir:

“Ders öncesinde öğretmen öğrencilere dersin bilişim odasında olacağı söylenir. Öğrenciler bilişim odasına alınarak her öğrenciye bir bilgisayara oturtularak sınıf düzeni sağlanır. Öğrencilere akıllı tahtadan izletilecek video ya da gösterilecek görseller önceden belirlenir.”

Genel olarak Bahar öğretmenin mühendislik entegrasyonu öğretim programına ilişkin benimsediği kullanıcı merkezli tasarım öğretim stratejisi (örneğin, yardımcı materyal olarak Energy3D simülasyon programının simülasyon/modelleme

uygulamasını için kullanımı) ile bahsettiği öğrenci kazanımlarının, depreme dayanıklı ev tasarımına ilişkin kullandığı mühendislik entegrasyonlu etkinliklerle tutarlı olduğu görülmektedir.

4.2.1.1.4 Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinlik için gerekli ön-gereksinimlere (bilgi, beceri vb.) ve öğrenme ihtiyaçlarını öğrencilerine nasıl edindirileceğine ilişkin Bahar öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Energy 3D uygulamasının nasıl kullanıldığını öğrenmeleri, konuya ilişkin ilgi, istek ve meraklarının uyandırılmış olması, kendilerini yeni bilgiler öğrenecekleri için heveslendirilmiş olmaları ve kendilerine güvenmeleri gereklidir. Konu ile alakalı ön bilgileri akıllı tahtadan morpa kampüsten ve okulistikten etkinlikler sınıfta yapılmış olmalıdır. Öğrencilerin farklılıkları gözetilerek öğrenme gerçekleşmiş olur. Ders öncesinde öğretmen öğrencilere dersin bilişim odasında olacağı söylenir. Öğrenciler bilişim odasına alınarak her öğrenciye bir bilgisayara oturtularak sınıf düzeni sağlanır. Öğrencilere akıllı tahtadan izletilecek video ya da gösterilecek görseller önceden belirlenir. Bir ders öncesinde anlatılan Yıkıcı doğa olayları ve korunma yolları konusu tekrar edilir ve morpa kampüs teki videolar izletilerek konu hakkındaki çalışmalar yapılır. Akabinde öğrencilere merak uyandıracak soru sorularak öğrencilerin dikkati çekilerek derse başlanır. Öğrencilerimizle okulistik programından yazdırdığımız etkinlikleri çözülür. Eba daki sorular konu kazanımlarını geliştirmek amacıyla akıllı tahtadan tekrar edilir. Energy 3d etkinliğiyle tüm kazanımlar öğrencilere kazandırılmaya çalışılır ve kavram yanlışları düzeltilir.”

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinliklerle ilgili olası öğrencilerin olası öğrenme zorluklarına yönelik Bahar öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Bir ders öncesinde anlatılan Yıkıcı doğa olayları ve korunma yolları konusu tekrar edilir ve morpa kampüs teki videolar izletilerek konu hakkındaki çalışmalar yapılır. Akabinde öğrencilere merak uyandıracak soru sorularak

öğrencilerin dikkati çekilerek derse başlanır. ... Öğrencilerimle ön hazırlık buluşmaları olması için Energy3D programının rehberindeki Sürdürülebilir Bir Gelecek İnşa Etmeyi Öğrenmek örneğini kendi oluşturduğum prototip üzerinden göstererek daha basitleştirip, akıllı tahtadan öğrencilerime Energy3D kullanımı için bilgilerimi sunarım. ...“Öğrencilerimizin grafik çiziminde acemi olmaları çok normaldir. Öğrencilere gösterip yaptırma yoluyla öğretilerek, mühendis olduklarını hayal etmeleri istenir ve öğrencilere yaratıcılıklarını ortaya koymaları için teşvik olacaktır.”

4.2.1.1.5 Mühendislik Değerlendirme Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden mühendislik entegrasyonlu etkinlikte neleri değerlendireceğine yönelik Bahar öğretmen ders planında mühendislik tasarıma yönelik öğrencilerin performansı ile birlikte bahsettiği kazanımların hepsini değerlendirilmeyi hedeflediğini şu şekilde ifade etmiştir:

“... mühendislik tasarım süreci değerlendirmeleri yapılır. Öğrenciler özellikle birbirlerini puanlarken kendi eksikliklerini analiz edebilirler. Rubrik şeklindeki Çizelge ayrı ayrı tüm kazanım ve performansları puanlamayla yapılarak değerlendirme gerçekleştirilecektir. Öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde öğretmen görüşüyle beraber sınıf ortak düşüncesiyle kazanan belirlenir ve ona teşvik ödülü sunulur.”

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden mühendislik entegrasyonlu etkinlikte hangi ölçme-değerlendirme tekniklerini kullanacağına yönelik Bahar öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Öğrencilerin çizimlerinin uygunluğunun sınıf içinde değerlendirmeleri yapılacaktır. Öğrenci performansının değerlendirilmesi, öğrencilerin değerlendirme sürecine katılımı, öz değerlendirme, akran değerlendirme, grup değerlendirme, mühendislik tasarım süreci değerlendirmeleri yapılır.”

Genel olarak, Bahar öğretmenin kullandığı mühendislik tasarım sürecine ilişkin öğrencilerin performanslarını gözlemek ve bunları analitik dereceli puanlama aracıyla değerlendirmek ile ders planında bahsettiği öğrencilere kazandırmayı hedeflediği kazanımlarla uyumlu olduğu görülmektedir. Öğretmenin ders planı incelendiğinde öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine ilişkin temel performanslarını (planlama,

araştırma, grup çalışması vb.) değerlendiren bir analitik dereceli puanlama aracından (rubrik) bahsettiği de görülmektedir. Ancak öğretmenin öğrenci kazanımları kısmında bahsetmemesine rağmen, ders planının değerlendirme kısmında öğrencilerinin takım çalışmasının değerlendirileceğinden, akran ve öz değerlendirme tekniğinin kullanılacağından bahsettiği fark edilmiştir.

4.2.1.2 Bahar Öğretmenin MÖÖ'ye İlişkin Nitel Bulguları

Bu bölümde Bahar öğretmenin uygulanan mesleki gelişim programının her hafta sonunda kendilerinin yetkinliklerini değerlendirmeyi amaçlayan düşünce yazılarına ilişkin bulgular sunulmuştur. Bahar öğretmenin haftalık bazda düşünce yazıları; zorluklarla başa çıkma, ders materyallerini hazırlama, öğrenme ürünleri ve ölçme-değerlendirme kategorilerinde sunulmuştur.

"Etkinlikleri sınıfta her zaman olmasa da bazen uygulayabilirim. Öğrencilerimin karşılaşabileceği olası zorluklarla çoğu zaman başa çıkabilirim. Mühendislik etkinlikleri ile dersleri boyunca öğrencilerimi yaratıcı düşünmeye, kendi ayakları üzerine basmaya, akıl yürütebilmeye teşvik edebilirim."

Düşünce yazısı-1

"Bu zamana kadar elde ettiğim bilgiler neticesinde mühendislik öğretimine yönelik kendimi gayet yeterli buluyorum. Etkinlikler sınıfta son derece etkin uygulayabilirim. Gayet iyi bilgilendim ve hepsinde başarı sağlayacağıma inanıyorum. Öğrencilerimin karşılaşabileceği olası zorluklarla her zaman başa çıkabilirim."

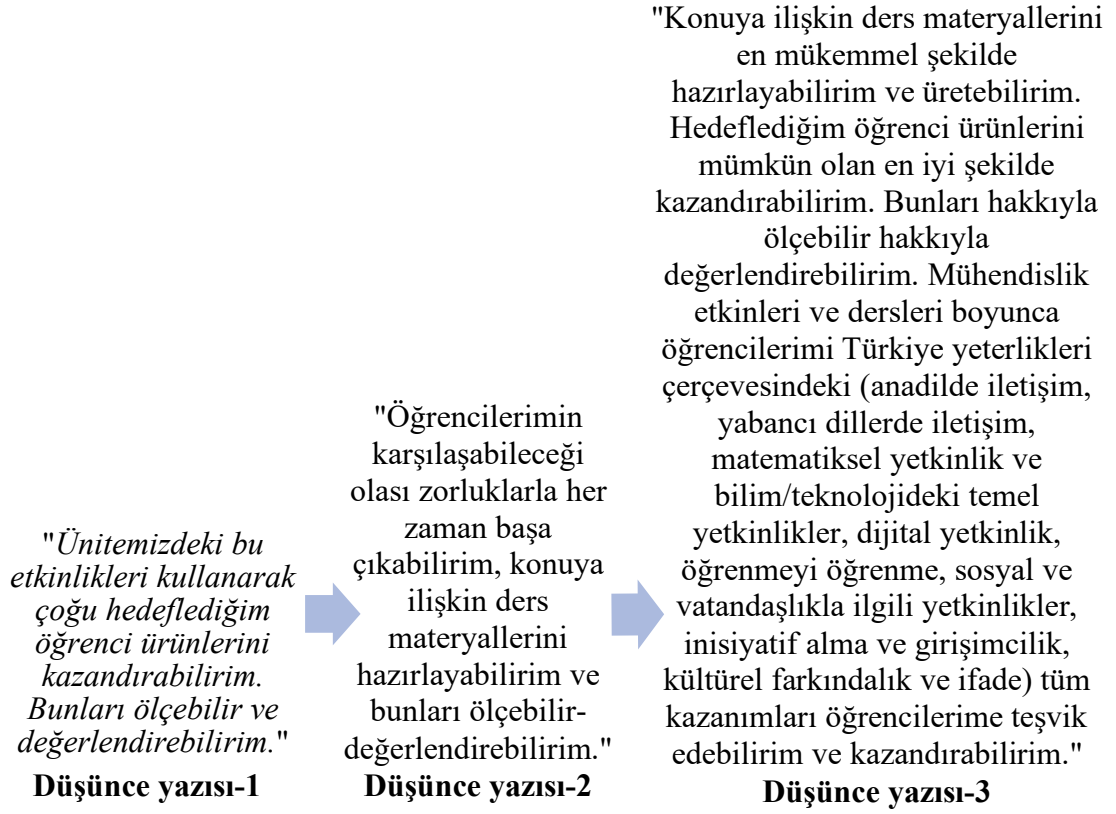
Düşünce yazısı-2

"Etkinlikleri sınıfta son derece etkin ve verimli olarak uygulayabilirim. Öğrencilerin karşılaşabileceği olası zorluklarla her zaman başa çıkabilirim ve çözüm üretebilirim."

Düşünce yazısı-3

Şekil 4.3 Bahar Öğretmenin Mühendislik Entegrasyonlu Etkinliklerin Uygulanmasında Karşılan Zorluklarla Başa Çıkmaya Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları

Bahar öğretmenin etkinlikleri sınıfında uygulama sürecine ilişkin yetkinliğini değerlendirirken nitelendirme düzeyinin giderek arttığını gösteren ifadelerde bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Örneğin öğretmen sınıfında etkinlikleri uygulamaya ilişkin ilk düşünce yazısında "her zaman olmasa da bazen uygulayabilirim" ifadesini, bir sonraki düşünce yazısında "gayet yeterli" ve son düşünce yazısında ise "son derece etkin" ifadelerine rastlanmaktadır.



Şekil 4.4 Bahar Öğretmenin Kazanımlara İlişkin Ders Materyallerini Hazırlamaya, Öğrenme Ürünlerine ve Ölçme-Değerlendirmeye Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları

Bahar öğretmenin düşünce yazıları incelendiğinde mesleki gelişim programının sonuna doğru öğretmenin kazanımlara uygun ders materyallerini hazırlamaya ve bunları ölçme-değerlendirmeye yönelik kedisini giderek daha yetkin bulduğuna ilişkin ifadeler rastlanmaktadır (Şekil 4.4). Örneğin öğretmenin ders materyallerini hazırlamaya ilişkin ilk düşünce yazısında “bu etkinlikleri kullanarak çoğu hedeflediğim öğrenci ürünlerini kazandırabilirim. Bunları ölçebilir ve değerlendirebilirim.” ifadesi kendisinin geliştirmesinden ziyade hazır ders materyallerini kullanmayı tercih ettiğini gösteren bir ifade olarak yorumlanabilir. Öğretmenin bir sonraki düşünce yazısında ise “ders materyallerini hazırlayabilirim ve bunları ölçebilir-değerlendirebilirim” ifadesiyle ders materyallerini kendisinin hazırlayabileceği ve öğrenci ürünlerini değerlendireceği anlaşılmaktadır. Öğretmenin bu konudaki son düşünce yazısında ise “Konuya ilişkin ders materyallerini en mükemmel şekilde hazırlayabilirim ve üretebilirim. Bunları hakkında ölçebilir ve hakkında değerlendirebilirim” ifadesi kendi yetkinliğine ilişkin görüşünün oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle

öğretmenin hedeflenen kazanımları öğrenciye edindirme açısından son düşünce yazısında öğretim programında yer alan ifadelerle değinerek detaylı açıklamalarda bulunduğu görülmektedir.

Genel olarak Bahar öğretmenin modüler bazda yazdığı düşünce yazıları incelendiğinde, mesleki gelişim programının sonuna doğru mühendislik öğretimine ilişkin kendisini daha yetkin bulduğu görülmektedir. Bu nitel bulgu, öğretmenin araştırmanın nicel boyutundan elde edilen mühendislik öğretimi öz-yeterliğine ilişkin öz-yeterlik ölçeğinden aldığı ön-test puanı orta (\bar{X} : 16) ve son-test puanının yüksek olduğu (\bar{X} : 22.66) (kazanç oranı yüksek %95) bulgusu ile tutarlılık gösterdiği söylenebilir.

4.2.2 MEPABT'ten ve MÖÖÖ'den Gelişim Kazancı Fazla Olan Öğretmene İlişkin Bulgular

4.2.2.1 İnci Öğretmenin MEPAB'ına İlişkin Nitel Bulguları

Kümeleme analizi sonucu testten düşük ancak öz-yeterlik ölçeğinden kazancı yüksek olarak sınıflandırılan küme 2'nin üyesi olan İnci öğretmene ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bu bölümde, öğretmenin MEPAB'a ilişkin öğretmenin ders planına ait bulguları MEPAB çerçevesinin beş ana bileşeni altında sunulmuştur. Ardından, ayrı bir alt başlık altında mühendislik öğretimi öz-yeterliklerine ilişkin nitel bulgulara yer verilmiştir. İnci öğretmenin MEPABT ön-test ve son-test arasındaki gelişim kazancı %42, MÖÖÖ ön-test ve son-test arasındaki gelişim kazancı %99'dur.

4.2.2.1.1 Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi

İnci öğretmen mühendisliğin en önemli amaç ve hedefini ilişkin ders planının amaç cümlesinde şu şekilde yanıt vermiştir:

“Öğrencilerin bir prototipi fiziksel olarak inşa etmesi ve bunu test ederek mühendislik problemini çözmesi”

İnci öğretmenin mühendislik eğitiminin genel amacının bir prototipi inşa etmek ve bunu test etmek olduğunu ifade etmiştir. Bu yanıt öğretmenin ders planında benimsediği öğretim stratejisi ile de tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.2.2.1.2 Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi

İnci öğretmen ders planında mühendislik öğretim stratejisine ilişkin tasarla-inşa et test et stratejisini kullanacağını belirtmiş ve ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Sınıfça pikniğe gittiniz. Elinizde kağıt bir bardak içinde bulunan meyve suyunu içerken kaybolduğunuzu fark ettiniz. Ne kadar bağırsanız da sesinizi arkadaşlarınıza duyuramadınız ve daha yüksek bir sese ihtiyacınız var... Sesinizi duyurmak için neler yapardınız? Ya da piknikte, öğretmenin etrafa dağılan öğrencilere sesini duyurabilmesi için neler yapması gerekir? Yukarıdaki durumlar verilerek öğrencilerin problemi hissetmeleri sağlanır. Öğrencilerden bu sorunu çözecek bir araç tasarımını hayal ederek çizmeleri istenir. Kullanacakları maddelerin kağıt bardak, alüminyum folyo, kağıt havlu rulosu, fon kartonu, makas, boya ve boya fırçası olduğu söylenir. Öğrencilerin olası araç tasarımları için fikir üretmeleri ve oluşabilecek sorunlara karşı çözüm üretmeleri beklenir.... Öğrencilerden, ilk olarak ellerindeki materyaller ile megafonun dar ve geniş ağızını oluşturmaları istenir. Sonraki aşamada elde ettikleri megafon prototiplerini deneyerek tasarıma ilişkin iyileştirme yapmaları sağlanır. Gruplar, son şeklini verdikleri tasarımlarını diğer tasarımlarla karşılaştırıp değerlendirme yapar.”

İnci öğretmenin benimsediği tasarla-inşa et-test et stratejisinin, mühendislik eğitiminin genel amaç ve hedefleri yanıtı ile tutarlı olduğu görülmektedir. Öğretmen uyguladığı ses düzeyini artırıcı araç tasarımı etkinliğinde tasarla-inşa et-test et stratejisinin ilk adım olan problem durumunu ve tasarım gereksinimlerini öğrencilere sunmuştur. Ayrıca, etkinlikte sunulan mevcut malzemeler çerçevesinde öğrencilerin ürünlerini oluşturmalarını ve ses düzeyini ilk ses kaynağından daha yüksek frekanslı olmasını mühendislik tasarımın gereksinimleri olarak da sunmuştur. Öğretmen öncelikle öğrencilerin bir prototip oluşturmalarını sonra bunu inşa ederek sunulan mühendislik tasarım gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını test etmesini istemiştir. Öğretmen, öğrencilerin kriterleri karşılayamayan ürünlerini iyileştirmesi için diğer gruptaki öğrencilerin megafonuyla ses düzeylerini değerlendirmesiyle akran öğrenimine de önem verdiği görülmektedir. Öğretmen, öğrencilerine kazandırmayı hedeflediği iş birliği ve iletişim becerilerini geliştirmeyi bu mühendislik uygulamasıyla hedeflediği görülmektedir.

İnci öğretmen mühendislik öğretim stratejisine uygun kullandığı mühendislik uygulamalarını şu şekilde ifade etmiştir:

“Tasarım yapmanın en uygulanabilir çözüm yolu olması gerektiği vurgulanır. Öğrenciler gruplara ayrılır. Gruplar, yapmayı planladıkları tasarımın prototipini kareli A4 kağıdına çizer. Gruplar, çizdikleri prototipin özellikleri ile tasarımlarının nasıl çalışacağını açıklar. Tasarımlar için gerekli malzemeler, gruplara öğretmen tarafından temin edilir. Tasarımın yapım aşamasına geçilir. Megafona benzer bir tasarımın yapım aşamasına geçilir. ... Kendi ürününü diğer grupların ürünleri ile karşılaştırıp tartışan gruplar, ürününü geliştirme ihtiyacı hissedebilir. Öğretmen, grupların ürünlerini daha iyi hale getirmeleri yönünde destekleyici ifadeler kullanır. Paylaşım sonrası, gruplara yaptıkları tasarımları iyileştirmek için neler yapabilecekleri sorulur. İhtiyaç duymaları halinde gruplar, tasarımlarını iyileştirebilir. Her grup, ürünü diğer gruplarla ve öğretmeni ile paylaşır. Öğrenciler, diğer gruplar tarafından tasarlanmış ürünleri inceleme fırsatı yakalar. Buradaki amaç, öğrencilerin ürünlerini diğer ürünlerle karşılaştırarak değerlendirme yapmalarını sağlamaktır. Grup sözcüsü, ürünü kısaca sınıfta anlatır. Tasarım oluşturma sürecinde prototipleme mühendislik uygulaması kullanılmıştır.”

İnci öğretmenin bütüncül olarak ders planında kullandığı mühendislik entegrasyonlu etkinlikte, mühendislik tasarım sürecinin ilk adımı olarak piknik bağlamında sunulan mühendislik senaryosuna ilişkin “problem durumunu belirleme”, öğrencilerin takım üyelerine birden fazla farklı fikirler sunmalarına ilişkin “yenilikçi fikirler üretmek”, uygun araçları ve malzemeleri kullanarak bir fikrin prototipini oluşturmaya ilişkin “prototipleme”, tasarımın görsel temsillerini kâğıda çizmelerine ilişkin “mühendislik grafikleri” ve öğrencilerin nihai ürünlerine ilişkin fikirlerini, kararları ve bilgilerini diğer sınıf arkadaşlarında da ifade etmelerine ilişkin “tasarım iletişimi” gibi mühendislik uygulamalarından bahsettiği görülmektedir. Ayrıca, mühendislik tasarımın yanı sıra, öğrencilerinden tasarlamalarını istedikleri ürünün uygulanabilirliğini vurguladığından “imalat” ve sunduğu mevcut malzemelerin fiziksel şekillerini değiştirerek megafonlarını inşa etmeye de değindiğinden “döküm-kalıplama-şekillendirme” mühendislik uygulamalarını da kullandığı söylenebilir.

4.2.2.1.3 Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilgili İnci öğretmen ders planında sadece fen öğretim programlarındaki ve mühendislikle ilgili kazanımlardan şu şekilde bahsetmiştir:

“Fen bilimleri öğretim programı kazanımları:

F.6.5.1.1. Sesin yayılabildiği ortamları tahmin eder ve tahminlerini test eder.

F.6.5.2.1. Ses kaynağının değişmesiyle seslerin farklı işitildiğini deneyerek keşfeder.

F.6.5.2.2. Sesin yayıldığı ortamın değişmesiyle farklı işitildiğini deneyerek keşfeder.

F.6.5.4.2. Sesin yayılmasını önlemeye yönelik tahminlerde bulunur ve tahminlerini test eder.

Ders İçi İlişkilendirme

F.6.6.2.1. Duyu organlarına ait yapıları model üzerinde göstererek açıklar.

Fen ve Mühendislik kazanımları:

- Mühendislik tasarımı metotolojilerini uygular.
- Özel problemlere mühendislik yaklaşımları uygular.
- Verileri analiz eder yorumlar
- Ürünün prototipini hazırlar.

Düşünme becerileri kazanımları:

- Yeni ve değerli fikirler yaratır
- Grup üyeleri ile etkin bir şekilde iş birliği yapar.
- İlk kez karşılaşılan sorunları yenilikçi yollarla çözer
- Çeşitli fikir oluşturma teknikleri kullanır. “

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden ders materyali hazırlama bilgisine ilişkin İnci öğretmen kullandığı etkinliğe ilave ders materyali olarak hazırlık sorularından şu şekilde ifade edilmiştir:

“Ses şiddetini ayarlamak için hangi araçları kullanırsınız? Ses şiddetini ayarlama aracını, hangi durumlarda kullanma ihtiyacı duyarsınız? Farklı sesler çıkaran hangi teknolojileri ve araçları biliyoruz? gibi çeşitli sorularla öğrencilerin ön öğrenmeleri harekete geçirilir.”

Dolayısıyla, İnci öğretmenin mühendislik entegrasyonu öğretim programına ilişkin yanıtı benimsediği tasarla-inşa et-test et öğretim stratejisi (örneğin, prototip hazırlama) ve bahsettiği öğrenci kazanımlarının, sesin düzeyini artıran bir aracın tasarımına ilişkin kullandığı mühendislik entegrasyonlu etkinlikle tutarlı olduğu görülmektedir.

4.2.2.1.4 Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu kullandığı etkinlik için gerekli ön-gereksinimlere (bilgi, beceri vb.) yönelik İnci öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Uygulamadan önce öğrencilerimizin ön bilgilere sahip olması gerekir. Örneğin sesin şiddetini artırmakla ilgili yaptığımız tasarımda sesle ilgili özellikleri önceki yıllardan bildikleri varsayılır... Ses şiddetini ayarlamak için hangi araçları kullanırsınız? Ses şiddetini ayarlama aracını, hangi durumlarda kullanma ihtiyacı duyarsınız? Farklı sesler çıkaran hangi teknolojileri ve araçları biliyoruz? gibi çeşitli sorularla öğrencilerin ön öğrenmeleri harekete geçirilir.”

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu kullandığı etkinlikle ilgili öğrencilerin olası öğrenme zorluklarına yönelik İnci öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Sesin şiddetini artırmakla ilgili yaptığımız tasarımda öğrencilerin oluşturdukları tasarım amaca uymuyor olabilir.”

4.2.2.1.5 Mühendislik Değerlendirme Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden mühendislik entegrasyonlu etkinlikte neleri değerlendireceğine yönelik İnci öğretmen ders planında mühendislik tasarıma yönelik düşünce yazısı tekniği yoluyla öğrencilerinin öz-değerlendirmelerini hedeflediğini şu şekilde ifade etmiştir:

“Projeye ilişkin düşünce yazısı tekniğini kullanırdım. Öğrencilerin yaptıkları tasarım kadar bu tasarımı oluşturma süreçlerinin de etkili olduğunu düşünüyorum. Bütün bir süreci değerlendirmeyi tercih ederdim.”

İnci öğretmenin kullandığı mühendislik tasarıma ilişkin bahsettiği ölçme aracı (düşünce yazısı) incelendiğinde bilişsel ve duyuşsal üç açık uçlu sorudan oluştuğu görülmektedir. Bu sorular ve her birine ilişkin en yüksek puan değerleri şunlardır:

- “1. Bu projeyi tamamlayarak, mühendislerin yaptıkları hakkında ne öğrendiniz? (30 Puan)*
- 2. Bu projeye ilgili en zorlayıcı olan neydi? Neden? (30 Puan)*
- 3. Bu projede en başarılı olduğunuzu düşündüğünüz şey nedir? (40 Puan)”*

İnci öğretmen mühendislik tasarım sürecini projeyi olarak isimlendirmiştir. Öğretmenin öğrenci kazanımları kısmında bahsetmemesine rağmen, öğrencilerin mühendisliğe ilişkin özellikle duyuşsal ürünlerini ölçen bir testten bahsettiği fark edilmiştir.

4.2.2.2 İnci Öğretmenin MÖÖ’ye İlişkin Bulguları

Bu bölümde İnci öğretmenin uygulanan mesleki gelişim programının her hafta sonunda kendilerinin yetkinliklerini değerlendirmeyi amaçlayan düşünce yazılarına ilişkin bulgular sunulmuştur. İnci öğretmenin haftalık bazda düşünce yazıları; öğrenme ürünleri, zorluklarla başa çıkma ve ölçme-değerlendirme kategorilerinde sunulmuştur.

"Öğrencilerimle çevre ile ilgili tanımladığımız bir problemin çözümüne yönelik modeller tasarlayabiliriz. Bu model tasarımlarını test ederek çözüme yönelik olmadığı durumlarda modeli yeni bir tasarımla güncelleyebiliriz. Ayrıca öğrencilerim bu sayede gelecekte çevre ile ilgili karşılaşılabilecekleri problemlerle ilgili tahmin yürütebilir ve önceden bu sorunların çözümüne yönelik önlemler alabilir."

Düşünce yazısı-1

"Mühendislik etkinliklerini sınıfta etkin uygulayarak öğrencilerimin sorularına cevap verebilirim. Öğrencilerimle bir problemi tanımlayarak problemin çözümüne yönelik modeller geliştirebiliriz. Geliştirdiğimiz model problemi çözmüyorsa yeni bir tasarım yapabiliriz."

Düşünce yazısı-2

"Mühendislik etkinliklerini sınıfta etkin bir şekilde uygulayabileceğime inanıyorum. Her dersten önce biraz çalışma yaparak bu etkinlikleri ders planlarıma dahil edip sınıfta uygulayabilirim. Örneğin fen bilimleri dersinde mıknatıslarla ilgili ders planıma şu mühendislik etkinliğini dahil edebilirim: mıknatıs, boş kibrit kutusu, mavi ve kırmızı etiketler, ahşap çubuk, kahverengi karton ve gazete kâğıdı materyallerini kullanarak öğrencilerimden mıknatıslı hızlı trenlere benzer bir ulaşım aracı tasarımlarını isterim. Mühendislik etkinlikleri öğrencilerin günlük hayatta karşılaşılabilecekleri hayat problemlerinin farkına varmasını sağlar. Öğrencilerin karşılaştıkları zorluklar onlara daha çok deneyim kazandırır."

Düşünce yazısı-3

Şekil 4.5 İnci Öğretmenin Öğrenme Ürünlerine Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları

İnci öğretmenin düşünce yazıları incelendiğinde, mühendislik öğretimi uygulamalarıyla öğrencilerinin problem çözme becerileri üzerinde etkin rol oynayabileceğine ilişkin kendisini yetkin bulduğunu, bu yetkinliğini ise genel olarak benzer düzeyde ifade ettiği görülmektedir (Şekil 4.5).

İnci öğretmen 3. düşünce yazısında mühendislik entegrasyonlu etkinliklerin uygulanmasında karşılan zorluklarla başa çıkmaya ayrıca şunlara da değinmiştir:

"Ders planlarım doğrultusunda derslerimde mühendislik etkinliklerini uygularken olası zorluklarla da başa çıkabilirim. Örneğin mıknatıslarla ilgili hızlı tren tasarımı yaparken daha önce hızlı trenlerle ilgili hiç ilgisi olmayan öğrencilerim için önce internetten videolarını izlemelerini sağladım. Benzer bir ulaşım aracını ellerindeki malzemelerle kendilerinin nasıl tasarlayacağını

sorgularım. Mühendislik etkinlikleri için sınıflarımızda kapsamlı ve pahalı materyaller olmasına gerek yok. Her türlü materyali kullanarak öğrencilerimle bu etkinlikleri yapabilirim. Örneğin miknatislarla ilgili etkinliğimde kullanacağım materyaller çok basit ulaşılabilecek, ucuz ve her öğrencinin temin edebileceği materyallerdir. Ders planımda yer alan mühendislik etkinlikleri ortaokul fen bilimleri dersi müfredatında yer alan kazanımları öğrencilerin yaparak ve yaşayarak kendi deneyimlerinden öğrenmesine olanak sağlar. Bu da daha etkili ve kalıcı öğrenmeler sağlar. Öğrencilerin miknatislarla ilgili tasarladığım etkinlik öğrencilerimin miknatisların çalışma prensiplerini öğrenmesini ve dünyada kullanılan farklı ulaşım araçlarıyla ilgili bilgi edinmelerini sağlar. Sınıfımda uyguladığım mühendislik etkinliklerini uygun ölçme ve değerlendirme aracı kullanarak değerlendirebilirim. Örneğin miknatislarla tasarladığımız ulaşım aracını proje rubriği kullanarak ölçebilirim. Proje rubriğinde şu kriterleri kullanırım: 1- Sorunu tanımlama ve analiz etme, 2- Olası çözümleri bulma ve en iyisini seçme, 3- Bir örnek yapma ve bunu test etme, 4- Ürününü paylaşma, 5- Ürününü değerlendirme ve daha iyisini düşünme.”

İnci öğretmenin son düşünce yazısı incelendiğinde, önceki düşünce yazılarından farklı olarak öğrencilerinin anlamlı öğrenmesi için mühendislik etkinliklerini sınıfta etkin bir şekilde uygulayabileceğine yönelik ifadelerde bulunmuştur. Ayrıca, gerek bilişsel öğrenme zorluklarında (konuya ilginin düşük olması ve ön-bilgi eksikliği) ve malzeme temini açısından öğretmen çeşitli zorluklarla başa çıkabileceğini son düşünce yazısında detaylı açıklamalarda bulunmuştur. Son olarak, öğretmen öğrencilere kazandırmayı hedeflediği öğrenme ürünlerinden neyin ve nasıl ölçüleceğine ilişkin detaylı açıklamalarda bulunduğu da görülmektedir.

Genel olarak İnci öğretmenin modüler bazda yazdığı düşünce yazıları incelendiğinde, mesleki gelişim programının sonuna doğru mühendislik öğretimine ilişkin kendisini daha yetkin bulduğu görülmektedir. Özellikle öğretmenin son düşünce yazısında detaylı açıklamalarla kendisini yetkin bulduğuna ilişkin nitel bulguların, öğretmenin araştırmanın nicel boyutundan elde edilen mühendislik öğretimi öz-yeterliğine ilişkin öz-yeterlik ölçeğinden aldığı ön-test puanının orta (\bar{X} : 11.33) ve son-

test puanının yüksek olduğu (\bar{X} : 22.83) (diğer öğretmenler arasında kazanç oranı en yüksek %99) bulgusu ile tutarlılık gösterdiği söylenebilir.

4.2.3 MEPABT'ten Gelişim Kazancı Fazla ve MÖÖÖ'den Gelişim Kazancı Çok Az Olan Öğretmene İlişkin Bulgular

4.2.3.1 Ümit Öğretmenin MEPAB'ına İlişkin Nitel Bulgular

Kümeleme analizi sonucu testten yüksek, ancak öz-yeterlik ölçeğinden kazancı düşük olarak sınıflandırılan küme 3'ün üyesi olan Ümit öğretmene ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bu bölümde, öğretmenin MEPAB'a ilişkin öğretmenin ders planına ait bulguları MEPAB çerçevesinin beş ana bileşeni altında sunulmuştur. Ardından, ayrı bir alt başlık altında mühendislik öğretimi öz-yeterliklerine ilişkin nitel bulgulara yer verilmiştir. Ümit öğretmenin MEPABT ön-test ve son-test arasındaki gelişim kazancı %67, MÖÖÖ ön-test ve son-test arasındaki gelişim kazancı %0'dır.⁴

4.2.3.1.1 Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi

Ümit öğretmen mühendisliğin en önemli amaç ve hedefini ilişkin ders planının amaç cümlesinde şu şekilde yanıt vermiştir:

“Öğrencilerin bir prototipi fiziksel olarak inşa etmesi ve bunu test ederek mühendislik problemini çözmesi”

Ümit öğretmenin mühendislik eğitiminin genel amacının bir prototipi inşa etmek ve bunu test etmek olduğunu ifade etmiştir. Bu yanıt öğretmenin ders planında benimsediği öğretim stratejisi ile de tutarlı olduğunu göstermektedir.

4.2.3.1.2 Mühendislik Öğretim Stratejileri Bilgisi

Ümit öğretmen ders planında mühendislik öğretim stratejisine ilişkin tasarla-inşa et test et stratejisini kullanacağını belirtmiş ve ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Tasarla-inşa et-test et kullanılarak, öğrencilerin aktiviteye ilgisini çekmek için motive edici bir ihtiyacın kısa bir tanıtımıyla başlanır. ... Tasarla-inşa et-test et fen kavramlarını uygulamayı amaçlar. ... Öğrencilerden hava ve su direncini

⁴ Nicel olarak %0 yokluk belirtmesine rağmen, kümeleme analizi sonucunda elde edilen grafik yorumuna göre gelişimin oldukça az olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmada Ümit öğretmenin MÖÖÖ'deki gelişim kazancı “çok az” olarak düzeylendirilmiştir.

azaltacak bir araç tasarımını hayal ederek çizmeleri istenir. Kullanacakları maddelerin pet şişeler, dinamo, paket lastiği, plastik kapaklar, şiş çubuklar, kartonlar, pil, abeslang, yapıştırıcılar olduğu söylenir. Öğrencilerin olası araç tasarımları için fikir üretmeleri ve oluşabilecek sorunlara karşı çözüm üretmeleri beklenir. Öğrencilerin ürünlerini tasarlarken belirli kısıtlamalar sunulmuştur (tasarımların uygulanabilirliği, ekonomiklik, malzemeye erişebilirlik gibi). Tasarım gereksinimleri verilip problem belirlendi. Olası çözümler geliştirilip, prototipler test edildi. Risk ve faydalar tartışırken en iyi çözümü savunur. “

Ümit öğretmenin benimsediği tasarla-inşa et-test et stratejisinin, mühendislik eğitiminin genel amaç ve hedefleri yanıtı ile tutarlı olduğu görülmektedir. Ayrıca, öğretmen uyguladığı hava ve su direncini azaltan araç tasarımı etkinliğinde tasarla-inşa et-test et stratejisinin ilk adımı olan problem durumunu ve tasarım gereksinimlerini öğrencilere sunmuştur. Etkinlikte sunulan pet şişeler, dinamo, paket lastiği, plastik kapaklar gibi mevcut malzemeler çerçevesinde öğrencilerin ürünlerini oluşturulmasından ve tasarımların uygulanabilir, ekonomik ve malzemeye erişebilirlik gibi mühendislik tasarımının kısıtlamalarının gereksinimlerini sunulduğundan bahsetmiştir. Öğretmen öncelikle öğrencilerin bir prototip oluşturmasını, daha sonra inşa ettikleri bu ürünün sunulan tasarım gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığını test etmelerini istemiştir. Ayrıca Ümit öğretmenin fayda ve risk tartışması ortamı sunması, öğrencilerine ödünleşim (trade-offs) mühendislik kavramını da kazandırmayı hedeflediğini göstermektedir.

Ümit öğretmen mühendislik öğretim stratejisine uygun kullandığı mühendislik uygulamalarını şu şekilde ifade etmiştir:

“Öğrencilerden araç tasarımını hayal ederek çizmelerini istenir. Öğrencilerin olası araç tasarımları için fikir üretmeleri ve oluşabilecek sorunlara karşı çözüm üretmeleri beklenir. Beyin fırtınası yaparak öğrencilerin uygun yöntemi bulmada fikir alışverişinde bulunmasını sağlanır. Öğrencilerin tasarladıkları ürünleri yaparken karşılaştıkları sorunları kaydetmeleri istenir. Öğrencilerin ürünleri yaparken ölçme, tasarlama, var olan üründen yeni bir ürünü meydana getirmesi sırasında mühendislik becerilerini kazanılması bu aşamada

desteklenecektir. Ayrıca bu aşamada öğrencilere gerekli durumlarda öğretmen yardımı sunulacaktır. Öğrenciler ürünlerini inşa ederken ürünlerini test ederek araştırmalarını planlar ve planladıkları şekilde süreci yürütürler. Öğrencilerin tasarladıkları ürünler ile ilgili avantaj ve dezavantajları belirlenerek hazırladıkları ürün raporlarını sunacak ve en iyi tasarım için tartışma ortamı sınıfta desteklenecektir. Bu mühendislik stratejisi ile öğrencilere işbirliği ve yaratıcılık mühendislik düşünme becerileri kazandırılması hedeflenmektedir. ... Proje yönetimi mühendislik uygulaması bu ders planında kullanıldı. Sorular sorularak problem tanımlandı. Çözümüne yönelik modeller geliştirildi. Veriler analiz edilerek yorumlandı.”

Ümit öğretmenin bütüncül olarak ders planında kullandığı mühendislik entegrasyonlu etkinlikte, mühendislik tasarım sürecinin ilk adımı olarak hava ve su direncini azaltacak bir araç tasarımına ilişkin sınırlılıklarla birlikte mühendislik problemine yönelik öğrencilere sorular sorarak “problem durumunu belirleme”, öğrencilerin olası araç tasarımları için beyin fırtınası yaparak yaratıcı fikir üretmelerine ilişkin “yenilikçi fikirler üretmek”, uygun araçları ve malzemeleri kullanarak bir fikrin prototipini oluşturmaya ilişkin “prototipleme”, öğrencilerin araç tasarımını hayal ederek görsel temsillerini çizmelerine ilişkin “mühendislik grafikleri”, öğrencilerin tasarım sürecini kendilerinin planlamaları ve etkin yürütmelerine ilişkin “proje yönetimi” ve öğrencilerin grup içerisinde iş birliği ve diğer sınıf arkadaşlarına nihai ürünlerine ilişkin fikirlerini, kararları ve bilgilerini savunmalarına ilişkin “tasarım iletişimi” gibi mühendislik uygulamalarını kullandığı görülmektedir. Ayrıca, mühendislik tasarımın yanı sıra, öğrencilerinden tasarlamalarını istedikleri ürünün uygulanabilirliğini vurguladığından “imalat”, ürünleri tasarlarken karşılaşılan sorunların kaydedilmesine ve toplanan bu verilerin analiz edilip yorumlanmasına ilişkin “veri toplamak-analiz etmek” ve sunduğu mevcut malzemelerin fiziksel şekillerini hayal gücünü kullanarak inşa etmeye de değindiğinden “döküm-kalıplama-şekillendirme” mühendislik uygulamalarından bahsettiği de görülmektedir.

4.2.3.1.3 Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilgili Ümit öğretmen ders planında birden fazla öğretim programlarındaki ve mühendislikle ilgili kazanımlardan şu şekilde bahsetmiştir:

“Fen bilimleri öğretim programı kazanımları:

F.7.3.3.1. Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır.

F.7.3.3.2. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisini örneklerle açıklar.

a. Sürtünme kuvvetinin kinetik enerji üzerindeki etkisinin örneklendirilmesinde sürtünmeli yüzeyler, hava direnci ve su direnci dikkate alınır.

b. Sürtünen yüzeylerin ısındığı, basit bir deneyle gösterilerek kinetik enerji kaybının ısı enerjisine dönüştüğü vurgulanır.

F.7.3.3.3. Hava veya su direncinin etkisini azaltmaya yönelik bir araç tasarlar.

a. Hava veya su direncinin farklı taşıtların tasarımındaki etkisine değinilir.

b. Tasarımlar çizimle ortaya konulur, üç boyutlu bir ürüne dönüştürülmez.

Teknoloji ve Tasarım öğretim programı kazanımları:

TT. 7. B. 1. 1. Tasarım sürecinin bir problem tanımlama ve çözüm önerme süreci olduğunu söyler.

TT. 7. B. 1. 2. Günlük hayatta karşılaşılan bir sorun, ihtiyaç veya gerçekleştirebileceği hayalini “tasarım problemi” şeklinde ifade eder.

TT. 7. B. 1. 3. Belirlediği probleme yönelik geliştirdiği çözüm önerisini paylaşır.

TT. 7. B. 1. 4. Tasarım sürecinin araştırma basamaklarını söyler.

Fen ve Mühendislik kazanımları:

- Modeller geliştirmek ve kullanmak (mühendislik için)
- İncelemeler planlamak ve uygulamak
- Verileri analiz etmek yorumlamak
- Açıklamalar oluşturmak (fen için) ve çözümler tasarlamak (mühendislik için)

Düşünme becerileri kazanımları:

- *Yaratıcılık*
- *Sebat etme*
- *İş birliği*
- *Sistemsel düşünme”*

Ümit öğretmenin mühendislik entegrasyonu öğretim programına ilişkin yanıtı benimsediği tasarla-inşa et-test et öğretim stratejisi (örneğin, prototip hazırlama) ve bahsettiği öğrenci kazanımlarının, hava veya su direncini azaltan bir aracın tasarımına ilişkin kullandığı mühendislik entegrasyonlu etkinlikle tutarlı olduğu görülmektedir.

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden ders materyali hazırlama bilgisine ilişkin Ümit öğretmen kullandığı etkinliğe ilave ders materyali olarak hazırlık sorularından ve çalışma kâğıtlarından şu şekilde ifadede bulunmuştur:

“Uygulama öncesi öğrencilere “hava ve su direnci nedir” diye sorularak öğrencilerin ön bilgileri değerlendirilir. Hava direnciyle ilgili basit bir deney yapılarak merak uyandırılır. ... Çalışma kâğıtları hazırladım. Öğrencilerin iş birliği içinde grup çalışması yapmasını isterdim.”

4.2.3.1.4 Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinlik için gerekli ön-gereksinimlere (bilgi, beceri vb.) ve öğrenme ihtiyaçlarını öğrencilerine nasıl edindirileceğine ilişkin Ümit öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Öğrencilerin konu ile ilgili ön bilgiye sahip olması gerekir. İş birliği ve zamanı etkin kullanma becerisine de sahip olması gerekir. Farklı yeteneklere sahip olan öğrencilere görev dağılımı dönüşümlü olarak dağıtılmalıdır. ... Öğrencilere hava ve su direnciyle ilgili küçük deneyler yapılarak dikkat çekilir. Yüzey alanının artması ve azalmasının direnci nasıl etkilediği ile ilgili oluşacak yanlışlar giderilir. Hazırlanan çalışma kâğıtları öğrencilere sunulur.”

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden öğrencilerin mühendislik entegrasyonlu etkinliklerle ilgili öğrencilerin olası öğrenme zorluklarına yönelik Ümit öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

“Etkinliği uygularken hava direnci ve yüzey alanı arasında nasıl bir ilişki olduğu konusunda sıkıntılar yaşanabilir. Bunu gidermek için yüzey alanının direnci nasıl etkilediği ile ilgili basit bir deney yapılabilir. Zamanı etkin kullanma konusunda sıkıntı yaşanabilir. Bunun için hangi aşamayı ne kadar sürede yapacağı ile ilgili zaman kısıtlaması yapılabilir. Malzemeye erişebilirlik ve ekonomiklik, tasarımların uygulanabilirliği diğer zorluklar arasında. Günlük hayatta kolayca ulaşabileceğimiz malzemeler tercih edilmelidir.”

4.2.3.1.5 Mühendislik Değerlendirme Bilgisi

Bu bileşenin MEPAB alt bilgi türlerinden mühendislik entegrasyonlu etkinlikte neleri değerlendireceğine yönelik Ümit öğretmen ders planında mühendislik tasarıma yönelik performans değerlendirme yoluyla öğrencilerini değerlendireceğini şu şekilde ifade etmiştir:

“Bu çalışmayla öğrencilerin mühendislik hakkındaki görüşlerini ölçebilmek için ‘Mühendisliğe İlgili ve Tutum Ölçeği’ kullanılır.”

Ayrıca, Ümit öğretmenin ders planı incelendiğinde öğrencilerin mühendislik tasarım sürecine ilişkin temel performanslarını (planlama, araştırma, grup çalışması vb.) değerlendiren bir analitik dereceli puanlama aracından bahsettiği de görülmektedir. Bu ölçme aracının içeriği ve her bir performans ölçütüne göre en yüksek puan değerleri Çizelge 4.6’da sunulmuştur.

Çizelge 4.6 Ümit Öğretmenin Ders Planında Belirttiği Dereceli Puanlama Aracı

	DEĞERLENDİRİLECEK HUSUSLAR	PUAN
PLANLAMA	Tasarım görevleri iyi planlanmış. (5 PUAN)	
	Görev dağılımı öğrenciler arasında yapılmış. (5 PUAN)	
ARAŞTIRMA	Hava direnci konusuyla ilgili araştırma yapılmış. (10 PUAN)	
	Çeşitli kaynaklar araştırma yapılmış ve kaynaklar doğru belirtilmiş. (10 PUAN)	

Çizelge 4.6 Ümit Öğretmenin Ders Planında Belirttiği Dereceli Puanlama Aracı (devamı)

	DEĞERLENDİRİLECEK HUSUSLAR	PUAN
GRUP ÇALIŞMASI	Grup arkadaşlarıyla bir rutin olarak prototipin verimliliğini arttırmak adına düşüncelerini ve edindiği kaynaklarını paylaşır. (5 PUAN)	
	Grup süresi boyunca her zaman bir görevde kalır ve görevdeki grubu yönlendirir. (5 PUAN)	
	Kendi özdenetimini sağlar ve arkadaşlarını teşvik eder. (10 PUAN)	
TASARLAMA	Prototipi hazırlarken malzeme sınırlılığı göz önünde bulundurulmuş. (5PUAN)	
	Tasarım hava ve su direncini azaltma kriterlerini taşıyor. (5 PUAN)	
	Verimliliği arttırmak adına yeterli düzeyde analizler yapılmış. (5 PUAN)	
	Prototip özenli bir şekilde hazırlanmış. (5 PUAN)	
ZAMANLAMA	Prototip zamanında teslim edilmiş. (10 PUAN)	
SUNUM	Öğrenciler prototipini savunur durumda. (20 PUAN)	
		Toplam

Bu bileşenin bir diğer MEPAB alt bilgi türlerinden mühendislik entegrasyonlu etkinlikte hangi ölçme-değerlendirme tekniklerini kullanacağına yönelik Ümit öğretmen ders planında şu ifadelerde bulunmuştur:

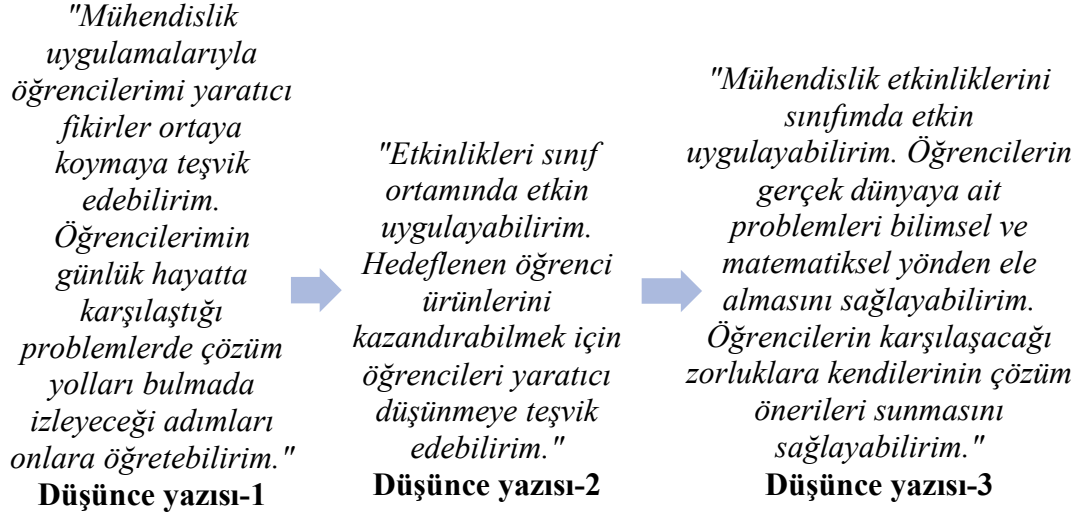
“Dereceleme (değerlendirme) ölçekleri (rubrikler) kullanılarak ölçülmesi istenilen performans ya da becerinin ölçümü yapılır.”

Ümit öğretmenin kullandığı mühendislik tasarım sürecine ilişkin öğrencilerin performanslarını gözlemek ve bunları analitik dereceli puanlama aracıyla değerlendirmek ile ders planında bahsettiği öğrencilere kazandırmayı hedeflediği kazanımlarla uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak öğretmenin öğrenci kazanımları kısmında bahsetmemesine rağmen, ders planının değerlendirme kısmında öğrencilerinin mühendisliğe ilgi ve tutumlarını ölçen bir ölçeği kullanacağından bahsettiği fark edilmiştir.

4.2.3.2 Ümit Öğretmenin MÖÖ’ye İlişkin Bulguları

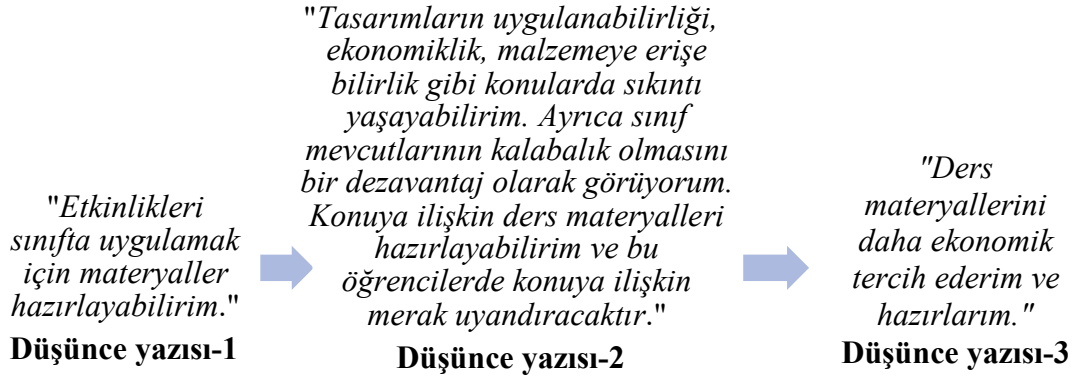
Bu bölümde Ümit öğretmenin uygulanan mesleki gelişim programının her hafta sonunda kendilerinin yetkinliklerini değerlendirmeyi amaçlayan düşünce yazılarına ilişkin bulgular sunulmuştur. Ümit öğretmenin haftalık bazda düşünce yazıları;

öğrenme ürünleri, ders materyallerini hazırlama ve ölçme-değerlendirme kategorilerinde sunulmuştur.



Şekil 4.6 Ümit Öğretmenin Öğrenme Ürünlerine Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları

Ümit öğretmenin düşünce yazıları incelendiğinde, mühendislik öğretimi uygulamalarıyla öğrencilerinin problem çözme ve yaratıcı düşünme becerileri üzerinde etkin rol oynayabileceğine ilişkin kendisini yetkin bulduğunu, her bir düşünce yazısında ise bu yetkinliğini benzer düzeyde değerlendirdiği görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.7 Ümit Öğretmenin Ders Materyallerini Hazırlamaya Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları

Ümit öğretmenin haftalık düşünce yazıları incelendiğinde, ders materyallerini hazırlamaya ilişkin kendisini genel olarak yetkin bulmaktadır. Öğretmenin ikinci düşünce yazısında, bir sonraki düşünce yazısında materyallerin teminatı konusunda olası zorluklardan bahsettiği ancak son düşünce yazısında bu zorluğun nasıl üstesinden gelebileceğini ifade ederek kendisini yetkin bulduğundan bahsetmiştir (Şekil 4.7).

"Ölçme ve değerlendirilmede kazanımlara dikkat ederim"



Düşünce yazısı-2

"Hedeflenen öğrenci ürünlerini kazandırabilmek için farklı stratejiler tercih ederim. Mühendislik eğitiminde tercih edilen ölçme araçlarını tercih ederim."

Düşünce yazısı-3

Şekil 4.8 Ümit Öğretmenin Ölçme-Değerlendirmeye Yönelik Haftalık Düşünce Yazıları

Ümit öğretmenin haftalık düşünce yazıları incelendiğinde genel olarak ölçme-değerlendirmeye ilişkin mevcut kazanımları dikkate alacağını ifade ettiği görülmektedir (Şekil 4.8). Özellikle son düşünce yazısında "tercih edilen ölçme araçlarını tercih ederim" ifadesi mühendislik eğitimine özgü kullanılan ölçme araçları bilgisinin arttığını gösteren bir bulgudur.

Genel olarak Ümit öğretmenin modüler bazda yazdığı düşünce yazıları incelendiğinde, mesleki gelişim programı boyunca mühendislik öğretimine ilişkin kendisini benzer düzeyde yetkin bulduğu görülmektedir. Bu nitel bulgu, öğretmenin araştırmanın nicel boyutundan elde edilen mühendislik öğretimi öz-yeterliliğine ilişkin öz-yeterlik ölçeğinden aldığı hem ön-test hem de son-test puanının aynı ve yüksek olduğu (\bar{X} : 18.83) (diğer öğretmenler arasında kazanç oranı en düşük ve %0) bulgusu ile tutarlılık gösterdiği söylenebilir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Tartışma

5.1.1 Öğretmenlerin Mühendislik Entegrasyonu Pedagojik Alan Bilgisine İlişkin Tartışma

Mühendislik eğitimi araştırmacıları, mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişim programlarının K-12 eğitiminde öğretmenlerin pedagojik alan bilgilerinin üzerinde olumlu yönde etkiye sahip olabileceği göstermiştir (Sun ve Strobel, 2014; Yoon ve ark., 2013). Bu araştırma kapsamında uygulanan K-12 mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programının öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisini artırdığı sonucuna varılmıştır. Benzer sonuçlar, mühendislik entegrasyonlu mesleki gelişim programının hizmet içi K-12 öğretmenlerinin mühendisliklerine ilişkin PAB'lerini geliştirmeye katkı sağladığı sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Autenrieth ve ark. 2017; Daugherty, 2008; Kouo ve ark., 2023; Lau ve Multani, 2018; Hasanah ve ark. 2021; Hynes ve ark., 2010, Sargianis ve ark., 2012). Hasanah ve ark. (2021) çalışmasında çevrim mesleki gelişim programı kapsamında gerçekleştirilen eğitimlerin ve mesleki öğrenen dayanışmasının fen bilimleri öğretmenlerin STEM PAB'lerini geliştirdiği sonucuna ulaşmıştır. Nugent ve ark. (2010) da iki ayrı hafta süren mühendislik ve teknoloji entegrasyonlu mesleki gelişim programının, ortaokul ve ortaöğretim fen ve matematik öğretmenlerinin mühendislik kavramları ve pedagojisine ilişkin bilgilerini artırdığını tespit etmişlerdir. Sun ve Strobel (2014) öğretmenlerin katıldıkları mesleki gelişim programında, bir haftalık mühendislik eğitiminde uygulamalar yoluyla mühendislik öğretimine ilişkin bilgilerinin geliştirdiklerini ortaya koymuştur. Bu araştırma kapsamında öğretmenlerin aktif katılımı sınıflarda uygulama yapmalarına olanak sunulmuştur. Öğretmenlerin mesleki bilgilerinden olan mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgilerinin gelişiminde uygulamalı olarak eğitim almaları etkili olmuş olabilir.

Araştırmanın bir diğer boyutu olan nitel yöntemden elde edilen sonuçlar da benzer sonuçlar görülmektedir. Uygulanan mesleki gelişim programı süresince MEPAB'larındaki gelişimi az ve fazla olan öğretmenlerin nitel sonuçları, deneysel desenden elde edilen sonuçlar ile tutarlılık göstermiştir. Farklı gruptan seçilen üç öğretmenden her birinin MEPAB'larında gelişim gözlemlenmiştir. MEPAB'larındaki gelişimin fazla olan öğretmenler, uygulama sürecinde geliştirdikleri ders planlarında

gelişimi en fazla olan öğretmen disiplinler arası olarak insan ve çevre ile fiziksel olaylar konularında, diğer gelişim kazancı fazla olan öğretmen ise fiziksel olaylar konusunda; MEPAB gelişimi az olan öğretmenin ise fiziksel olaylar konusunda ders planı geliştirmiştir. Eroğlu ve Bektaş (2016) çalışmasında öğretmenlerin STEM temelli ders etkinliklerinde özellikle mühendisliğin öğretiminde fizik konularının daha uygulanabilir olduğunu düşündükleri sonucuna varmıştır. Bu araştırma kapsamında öğretmenlerin çoğunlukla fizik konularını tercih ettiği kullanılan öğretim materyallerinin malzemelerin kolay ulaşılabilir olmasından kaynaklanıyor olabilir. Öte yandan, bu konuda PAB gelişimi en fazla olan öğretmenin mühendislik entegrasyonlu ders planında disiplinler arası olarak hem çevre hem de fizik konularını kapsayan etkinlikten bahsetmesi araştırmanın deneysel desenden elde edilen sonuçları destekler nitelikte olduğu söylenebilir.

K-12 Mühendislik Eğitiminde İlerleyen Mükemmellik ve Amerikan Mühendislik Eğitimi Derneği (Advancing Excellence in P-12 Engineering Education & The American Society for Engineering Education) yayımladığı rapora göre, bir K-12 mühendislik ders planının öğrencilerin kendi yaşamları ve toplulukları ile bağlantı kurabileceği sosyal ve kültürel olarak ilişkilendirilmiş bağlamlarla sunulmalıdır (AE3 ve ASE, 2020). Benzer şekilde ulusal ve uluslararası yayımlanan raporlarda (ITEEA, 2020; NASEM, 2020) bahsedilen standartlarda öğretim uygulamalarının bağlamsal olarak ilişkilendirilmesi vurgulanmaktadır. Araştırmada dikkat çeken bir sonuç ise sadece MEPAB gelişimi en yüksek olan öğretmenin mühendislik problemini sosyo-ekonomik etki bağlamında sunmasıdır. Bu sonuç, öğretmenin pedagojik alan bilgisinde yetkin bir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Ek olarak, MEPAB'larındaki gelişimi en fazla olan öğretmen, mühendislik öğretimine ilişkin genel amaç ve hedefiyle uyumlu olan kullanıcı-merkezli tasarım stratejisini, diğer gelişimi yüksek ve az olan öğretmenlerin ise tasarla-inşa et-test et stratejisinin tüm aşamalarını somut şekilde sunarak (tasarım gereksinimleri, yeniden test etme aşaması vb.) ders planında kullanmıştır. Cunningham ve ark. (2007) önceki çalışmalarının, mühendislik tasarım sürecini öğretme konusundaki öğretmenlerin mühendislik tasarım sürecini sorgulamaya dayalı fen eğitimine benzediği için hızlı bir şekilde anladığını ifade etmektedir. Purzer ve ark. (2022) çalışmalarında, yaklaşık son yirmi yıldır üniversite öncesi mühendislik eğitiminde kullanılan öğretim yaklaşımlarını

inceleme sonucunda tasarla-inşa et-test et çerçevesinin ilkökul ve ortaokul seviyelerinde en yaygın olarak kullanıldığını tespit etmişlerdir.

Ayrıca MEPAB gelişimi az olan öğretmenin de ders planındaki ifadelerinden tasarla-inşa et-test et stratejisini kullanıldığı anlaşılrsa da bu stratejinin önemli aşamalarından olan tasarım gereksinimlerini somut şekilde sunulmadığı tespit edilmiştir. Bu öğretmenin, gerek ders planında ifade ettiği mühendislik etkinliğinde oluşturulacak ürünü biçimsel olarak yönergelerle önceden belirttiği, gerekse mühendislik ürününün tasarım kriterleri karşılamaından ziyade ekranların ürünlerine dayalı olarak yeniden tasarımdan bahsettiği için daha çok somut (üç boyutlu) modellemeye dayalı öğretimi kullandığını düşündürmektedir.

MEPAB gelişimi yüksek olan öğretmenler, ders planlarında disiplinler arası birden fazla öğretim programındaki hedef davranışlara yer vermiştir. Ayrıca tüm öğretmenlerin mühendislik temel uygulamaları ve becerilerine ders planlarında değindiği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, Koehler ve ark. (2005) matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin pedagojilerini tamamen disipline özgü içerik odaklı bir öğretim programından çok disiplinli bir yaklaşım olarak özgün mühendislik problemlerini kullanan modern teknolojileri sorgulamaya dayalı bir öğretim programına kaydırmaları gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca, fen ve mühendislik uygulamalarını disiplinler arası temel fikirlerle ilişkilendirmek için NGSS geliştirilmiştir (NGSS Lead States, 2013). NGSS'yi benimseyen eyaletler, disiplinler arası hedef davranışlarla öğrencilerin bir mühendislik anlayışı göstermeleri gerektiğini belirtir. Dolayısıyla, disiplinler arası bir bağlam olarak köprü görevi gören mühendisliğin öğretimi için öğretmenin ders planında birden çok öğretim programından bahsetmesi, öğretmenin bu alandaki pedagojik alan bilgisinin gelişmiş olduğunu destekler niteliktedir.

Öğretmenlerin mühendislik etkinliğini uygulamada yararlandığı kaynaklarda da farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. MEPAB gelişimi en fazla olan öğretmenin bilgisayar destekli tasarım olarak bir simülasyon programı kullandığı, diğer gelişimi fazla olan öğretmenin ise deneylerden yararlandığı tespit edilmiştir. Buna karşılık, MEPAB gelişimi düşük olan öğretmenin düz anlatım ve soru-cevaplarla öğrencilerin etkinliği uygulama öncesi ön-gereksinimlerini karşıladığı görülmüştür.

Yu ve ark. (2012) mühendislik öğrenmelerini geliştirmek için teknolojik araçları kullanma bilgisini mühendislik pedagojik alan bilgisinin bir bileşeni olduğunu öne sürmüştür. Başka bir açıdan bakılacak olursa, öğretmenin mühendislik öğretimi için çeşitli mühendislik uygulamaları hakkında bilgisinin olması bu konudaki MEPAB'ının gelişmiş olduğunu gösteren bir diğer unsur olduğu söylenebilir.

Benzer şekilde, MEPAB gelişimi yüksek olan öğretmenler ders planlarında öğrencilerin öğrenme zorluklarının neler olabileceği ve bu zorlukların üstesinden gelmede nasıl yardımcı olabileceğine ilişkin detaylı açıklamalarda bulunmuşlardır. Ancak, MEPAB gelişimi az olan öğretmen öğrenci öğrenme zorluklarıyla oldukça yüzeysel ve nasıl başa çıkabileceğiyle ilgili herhangi bir ifadede bulunmadığı tespit edilmiştir. Grossman (1990)'ın PAB çerçevesinde ele aldığı dört bileşenden birisi de öğrencileri anlama bilgisidir. Bu bilgi türüne göre, öğretmen öğrencilerin belirli konudaki anlamalarına, kavramlara ve kavram yanılgılarına ilişkin bilgisini göstermektedir. Bu araştırma sonucuna göre öğretmenin ders planında öğrencilerinin olası öğrenme zorluklarına ilişkin bilgisi ve özellikle bunlarla nasıl başa çıkabileceğine yönelik bilgisi öğretmenin MEPAB gelişimini doğrulamaktadır.

Son olarak, öğretmenlerin mühendislik ürünlerinde neyi ve nasıl değerlendireceğine ilişkin ifadelerinde MEPAB gelişimi yüksek olan öğretmenlerin mühendislik uygulamalarına ilişkin performansını ve kazandırmayı hedeflediğini ve neredeyse tüm bilişsel, duyuşsal ve davranışsal ürünleri değerlendireceğinden bahsetmişlerdir. Buna karşın, MEPAB gelişimi az olan öğretmenin sadece mühendislik tasarım uygulamasına ilişkin öğrencilerin sadece düşünce ve görüşlerini değerlendirileceğinden bahsetmiştir. Park ve Oliver (2008a, 2008b) çalışmasında, Grossman (1990)'ın PAB çerçevesindeki bileşenlere ek olarak öğrenci anlamalarını değerlendirme bilgisinden bahsetmiştir. Öğretmenlerin pedagojik alan bilgileri için önemli olan ve bu araştırma kapsamında geliştirilen MEPAB çerçevesinin bir bileşeni olan değerlendirme bilgisine ilişkin öğretmenlerin ders planlarında kapsamlı şekilde bahsetmesi, öğretmenlerin MEPAB'larının geliştiğini destekleyen bir göstergedir.

5.1.2 Öğretmenlerin Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterliklerine İlişkin Tartışma

Araştırmada uygulanan K-12 mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programının öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterliğini (MÖÖÖ) artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, alanyazındaki mühendislik entegrasyonuna ilişkin mesleki gelişim çalışmalarının öz-yeterliği geliştiği sonuçlarıyla (Marquis, 2015; Utley ve ark., 2019; Webb, 2015) tutarlılık göstermektedir. Buna karşın, Sibuma ve ark. (2018) çalışmalarında okul öncesi öğretmenlerine STEM eğitimine ilişkin hizmet içi eğitimin öğretmenlerin öz-yeterliklerini geliştirmede bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Ancak, Kouo ve ark. (2023)'in bulgularının araştırmadan elde edilen sonuçlarla tutarlılık gösterdiği söylenebilir. Kouo ve meslektaşları, K-12 mühendislik odaklı mesleki gelişim programı sırasında öğretmenlerin mühendislik etkinliklerini öğretmeye olan güvenlerinin arttığını ifade ettiklerini tespit etmiştir. Öte yandan, takip oturumları, koçluk ve/veya danışmanlık, öğretmenlerin öz-yeterliklerini artırmak için mesleki gelişim etkinliklerine dahil edilebilir (Boriack, 2013). Bandura (1997)'nin öz-yeterliği etkileyen dört faktörün (a- ustalık deneyimleri, b- dolaylı deneyimler, b- sözlü ikna ve c- psikolojik ve fizyolojik durumlar) gelişiminde bu çevrim içi öğretmen mesleki gelişim programının yarar sağladığı söylenebilir. Örneğin, öğretmenlerin sınıflarında uygulama yapmaları ustalık deneyimlerini, mesleki öğrenenler topluluğunda meslektaşlarının uygulamalarından haberdar olmaları dolaylı deneyimler kazanmalarına, programda uzmanın bilgilendirici içerik paylaşımları sözlü ikna bileşenini ve mesleki gelişim boyunca öğretmenlerin deneyimlediği diğer etkiler de fizyolojik ve duygusal durumlar bileşenlerini geliştirdiği düşünülmektedir.

Öğretmenlerin düşünce yazılarından elde edilen sonuçların, deneysel desende elde edilen sonuçları destekler nitelikte olduğu söylenebilir. Öğretmen mesleki gelişim programının sonuna doğru mühendislik etkinliklerini sınıfta uygulama ve ders materyallerini hazırlamaya ilişkin ifadelerinden yetkinliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle MÖÖ gelişimi fazla olan öğretmenlerin, öz-yeterliğin kuramsal olarak önemli bir boyutu olan öğretimde karşılaşacakları zorluklarla başa çıkmada kendilerini oldukça yetkin bulduklarını ifade etmişlerdir. MÖÖ gelişimi az (uygulama öncesi ve sonrası ölçümlerin her ikisinde de öz-yeterlik düzeyi yüksek) olan öğretmenin düşünce yazıları incelendiğinde ise mühendislik öğretimine ilişkin genellikle yetkinliğini

yüzeysel ve kısa ifadelerle belirttiği tespit edilmiştir. Öğretmenlerin öz-yeterliğinin; öğretim sorumluluğu, çabası ve ısrarcı tavırları, sınıflarında sergiledikleri davranışlar gibi anlamlı birçok eğitimsel sonuçlarla güçlü bir ilişkisi vardır (Tschannen-Moran ve Woolfolk-Hoy, 2001). Alanyazında yer alan çalışmalar, yüksek öğretim öz-yeterliğine sahip öğretmenlerin farklı öğretim yollarını deneme olasılıklarının zorlu ancak etkili stratejileri uygulama ve bu stratejilerde ısrar etme olasılıkları daha yüksek olduğunu göstermektedir (Allinder, 1994; Bruce ve ark., 2010; Guo ve ark., 2012). Öte yandan, bir kişinin öz yeterlilik algısı düşükse, kendisi için daha kolay hedefler belirleme ve zor görevlerden kaçınma eğilimindedir (Gökdağ-Baltaoğlu ve Güven, 2019). Ayrıca bu öğretmenlerin sorunlar ve tehditler karşısında bocalama, çaba ve sabır gösterme becerisinin zayıf olduğu, kısaca mesleğinin gereklerini yerine getiremedikleri gözlemlenmiştir (Bruce ve ark., 2010). Dolayısıyla, bu araştırmada öğretmenlerin düşünce yazılarındaki öğrencilerinin öğrenme zorluklarıyla nasıl başa çıkabileceğine ilişkin kendisini yetkin bulduklarına yönelik ifadeleri, öğretmenlerin mühendislik öğretimindeki öz-yeterliklerinin yüksek olduğunu gösteren bir unsurdur.

Araştırmada elde edilen bir diğer sonuç ise her bir öğretmen öğrencilerinin problem çözme ve yaratıcı düşüncelerini geliştirmede etkili olabileceğini ifade etmiştir. Bu konuda Bandura (1997b)'nın öğretmenlerin öğretimlerine ilişkin öz-yeterlikleri, öğrencilerin zihinsel yetilerinin gelişmesini şekillendirmede etkili olduğu belirlediği ifadesi, uygulanan mesleki gelişim sonucu her bir öğretmenin mühendislik öğretimine ilişkin öz-yeterliğinin yüksek olmasını destekler niteliktedir.

Öğretmen öz-yeterliği ile öğrenci ürünleri birbiriyle yakından ilişkilidir (Ashton ve ark., 1983; Tschannen-Moran ve Woolfolk-Hoy, 2001; Üstüner ve ark., 2009). Mühendislik öğretimi öz-yeterliğinin alt boyutlarından birisi de öğretmenin çeşitli değerlendirme stratejilerini kullanabilmeyi kapsamaktadır (Demirci, 2022; Yoon ve ark., 2012, 2014). Bu araştırma sonucunda, öğretmenlerin mühendislik entegrasyonlu öğretim kapsamında öğrenci ürünlerini değerlendirmeye ilişkin düşünce yazılarında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. MÖÖ gelişimi az olan öğretmen farklı stratejiler tercih etmeye açık olduğunu ifade ederken, MÖÖ gelişimi fazla öğretmenlerin örneklerle detaylandırarak neyi ve nasıl değerlendireceğini bahsetmişlerdir. Allinder (1994) de öğretmenlerin farklı öğretim yollarını deneme

olasılıklarının da daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Bu sonuç, öğretmenlerin öğrenci ürünlerini kazandırmada ve ölçme-değerlendirmede düşünce yazılarında detaylı açıklamalardan öz-yeterliğinin arttığını göstermektedir.

5.2 Sonuç ve Öneriler

Araştırmada K-12 mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programının fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi (MEPAB) ve mühendislik öğretimi öz-yeterliklerine (MÖÖ) etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda nicel (zayıf deneysel desen) yöntemden elde edilen sonuçları desteklemek için deneysel desen içerisine nitel yöntemin (temel nitel desen) gömüldüğü iç içe karma yöntem araştırması kullanılmıştır. Deneysel müdahale uygulama olarak uygulanan üniversite öncesi mühendislik eğitimi odaklı çevrim içi mesleki gelişim programı iki bölümden oluşmuştur. Mesleki gelişim programının ilk bölümü, K-12 düzeyi öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisi hakkında gerekli olan temel bilgileri edinmelerine yardımcı olacak mesleki gelişim eğitimlerinden oluşmuştur. Bu bölümde öğretmenlere mühendislik eğitimine ilişkin bilgilendirici modüller eğitimler ve uzman eğitimci önderliğinde sanal toplantılardan düzenlenmiştir. Mesleki gelişim programının diğer bölümü olan mesleki öğrenenler topluluğunda ise öğretmenlerine edindikleri pedagojik alan bilgilerini meslektaşları ve uzmanlarla bilgi alışverişinde bularak geliştirmelerine yardımcı olan ayrı bir web sitesi platformu oluşturulmuştur. Toplam beş haftalık mesleki gelişim programına katılan toplam on dört fen bilimlerine nicel veri setleri programın başında ve sonunda, nitel veri setleri ise mesleki gelişim programı sırasında uygulanmıştır.

Bu araştırmada K-12 mühendislik eğitimi odaklı mesleki gelişim programı fen bilimleri öğretmenlerinin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgisine (MEPAB) ve mühendislik öğretimi öz-yeterliklerini (MÖÖ) olumlu anlamda etkilediği sonucu elde edilmiştir. Benzer şekilde, nicel desende uygulanan mesleki gelişim programının öğretmenlere olumlu etkisi sonucunu detaylandırarak incelemek için, mesleki gelişim programı sürecini inceleyen temel nitel desen çalışmasında her bir öğretmenin hem MEPAB hem de MÖÖ olumlu anlamda az veya fazla miktarda geliştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmada çevrim içi mesleki gelişim programı yoluyla araştırmacının veya uzmanın katılımcıların mesleki gelişimlerini izleme ve

uzman dönütü açısından zaman ve iş yükü açısından kolaylık sunması adına tercih edilmiştir. İlk olarak, bu araştırma kapsamında geliştirilen çevrim içi K-12 mesleki gelişim programı fen bilimleri öğretmenlerinin yanı sıra hizmet öncesi veya içi teknoloji ve sınıf öğretmenlerine uygulanabilir. Özellikle ülkemizde çeşitli branşlardaki öğretmenlerle ve boylamsal çalışmalarla yürütülecek olan bu eğitimlerin, mühendislik eğitimi çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağına inanılmaktadır.

İkinci olarak, mühendislik eğitiminde PAB'ı inceleyen sınırlı sayıda çalışma olmasına rağmen, bu öğretmen bilgi türü mühendisliğin öğretiminde kritik bir öneme sahiptir (Love ve Hugnes, 2022). Bu önem doğrultusunda son yıllarda mühendislik eğitimi araştırmacıları öğretmenlerin mühendislik PAB gelişimine ilişkin birçok mesleki gelişim çalışması gerçekleştirmektedir (Liu ve ark. 2009, Reimers ve ark., 2015, Webb, 2015). Bu araştırma kapsamında da öğretmenlerin MEPAB'ı dönüşümcü model olarak beş temel bileşen (mühendislik öğretim oryantasyonu, mühendislik öğretim stratejileri vb.) ve sekiz alt bilgi türü çerçevesinde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mesleki gelişim programında da baz alınan bu çerçeveye yönelik geliştirilen içeriklerin öğretmenlerin bu bilgi türünü geliştirmede etkili olduğunu göstermiştir. Araştırmada öğretmenlerin öğretim uygulamalarında özellikle sınıf ve zaman yönetimi gibi genel pedagoji bilgisinde zorluklar yaşadığını sanal toplantılarda ifade etmişlerdir. Gelecek araştırmalarda öğretmenlerin MEPAB'ını etkileyen genel pedagoji bilgisini de ele alan mesleki gelişim programları düzenlenebilir. Özellikle MEPAB çerçevesindeki ana bileşenler ve alt bilgi türlerinin çeşitli konulara (fen, matematik, teknoloji vb.) uyarlanabilir. Böylece bu çerçevesin gelecekte öğretim programlarının geliştirilmesinde ve mesleki gelişim programlarının tasarımı çalışmalarına öncülük edeceği umulmaktadır.

Üçüncü olarak, araştırmada K-12 öğretmenlerinin MEPAB gelişimlerini ölçmek için açık uçlu sorulardan oluşan MEPAB testi ve yanıtları değerlendirmek için analitik rubrik geliştirilmiştir. Kuramsal olarak MEPAB çerçevesinin her bir bileşenini kapsayan bu ölçme-değerlendirme araçları, hizmet içi öğretmenlerinin üniversite öncesi MEPAB yetkinliklerini incelemek K-12 STEM ve mühendislik eğitimcileri tarafından kullanılabilir.

Dördüncü olarak, araştırmada öğretmenlerin mesleki gelişim programı sırasında MEPAB ve MÖÖ gelişimlerinin nasıl olduğu da incelenmiştir. Bunun için, nicel desenden elde edilen sonuçları daha detaylı incelemek için ders planı ve düşünce yazılarıyla nicel veriler toplanmıştır. Öğretmenlerin ders planlarından elde edilen sonuçlar, MEPAB testinden elde edilen sonuçları destekler nitelikte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. MEPAB gelişimi en yüksek olan öğretmen mühendisi öğretimi hedef ve amacı ile tutarlı olarak kullanıcı merkezli tasarım stratejisini benimserken; ikinci gelişimi en yüksek olan öğretmenin ve gelişimi az olan öğretmenin ise tasarla-inşa et-test et stratejisini kullanmıştır. Öğretmenlerin genellikle fizik konularını baz alarak mühendislik entegrasyonlu ders planı geliştirmelerine rağmen, MEPAB gelişimi en yüksek öğretmenin diğer öğretmenlerden farklı olarak mühendislik problemini sosyo-ekonomik etkisi bağlamında sunduğu ve mühendislik ders planı birden fazla konu alanını kapsayan bir etkinlik içerisinde sunmuştur. Öğretmenlerin her biri mühendislik uygulamaları ve becerilerine ders planlarında değinmişlerdir. Gelecek çalışmalarda çeşitli ölçme araçları ile öğretmenlerin mühendislik öğretimine ilişkin PAB'larını ölçen gözlem ve görüşme teknikleri (odak grup vd.) de kullanılabilir. Ayrıca, bu araştırma çevrim içi mesleki gelişim programı olmasından dolayı sınıf gözlemi açısından olanakların artırılacağı (gözlem ve video kaydı kullanımı) çeşitli çalışmalar yöntemler kullanılabilir. Böylece öğretmenlerin mühendislik entegrasyonu pedagojik alan bilgilerine ilişkin daha derinlemesine veriler elde edilebilir. Benzer şekilde çevrim içi mesleki öğrenenler topluluğunda öğretmenlerin uzmanlar veya meslektaşlarla etkileşimlerine ilişkin platformda depolanan verilerin analizi için nitel yöntemlerde kullanılabilir. Bu sayede öğretmenlerin bilgi ve inanç açısından gelişimlerine yönelik daha derinlemesine bulgular elde edilebilir.

Beşinci olarak, araştırma sonucunda sadece MEPAB gelişimi yüksek olan öğretmenlerin birden çok öğretim programından yararlanarak disiplinler arası hedef davranışlardan bahsettiği ve çeşitli mühendislik uygulamalarından yararlandığı (bilgisayar destekli tasarım/simülasyon programı ve çeşitli deneyler) görülmüştür. Son olarak, sadece MEPAB gelişimi yüksek olan öğretmenler, öğrenme zorluklarıyla nasıl başa çıkacaklarını ve daha kapsamlı olarak öğrenci ürünlerini nasıl değerlendireceklerini bahsetmişlerdir. Araştırmacılar gelecek çalışmalarında,

öğretmenlerin MEPAB'larını iyileştirme amacıyla en etkili yaklaşımları geliştirmek için bu araştırmadan elde edilen bulgulardan yararlanılabilir.

Altıncı olarak, bu araştırmada öğretmenlerin mühendislik öğretimine ilişkin kendi yetkinliklerine ilişkin görüşleri, mesleki gelişim programının ilk haftasında, ortasında ve sonunda olmak üzere üç kez düşünce yazıları aracılığıyla incelenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre, nicel yöntem sonucu mühendislik öğretimi öz-yeterliği (MÖÖ) gelişimi yüksek olduğu belirlenen öğretmenlerin, mesleki gelişim sonuna doğru yetkinliklerinin gerek kendi nitelendirmelerinden gerekse düşünce yazılarındaki detaylı ifadelerinden giderek arttığı sonucuyla paralellik göstermiştir. Özellikle MÖÖ gelişimi yüksek (uygulama öncesi orta ve uygulama sonrası öz-yeterliği yüksek) olan öğretmenlerin zorluklarla başa çıkmada, öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmede ve öğrenci ürünlerini değerlendirmede kendisini yetkin bulmaktadırlar. Buna karşın, özellikle MÖÖ gelişimi çok az (hem uygulama öncesi hem de uygulama sonrası öz-yeterliği yüksek) olan öğretmenin, genel ifadelerle öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmede ve öğrencilerin mühendislik ürünlerini ölçme-değerlendirmede farklı stratejileri kullanmaya ilişkin yetkinliğini ifade etmesi sonucuyla tutarlılık göstermiştir. Öğretmen öz yeterliliği, öğretmen davranışını ve öğrenci sonuçlarını etkileyen öğretmen etkinliğinin önemli bir bileşenidir (Kelley ve ark., 2020). Öz-yeterliğin öğretmenlerin sınıflarında akademik etkinlikleri nasıl planlayacağını etkilediği (Bandura, 1997b) düşünüldüğünde öğretmenlerin mühendislik öğretimi öz-yeterliklerini artıran derinlemesine araştırmalar yürütülebilir.

Yedinci olarak, mühendisliğin disiplinler arası doğası nedeniyle, alanyazında en sık kullanılan PAB bileşenlerine (alan bilgisi, genel pedagojik bilgi ve bağlamsal bilgi) ek olarak mühendislik entegrasyonu pedagojik bilgisi bileşeni eklenmiştir. Yeter (2021) de çalışmasında, sınıf öğretmenlerinin mühendislik PAB'ını ortaya çıkarmak için yaptığı araç geliştirme çalışmasında üniteye özgü içerik bilgisi ve disiplinler arası uygulamanın ayırt edici alanlar olduğunu öne sürmüştür. Kısaca MEPAB çerçevesinin öğretmenlerin pedagojik alan bilgisini ortaya çıkarmak için nitel veya nicel çeşitli ölçme geliştirilmesinde eğitim uygulayıcılarına ve araştırmacılara rehberlik edeceği ve nihayetinde öğretmenlerin sınıftaki öğretim uygulamalarına ilişkin içgörü kazanmayı kolaylaştıracağı umulmaktadır. Ayrıca araştırmada mühendislik öğretim stratejilerine (kullanıcı merkezli tasarım, tasarla-inşa et-test, mühendislik bilimi, mühendislik

analizi, mühendislik optimizasyonu ve) tersine mühendislik uygun çeşitli mühendislik entegrasyonlu ders planları ve etkinliklerin geliştirilmesinde, bu araştırma kapsamında geliştirilen MEPAB çerçevesi baz alınabilir. Bu materyaller mühendislik odaklı çeşitli öğretmen eğitimi ve mesleki gelişim çalışmalarında kullanılabilir.

Sekizinci olarak, MEPAB'ın öğrencilerin mühendisliği anlama bilgisi bileşeni öğretmenlerin ön-deneyimlerini ve bağlam bilgisi birikimini ele almaktadır. Bu bileşenin gelişimini özellikle sınıf içi gözlemlerle inceleyen derinlemesine verilerin elde edildiği durum çalışmaları ve boylamsal çalışmalar yapılabilir. Ayrıca öğretmenlerin sınıf uygulamalarında karşılaştığı zorlukların büyük bir çoğunluğunun genel pedagoji bilgisini ele alan sınıf ve zaman yönetimi problemlerinden oluştuğu bu araştırmada gözlemlenmiştir. Gelecekte tasarlanacak mesleki gelişim veya öğretmen yetiştirme programlarında mühendislik eğitimi uygulamalarının yanı sıra öğretmenlerin genel pedagoji bilgisi yetkinliğini de inceleyen çalışmalar düzenlenebilir.

Son olarak, Mühendislik eğitimcilerinin, mesleki gelişim programlarıyla mühendislik bağlamlarına ve uygulamalarına tam anlamıyla dahil olma becerileri, bunları öğrenci deneyimlerine dönüştürmelerine yardımcı olmaktadır (Love ve Hughes, 2022). Bu önem doğrultusunda, öğretmenlerin mesleki gelişimini konu alan gelecek çalışmalar öğrencilerle sınıftaki etkileşimini kapsayan ve öğrencilere etkilerini de inceleyen çeşitli nitel ve nicel çalışmaların, MEPAB alanındaki araştırmalara önemli katkılar sunacağına inanılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abell, SK. (2008). Twenty years later: does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.
- Advancing Excellence in P-12 Engineering Education, & The American Society for Engineering Education (2020). Framework for P-12 engineering learning: A defined and cohesive educational foundation for P-12 engineering. the American Society for Engineering Education, Washington DC, USA, 87 pp.
- Akgündüz, D. (2018). İlkokul ve ortaokul fen bilimleri eğitiminde STEM eğitimi uygulamaları: Okul öncesinden üniversiteye kuram ve uygulamada STEM eğitimi, Editör: Akgündüz, D., Anı Yayıncılık, Ankara, 169-200.
- Alamri, NM., Aldahmash, AH. & Alsharif, KM. (2018). Emerging trends in research on math teacher professional development. *International Journal of Instruction*, 11(3), 91–106.
- Aldenderfer, M. S., & Blashfield, R. K. (1984). Cluster analysis. Sage Publication, Beverly Hills, California, USA, 9 pp.
- Alkış-Küçükaydın, M. (2018). Pedagojik alan bilgisinin değerlendirilmesi: Teoriden uygulamaya pedagojik alan bilgisi, Editör: Uluçınar Sağır, Ş., Pegem Akademi, Ankara, 86-121.
- Allinder, RM. (1994). The relationships between efficacy and the instructional practices of special education teachers and consultants. *Teacher Education and Special Education*, 17, 86-95.
- American Association for the Advancement of Science (1989). Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology, AAAS, Washington, USA.
- American Association for the Advancement of Science (1993). Benchmarks for Science Literacy. Project 2061, AAAS, Washington, USA.
- Autenrieth, RL., Lewis, CW. & Butler-Purry, KL. (2017). Long-term impact of the enrichment experiences in engineering summer teacher program. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(1), 25–31.
- Aydoğdu, B. & Peker, M. (2016). Science and mathematics teaching efficacy beliefs of pre-school teachers. *Universal Journal of Educational Research*, 4(11), 2541-2550.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: the exercise of control. W. H. Freeman and Company, New York, USA, 604 pp.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37(2), 122-147.
- Bandura, A. (1977a). Social learning theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, London, 246 pp.
- Bandura, A. (1977b). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(52), 191-215.
- Barnett, M. (2002). Issues and trends concerning electronic networking technologies for teacher professional development: a critical review of the literature. Paper presented at the American Educational Research Association, 1-5 April, New Orleans, USA.
- Boots, NK. (2013). Examining teachers' perspectives on an implementation of elementary engineering teacher professional development. Ph.D. Thesis, Purdue University, Learning, Design and Technology, USA.

- Boriack, AC. (2013). Teachers' perceptions of effective science, technology, and mathematics professional development and changes in classroom practices. Ph.D. Thesis, Texas A&M University, USA.
- Bray-Clark, N. & Bates, R. (2003). Self-efficacy beliefs and teacher effectiveness: Implications for professional development. *The Professional Educator*, XXVI(1), 13–22.
- Bruce, CD., Esmonde, I., Ross, J., Dookie, L. & Beatty, R. (2010). The effects of sustained classroom-embedded teacher professional learning on teacher efficacy and related student achievement. *Teaching and Teacher Education*, 26, 1598-1608.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, ÖE., Karadeniz, Ş., Demirel, F. (2014). Bilimsel araştırma yöntemleri. Pegem Akademi Yayınları, Ankara, 358 s.
- Can, A. 2014. SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara, 393 s.
- Ceran, E. (2021). Elementary school teachers' developing pedagogical content knowledge and beliefs about integrated STEM education through a professional development knowledge. Ph.D. Thesis, Marmara University, The Graduate School of Educational Sciences, The Department of Elementary Education, Istanbul, Türkiye.
- Cochran, KF., DeRuiter, JA. & King, RA. (1993). Pedagogical content knowledge: a tentative model for teacher preparation. The Annual Meeting of the American Educational Research Association, 3-7 April, Chicago, USA.
- Crawford, C., Obenland, C. & Nichol, C. (2021). An analysis of the effect of long-term professional development on teacher engineering self-efficacy and its impact on classroom instruction. *Journal of STEM Outreach*, 4(1), 1-10.
- Creswell, JW. (2013). Nitel araştırma yöntemleri, (Çev: M. Bütün ve S. B. Demir), Siyasal Kitabevi, 99, 2016.
- Creswell, JW. & Plano-Clark, VL. (2011). Karma yöntem araştırmaları: Tasarımı ve yürütülmesi, (Çev: Y. Dede ve S. B. Demir), Anı Yayıncılık, 98, 2015.
- Cunningham, C., Knight, MT., Carlsen, W. & Kelly, GJ. (2007). Integrating engineering in middle and high school classrooms. *International Journal of Engineering Education*, 23(1), 3-8.
- Custer, RL., & Daugherty, JL. (2009). The nature and status of stem professional development: Effective Practices for Secondary Level Engineering Education. National Center for Engineering and Technology Education, Utah State University, USA, 20 pp.
- Darling-Hammond, L. & McLaughlin, MW. (2011). Policies that support professional development in an era of reform. *Phi Delta Kappan*, 92(6), 81-92.
- Daugherty, J. L. (2008). Engineering-Oriented Professional Development for Secondary Level Teachers: A Multiple Case Study Analysis. Ph.D. Thesis, University of Illinois, Human Resource Education, Urbana-Champaign, USA.
- Daugherty, J. L. (2010). Engineering professional development design for secondary school teachers: A multiple case study. *Journal of Technology Education*, 21(1), 10-24.
- De Miranda, M. A. (2018). Pedagogical content knowledge for technology education: Handbook of technology education. Ed: Vries, MJ de, Springer, USA, 685–698.

- De Vries, MJ. (2015). Research challenges for the future: The future of technology education. Ed.: Williams, PJ., Jones, A. & Bunting, C., Springer, USA, 253–269.
- Demirci, F. (2022). Adaptation of teaching engineering self-efficacy scale into Turkish. *Pedagogical Perspective*, 1(2), 128-141.
- Desimone, LM. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199.
- Desimone, LM., Porter, AC., Garet, MS., Yoon, KS. & Birman, BF. (2002). Effects of professional development on teachers' instruction: Results from three-year longitudinal study. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 24, 81-112.
- Diefes-Dux, HA. (2014). In-service teacher professional development in engineering education: early years: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, ME., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, Indiana, USA, 233-258.
- Doğru, M. (2018). Öğretmen yetiştirme ve pedagojik alan bilgisi: Teoriden Uygulamaya Pedagojik Alan Bilgisi, Ed.: Uluçınar-Sağır, Ş., Pegem Akademi, Ankara, 41-63.
- Douglas, J., Iversen, E. & Kalyandurg, C. (2004). Engineering in the K-12 classroom: An analysis of current practices & guidelines for the future. A Production of the ASEE Engineering K12 Center, Washington DC, USA.
- Duncan, D., Diefes-Dux, H., & Gentry, M. (2011). Professional development through engineering academies: An examination of elementary teachers' recognition and understanding of engineering. *Journal of Engineering Education*, 100(3), 520-539.
- Dym, CL., A. Agogino, AM., Eris, O., Frey, DD. & Leifer, LJ. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120.
- Eroğlu, S. & Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67.
- Fincher, BA. (2016). Leveling the playing field: Teacher perception of integrated STEM, engineering, and engineering practices. Ph.D Thesis, University of Arkansas, Department of Curriculum and Instruction, USA.
- Forbes, MH., Sullivan, JF. & Carlson, DW. (2018). Ascertainning the impact of p–12 engineering education initiatives: student impact through teacher impact. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 8(1), 33-40.
- Fraenkel, J., Wallen, N. & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research in education. McGraw Hill, Boston, USA, 642 pp.
- Ganesh, T. G. & Schnittka, C. G. (2014). Engineering education in the middle grades: Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, ME., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, Indiana, USA, 89-116.
- Garet, MS., Porter, AC., Desimone, L., Birman, BF. & Yoon, KS. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample. *American Educational Research Journal*, 38, 915-945.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. Examining pedagogical content knowledge: PCK and science

- education, Ed.: Gess-Newsome, J., Lederman, NG, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 3-17.
- Gess-Newsome, J., Taylor, JA., Carlson, J. Gardner, AL., Wilson, CD. & Stuhlsatz, MAM. (2019) Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 41(7), 944-963.
- Gess-Newsome, J. & Lederman, NG. (2002). Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. *Contemporary Trends and Issues in Science Education*, 6(1), 3–17.
- Glesne, C. (2011). Nitel araştırmaya giriş, (Çev: A. Ersoy ve P. Yalçınoğlu), Anı Yayıncılık, 143, 2015.
- Goldstein, MH. (2018) Characterizing trade-off decisions in student designer. Ph.D. Thesis, Purdue University, School of Engineering Education, USA.
- Gökdağ-Baltaoğlu, M. & Güven, M. (2019). Relationship between self-efficacy, learning strategies, and learning styles of teacher candidates (Anadolu University example). *South African Journal of Education*, 39(2), 1-11.
- Grant, VC. (2020). Science teachers' efficacy to teach engineering. Ph.D. Thesis, Piedmont College, School of Education, USA.
- Grossman, PL. (1990). The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education, Teachers College Press, New York, USA, 200 pp.
- Gumbo, MT. & Williams, PJ. (2014). Discovering grade 8 technology teachers pedagogical content knowledge in the Tshwane district of Gauteng province. *International Journal of Educational Sciences*, 6(3), 479–488.
- Gunning, AM. (2021). Studying in-service teacher professional development on purposeful integration of engineering into K-12 STEM teaching (research to practice). American Society for Engineering Education 2021 Annual Conference, July 26-29, Virtual Meeting.
- Guo, Y., Connor, CM., Yang, Y., Roehrig, AD. & Morrison, FJ. (2012). The effects of teacher qualification, teacher self-efficacy and classroom practices on fifth graders' literacy outcomes. *The Elementary School Journal*, 113(1), 3-24.
- Guskey, TR. (2003). What makes professional development effective? *Phi Delta Kappan*, 84, 750-784.
- Guskey, TR. & Yoon, KS. (2009). What works in professional development? *Phi Delta Kappan*, 90(7), 495-500.
- Guskey, TR. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and teaching: theory and practice*, 8(3/4), 381-391.
- Guzey, SS., Moore, TJ. & Harwell, M. (2016). Building up STEM: an analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), 11-29.
- Guzey, SS., Tank, K., Wang, HH., Roehrig, G. & Moore, T. (2014). A high quality professional development for teachers of grades 3-6 for implementing engineering into classrooms. *School Science and Mathematics*, 114(3), 139-149.
- Güler-Nalbantoğlu, F. (2023). Development of preservice science teachers' pedagogical content knowledge for science, technology, engineering and mathematics in the context of lesson study. Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, The Graduate School of Social Sciences, Ankara.

- Gündüz-Özsoy, A. (2017). Devlet liselerinde görev yapan öğretmenlerin öz yeterlilik inançları ile değişime direnme davranışları arasındaki ilişkinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Hake, RR. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74
- Hammack, RJ. (2016). Elementary teachers' perceptions of engineering, engineering design, and their abilities to teach engineering: a mixed methods study. Ph.D Thesis, Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University, USA.
- Hasanah, SS., Anna Permanasari, A. & Riandi, R. (2021). Online professional development for improving teacher's STEM pck competence, can it be an alternative? (An evaluation using the cipp Model). *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, 5(2), 162-171.
- Hashweh, MZ. (2005). Teacher pedagogical constructions: A Reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11(3), 273-292.
- Helvacı-Özacar, B. (2018). Interdisciplinary STEM education: Exploring technology and engineering integration in mathematics and science classes. Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mathematics And Science Education, Yıldız Technical University, İstanbul, Türkiye.
- Hong, T., Purzer, S. & Cardella, ME. (2011). A psychometric re-evaluation of the design, engineering and technology (DET) survey. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 800-818.
- Hutchison, A. (2012). Literacy teachers' perceptions of professional development that increases integration of technology into literacy instruction. *Technology, Pedagogy, and Education*, 21, 37-56.
- Hynes, M., Brizuela, B. & Crismond, D. (2010). Middle school teachers' use and development of engineering subject matter knowledge: Analysis of three cases. American Society for Engineering Education, June 22-25, 2010, Louisville, USA.
- Hynes, MM. (2007). Developing middle school engineering teachers: toward expertise in engineering subject matter and pedagogical content knowledge. Digital Collections and Archives, Tufts University, USA, 67 pp.
- Hynes, MM. (2009). Teaching middle-school engineering: an investigation of teachers' subject matter and pedagogical content knowledge. Ph.D Thesis, Math, Science, Technology, and Engineering Education, Tufts University, USA.
- Hynes, MM. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: A look at subject matter and pedagogical content knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 345-360.
- Hynes, MM. & Santos, AR. (2007). Effective teacher professional development: middle-school engineering content. *International Journal of Engineering Education*, 23(1), 24-29.
- International Technology and Engineering Educators Association (2020). Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education. <https://www.iteea.org/stel.aspx>-(Erişim: 13.06.2021)

- International Technology Education Association (2000). Standards for technological literacy: Content for the study of technology, ITEA, Reston, USA.
- Ivey, T., Colton, N., Thomas, J. & Utley, J. (2016). Integrated engineering in elementary education: tackling challenges to rural teacher training. Proceedings of the ASEE 123rd Annual Conference and Exposition, June 26-29, New Orleans, USA.
- İlhan, M. (2017). Açık uçlu sorularla yapılan ölçmelerde klasik test kuramı ve çok yüzeyli Rasch modeline göre hesaplanan yetenek kestirimlerinin karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(2), 1-23.
- Kelley, TR., Knowles, J.G., Holland, JD. & Han, J. (2020). Increasing high school teachers self-efficacy for integrated STEM instruction through a collaborative community of practice. *International Journal of STEM Education*, 7(14), 1-13.
- Kıran, BE. & Kutucu, ES. (2018). Pedagojik alan bilgisinin kaynakları ve geliştirilmesi: Teoriden uygulamaya pedagojik alan bilgisi, Ed.: Uluçmar-Sağır, Ş., Pegem Akademi, Ankara, 41-63.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204.
- Kind, V. & Chan, KKH. (2019). Resolving the amalgam: connecting pedagogical content knowledge, content knowledge and pedagogical knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 964–978.
- Koehler, C., Faraclas, E., Sanchez, S., Latif, K., & Kazarounian, K. (2005). Engineering frameworks for a high school setting: guidelines for technical literacy for high school students. Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition, June, Washington, DC, USA.
- Koehler, MJ., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Kouo, J., Dalal, M., Lee, E., Berhane, B., Emiola-Owolabi, O., Ladeji-Osias, J., Beauchamp, C., Reid, K., Klein-Gardner, S. & Carberry, A. (2023). Understanding the impact of professional development for a cohort of teachers with varying prior engineering teaching experience. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 13(1), 38-54.
- Köse, M. (2014). Fen bilimleri öğretmenlerinin hücre bölünmeleri konusundaki pedagojik alan bilgilerinin geliştirilen bir ölçek aracılığıyla değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Krauss, S., Baumert, J. & Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: validation of the COACTIV constructs. *The International Journal on Mathematics Education*, 40(5), 873–892.
- Lau, M., & Multani, S. (2018). Engineering STEM teacher learning: using a museum-based field experience to foster STEM teachers' pedagogical content knowledge for engineering: Pedagogical content knowledge in STEM: research to practice, Ed.: Uzzo, S., Graves, S., Shay, E., Harford, M., Thompson R., Springer, 195–214.

- Lee, E. & Luft, JA. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343-1363.
- Lee, E., Brown, MN., Luft, JA. & Roehrig, GH. (2007). Assessing beginning science teachers' PCK: pilot year results. *School Science and Mathematics*, 107(2), 418–426.
- Lee, J. & Strobel, J. (2014). Teachers' concerns in implementing engineering into elementary classrooms and the impact of teacher professional development: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, ME., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, Indiana, USA, 163-182.
- Liu, W., Carr, RL. & Strobel, J. (2009). Extending teacher professional development through an online learning community: a case study. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 2(1), 99-112.
- Loucks-Horsley, S., Love, N., Stiles, K.E., Mundry, S. & Hewson, P.W. (2003). Designing professional development for teachers of science and mathematics, Corwin Press, Thousand Oaks, USA, 376 pp.
- Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2012). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge, Ed.: Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P., Sense Publishers, AW Rotterdam, The Netherlands, 7-14.
- Love, TS. (2015). Examining the demographics and preparation experiences of foundations of technology teachers. *The Journal of Technology Studies*, 41(1), 58–71.
- Love, TS., & Hughes, AJ. (2022). Engineering pedagogical content knowledge: examining correlations with formal and informal preparation experiences. *International Journal of STEM Education*, 9(29), 1-20.
- Love, TS., Wells, JG. & Parkes, KA. (2017). Examining the teaching of science, and technology and engineering content and practices: An instrument modification study. *Journal of Technology Education*, 29(1), 45–66.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching: Examining pedagogical content knowledge, Eds.: Gess-Newsome, J., Lederman, N. G., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Hollanda, 95-132.
- Maine Department of Education (2019). Standards & instruction—science & engineering. <https://www.maine.gov/doe/learning/content/scienceandtech-> (Erişim: 13.11.2019).
- Manizade, AG., & Mason, MM. (2011). Using Delphi methodology to design assessments of teachers' pedagogical content knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 76(2), 183–207.
- Marquis, SD. (2015). Investigating the influence of professional development on teacher perceptions of engineering self-efficacy. Ph.D. Thesis, The University of Southern Maine, Public Policy, USA.
- Martin, G. & Ritz, J. (2014). Comparative analysis of research priorities for technology education. *Australasian Journal of Technology Education*, 1(2014), 9–17.
- Massachusetts Department of Education (2006). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Malden, MA: Massachusetts Department of Education.

- Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (2016). 2016 Massachusetts science and technology/engineering curriculum frameworks, <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>-(Erişim: 15.10.2019)
- Mathis, CA., Siverling, EA., Moore, TJ., Douglas, KA., & Guzey, SS. (2018). Supporting engineering design ideas with science and mathematics: A case study of middle school life science students. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), 424-442.
- Merriam, SB. (1998). Qualitative research and case study applications in education revised and expanded from case study research in Education. Jossey-Bass Publishers, San Francisco, USA, 275 pp.
- Mesutoğlu, C. & Baran, E. (2021). Integration of engineering into K-12 education: A systematic review of teacher professional development programs. *Research in Science & Technological Education*, 39(3), 328-346.
- Mesutoğlu, C. & Baran, E. (2021). Integration of engineering into K-12 education: A systematic review of teacher professional development programs. *Research in Science & Technological Education*, 39(3), 328-346.
- Miaoulis, I. (2014). K-12 engineering: the missing core discipline: Engineering in Pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, ME., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 21-34.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2008). Fen ve Teknoloji Öğretmeni Özel Alan Yeterlikleri. Öğretmen Yetiştirme ve Eğitimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2017). Öğretmenlik Mesleği Genel Yeterlikleri. Öğretmen Yetiştirme ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018a). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018b). Teknoloji ve Tasarım Öğretim Programı (Ortaokul 7 ve 8. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018c). Sosyal Bilgiler Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 4, 5, 6 ve 7. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2018d). Matematik Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Mishra, P. (2019) Considering contextual knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76-78
- Mishra, P. & Koehler, MJ. (2008). Introducing Technological Pedagogical Content Knowledge. Annual Meeting of the American Educational Research Association, March 24-28, New York City, USA.
- Mishra, P. & Koehler, MJ. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Moore, TJ., Glancy, AW., Tank, KM., Kersten, JA., Smith, KA. & Stohlmann, MS. (2014a). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(1), 1-13.

- Moore, T.J., Stohlmann, M.S., Wang, H.H., Tank, K.M., Glancy, A.W. & Roehrig, G. H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M.E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, Indiana, USA, 35-60.
- Moore, T.J., Tank, K.M., Glancy, A.W., Kersten, J.A. & Ntow, F.D. (2013). The status of engineering in the current K-12 state science standards (research-to-practice). American Society for Engineering Education Annual Conference, 23 June, Atlanta, USA.
- Morgan, G.A. (2004). SPSS for introductory statistics: Use and interpretation. Lawrence Erlbaum Associates, Incorporated. *ProQuest Ebook Central*, Mahwah, London, 211 pp.
- Moskal, B.M. & Leydens, J.A. (2000). Scoring rubric development: Validity and reliability. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 7, 1-6.
- Mundry, S. (2007). Professional development in science education: what works? The National Symposium On Professional Development For Engineering And Technology Education, February 11–13, Texas, USA.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020). Building capacity for teaching engineering in k-12 education. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- National Academy of Engineering & National Research Council (2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. Ed.: Katehi, L. Pearson, G., Feder, M., The National Academies Press, Washington, USA.
- National Assessment Governing Board (2010). Technology and engineering literacy framework for 2014 National Assessment for Educational Progress. Washington, DC: National Assessment Governing Board.
- National Research Council (1996). National Science Education Standards, Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2009). Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects, The National Academies Press, Washington, USA.
- National Research Council (2010). Standards for K-12 engineering education?. Washington, DC: The National Academies Press, Washington, USA.
- National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press, Washington, DC.
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: for states, by states. National Academies Press.
- Nugent, G., Kunz, G., Rilett, L., & Jones, E. (2010). Extending engineering education to K-12: Teachers significantly increased their knowledge of engineering, developed more positive attitudes towards technology, increased their self-efficacy in using and developing technology-based lessons, and increased their confidence in teaching math and science. *The Technology Teacher*, 69(7), 14–19.
- Oregon Department of Education (2014). Science standarts. <https://www.oregon.gov/ode/educator->

- resources/standards/science/Pages/Science-Standards.aspx-(Erişim: 13.11.2019)
- Öktem, Ö. (2015). Fen bilgisi öğretmen adaylarının uzay araştırmaları konusunda pedagojik alan bilgilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Ana Bilim Dalı, Mersin.
- Park, S. & Oliver, JS. (2008a). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: the effects of the NBC process on candidate teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 812–834.
- Park, S. & Oliver, JS. (2008b). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284.
- Park, S., Jang, J., Chen, Y. & Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching? Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*, 41, 245–260.
- Patton, MQ. (2002). Qualitative research & evaluation methods. Sage Publication, California, USA, 598 pp.
- Penuel, WR., Fishman, BJ., Yamaguchi, R. & Gallagher, LP. (2007). What makes professional development effective? Strategies that foster curriculum implementation. *American Education Research Journal*, 44, 921-958.
- Pleasants, J. (2018). Engineering in the elementary science classroom: Teachers' knowledge and practice of the nature of engineering. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Education, USA.
- Purzer, S. & Quintana-Cifuentes, JP. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(13), 1-12.
- Purzer, S. & Shelley, M. (2018). The Rise of Engineering in STEM Education: The "E" in STEM: Research Highlights in STEM Education, Ed.: Shelley, M., Kiray, A, ISRES Publishing, Iowa State University, Ames, USA, 38-56.
- Purzer, S., Quintana-Cifuentes, J. & Menekse, M. (2022). The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education. *Journal of Engineering Education*, 111(1), 19–39.
- Reimers, JE., Farmer, CL. & Klein-Gardner, SS. (2015). An introduction to the standards for preparation and professional development for teachers of engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(1), 40-60.
- Roehrig, GH., Moore, TJ., Wang, HH., & Park, MS. (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.
- Rogers, MP., Abell, S. Lannin, J., Wang. CY., Musikul, K., Barker, D. & Dingman, S. (2007). Effective Professional development in science and mathematics education: teachers' and facillitators' views. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(3), 507-532.
- Sargianis, K., & Yang, S., & Cunningham, CM. (2012), *Effective Engineering Professional Development for Elementary Educators* Paper presented at 2012 ASEE Annual Conference & Exposition, June 10-13, San Antonio, USA.

- Sawada, D., Piburn, MD., Judson, E., Turley, J., Falconer, K., Benford, R. & Bloom, I. (2002). Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The Reformed Teaching Observation Protocol. *School Science and Mathematics*, 102, 245–253.
- Scher, L., & O'Reilly, F. (2009). Professional development for K-12 math and science teachers: What do we really know? *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 2, 209-249.
- Shulman, LS. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Shulman, LS. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Sibuma, B., Wunnava, S., John, MF. & Dubosarsky, M. (2018). The impact of an integrated Pre-K STEM curriculum on teachers' engineering content knowledge, self-efficacy, and teaching practices. *IEEE Integrated STEM Education Conference*, Princeton, USA, 224-227 pp.
- Singer, JE., Ross, JM., & Jackson-Lee, Y. (2016). Professional development for the integration of engineering in high school STEM classrooms. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), 30-44.
- Sneider, C. & Purzer, Ş. (2014). The rising profile of STEM literacy through national standards and assessments: Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, Indiana, USA, 3-20.
- Srikoom, W., Faikhamta, C. & Hanuscin, DL. (2018). Dimensions of effective STEM integrated teaching practice. *K-12 STEM Education*, 4,313–330.
- Sun, Y. & Strobel, J. (2014). From knowing-about to knowing-to: development of engineering pedagogical content knowledge by elementary teachers through perceived learning and implementing difficulties. *American Journal of Engineering Education*, 5(1), 41-60.
- Supovitz, JA. & Turner, HM. (2000). The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture. *Journal of Research on Science Teaching*, 37(9), 963-980.
- Tschannen-Moran, M., Woolfolk Hoy, A. & Hoy, WK. (1998). Teacher efficacy: Its meaning and measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202–248.
- Tschannen-Moran, M. & McMaster, P. (2009). Sources of self-efficacy: Four professional development formats and their relationship to self-efficacy and implementation of a new teaching strategy. *The Elementary School Journal*, 110(2), 228–245.
- Uluçınar-Sağır, S. (2018). Pedagojik alan bilgisi modelleri: Teoriden uygulamaya pedagojik alan bilgisi, Editör: Uluçınar-Sağır, Ş., Pegem Akademi, Ankara, 86-121,
- Utley, J., Ivey, T., Hammack, R. & High, K. (2019). Enhancing engineering education in the elementary school. *School Science & Mathematics*, 119(4), 203–212.
- Van Driel, JH., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Vessel, KN. (2011). Examination of engineering design teacher self-efficacy and knowledge base in secondary technology education and engineering-related courses. Ph.D. Thesis, Southern University and A&M College, Ann Arbor, USA.

- Viiri, J. (2003). Engineering teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Engineering Education*, 28(3), 353-359.
- Visser, TC., Coenders, FGM., Terlouw, C. & Pieters, JM. (2010). Essential characteristics for a professional development program for promoting the implementation of a multidisciplinary science module. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 623-642.
- Walker, WS., Moore, TJ., Guzey, SS. & Sorge, BH. (2018). Frameworks to develop integrated STEM curricula. *K-12 STEM Education*, 4(2), 331-339.
- Wang, HH., Moore, TJ., Roehrig, GH. & Park, MS. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.
- Webb, DL. (2015). Engineering professional development: elementary teachers' self-efficacy and sources of self-efficacy. Ph.D. Thesis, Portland State University, Educational Leadership: Curriculum and Instruction, USA.
- Wilson, CD., Stuhlsatz, M., Hvidsten, C. & Gardner, A. (2018). Analysis of practice and teacher PCK: inferences from professional development research: Pedagogical content knowledge in STEM research to practice, Ed.: Uzzo, S. M., Graves, S. B., Shay, E., Harford, M. Thompson, E., Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 3-16.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2013). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 446 s.
- Yıldız, MŞ., Kekezoğlu, B. & İşen, E., (2019). K-ortalamlar kümeleme yöntemi ile güç transformatörlerinin bakım stratejilerinin belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(3), 505-513.
- Yoon, SY., Diefes-Dux, H. & Strobel, J. (2013a). First-year effects of an engineering professional development program on elementary teachers. *American Journal of Engineering Education*, 4(1), 67-84.
- Yoon, SY., Evan, MG. & Strobel, J. (2014). Validation of the teaching engineering self-efficacy scale (TESS) for K-12 teachers: A structural equation modeling approach. *Journal of Engineering Education*, 103(3), 463-485.
- Yoon, SY., Evans, M. G. & Strobel, J. (2012). Development of the Teaching Engineering Self-Efficacy Scale (TESS) for K-12 teachers. Proceedings of the ASEE Annual Conference and Exposition, June 10-13, San Antonio, USA.
- Yoon, SY., Kong, Y., Diefes-Dux, HA. & Strobel, J. (2013b). K-8 teachers' responses to their first professional development experience in engineering. Proceedings of the 2013 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, June 23, Atlanta, USA.
- Yoon, SY., Kong, Y., Diefes-Dux, HA. & Strobel, J. (2018). Broadening K-8 teachers' perspectives on professional development in engineering integration in the United States. *International Journal of Research in Education and Science*, 4(2), 331-348.
- Yu, JH., Luo, Y., Sun, Y. & Strobel, J. (2012). A Conceptual k-6 teacher competency model for teaching engineering. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 56(2012), 243-252.

EKLER

EKLER

EK 1: Etik kurul izni

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu

OTURUM TARİHİ	OTURUM SAYISI	KARAR SAYISI
25/11/2020	12	2020-96

KARAR NO: 2020-96

Arş. Gör. Filiz DEMİRCİ'nin "Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği'nin Türkçe'ye Uyarlanması: Güvenirlilik ve Geçerlik Çalışması" başlıklı çalışması etik yönden incelendi.

Arş. Gör. Filiz DEMİRCİ'nin "Mühendislik Öğretimi Öz-Yeterlik Ölçeği'nin Türkçe'ye Uyarlanması: Güvenirlilik ve Geçerlik Çalışması" başlıklı çalışmasının etik yönden uygun olduğuna, toplantıya katılanların oy birliğiyle karar verildi.

ASLI GİBİDİR
25/11/2020
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin MUTLU
Başkan

EK 2: MEB uygulama izni



T.C.
ORDU VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü



Sayı : E-18802389-605.01-65933381
Konu : Araştırma İzni (Filiz DEMİRCİ)

15.12.2022

ORDU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü)

İlgi : a) Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 21.01.2020 tarihli ve 1563890 sayılı yazısı (Genelge 2020/2)
b) 27.10.2022 tarih ve 793184 sayılı yazınız.
c) 15.12.2022 tarihli ve 65909343 sayılı olur.

İlgi (b) yazınız ekinde yer alan araştırma ilgi (a) genelge hükümleri doğrultusunda incelenmiş ve söz konusu çalışmanın eğitim öğretim faaliyetlerini aksatmamak, uygulamalarda olur ekinde yer alan mühürlü formun kullanılması, elde edilen verilerin ve kişisel bilgilerin herhangi bir haber, resmi özel web sayfaları, yerel ve ulusal basında paylaşılması, ilgili genelge hükümlerine göre araştırma sonucunun Müdürlüğümüze gönderilmesi kaydıyla ilgi (c) olurla uygun görülmüştür.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Mehmet Fatih VARGELOĞLU
İl Millî Eğitim Müdürü

Ek : İlgi (c) olur ve Mühürlü
Araştırma Formları (11 Sayfa)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Karşıyaka Mah. Atatürk Bulvarı No:336/B Altınordu/ORDU

Dahili :

Telefon No : 0 (452) 223 16 29

E-Posta: arge52@meb.gov.tr

Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>

Bilgi için: Mustafa KURUL VHKİ (Strateji Geliştirme Şub.Müd.)

Unvan : Veri Hazırlama ve Kontrol İşletmeni

İnternet Adresi: ordu.meb.gov.tr Faks:4522250144

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden d1c2-cb80-3d35-83e6-ad3e koda ile teyit edilebilir.

EK 3: Mühendislik entegrasyonlu pedagojik alan bilgisi testinin ilk hali

Yönerge: Sevgili öğretmenim, lütfen aşağıdaki öğretmenlik bilgilerinizle ilgili soruları cevaplayınız. MEPABT'nin tamamlanma süresi yaklaşık 2 saattir. Değerli zamanınızı ayırdığınız için teşekkür ederiz.

Kod İsminiz: _____

Tarih:/..../.....

Sorular

- 1- Sizce mühendislik eğitiminin en önemli amaç ve hedefleri nelerdir? Neden? Lütfen açıklayınız.
 - 2- Bu amaç ve hedefler doğrultusunda öğrencilerinize hangi mühendislikle entegrasyonlu konuyu öğretmeyi amaçladınız?
 - 3- Bu mühendislik entegrasyonlu konuyu (kavramlar/bilgi ve beceriler) kullanarak öğrencilerinize neleri öğretmeyi hedeflediniz?
Öğrencilerinize bu mühendislik entegrasyonlu konuyu etkili bir şekilde öğretmek için,
 - 4- ne tür ders materyalleri hazırladınız?
 - 5- hangi mühendislik alanına özgü stratejiyi kullanırdınız?
 - 6- hangi mühendislik entegrasyonlu konuya özgü stratejiyi (gösterimler, etkinlikler, analogiler vb.) kullanırdınız? Bu süreci nasıl yönetirdiniz? Lütfen açıklayınız.
 - 7- hangi mühendislik etkinliğinin uygun olduğunu düşünüyorsunuz? Bu süreci nasıl yönetirsiniz? Lütfen açıklayınız.
- Bu mühendislik entegrasyonlu konuyu öğrenirken,
- 8- öğrencilerinizin öğrenme zorlukları veya yanlış öğrenmelerine neler sebep olabilir? Lütfen açıklayınız.
 - 9- öğrencilerinizin neye (ön bilgi, beceri vb.) ihtiyacı olurdu? Lütfen açıklayınız.
- Bu mühendislik entegasyonlu konuda,
- 10- mühendislikle ilgili hangi öğrenci ürününü değerlendirirdiniz?
 - 11- mühendislikle ilgili bu öğrenci ürünleri için hangi değerlendirme yöntemlerini kullanırdınız? Lütfen açıklayınız.

EK 4: Mühendislik entegrasyonlu pedagojik alan bilgisi testinin nihai hali

Yönerge: Sevgili öğretmenim, lütfen aşağıdaki öğretmenlik bilgilerinizle ilgili soruları cevaplayınız. MEPABT'nin tamamlanma süresi yaklaşık 2 saattir. Değerli zamanınızı ayırdığınız için teşekkür ederiz.

Kod İsmi: _____

Tarih:/..../.....

Sorular

1- Sizce mühendislik eğitiminin en önemli amaç ve hedefleri nelerdir? Neden? Lütfen açıklayınız.

Bu amaç ve hedefler doğrultusunda sınıfınızda,

2- hangi öğretim stratejisini (tersine mühendislik, mühendislik optimizasyon vb.) kullanırdınız? Nasıl? Lütfen açıklayınız.

3- hangi mühendislik entegrasyonlu etkinliği kullanırdınız? Neden?

4- Bu mühendislik entegrasyonlu etkinlik aracılığıyla, öğrencilerinize öğretim programında yer alan ve yer almayan hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) kazandırmayı hedeflerdiniz?

Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıflarınızda etkili bir şekilde uygulamak için,

5- öğrencilerinize ne tür ders materyalleri hazırlardınız? Nasıl?

6- öğrenim sürecinde bireysel/ekip halinde çalışan öğrencilerinize hangi mühendislik eğitimi uygulamalarını (nicel analiz, prototipleme vb.) kullanırdınız? Bunları nasıl uygulardınız?

Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıfınızda,

7- uygulamadan önce öğrencilerinizin nelere sahip olması (ön-bilgiler, beceriler vb.) gereklidir?

8- uygularken öğrencilerinizin karşılaşacakları zorluklar veya yanlış anlamlandırmalar neler olurdu?

Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliğinizle ilgili öğrencilerinizin,

9- hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) değerlendirirdiniz?

10- bu öğrenme ürünleri hakkında fikir sahibi olmak için hangi formal/informal ölçme ve değerlendirme yöntemlerini (örn. görüşme tekniği) kullanırdınız? Nasıl?

EK 5: Mühendislik öğretimi öz-yeterlik ölçeği

Burada mühendislik öğretimi öz-yeterliği, öğrencilerin mühendislik öğrenimini olumlu yönde etkileyecek öğretim yeteneğine ilişkin kişisel inançlar olarak tanımlanır. Lütfen ölçekteki her bir ifadeye ilişkin katılım derecenizi, sizin için en uygun kutucuğu işaretleyerek belirtiniz.		1: Kesinlikle katılmıyorum	2: Kısmen katılmıyorum	3: Kabul etmeye daha yakın katılmıyorum	4: Kabul etmeye daha yakın katılıyorum	5: Kısmen katılıyorum	6: Kesinlikle katılıyorum
1	Mühendisliğin günlük hayatımla nasıl bağlantılı olduğunu tartışabilirim.	1	2	3	4	5	6
2	Tüm konu alanlarındaki mühendislik kavramlarını tanıyabilir ve anlayabilirim.	1	2	3	4	5	6
3	Sınıfıma mühendislik dersleri planlamak için gerekli zamanı harcayabilirim.	1	2	3	4	5	6
4	Sınıfımda mühendislik etkinliklerini etkin şekilde uygulayabilirim.	1	2	3	4	5	6
5	Öğrencilerime mühendislik hakkında iyi sorular oluşturabilirim.	1	2	3	4	5	6
6	Verilen kriterlerin bir mühendislik projesinin sonucunu nasıl etkilediğini tartışabilirim.	1	2	3	4	5	6
7	Öğrencilerimin mühendislik tasarım süreciyle çözüm geliştirmelerine rehberlik edebilirim.	1	2	3	4	5	6
8	Öğrettiğim mühendislik materyallerine ilişkin öğrenci kavrayışlarını ölçebilirim.	1	2	3	4	5	6
9	Öğrencilerimin mühendislik ürünlerini değerlendirebilirim.	1	2	3	4	5	6
10	Öğrencilerimde mühendislik öğrenmeye yönelik pozitif bir tutum geliştirebilirim.	1	2	3	4	5	6
11	Mühendislik uygulamaları yaparken öğrencilerimi eleştirel düşünmeye teşvik edebilirim.	1	2	3	4	5	6
12	Mühendislik etkinliklerinde uygulama yaparken öğrencilerimi birbirleriyle etkileşimde bulunmaya teşvik edebilirim.	1	2	3	4	5	6
13	Mühendislik etkinlikleri ve dersleri boyunca öğrencilerimi yaratıcı düşünmeye teşvik edebilirim.	1	2	3	4	5	6
14	Mühendislik etkinlikleri boyunca rahatsız edici veya gürültülü bir öğrenciyi sakinleştirebilirim.	1	2	3	4	5	6
15	Mühendisliği öğretirken davranış problemi olan öğrencilerin anlamasını sağlayabilirim.	1	2	3	4	5	6
16	Birkaç problemlili öğrencinin bütün mühendislik dersini mahvetmelerinden alıkoyabilirim.	1	2	3	4	5	6
17	Mühendislik etkinlikleri boyunca sınıfımdaki rahatsız edici davranışları kontrol edebilirim.	1	2	3	4	5	6
18	Mühendislik etkinlikleri için bir sınıf yönetimi sistemi kurabilirim.	1	2	3	4	5	6
19	Bir öğrenci mühendislikte genelde aldığından daha iyi bir not aldığında, bu genellikle öğrenciye daha iyi öğretim yolları bulmamdan kaynaklanır.	1	2	3	4	5	6
20	Öğrencim mühendislikte genelde olandan daha iyi olduğu zaman, bu genellikle biraz daha çaba sarf etmemden kaynaklanır.	1	2	3	4	5	6
21	Mühendislik öğretiminde çabamı artırırsam, öğrencilerin mühendislik başarılarında önemli değişiklik görürüm.	1	2	3	4	5	6
22	Öğrencilerimin mühendislik başarılarından genellikle sorumluyum.	1	2	3	4	5	6
23	Mühendislik öğretimindeki etkililiğim düşük motivasyonlu öğrencilerin başarılarını etkileyebilir.	1	2	3	4	5	6

EK 6: Mühendislik entegrasyonlu ders planının ilk hali

Yönerge: Lütfen sınıfınızda uygulayacağınız mühendislik konusunun öğretimiyle ilgili aşağıdaki ders planını doldurunuz. Değerli zamanınız ve katkılarınız için teşekkür ederiz.

Kod İsminiz:	Tarih:/..../.....
Ders:	
Sınıf Düzeyi:	
Mühendislik Entegrasyonlu Konu:	
Süre:	
Öğrenci Kazanımları: <i>(Öğrencilerinize bu konuda kazandırmayı hedeflediğiniz öğretim programında yer alan kazanımları lütfen belirtiniz. Ayrıca müfredatta yer almayan ancak kazandırmayı hedeflediğiniz bilgi ve becerileri de belirtiniz.)</i>	
Hazırlıklar: <i>(Lütfen bu konuda kullandığınız öğretim materyallerini belirtiniz. Ayrıca öğrencilerin karşılaşabilecekleri olası zorluklara karşı nasıl önlem alacağınızdan da bahsediniz.)</i>	
Öğretim Süreci: <i>(Lütfen a) bu konuyu öğretmek için genel mühendislik alan yolunu ve b) mühendislik konusuna özgü yolu nasıl izlediğinizi belirtiniz. Bu süreçten bahsederken öğrencilerinizin öğrenme ihtiyaçlarının neler olduğunu ve sizin bu ihtiyacı nasıl karşılayacağınızı da ifade ediniz.)</i>	
Ölçme ve Değerlendirme: <i>(Lütfen a) öğretiminiz sırasında veya sonunda öğrencilerinizi hangi mühendislik ürünlerini ölçüp değerlendirdiğinizi ve b) bunu yapmak için hangi yöntemleri kullandığınızı belirtiniz.)</i>	

EK 7: Mühendislik entegrasyonlu ders planının nihai hali

Yönerge: Lütfen sınıfınızda uygulayacağınız mühendislik konusunun öğretimiyle ilgili aşağıdaki ders planını doldurunuz. Değerli zamanınız ve katkılarınız için teşekkür ederiz.

Kod İsminiz:	Tarih:/..../.....
Sınıf Düzeyi:	
Süre:	
Mühendislik Stratejisi: (Kullanıcı merkezli, tasarla-inşa et-test, mühendislik bilimi, mühendislik analizi ve tersine mühendislik stratejilerinden birisini belirtiniz)	
Amaç: (Lütfen size göre mühendislik eğitiminin en önemli amaç ve hedefleri ile tutarlı olarak dersinizin amacını belirtiniz.)	
Öğrenci Kazanımları: (Lütfen bu dersin uygulanmasıyla öğrencilerinize kazandırmayı amaçladığınız öğretim program(lar)ında yer alan öğrenci ürünlerini (kazanımları) belirtiniz. Ayrıca programda yer almayan ancak kazandırmayı amaçladığınız bilgi, beceri, tutum ve davranışları da belirtiniz.)	
Hazırlıklar: (Lütfen uygulamadan önce hangi etkinliği seçeceğinizi, kullanacağınız diğer öğretim materyallerini ve bunları nasıl oluşturacağınızı belirtiniz. Ayrıca öğrencilerin karşılaşabileceği olası zorluklara karşı nasıl önlemler alacağınızdan da bahsediniz.)	
İşleyiş: (Lütfen bu konunun işlenmesinde izleyeceğiniz mühendislik alanına özgü stratejinizi [kullanıcı merkezli tasarım, tersine mühendislik vb.] ve kullanacağınız mühendislik eğitimine ilişkin uygulamaları [grafik, nicel analiz, hesaplamalı düşünme vb.] belirtiniz. Bu süreçten bahsederken, öğrencilerinizin öğrenme ihtiyaçlarının neler olduğunu ve bu ihtiyaçları nasıl karşılayacağınızı da belirtiniz.)	
Ölçme ve Değerlendirme: (Öğrencilerinizin mühendislik eğitimine ilişkin öğrenme ürünlerinden a-neleri ölçüp değerlendireceğinizi ve b- bunun için hangi yöntemleri kullanacağınızı belirtiniz.)	

EK 8: MEPAB analitik dereceli puanlama aracının ilk hali

Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi	
TEST: S1) Sizce mühendislik eğitiminin en önemli amaç ve hedefleri nelerdir? Neden? Lütfen açıklayınız.	
Düzyey	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Sadece mühendisliğin teknoloji ile ilişkisinden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Problem çözme, proje tabanlı öğrenme, bilimsel süreç becerileri ve tasarım kavramlarından bahseder.
Yeterli (3 puan)	1) Kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun mühendislik problemini çözmek, 2) fiziksel bir prototip oluşturarak mühendislik probleminin çözümünü test etmek, 3) kontrollü deneyler yaparak yeni bir teknolojik bilgi üretmek, 4) mevcut bir sistemin performansını optimize etmek, 5) verileri analiz ederek geliştirdiği matematiksel modellerle mühendislik problemini çözmek ve 6) bir sistemi ve yapılarını oluşturan parçaların ne olduğunu ve nasıl çalıştığını anlamak ana cümleleriyle ilişkili bir amaç cümlesinden bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitiminin altı amaç cümlesinden birisinden bahseder ve buna yönelik detaylı açıklamalarda bulunmuştur.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Öğretim Stratejileri	
TEST: S2) Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, sınıfınızda hangi öğretim stratejisini (tersine mühendislik, mühendislik optimizasyon vb.) kullanırdınız? Nasıl? Lütfen açıklayınız.	
Düzy	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun olmayan bir ifadede bulunur.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun altı mühendislik öğretim stratejisinden (kullanıcı merkezli, tasarla-inşa et-test, optimizasyon, mühendislik analizi, mühendislik bilimi, tersine mühendislikten) sadece birisinin isminden bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun altı mühendislik öğretim stratejisinden birisini bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun altı mühendislik öğretim stratejisinden birisini, mühendislik uygulamaları ve mühendislik becerileri ile örnekler vererek bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Öğretim Stratejileri	
TEST: S3) Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, sınıfınızda hangi mühendislik entegrasyonlu etkinliği kullanırdınız? Neden?	
Düzy	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık göstermeyen bir etkinlikten bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık gösteren bir etkinlikten bir cümle ile bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık gösteren bir etkinlikten detaylıca ve bu etkinliğin neden önemli olduğunu vurgulayarak bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık gösteren bir etkinlikten detaylıca ve bu etkinliğin neden önemli olduğunu vurgulayarak bahseder. Etkinliğin bazı aşamalarında çeşitlilik, kültürel farklılıkları kapsama, topluma yönelik etkileri bağlamında bağlantı kuran mühendislik problem durumu sunduğunu bahseder.
Yorum	

YANIT

- Test:

Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	
TEST: S4) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinlik aracılığıyla, öğrencilerinize öğretim programında yer alan ve yer almayan hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) kazandırmayı hedeflediniz?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı olmayan herhangi bir bilgi, beceri veya tutumdan bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı sadece bir öğretim programında yer alan kazanımdan bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı sadece bir öğretim programında yer alan kazanımlardan ve ölçülebilir diğer öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları, becerileri, tutum ve davranışlar) bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı en az iki öğretim programında yer alan kazanımlardan ve ölçülebilir diğer öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları, becerileri, tutum ve davranışlar) bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	
TEST: S5) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıflarınızda etkili bir şekilde uygulamak için öğrencilerinize ne tür ders materyalleri hazırladınız? Nasıl?	
Düzy	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı olmayan herhangi bir etkinliğin ders materyalinden sadece bir cümlede bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir etkinliğin sadece bir ders materyalini nasıl hazırladığından kısaca bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir etkinliğin en az iki ders materyalini nasıl hazırladığından kısaca bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir etkinliğin en az iki ders materyalini nasıl hazırladığından detaylıca bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Öğretim Stratejileri	
TEST: S6) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıflarınızda etkili bir şekilde uygulamak için öğrenim sürecinde bireysel/ekip halinde çalışan öğrencilerinize hangi mühendislik eğitimi uygulamalarını (nicel analiz, prototipleme vb.) kullanırdınız? Bunları nasıl uygulardınız?	
Düzey	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik uygulamalarından mühendislik tasarım süreci hariç bir mühendislik uygulamasından bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik uygulamalarından mühendislik tasarım sürecine ilişkin sadece bir uygulamadan bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik uygulamalarından mühendislik tasarım sürecine ilişkin bir uygulama dahil, en az iki mühendislik uygulamalarından bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik uygulamalarından mühendislik tasarım sürecine ilişkin bir uygulama dahil, en az iki mühendislik uygulamalarından bahsetmiştir. Bu uygulamaların, mühendislik problemini etik, profesyonellik, sosyal ve kültürel bağlamda en az birisiyle ilişkilendirerek de bahsetmiştir.
Yorum	

YANIT

- Test:

Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	
TEST: S7) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıfınızda uygulamadan önce öğrencilerinizin nelere sahip olması (ön-bilgiler, beceriler vb.) gereklidir?	
Düzy	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun olmayan bir öğrencilerin önbilgileri veya becerilerinden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun öğrencilerin önbilgisinden veya becerisinden (sadece birinden) bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun öğrencilerin önbilgisinden ve becerisinden (her ikisinden) bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun öğrencilerin önbilgisinden ve becerisinden (her ikisinden) bahseder. Öğrencilerin bireysel farklılıklarına göre bunların nasıl edindirileceğinden de bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	
TEST: S8) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıfınızda uygularken öğrencilerinizin karşılaşacakları zorluklar veya yanlış anlamlandırmalar neler olurdu?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun olmayan öğrencilerin olası öğrenme zorluklarından/yanlış öğrenmelerden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun öğrencilerin olası öğrenme zorluklarından (örneğin mühendislik becerileri ve uygulamaları) /yanlış öğrenmelerden (örneğin kavram yanlışlıları) sadece birine örnek vererek bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun öğrencilerin olası öğrenme zorluklarından (örneğin mühendislik becerileri ve uygulamaları) /yanlış öğrenmelerden (örneğin kavram yanlışlıları) en az iki örnek vererek bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacına uygun öğrencilerin olası öğrenme zorluklarından (örneğin mühendislik becerileri ve uygulamaları) /yanlış öğrenmelerden (örneğin kavram yanlışlıları) en az iki örnek vererek bahseder. Bunların nasıl üstesinden gelineceğinden de bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	
TEST: S9) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliğinizle ilgili öğrencilerinizin hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) değerlendirirdiniz?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı olmayan herhangi bir ölçülebilir öğrenci ürününden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir ölçülebilir öğrenci ürününden bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı ölçülebilir öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları ve becerileri hariç diğer bilgi, beceri ve motivasyon bileşenlerinden) en az ikisinden bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı ölçülebilir öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları ve becerileri dahil bilgi, beceri ve motivasyon bileşenlerinden) en az ikisinden bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	
TEST: S10) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliğinizle ilgili öğrencilerinizin bu öğrenme ürünleri hakkında fikir sahibi olmak için hangi formal/informal ölçme ve değerlendirme yöntemlerini (örn. görüşme tekniği) kullanırdınız? Nasıl?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı olmayan öğrenci ürünleri için kullanılan ölçme ve değerlendirme tekniklerden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir ölçülebilir öğrenci ürünleri için kullanılan ölçme ve değerlendirme tekniklerden bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı her bir ölçülebilir öğrenci ürünleri (mühendislik uygulamaları ve becerileri hariç bilgi, beceri ve motivasyon bileşenlerinden) için kullanılan ölçme-değerlendirme tekniklerden detaylıca bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı her bir ölçülebilir öğrenci ürünleri (mühendislik uygulamaları ve becerileri dahil bilgi, beceri ve motivasyon bileşenlerinden) için kullanılan ölçme-değerlendirme tekniklerden detaylıca bahsetmiştir. Ayrıca değerlendirme sürecini detaylıca bahseder.
Yorum	

YANIT

- Test:

EK 9: MEPAB analitik dereceli puanlama aracının nihai hali

Mühendislik Öğretim Yönelimleri Bilgisi	
TEST: S1) Sizce mühendislik eğitiminin en önemli amaç ve hedefleri nelerdir? Neden? Lütfen açıklayınız.	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Mühendisliğin, sadece teknoloji veya toplumla ilişkisinden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Proje tabanlı öğrenme, bilimsel süreç gibi düşünme becerilerinden bahseder.
Yeterli (3 puan)	Altı (6) ana amaç cümlesinin sadece birini bahseder: 1) Kullanıcıların ihtiyaçlarını belirlemek ve buna uygun şekilde mühendislik problemini çözmek, 2) Fiziksel bir prototip oluşturarak mühendislik probleminin çözümünü test etmek, 3) Kontrollü deneyler yaparak yeni bir teknolojik bilgi üretmek, 4) Mevcut bir sistemin performansını optimize etmek, 5) Verileri analiz ederek geliştirdiği matematiksel modellerle mühendislik problemini çözmek, 6) Bir sistemi ve yapılarını oluşturan parçaların ne olduğunu ve nasıl çalıştığını anlamak.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitiminin altı amaç cümlesinden birini bahseder ve buna yönelik detaylı açıklamalarda bulunmuştur.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Öğretim Stratejileri	
TEST: S2) Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, sınıfınızda hangi öğretim stratejisini (tersine mühendislik, mühendislik optimizasyon vb.) kullanırdınız? Nasıl? Lütfen açıklayınız.	
Düzye	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı olmayan veya altı mühendislik öğretim stratejisi (kullanıcı merkezli, tasarla-inşa et-test, optimizasyon, mühendislik analizi, mühendislik bilimi, tersine mühendislikten) dışında bir uygulamadan bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı altı mühendislik öğretim stratejisinden (kullanıcı merkezli, tasarla-inşa et-test, optimizasyon, mühendislik analizi, mühendislik bilimi, tersine mühendislikten) sadece birinin ismini bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir mühendislik öğretim stratejisinden bahseder. Bu stratejiyi neden seçtiğini yeterli gerekçeleriyle açıklar.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı bir mühendislik öğretim stratejisinden bahseder. Bu stratejiyi neden seçtiğini yeterli gerekçeleriyle ve bu stratejiyi nasıl uyguladığını açıklar.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Öğretim Stratejileri	
TEST: S3) Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, sınıfınızda hangi mühendislik entegrasyonlu etkinliği kullanırdınız? Neden?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile tutarlılık göstermeyen bir etkinlikten bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık gösteren bir etkinlikten kısaca bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık gösteren bir etkinlikten ve bu etkinliğin neden önemli olduğunu yeterli gerekçelerle açıklar.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacı ile uyguladığı mühendislik entegrasyonlu etkinliğin amacı tutarlılık gösteren bir etkinlikten ve bu etkinliğin neden önemli olduğunu yeterli gerekçelerle açıklar. Etkinliğin bazı aşamalarında çeşitlilik, kültürel farklılıkları kapsama ve topluma yönelik etkileriyle bağlantı kuran mühendislik problem durumu sunduğunu bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	
TEST: S4) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinlik aracılığıyla, öğrencilerinize öğretim programında yer alan ve yer almayan hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) kazandırmayı hedeflediniz?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Öğretim programında tanımlı olmayan kazanımdan veya öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları veya becerileri hariç diğer bilimsel veya duyuşsal öğrenmelerden) bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı sadece bir öğretim programında tanımlı olan kazanımdan bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı sadece bir öğretim programında yer alan kazanımlardan ve öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil bilimsel veya duyuşsal öğrenmelerden) bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı en az iki öğretim programında yer alan kazanımlardan ve öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil bilimsel veya duyuşsal öğrenmelerden) bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Entegrasyonlu Öğretim Programı Bilgisi	
TEST: S5) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıflarınızda etkili bir şekilde uygulamak için öğrencilerinize ne tür ders materyalleri hazırladınız? Nasıl?	
Düzye	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı etkinliğin ana ders materyalinden veya bu ana etkinlikle ilişkilendirmeden bir materyalden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı ana etkinlikle ilişkilendirerek ilave bir ders materyalinden kısaca bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı ana etkinlikle ilişkilendirerek ilave en az iki ders materyalinden kısaca bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik eğitimi amacıyla tutarlı etkinliğin ilave en az iki ders materyalinden ve bunlardan en az birini nasıl hazırladığından detaylıca bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Öğretim Stratejileri	
TEST: S6) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıflarınızda etkili bir şekilde uygulamak için öğrenim sürecinde bireysel/ekip halinde çalışan öğrencilerinize hangi mühendislik eğitimi uygulamalarını (nicel analiz, prototipleme vb.) kullanırdınız? Bunları nasıl uygulardınız?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Mühendislik uygulamasını etkinliğiyle ilişkilendirmeden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Mühendislik tasarım süreci hariç diğer mühendislik uygulamasını etkinliğiyle ilişkilendirerek bahseder.
Yeterli (3 puan)	Mühendislik tasarım süreci dahil diğer mühendislik uygulamasını etkinliğiyle ilişkilendirerek bahseder.
İleri derece (4 puan)	Mühendislik tasarım süreci dahil diğer mühendislik uygulamasını etkinliğiyle ilişkilendirerek bahseder. Bu uygulamaların, mühendislik problemini etik, profesyonellik, sosyal veya kültürel bağlamlardan en az biriyle ilişkilendirerek de bahsetmiştir.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	
TEST: S7) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıfınızda uygulamadan önce öğrencilerinizin nelere sahip olması (ön-bilgiler, beceriler vb.) gereklidir? Bu öğrenme ihtiyaçlarını öğrencilerinize nasıl edindirirdiniz?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirmeden öğrencinin önbilgisi veya becerisinden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirerek öğrencinin önbilgisinin veya becerisinin sadece birini bahseder.
Yeterli (3 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirerek öğrencinin önbilgisinin veya becerisinin her ikisini de bahseder.
İleri derece (4 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirerek öğrencinin önbilgisinin veya becerisinin her ikisini de bahseder. Bunlardan en az birisinin öğrencilere nasıl edindirileceğinden de bahseder.
Yorum	

YANIT

- Test:

Öğrencilerin Mühendisliği Anlama Bilgisi	
TEST: S8) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliği sınıfınızda uygularken öğrencilerinizin karşılaşacakları zorluklar veya yanlış anlamlandırmalar neler olurdu? Bunlara karşı ne gibi önlemler aldınız?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirmeden öğrencinin olası öğrenme zorluklarından veya yanlış öğrenmelerden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirerek öğrencinin olası öğrenme zorluklarından (örneğin mühendislik becerileri ve uygulamaları) veya yanlış öğrenmelerden (örneğin kavram yanlışlıları) sadece birini bahseder.
Yeterli (3 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirerek öğrencinin olası öğrenme zorluklarından (örneğin mühendislik becerileri ve uygulamaları) veya yanlış öğrenmelerden (örneğin kavram yanlışlıları) en az ikisini bahseder.
İleri derece (4 puan)	Bahsettiği mühendislik entegrasyonlu etkinlikle ilişkilendirerek öğrencinin olası öğrenme zorluklarından (örneğin mühendislik becerileri ve uygulamaları) veya yanlış öğrenmelerden (örneğin kavram yanlışlıları) en az ikisini bahseder. Bunlardan en az birinin nasıl üstesinden gelineceğinden de bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	
TEST: S9) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliğinizle ilgili öğrencilerinizin hangi öğrenme ürünlerini (bilgi, beceri, tutum ve davranış açısından) değerlendirirdiniz?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirilmeden ölçülebilir öğrenci ürünlerinden (bilimsel veya duyuşsal öğrenmelerden) bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirerek ölçülebilir öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil diğer bilimsel veya duyuşsal öğrenmelerden) sadece birini bahseder.
Yeterli (3 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirerek ölçülebilir öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil diğer bilişsel veya duyuşsal öğrenmeler) ikisini bahseder.
İleri derece (4 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirerek ölçülebilir öğrenci ürünlerinden (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil bilişsel veya duyuşsal öğrenmeler) en az üçünü bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

Mühendislik Değerlendirme Bilgisi	
TEST: S10) Bu mühendislik entegrasyonlu etkinliğinizle ilgili öğrencilerinizin bu öğrenme ürünleri hakkında fikir sahibi olmak için hangi formal / informal ölçme ve değerlendirme yöntemlerini (örn. görüşme tekniği) kullanırdınız?	
Düzyey	Performans Açıklaması
Boş (0 puan)	Yanıtsız veya soruyla ilişkili olmayan bir ifadede bulunur.
Yetersiz (1 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirmeden ölçülebilir öğrenci ürünleri (bilişsel veya duyuşsal öğrenmeler) için kullanılan ölçme- değerlendirme tekniğinden bahseder.
Az gelişmiş (2 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirerek ölçülebilir öğrenci ürünleri (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil diğer bilişsel veya duyuşsal öğrenmeler) için kullanılan sadece bir ölçme- değerlendirme tekniğinden bahseder.
Yeterli (3 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirilen ölçülebilir öğrenci ürünleri (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil diğer bilişsel veya duyuşsal öğrenmeler) için kullanılan iki ölçme- değerlendirme tekniğinden bahseder.
İleri derece (4 puan)	Bahsettiği kazanımlarla ilişkilendirilen ölçülebilir öğrenci ürünleri (mühendislik uygulamaları veya becerileri dahil diğer bilişsel veya duyuşsal öğrenmeler) için kullanılan en az üç ölçme- değerlendirme tekniğinden bahseder.
Yorum	

YANIT

- **Test:**

EK 10: Modül 1.1. neden k-12’de mühendislik öğretmelisiniz?

Yükselen gökdelenlerden küçük tıbbi cihazlara kadar, hayatımızı mühendislik olmadan hayal etmek imkânsız! Mühendislik tasarımı, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiğin (STEM) K-12 ortamlarına entegrasyonu için bir araç ve yaratıcı problem çözme ve tasarım-düşünme için bir çıkış noktasıdır. Sonuç olarak, mühendislik önemlidir!



Öğrencilerin aktif katılımını sağlamak için,

Temel kavramları anlamalarını derinleştirirken tasarım tabanlı projeler aracılığıyla...

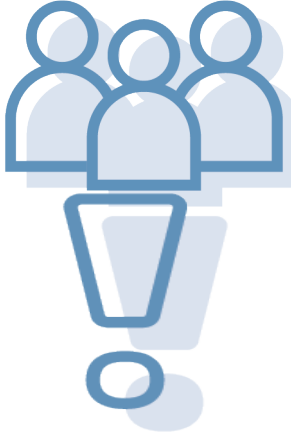
Öğrencilerin öğrenmelerini geliştirmek için...

Onları günlük STEM uygulamalarına bağlayan ve tasarımın gerçekten bir temas aktivitesi olduğunu deneyimlemelerini sağlayan uygulamaları, proje tabanlı deneyimler aracılığıyla...



Teknoloji okuryazarlığı seviyesi yükseltmek için...

Pratik beceriler ve dinamik modern dünyamızı daha derinden kavrayarak...



STEM alanlarına katılımı genişletmek için...

farklı ekiplerin dünyamızı iyileştirmek için en yenilikçi tasarımlarla sonuçlandığını vurgulayarak...

Heyecan verici kariyer yollarını tanıtmak için...

yaşamımızı mühendislerin çalışmalarıyla nasıl zenginleştirdiğimizi öğrencilerin gözlerini açarak...

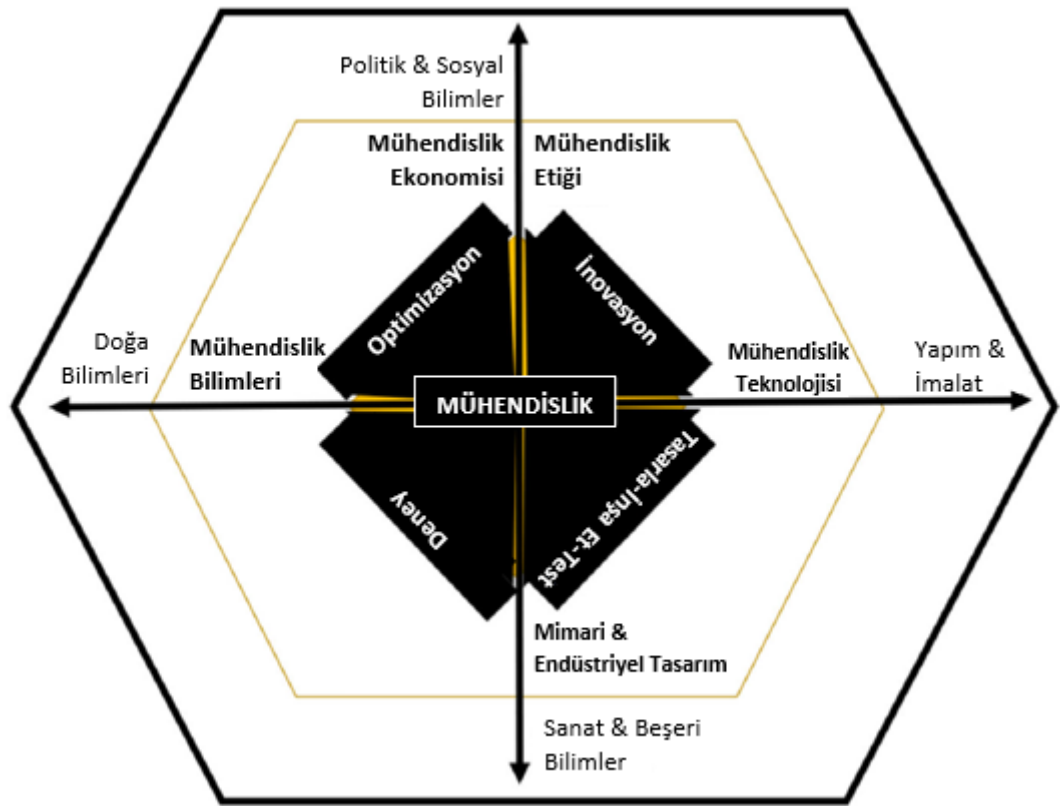
Kaynaklar

1. “Why Teach Engineering in K-12?”
<https://www.teachengineering.org/k12engineering/why> -

EK 11: Modül 1.2. mühendislik eğitiminin önem ve gerekliliği

Mühendislik doğası gereği disiplinler arası ve çok yönlüdür; dolayısıyla tek bir mühendislik uygulaması türü yoktur (Purzer and Quintana-Cifuentes, 2019).

Cajas (2001) mühendisliğin birden çok disiplinin kesişme noktasında gerçekleştiğini ve süreçlerinin ve teknolojik ürünlerinin genel halk için önemli olduğunu ileri sürmüştür. Ek olarak mühendislik problemleri optimizasyon, deney ve yenilik için çeşitli süreçleri gerektirmektedir (Bkz. Şekil 1). Bazı mühendislik problemleri fen sorularına benzer (mühendislik bilimlerinde deney); bazı prototip ve test değerleri (tasarla-inşa et-test et); diğerleri analiz ve matematiğe (optimizasyon) daha fazla vurgu yapar ve geri kalanlar teknolojik, sosyal ve ekonomik faktörleri (yenilik) çerçeveleriyle daha karmaşıktır (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019).



Şekil 1. Mühendisliğin Teknik ve Sosyal Boyutları (Dixon, 1966'dan uyarlanmıştır) (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019: 5)

Mühendislik, fen ve matematiğin yanı sıra sanat ve beşeri bilimlerle ilgili unsurları da taşır (Radcliffe, 2015). Mühendisliğin bütünleştirici doğasının bir yansıması, programın üçüncü ve dördüncü yıllarında, ortaöğretim sonrası birinci ve ikinci yıllarda fen ve matematikte temel bilgilerle ve mühendislik disiplinindeki uzmanlıklarla başlayan tipik mühendislik lisans programında görülür (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019).

K-12 mühendislik eğitiminin yaklaşımlarını ve potansiyel faydalarını anlamak için önce bir mühendislik anlayışı olmalı. Mühendis kelimesi, tasarlanması veya tasarlanması anlamına gelen Ortaçağ Latin fiilleri inkarından türemiştir (Flexner,

1987). İndeni kelimesi, zekice bir icat anlamına gelen motor için olan ingenium kelimesi için Latince kelimesinden türemiştir. Bu nedenle, mühendisliğin kısa bir tanımını insan yapımı dünyayı tasarlama sürecidir. (NAE ve NRC, 2009)

K-12 Mühendislik eğitiminin faydalarını anlamak için öncelikle mühendisliğin kelime anlamının anlaşılması gerekmektedir. Mühendis kelimesi; tasarlamak veya icat etmek anlamına gelen Latin kökenli “ingeniare” kelimesinden türemiştir. “Ingeniare” kelimesi ise akıllı bir icat anlamına gelen Latince kökenli “ingenium” kelimesinden türetilmiştir. Kısaca mühendislik insan yapımı dünyayı tasarlama sürecidir (NAE ve NRC, 2009)

Mühendisler, insan ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılamak amacıyla tasarlar. Tasarım, bir sorunun tanımlanmasıyla başlayan ve belirlenen kısıtlamaları hesaba katan ve istenen performans için kriterleri karşılayan bir çözümle biten yinelemeli bir süreçtir. Mühendislik tasarım problemlerinin tek ve doğru çözümleri için mühendislik, zorunlu olarak yaratıcı bir çabadır. **Bilim insanları** en çok ne olduğunu keşfetmekle ilgilenirken, mühendisler ne olabileceğiyle ilgilenirler. Sınırlılıklar ve kriterlere ek olarak, mühendislikteki diğer önemli fikirler şunlardır: sistemler, modelleme, tahmine dayalı analiz, optimizasyon ve ödünleşimler. Bu terimlerin her birinin genel bir anlamı olsa da, mühendislik bağlamında anlamları genellikle özeldir. Örneğin, mühendisler bir ürün veya bileşenin kullanımdayken nasıl çalışabileceğini anlamak için modellemeyi kullanır. Modeller, plastik veya ahşaptan yapılmış bir kanat profilinin maketleri gibi çizimler veya inşa edilmiş fiziksel nesnelere veya bir tasarımın inşa edilmeden önce davranışını tahmin etmek ve incelemek için kullanılacak matematiksel temsiller olabilir (NAE, 2010).

Cajas (2001), mühendisliğin birden çok disiplinin kesişmesi noktasında gerçekleştiğini ve süreçlerinin ve teknolojik eserlerinin genel halk için önemli olduğunu ileri sürmüştür. Ek olarak, mühendislik sorunları, optimizasyon, deney ve yenilik için çok çeşitli süreçler gerektirir (Bkz. Şekil 1) Bazı mühendislik sorunları fen sorularına benzer (mühendislik bilimlerinde deney); bazı diğer prototipleri oluşturma ve test etme (tasarla-inşa et-test); diğerleri analiz ve matematiği (optimizasyon) daha fazla vurgu yapar ve geri kalanlar teknolojik, sosyal ve ekonomik faktörleri (yenilik) çerçeveleriyle daha karmaşıktır (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019: 5).

Mühendislik, fen ve matematiğin yanı sıra sanat ve beşeri bilimlerle ilgili unsurları da bünyesinde taşır (Radcliffe, 2015). Mühendisliğin bütünleştirici doğasının bir yansıması olarak, programın üçüncü ve dördüncü yıllarında, ortaöğretim sonrası birinci ve ikinci yıllarda fen ve matematikte temel bilgilerle ve mühendislik disiplinindeki uzmanlarla başlayan tipik mühendislik lisans programı gözlemlenir (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019: 5)

Mühendislik Nedir?

K-12 Mühendislik eğitiminin faydalarını anlamak için öncelikle mühendisliğin kelime anlamının anlaşılması gerekmektedir. Mühendis kelimesi; tasarlamak veya icat etmek anlamına gelen Latin kökenli “ingeniare” kelimesinden türemiştir. “Ingeniare” kelimesi ise akıllı bir icat anlamına gelen Latince kökenli “ingenium” kelimesinden türetilmiştir. Kısaca mühendislik insan yapımı dünyayı tasarlama sürecidir.^[1]

Mühendislik, gerçek dünyada ortaya çıkan kötü yapılandırılmış ve açık uçlu problem türlerini ele almak için bilimsel ve matematiksel kavramlarının kullanılmasını gerektirir (Sheppard, Macatangay, Colby, & Sullivan, 2009). Gerçek dünya

mühendislik problemleri, analiz edilmesi ve modellenmesi gereken değişkenlerin sayısı ve değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkiler nedeniyle çok sayıda uygulanabilir çözümle karmaşıktır. Çoğunlukla, gerçek ya da hayali bir müşteri ya da son kullanıcının çözümü ya da tasarımı bir amaç için kullanması gerekir. Bu nedenle, öğrencilerin araştırdığı sorular istemcinin veya kullanıcının ihtiyaçları ve istekleri tarafından yönlendirilir. Sorgulamaya ilişkin tartışmalar, öğrencilerin doğal olayları anlamaya yol açan “bilimsel yönelimli soru(ları)” araştırması ihtiyacına odaklanırken (NRC, 2000), bu soruların gerçekleştiği hakkındaki tartışma, soruyu kimin türettiği üzerine odaklanmıştır (öğrenci vs öğretmen). Dahası, öğrencilerin araştırma eğiliminde oldukları soru türleri, öğrencilerin önce kavramları ve problem çözme süreçlerini öğrenmeleri gerektiği ve ancak o zaman bu ikisini “gerçek hayattaki” problemleri çözmek için bir araya getirmeleri gerektiği varsayımıyla belirlenir. [2]

Mühendislik insan yapımı dünyanın tasarlanma sürecidir. Süreç, genel olarak istek veya ihtiyaçların özellikleri ile başlar. Mühendisler kısıtlamaları belirler, sistem özelliklerini analiz eder ve çözümler geliştirmek için planlar geliştirir. Çözümler, bilgisayar çipleri veya köprüler gibi eserler olabileceği gibi, montaj hatları veya trafik kontrolü gibi gelişmiş süreçler de olabilir. Mühendislik süreçleri, genel olarak test etmeyi ve yeniden düzenlemeyi içeren tekrarlı bir süreçtir. Mühendisler değiştirilecek teknoloji alanı doğasını anlar, sistemsel düşünmeyi kullanır, mühendislik tasarım süreciyle çalışır ve sorunlu gidermeye çalışır (National Assessment Governing Board [NAGB], 2010).

Mühendislik Eğitiminin Önemi

ABD gün geçtikçe teknolojiye daha fazla bağımlı hale geldikçe, ülkenin fen teknolojisi, mühendislik ve matematik (STEM) alanlarında çalışanlara talebi artmıştır (International Technology Education Association, ITEA, 2007). Bu talepleri karşılamaya yardımcı olmak için, Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012), K-12 Eğitimi sürecinde tüm öğrencilerin öğrenmesi gereken temel bilimsel ve mühendislik uygulamalarını belirledikleri K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Kesişen Kavramlar ve Temel Fikirleri yayımladı. Yeni Nesil Fen Standartları (NGSS) (NGSS Lead States, 2013), Çerçeve’de belirlenen uygulamalar temel alınarak geliştirilmiştir NGSS, mühendislik uygulamalarının K-12 fen sınırlarına dahil edilmesini istemektedir. [3]

STEM konuları geleneksel olarak K-12 okullarında ayrı ayrı öğretilse de, yeni girişimler STEM öğretime yönelik entegre yaklaşımlarına odaklanmaktadır (NRC, 2012, 2013). Örneğin yakın zamanda yayımlanan Yeni Nesil Fen Standartları (NGSS Lead States, 2013), fenin mühendislik ile açık bir şekilde bütünleştirilmesi ihtiyacını ele aldı. Fen bilimleri öğretmenlerinin bilimsel ve mühendislik uygulamalarını kullanarak kesişen kavramları ve ortak disiplinli feni öğretmenleri beklenir. [4]

STEM’de mühendisliğin yeri nedir? Bu belgeler mühendisliğin niteliklerini içerse de, büyük ölçüde okul müfredatında onlar için bir yer olmadığından bağımsız mühendislik standartları yazılmamıştır. Aslında mühendislik daha sonra müfredata fen, teknoloji ve matematiği entegre etmenin bir yolu olarak ortaya çıktı ve disiplin silolarından (tekli) bir çıkış önerdi. [5]

Bugün bu fikre mühendislik odaklı bütünleştirici bir STEM çerçevesi diyoruz. Mühendislik, STEM'deki başarısındaki boşlukları kapatmaya ve daha güçlü analitik beceriler için ön koşulların oluşturulmasına yardımcı olabilir. [5]

Üç alan arasındaki kavramsal farklılıkları anlamak, özellikle öğretmenlerin fen, mühendislik ve teknoloji arasındaki etkileşimi anlamalarına yardımcı olmak açısından önemlidir. Feni doğal dünyayı gözlem ve şekillendirme kalıpları yoluyla tanımlamayı ve açıklamayı amaçlamaktadır. Modeller, yasaların zihinsel formülasyonuna ve yasalar için ilişkiler bulmak üzere teorilerin geliştirilmesine yol açar. Öte yandan mühendislik, bilimsel teorileri ve yasaları oldukları gibi alır ve pratik gerçek dünyanın ihtiyaçlarını karşılamak için fiziksel sistemler tasarlar (Katehi etal., 2009b; Rhodes & Schatble, 1989). Teknolojiler, bilim insanlarının, mühendislerin ve genel olarak insanların işlerini yapmak için kullandıkları araçlardır. [6]

Araştırmalar aynı zamanda, mühendisliğin K-12 matematik ve fen derslerine entegre edilmesinin öğrencilerin matematik ve fen bilimleri içeriğini öğrenmelerine fayda sağladığına dair kanıtlar sunmaktadır (Cantrell, Pekcan, Itani, & Velasquez-Bryant, 2006; NAE & NRC, 2009). [2]

K – 12 ortamlarında mühendislik, öğrencilerin matematik ve fen içeriğini anlamlı bir şekilde öğrenmeleri için bir köprü görevi görebilir. Araştırmalar aynı zamanda, mühendisliğin K-12 matematik ve fen derslerine entegre edilmesinin öğrencilerin matematik ve fen bilimleri içeriğini öğrenmelerine fayda sağladığına dair kanıtlar sunmaktadır (Cantrell, Pekcan, Itani, & Velasquez-Bryant, 2006; NAE & NRC, 2009). [2]

Bu nedenle, mühendisliğe giden yolları artırma ihtiyacı ve STEM disiplinleri arasında köprü kurmanın öğrenciler için faydalı olduğuna dair kanıtlar göz önüne alındığında, öğrencilere mühendislik hakkında bilgi edinme ve örgün eğitimlerinde mühendislik tasarıma katılma fırsatlarının verilmesi zorunludur. [2]

Matematiksel ve bilimsel fikirleri kullanmak için mühendislik tasarım çözümlerine ihtiyaç duyulduğu için mühendislik, STEM disiplinlerini derse entegre etmek için doğal bir bağlayıcıdır. K-12 Fen Eğitimi Çerçevesi (NRC, 2012), mühendislik tasarımı hem öğrenciler tarafından öğrenilmesi gereken uygulamalardan birisi hem de disiplinle ilgili temel bir fikir olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, K-12 eğitimcilerinin STEM içeriğini entegre edebilmeleri için mühendisliğin doğasını anlamaları gerekecektir. [2]

Mühendislik, K-12 eğitiminde STEM entegrasyonundaki bağıdır. Şu anda, K-12 eğitiminde fen müfredatına mühendislik akademik standartlarını dahil etme yönünde bir hareket var. Maine, Oregon ve Massachusetts gibi birçok eyalet, mevcut fen standartlarına mühendislik standartlarının eklenmesiyle STEM eğitimini iyileştirme çabalarını yasalaştırmıştır (Kuenzi, Matthews, & Mangan, 2006; National Governors Association [NGA], 2007; Strobel, Carr, Martinez-Lopez, & Bravo, 2011; Moore, Tank, Glancy, Kersten, & Ntow, 2013). Bu harekete öncülük eden eyaletlerden bazıları Massachusetts, Minnesota ve Oregon, mühendisliğin ayrı bir konu olarak öğretmek yerine, mühendisliğin fen derslerine entegre edilmesinin amaçlandığını gösteren fen öğretim programı boyunca mühendislik kollarını entegre edilmesinin

amaçlandığını gösteren fen öğretim programı boyunca mühendislik kollarını entegre ettiler (Massachusetts Eğitim Departmanı, 2009; Minnesota Eğitim Departmanı, 2009; Oregon Eğitim Departmanı, 2009). K-12 öğretim programına mühendislik ekleme ihtiyacına ilişkin artan ulusal farkındalık ve bu eyaletler tarafından mühendislik ekleme ihtiyacına ilişkin artan ulusal farkındalık ve bu eyaletler tarafından yapılan çalışmalar nedeniyle, 2013 İlkbaharında yayınlanan Yeni Nesil Fen Standartlarına mühendislik ve mühendislik tasarımı da dahil edilmiştir (NGSS Öncü Devletler, 2013).^[2]

Minnesota, Oregon ve Massachusetts eyaletleri tarafından fen derslerine mühendisliğin entegrasyonu için yapılan çalışmalar ve K-12 öğretim programında mühendisliğin eklenmesine ihtiyaca yönelik ulusal bilincin büyümesinden dolayı, Yeni Nesil Fen Standartları (NGSS Lead States, 2013) mühendislik ve mühendislik tasarıma ilişkin standartları bünyesine dahil etmiştir.^[2]

Texas, Oregon ve Massachusetts gibi birçok eyalet, mevcut fen standartlarına mühendislik standartlarının eklenmesi yoluyla STEM eğitimi iyileştirme çabalarını yasalılaştırmaktadır (Kuenzi, Matthews & Mangan, 2006; National Governors Association 2007). 2009’da Minnesota, K-12 fen eğitimi için yeni akademik standartlara teknik kavramlar ekledi. Eyalet belgeleri, amacın mühendisliğin ayrı bir konu olarak öğretilmek yerine fen derslerine entegre edilmesi olduğunu göstermektedir.^[7]

ABD’nin STEM eğitimindeki önemli gelişmeler kronolojisi (Sneider ve Purzer, 2004) Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Yıllara Göre ABD’nin STEM Eğitimindeki Kilit Gelişmeleri

1989	Okul Matematiği için Öğretim Programı ve Değerlendirme Standartları (<i>Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics</i>), tüm öğrenciler için “standartlar” öneren bir belgedir (NCTM, 1989).
1989	AAAS Tüm Amerikalılar için Bilim (<i>Science for All Americans</i>), tüm Amerikalıların 12. sınıftan mezun olana kadar bilim, teknoloji ve tasarlanmış dünya hakkında öğrenmesi gerekenleri açıklamaktadır (AAAS, 1989).
1992	NSTA Ortaöğretim Okul Feninin Bilimi, Sırası ve Düzeni (<i>Science, Sequence, and Coordination of Secondary School Science</i>), fen öğretim programının yeniden yapılandırılmasını önerir, böylece 6-12. sınıflarda her konu her yıl öğretilir (Aldridge, 1992).
1993	AAAS Fen Okuryazarlığı Kriterleri (<i>Benchmarks for Science Literacy</i>), Tüm Amerikalılar için Bilim sonuçlarını paylaşır ve ayrıca öğrencilerin 2, 5, 8. ve 12. sınıfın sonuna kadar öğrenmeleri gerekenlere ilişkin kriterler sağlar (AAAS, 1993).
1996	NRC Ulusal Fen Eğitimi Standartları (<i>National Science Education Standards</i>), tüm öğrencilerin 4, 8. ve 12. sınıfın sonuna kadar bilimde bilmesi ve yapabilmesi gerekenleri açıklar (NRC, 1996).
2000	ITEEA Ulusal Teknoloji Eğitimi Standartları (<i>National Technology Education Standards</i>), tüm öğrencilerin 2, 5, 8 ve 12. sınıfların sonuna kadar teknoloji hakkında ne öğrenmesi gerektiğini açıklar (ITEEA, 2000, 2007).
2001	NSF, dört alanı (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) temsil etmek için STEM kısaltmasını tanıtmıştır.
2001	AAAS, kavramların sınıf düzeyleri boyunca nasıl geliştiğini gösteren Fen Okuryazarlığı Atlası Cilt I (<i>the Atlas of Science Literacy, Volume I</i>)’i yayınlamıştır (AAAS, 2001).

2002	NAE Teknik konuşma: Neden tüm Amerikalıların teknoloji hakkında daha fazla bilgi sahibi olması gerektiği (<i>Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology</i>) teknoloji eğitimi için zorlayıcı bir durum sunar ve uygulama için öneriler sunmaktadır (Pearson & Young, 2002).
2005	NRC Büyüyen Fırtınanın Üzerinde Yükselme (<i>Rising Above the Gathering Storm</i>), ABD'deki öğrencilerin diğer ülkelerdeki öğrencileri nasıl yakalayabileceklerine yönelik bir eylem çağrısıdır. Daha fazla öğrencinin matematik ve fen bilimleri derslerini almasını önermektedir (NRC, 2005).
2006	NCTM Anaokulundan 8. Sınıfa Kadar Öğretim Programı Odak Noktaları: Tutarlılık Arayışı (<i>Curriculum Focal Points for Kindergarten Through Grade 8 Mathematics: A Quest for Coherence</i>) 8. sınıf da dâhil her sınıf düzeyinde öğrencilerin bilmesi ve yapması gerekenleri açıklamaktadır (NCTM, 2006).
2007	AAAS, Fen Okuryazarlığı Atlası Cilt II (<i>the Atlas of Science Literacy, Volume II</i>)'yi yayınlamıştır (AAAS, 2007).
2008	NAGB 2009 Ulusal Eğitim İlerlemesi Değerlendirmesi için Fen Çerçevesi (<i>Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress</i>), öğrencilerin teknoloji tasarım bağlamında bilimi nasıl uyguladıklarına dair ilk ulusal testtir (NAGB, 2008).
2009	NAE K-12 Eğitiminde Mühendislik (<i>Engineering in K-12 Education</i>), öğretim programı materyallerinin incelemeleri dâhil olmak üzere ABD'deki mevcut K-12 mühendislik eğitimini gözden geçirmektedir (NAE, 2010).
2010	NAGB 2014 Ulusal Eğitim İlerlemesini Değerlendirme için Teknoloji ve Mühendislik Okuryazarlığı Çerçevesi (<i>Technology and Engineering Literacy Framework for the 2014 National Assessment of Educational Progress</i>), teknoloji ve mühendislik okuryazarlığının ilk ulusal testidir (NAGB, 2010).
2012	NRC K-12 Fen Eğitimi İçin Bir Çerçeve (<i>A Framework for K-12 Science Education</i>), tüm öğrenciler için bir eğitim hedefi olarak mühendislik tasarımı bilimsel sorgulama ile aynı düzeye çıkarmaktadır (NRC, 2012).
2013	NGSS Yeni Nesil Fen Standartları (<i>Next Generation Science Standards</i>), önceki fen eğitimi standartlarının yerini almıştır (NGSS Lead States, 2013).

AAAS: *American Association for the Advancement of Science*,

ITEEA: *International Technology and Engineering Educators Association*,

NAE: *National Academy of Engineering*, NAGB: *National Assessment Governing Board*,

NCTM: *National Council of Teachers of Mathematics*, NRC: *National Research Council*,

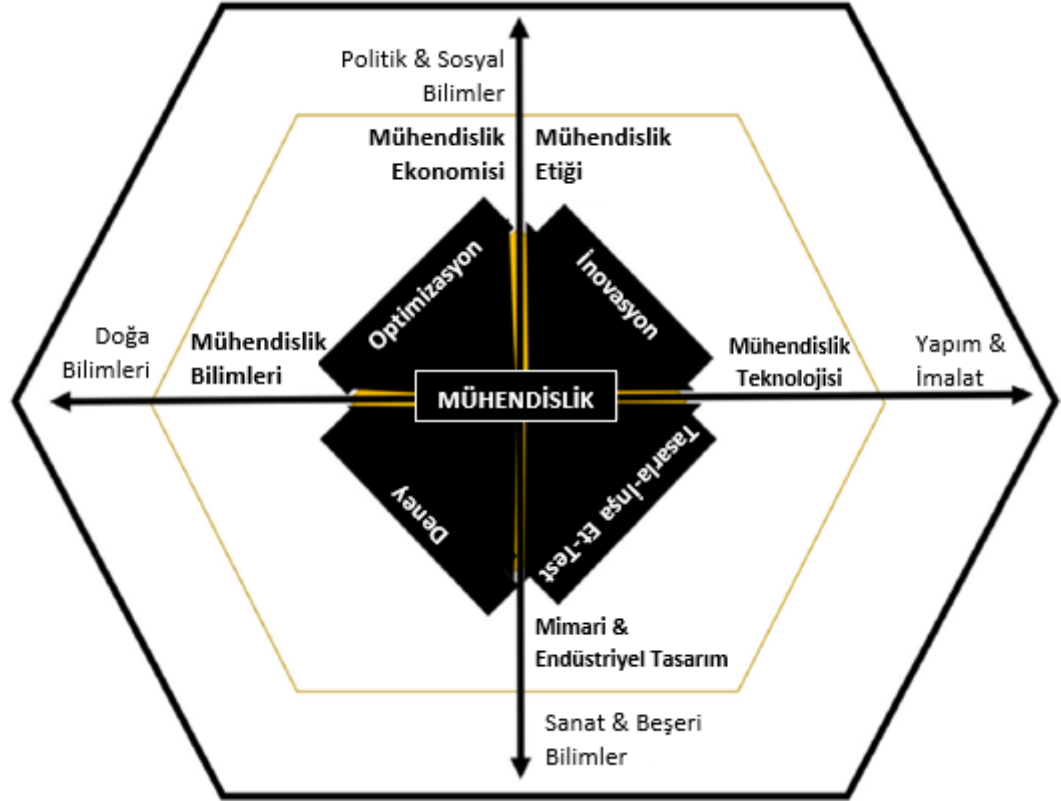
NSTA: *The National Science Teachers Association*, NGSS: *Next Generation Science Standard*

Ülkemizde ise MEB (2018) fen bilimleri dersi öğretim programında “Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları” bölümünün yer almasıyla, fen bilimlerinin mühendislikle bütünleştirilerek öğrencilerin problemlere disiplinler arası bakış açısıyla bakmaları hedeflenmiştir. Öte yandan, programın alana özgü beceriler bölümüne “mühendislik ve tasarım becerileri” boyutu da eklenerek, fen öğretiminde mühendislik entegrasyonu önem ve gereklilik kazanmıştır.^[8]

Kaynaklar

1. National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. Ed.: Katehi, L. Pearson, G., Feder, M., The National Academies Press, Washington, USA.
2. Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W. Roehrig, G. H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education: Engineering in pre-college settings : synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 35-60.
3. Hammack, R. J. (2016). Elementary teachers' perceptions of engineering, engineering design, and their abilities to teach engineering: a mixed methods study. Ph.D Thesis, Oklahoma State University, USA.
4. National Research Council [NRC] (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press, Washington, DC.
5. Sneider, C. & Purzer, Ş. (2014). The rising profile of STEM literacy through national standards and assessments: Engineering in pre-college settings : synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 3-20.
6. Fincher, B. A. (2016). Leveling the playing field: teacher perception of integrated STEM, engineering, and engineering practices. Ph.D Thesis, University of Arkansas, USA.
7. Wang, H.-H., Moore, T.J., Roehrig, G. H. & Park, M. S. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13.
8. Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.

EK 12: Modül 1.3. mühendislik disiplini, doğası, kavramları ve becerileri MÜHENDİSLİK DİSİPLİNİN DOĞASI



Şekil 1. Mühendisliğin Teknik ve Sosyal Boyutları (Dixon, 1966'dan uyarlanmıştır)
[10]

Mühendislik doğası gereği disiplinler arası ve çok yönlüdür; dolayısıyla tek bir mühendislik uygulaması türü yoktur. Cajas (2001) mühendisliğin birden çok disiplinin kesişme noktasında gerçekleştiğini ve süreçlerinin ve teknolojik ürünlerinin genel halk için önemli olduğunu ileri sürmüştür. Ek olarak mühendislik problemleri optimizasyon, deney ve yenilik için çeşitli süreçleri gerektirmektedir (Bkz. Şekil 1). Bazı mühendislik problemleri fen sorularına benzer (mühendislik bilimlerinde deney); bazı prototip ve test değerleri (tasarla-inşa et-test); diğerleri analiz ve matematiğe (optimizasyon) daha fazla vurgu yapar ve geri kalanlar teknolojik, sosyal ve ekonomik faktörleri (yenilik) çerçeveleriyle daha karmaşıktır. [10]

Mühendislik, fen ve matematiğin yanı sıra sanat ve beşeri bilimlerle ilgili unsurları da taşır (Radcliffe, 2015). Mühendisliğin bütünleştirici doğasının bir yansıması, programın üçüncü ve dördüncü yıllarında, ortaöğretim sonrası birinci ve ikinci yıllarda fen ve matematikte temel bilgilerle ve mühendislik disiplinindeki uzmanlıklarla başlayan tipik mühendislik lisans programında görülür. [10]

MÜHENDİSLİK KAVRAMLARI

Mühendislik kavramları tasarım, modelleme, kısıtlamalar, yenilik, sistemler, optimizasyon, deney, prototip oluşturma, değiş tokuşlar, analiz, problem çözme, işlevsellik, görselleştirme, verimliliği içerir. [4] [7]

Mühendislik sürecini anlamak için, K-12 öğrencileri sadece mühendislik kavramları değil, aynı zamanda gerekli becerileri de öğrenmelidir. Gerekli beceriler arasında problemi tanımlama, gereksinimleri belirleme, sistemleri ayırıştırma, çözümler üretme, temsiller çizme ve oluşturma, deney yapma ve test etme yer alır. [1]

Tablo 1. Sistemler ve Optimizasyon Kategorilerinde Mühendislik Kavramları [1]

Sistemler	Optimizasyon
Yapı-davranış-fonksiyon*	Çoklu değişkenler*
Acil özellikler*	Ödünleşimler*
Kontrol/geri bildirim	Gereksinimler
Süreçler	Kaynaklar
Sınırlar	Fiziksel yasalar
Alt sistemler	Sosyal sınırlılıklar
Etkileşimler	Yan etkiler

Sistemler

Bir “sistemi”, bir veya daha fazla işlevi yerine getirmek için birbirine bağlı yollarla birlikte çalışmak üzere tasarlanmış herhangi bir organize ayrı unsurlar (örneğin parçalar, süreçler, insanlar) koleksiyonu olarak tanımladık. Analizimiz, sistem ve sistem düşüncesinin diğer, daha sürekli ipliklerle iç içe geçmiş iplik parçaları olduğunu öne sürüyor. Bu sayede, sistem ve sistem düşüncesinin tek bir öğretim programına nüfuz etmediğini kastediyoruz. Her iki kavram da, öğrencilerin bir teknolojinin nasıl çalıştığını analiz etmelerine veya açıklamalarına yardımcı olmak için sıklıkla kullanılır. [1]

Optimizasyon

“Optimizasyonu”, rekabet eden veya çelişen sınırlılıkları dengelemek için ödünleşmelerin gerekli olduğu teknik bir soruna mümkün olan en iyi çözümü bulma arayışı olarak tanımladık. Analizimiz, optimizasyonun genellikle diğer konular tarafından gizlenen ince, yarı saydam bir iş parçacığı olduğunu gösteriyor. [1]

Ödünleşim

“Ödünleşim”, başka bir özelliği en üst düzeye çıkarmak için bir tasarımın bir özelliğini bırakmak veya azaltmak için verilen kararlar olarak tanımladık. Analizimiz, optimizasyon gibi ödünleşimin ince, yarı saydam bir iplik olduğunu gösteriyor. [1] Başka bir ifadeyle, sonucun hem avantajları hem de dezavantajları konusunda tam farkındalığın araştırıldığı ve her ikisinin etkilerinin dikkate alındığı bir karardır. [6]

Sınırlılıklar

“Sınırlılıkları”, teknik bir soruna çözüm tasarımına özgü veya dayatılan fiziksel, ekonomik, yasal, politik, sosyal etik, estetik ve zaman sınırlılıkları olarak tanımladık. Analizimiz, kısıtlamaları bazı boncuklardan geçen yıpranmış bir iplik parçası olduğunu öne sürüyor. İpliğin yıpranmış doğası, sınırlılık kavramının belirsizliklerini ve bunun yorumlandığı birçok yolu gösterir. ^[1]

Modelleme

“Modellemeyi”, mühendislik tasarımı kolaylaştıran bir sistemin veya sürecin temel özelliklerini grafiksel, fiziksel veya matematiksel temsili olarak tanımladık. Analizimiz, modellemenin boncukların çoğunun içinden geçen ince, renkli bir iplikle temsil edildiğini göstermektedir. Renkler, mühendislik etkinliklerinde ve öğretme ve öğrenme sürecinde modellemenin farklı kullanımlarını temsil eder. ^[1]

Tablo 2. Yeni Nesil Fen Standartları ve Çerçevenin Boyutları ^[7]

Fen ve Mühendislik Uygulamaları	<ul style="list-style-type: none">• Sorular sormak (fen için) ve problemleri tanımlamak• Modeller geliştirmek ve kullanmak (mühendislik için)• İncelemeler planlamak ve uygulamak• Verileri analiz etmek yorumlamak• Matematik ve hesaplamalı düşünmeyi kullanmak• Açıklamalar oluşturmak (fen için) ve çözümler tasarlamak (mühendislik için)• Kanıtlardan argüman oluşturmak• Bilgiyi alma, değerlendirme ve iletme
Çapraz Kavramlar	<ul style="list-style-type: none">• Modeller• Sebep ve sonuç• Ölçek, oran ve miktar• Sistemler ve sistem modelleri• Enerji ve madde• Yapı ve fonksiyon• İstikrar ve değişim
Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	<ul style="list-style-type: none">• Fizik bilimleri• Yaşam bilimleri• Yeryüzü ve uzay bilimleri• Mühendislik, Teknoloji ve Bilim Uygulamaları

Bu liste, ortaöğretim seviyesinde mühendislik eğitimi için uygun olan 14 temel kavrama yoğunlaştırılmıştır. Tablo 2.1, 14 temel kavramı sunmaktadır (Standartlar Komitesi, 2010). Temel kavramların birçoğu arasında örtüşme vardır ve çoğu mühendislik tasarım süreci (tasarım, modelleme, sınırlılıklar, yenilik, optimizasyon, deney, prototipleme, ödenleşim, analiz etme, problem çözme ve görselleştirme) içinde yer alır. Ek olarak, sistemler, işlevsellik ve verimlilik, mühendislerin tasarım sürecine girerken kullandıkları tüm kavramlardır. ^{[2][3]}

Tablo 3. Temel Mühendislik Kavramları ve Açıklamaları ^[7]

Kavram	Açıklamalar
Tasarım	Yinelemeli, teknolojik, analize dayalı, deneysel, ergonomik, evrensel
Modelleme	Matematiksel, bilgisayar tabanlı, taslak çizme, teknik resim, fiziksel
Sınırlılıklar	Kriterler, özellikler, sınırlamalar, gereksinimler
Yenilikçilik	Yaratıcılık, geliştirme, iyileştirme, buluş
Sistemler	Girdi/çıkıtı, süre, geri bildirim, bileşen tasarımı ve etkileşim, alt sistemler
Optimizasyon	Geliştirme, iyileştirme, dengeleme, sezgisel karar
Deney yapma	Test etme, test geliştirme, deneme ve yanılma
Prototipleme	Fiziksel ve süreç modelleme ve değerlendirme, ön hazırlık
Ödünleşim	Çelişkili sınırlılıklar, müzakere, rekabet eden gereksinimler veya kriterler
Analiz etme	Risk, maliyet/fayda, yaşam döngüsü, başarısızlık, matematiksel karar, işlevsel, ekonomik
Problem çözme	İhtiyacın açıklaması, çözüm üretme, sorun giderme, buluş, tasarım
İşlevsellik	Anahtar mühendislik hedefi, kullanılabilirlik, pratiklik
Görselleştirme	İmgeler, mekânsal ve soyut temsil, taslak çizme
Verimlilik	Anahtar mühendislik hedefi, yol gösterici ilke

Tablo 4, K-12 Fen Eğitimi Çerçevesi (NRC, 2012) ve Yeni Nesil Fen Standartları (NGSS Leads States, 2013) içinde sunulan mühendislik disiplini temel fikirlerini göstermektedir. Tablo 4’te sunulan mühendislik temel kavramları ile Tablo 3’te sunulan mühendislik tasarımın temel fikri arasında açık bağlantılar vardır. İki tablo arasındaki en belirgin ortaklık mühendislik tasarımıdır. Tablo 3’de sunulan temel kavramların ortaöğretim seviyesindeki öğrenciler için önerildiğinde, Tablo 4’te sunulanların ise tüm K-12 sınıf seviyelerinde kullanılması amaçlandığını belirtmek önemlidir, bu da temel kavramlar ve iki tabloda sunulan fikirler arasındaki bazı farklılıkları açıklayabilir. ^[2]

MÜHENDİSLİK DÜŞÜNME BECERİLERİ

Mühendislik düşünme becerileri (biçimleri), mühendislerin rutin olarak problemlere çözümler veya mevcut teknolojilerde iyileştirmeler veya bir şeyler yapma yolları bulmasına izin verir. Bu beceriler teşvik edildikçe ve ödüllendirildikçe zaman içinde bir mühendisin günlük düşünce yapısının bir parçası haline gelir. ^[11]

İyimserlik



“Hiçbir karamsar, yıldızların sırrını keşfetmemiş, meçhul bir diyara yelken açmamış, insan ruhuna yeni bir kapı açmamıştır.”

- Helen Keller

İyimserlik, bir olayın daha olumlu tarafına bakma veya çeşitli durumlarda en iyi sonuçları bekleme yeteneğidir. Bir kişinin zorlu durumları, öğrenme ve iyileştirme fırsatları veya yeni fikirler geliştirme fırsatları olarak görmesine izin verir. İyimser düşünme biçimi, bir kişinin sorunlara en uygun çözümleri arama konusunda ısrarcı olmasını sağlar. Mühendisler bir problemi çözerken sıklıkla tekrarlanan başarısızlıklar veya elverişsiz durumlarla karşılaşır. İyimser bir düşünme yolu, eldeki sorunu başarılı bir şekilde çözmeye odaklanmak için sürekli motivasyon sağlar. Mühendisler işlerin her zaman iyileştirilebileceğine inanırlar. Henüz yapılmamış olması, yapılamayacağı anlamına gelmez. İyi fikirler her yerden gelebilir ve mühendislik, herkesin yeni veya farklı bir şey tasarlayabileceği öncülüne dayanır. ^[11] Bu nedenle, öğrenciler, belirlenen görevleri yerine getirmek için bir mühendislik projesi/aktivitesi boyunca sebat ederek, iyimser bir bakış açısını sürdürürebilmelidir. ^[5]

Sebat Etmek

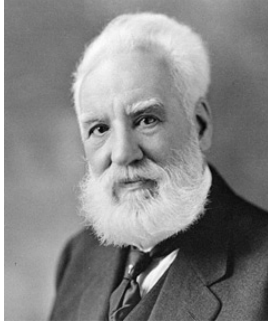


“...her yeni başarısızlık – ne kadar iyi huylu görünürse görünsün – daha eksiksiz bir başarıya nasıl ulaşılabileceğine dair daha kapsamlı bir anlayışa yönelik başka bir yol sunar.”

-Henry Petroski

Sebat etmek, kişinin karşılaşılabileceği zorluklara ve karşıtlıklara rağmen bir hareket tarzını takip etme yeteneğidir. Bu yetenek aynı zamanda bir kişinin eylemlerinde sürekli olarak iyileştirmeler aramasını sağlar. Bu beceri, mühendislerin sorunlara en uygun çözümleri geliştirmesini ve bir projenin tamamlandığını görmeyi yanı sıra belirlenmiş hedeflere ve son teslim tarihlerine uymasını sağlar. Ayrıca mühendisler bir zorluğa bir çözümü optimize etmek için çalışırken başarısızlık beklenir, hatta benimsenir. Mühendislik, özellikle mühendislik tasarımı, yinelemeli bir süreçtir. Denemeyi, öğrenmeyi ve yeniden denemeyi içerir. ^[11] Bu nedenle, öğrenciler, bir mühendislik projesi/aktivitesi boyunca projenin hedeflerine ulaşmak, belirlenen teslim tarihlerini dikkate alarak ve kendilerinin ve başkalarının karşılaştığı sorunlara uygulanabilir çözümler geliştirmekten sorumlu olmak için ısrarcı olabilmelidir. ^[5]

İş Birliği



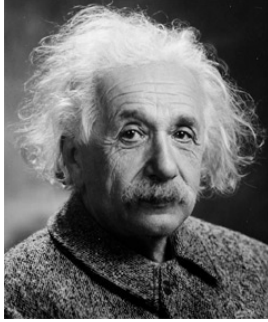
“Büyük keşifler ve gelişmeler, her zaman birçok zihnin işbirliğini içerir. İlk adımı attığım için bana itibar edilebilir, ancak sonraki gelişmelere baktığımda, bu takdirin kendimden çok başkaları olduğunu hissediyorum.”

-Alexander

Graham Bell

İş birliği, bir görevi tamamlamak ve istenen hedeflere ulaşmak için başkalarıyla birlikte çalışma yeteneğidir ve bu, etkili iletişim yeteneklerini içerir. İşbirlikçi düşünme biçimi, mühendislerin ortak bir amaca en iyi şekilde ulaşmak için başkalarının bakış açıları, bilgileri ve yetenekleriyle bağlantı kurmasını ve bunlardan yararlanmasını sağlar. Mühendislik projesi bir ekip olarak üstlenilir ve başarılı çözümler farklı geçmişlere sahip ekip üyelerinin katılımını gerektirir. Mühendislik başarıları, başkalarıyla çalışma, paydaşları dinleme, bağımsız düşünme ve fikirleri işbirliği içinde iletme isteğiyle oluşturulur. ^[11] Bu nedenle, ortaokulun sonunda, mühendislik okuryazarlığı olan öğrenciler, belirlenen görevleri başarıyla tamamlamada farklı bakış açılarından yararlanmak için takım tabanlı bir mühendislik projesi/aktivitesi boyunca işbirlikçi/iletişim kurabilmelidir. ^[5]

Yaratıcılık



“Hayal gücü bilgiden daha önemlidir. Çünkü bilgi, şu anda bildiğimiz ve anladığımız her şeyle sınırlıdır, hayal gücü ise tüm dünyayı ve şimdiye kadar bilinecek ve anlaşılacak her şeyi kapsar.”

-Albert

Einstein

Yaratıcılık, orijinal fikirler geliştirmek için normdan farklı bir şekilde düşünme yeteneğidir. Yaratıcı düşünme biçimi, mühendislerin dünyayı yeni şekillerde algılamasını, bilinmeyen kalıpları bulmasını ve problemlere yenilikçi fikirler veya çözümler geliştirme çabasıyla ilgisiz görünen bilgiler arasında yeni bağlantılar kurmasını sağlar. Mühendislik tasarımında bilgi ve deneyimi uygulamak için yeni yollar bulmak esastır ve yeniliğin temel bir bileşenidir. Herkes tamamen aynı şekilde düşündüğünde, teknolojik ve toplumsal ilerleme eksikliği olabilir. ^[11] Bu nedenle, öğrenciler, kendilerinin ve diğerlerinin yüzleştikleri sorunlara yenilikçi çözümler geliştirmek için yaratıcılık stratejilerinin ve araçlarının tekrarlı kullanımı yoluyla bir mühendislik projesi/aktivitesi boyunca yaratıcı olabilmelilerdir. ^[5]

Vicdanlılık



“Teknolojinin toplumu köleleştirmek yerine topluma hizmet etmesini istiyorsak, erkek veya kadın, genç, yaşlı, engelli, bilgisayar dâhileri veya teknofobikler olsun, tüm insanlar için erişilebilir sistemler inşa etmeliyiz.”

Anita Borg

Vicdanlılık, kişinin kendi davranışlarının etrafındaki her şey üzerindeki etkisinin bilincinde olarak görevlerini iyi bir şekilde yerine getirmeye odaklanma yeteneğidir. Vicdanlılık düşünme biçimi, mühendislerin halkın güvenliğini, sağlığını ve refahını

sağlamak için kararlar alırken ve çözümler geliştirirken en yüksek dürüstlük, kalite, etik ve dürüstlük standartlarını korumasını sağlar. Mühendisler geliştirdiği teknolojilerle ve yöntemlerle, insanların yaşamları üzerinde derin bir etkiye sahip olabilir. Bu tür bir güç, başkalarını düşünmek ve birinin çalışmasından kaynaklanabilecek ahlaki sorunları düşünmek için yüksek düzeyde sorumluluk gerektirir. ^[11] Bu nedenle, öğrenciler, bir mühendislik projesi/aktivitesi boyunca, tekrarlayan sorgulama ve eleştiriler yoluyla karar verirken vicdanlı olabilmeli, karşılaştıkları sorunlara etik çözümler geliştirebilmelidir. ^[5]

Sistemsel Düşünme



“Gezegenimizi kurtarmak, insanları yoksulluktan kurtarmak, ekonomik büyümeyi ilerletmek... Bunlar bir ve aynı mücadele... Tek bir sorunun çözümleri, herkes için çözüm olmalıdır.”

-Ban

Ki-Moon

Sistemsel Düşünme, tüm teknolojik çözümlerin, aynı zamanda daha büyük insan yapımı ve/veya doğal sistemler içinde yerleşik olan etkileşimli öğelerden oluşan sistemler olduğunu ve bu sistemlerin her bir bileşeninin birbirine bağlı olduğunu ve birbirini etkilediğini fark etme yeteneğidir. Sistemsel düşünme biçimi, mühendislerin eksiksiz bir tasarım veya fikir oluştururken bir çözüm tasarımının veya fikrinin her bir bileşeninin diğer bileşenlerle nasıl uyduğunu anlamalarını sağlar. Ek olarak, bir çözüm fikrinin veya tasarımının, içine gömülü oldukları daha büyük insan yapımı ve/veya doğal sistemlerin bir parçası olarak nasıl etkileşime girdiğini düşünmelerini sağlar. Dünyamız birçok başka sistemden oluşan bir sistem olduğundan, nesnelere son derece karmaşık yollarla birbirine bağlıdır. Problemleri çözmek veya koşulları gerçekten iyileştirmek için, mühendislerin tüm bu farklı sistemlerin nasıl bağlantılı olduğunu fark edebilmeleri ve düşünebilmeleri gerekir. ^[11] Bu nedenle, öğrenciler, bir çözüm fikrinin veya tasarımının dünyayla nasıl etkileşime girdiğini ve dünyayı nasıl etkilediğini düşünmek için, yinelenen tasarım eleştirileri yoluyla bir mühendislik projesi/aktivitesi boyunca kararlar alırken sistemler açısından düşünebilmelidir. ^[5]

MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI

A) Mühendislik Uygulaması: Mühendislik Tasarım

- **Problemi belirleme**, uygulamanın başlarında ve süreç boyunca meydana gelen ve arzu edilen bir çözüm geliştirmeye ilişkin hedefleri ve temel konuları belirleyerek kişinin bir problem durumuna ilişkin zihinsel yorumunun ana hatlarını çıkarmayı içeren bir süreçtir. Bu, (a) birden çok bakış açısını dikkate alan, (b) problem çözme sürecini gereksiz yere sınırlayan algılanan varsayımları ortadan kaldıran ve (c) tasarım senaryosunu problem- çözme sürecini yönlendirmeye yardımcı olacak şekilde çerçeveleyen bir problem ifadesini formüle etmek için tasarım parametrelerinin belirlenmesini içerir. Tasarım problemleri, doğası gereği kötü yapılandırılmış ve açık uçlu olduğundan, bu temel kavram Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, farklı bakış açıları (müşteriler/son kullanıcılar) dahil olmak üzere bir tasarım senaryosunun temel unsurlarını vurgulayan gerekçeli problem ifadeleri oluşturabilmelidir.
- **Proje Yönetimi**, bir projenin kapsamını belirleme ve projeyi tanımlanmış kısıtlamalar dahilinde tamamlamak için kaynakları planlama, organize etme ve yönetme sürecidir (Nembhard, Yip ve Shtub, 2009). Bu süreçteki gelişmişlik, (a) proje faaliyetlerini başlatmak ve planlamak; (b) projenin kapsamını belirlemek ve zaman çizelgelerini ve maliyetleri yönetmek; (c) riskleri, kaliteyi, ekipleri ve tedariki izlemek ve değerlendirmek; ve (d) ürün yaşam döngülerini yönetmeyi gerektirir. Tasarım projeleri çeşitli sınırlamalar içeren dinamik ortamlarda gerçekleştirildiğinden, bu temel kavram Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, uygun proje yönetimi stratejileri ve tekniklerinin (örn. ekip tüzüğü, Gantt çizelgeleri).
- **Bilgi Toplama**, bir tasarım problemine bilinçli bir çözüm geliştirmek için gerekli bilgiyi arama sürecidir. Bu süreç, (a) araştırılacak/incelenecek belirli alanların belirlenmesini, (b) birden fazla kaynaktan veri toplanmasını ve sentezlenmesini ve (c) mevcut bilgilerin kalitesinin değerlendirilmesini içerir. Bu temel kavram Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir, çünkü bir tasarım problemi tanımlandıktan sonra, bireyler bir tasarım çözümü geliştirmek için tasarım sürecinin yinelenmeli aşamalarında çalışırken hangi bilgileri edinmeleri gerektiğine karar vermelidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, tasarım süreçlerini bilgilendirmek için çeşitli kaynaklardan veri ve bilgiyi toplayabilmeli, değerlendirebilmeli ve sentezleyebilmelidir.
- **Fikir oluşturma**, daha iyi ve daha yenilikçi bir çözüm bulma umuduyla çok sayıda fikir üretmek için bir tasarım problemine olası çözümler kümesini zihinsel olarak genişletme sürecidir. Bu süreç; (a) farklı düşünme ve beyin fırtınası teknikleri, (b) yakınsak düşünme yöntemleri (bir cihazın, sistemin veya sürecin genel işlevini daha küçük parçalarına ayıran süreç olan işlevsel ayrıştırma dahil) ve (c) fikirleri eskiz yoluyla iletmek için görsel-uzaysal yetenekleri kullanmak ile ilgili bilgiyi gerektirir. Bu temel kavram Mühendislik Tasarımı için önemlidir, çünkü bu uygulama yapılandırılmamış ve açık uçlu sorunlara yaratıcı ve yenilikçi çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, görsel-uzaysal teknikleri kullanarak

fikirleri iki ve üç boyutlu eskizlerde iletirken ve kaydederken, hem farklı hem de yakınsak düşünme süreçleri aracılığıyla birden fazla yenilikçi fikir üretebilmelidir.

- **Prototipleme**, bir fikri, test etme ve geri bildirim toplama yoluyla zaman içinde fikri geliştirmek amacıyla başkalarıyla iletişim kuran bir forma (fiziksel veya dijital) dönüştürme sürecidir. Bu süreçteki gelişmişlik, (a) bilgisayar destekli tasarım ve üretim; (b) düşük, orta ve yüksek kaliteli prototipler için malzeme seçimi; (c) malzemeleri manipüle etmek için üretim süreçleri ve (d) fiziksel ve dijital prototipleri test etme ve değiştirme prosedürleri ile ilgili bilgiyi gerektirir. Bu temel kavram, mühendislik okuyazarı bireylerin tasarım çözümlerini iletmesine, test etmesine ve optimize etmesine izin verdiği için Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, tasarımlarını geliştirmek için uygun test/veri toplama prosedürlerini kurarken, istenen prototip aslına uygunluk düzeyi için uygun araç ve malzemeleri kullanarak bir fikrin prototipini oluşturabilmelidir.
- **Karar Verme**, bilgi toplama ve alternatiflerin değerlendirilmesi yoluyla çeşitli seçenekler arasından mantıklı bir seçim yapma sürecidir. Mühendislik Tasarım pratiği içinde Karar Verme, (a) kanıt/veri/mantık odaklı kararlar vermeyi, (b) bir tasarım kararını gerekçelendirmek için Mühendislik Bilgisinin uygulanmasını, (c) çelişen tasarım kriterleri ve kısıtlamaları birbiriyle çelişen tasarım kriterleri arasındaki ödünleşimleri dengelemeyi, (d) karar matrisi gibi karar verme araçlarını kullanmayı ve (e) ekip tabanlı kararlar almak için bir grup ortamında işlev görmeyi içerir. Mühendislik okuyazarı bireyler karar vericiler olduğundan, bu temel kavram Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir. Tasarım süreci boyunca kendileri, işverenleri, toplum, halk sağlığı ve çevre için çeşitli sonuçları olabilecek sürecin sonucunu etkileyen birden fazla karar alırlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, Mühendislik Bilgisinin uygulanması ve takım ortamında tek bir karar üzerine karar verme araçlarının kullanılması yoluyla bir tasarım senaryosunda bilinçli (veri/kanıt/mantık güdümlü) seçimler yapabilmelidir.
- **Tasarım Yöntemleri**, belirli bir amacı ve çözüme yönelik bir veya daha fazla makul yolu olan çok çeşitli problem senaryolarına yeni çözümler tasarlamak için insanların uyguladığı süreçlerdir. Bu temel kavram, (a) yinelemeli tasarım döngüleri, (b) kullanıcı merkezli tasarım, (c) sistem tasarımı, (d) tersine mühendislik ve (e) sorun giderme ile ilgili bilgileri içerir. Tasarım Yöntemleri, Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir, çünkü mühendislik okuyazarı bireyler, sorunları çözmek için genel deneme-yanılma taktikleri yerine daha disiplinli, bilgili ve organize bir yaklaşım benimser. Bu, hangi tasarım metodolojilerinin mevcut olduğunu ve bunların nasıl kullanılacağını bilmeyi ve anlamayı önemli hale getirir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, belirli bir tasarım stratejisinin uygun uygulaması yoluyla bir mühendislik projesini yönetmek için bir plan geliştirebilmelidir.
- **Mühendislik Grafikleri**, bir tasarımın veya fikrin özelliklerini ve işlevlerini ileten ayrıntılı ve iyi açıklamalı görsel çizimlerdir. Çoğu zaman bu temsiller başlangıçta elle oluşturulur, ancak neredeyse her zaman üç boyutlu, bilgisayar destekli tasarım yazılımı kullanılarak ve belirli bir dizi kural ve yönerge

izlenerek dijital bir formata aktarılır. Bu süreçteki gelişmişlik, (a) mühendislik çizimleri oluşturma ve okuma kuralları, (b) boyutlandırma ve toleranslar, (c) iki boyutlu eskiz ve bilgisayar destekli tasarım ve (d) üç boyutlu parametrik modelleme ile ilgili bilgileri gerektirir. Mühendislik okuryazarı bireyler, tasarımlarının özelliklerini ve performans beklentilerini doğru bir şekilde detaylandıran ve aktaran grafiksel temsiller aracılığıyla fikirlerini somutlaştırdığı, iletildiği ve kaydettiği için, bu temel kavram Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuryazarı öğrenciler, yaygın olarak kabul edilen gelenekleri izleyerek bir tasarım fikrinin grafik temsillerini yorumlayabilmeli, analiz edebilmeli ve oluşturabilmelidir.

- **Tasarım İletişimi**, tasarım süreci boyunca fikirlerin, kararların, bilgilerin ve sonuçların ekip üyeleri ve çeşitli paydaşlarla ve ayrıca bir tasarım projesinin sonunda (bilginin iletilmesini de içerebilir) hedeflenen kitlelerle etkili ve verimli bir şekilde paylaşma sürecidir (projenin sonuçlarını tanımlamak, bir tasarım çözümü üretmek/uygulamak ve tasarım ürününü kullanmak için gerekli bilgilerin iletilmesini içerebilir). Bu süreçteki gelişmişlik, (a) teknik yazı, (b) sunum sağlama yöntemleri ve araçları, (c) bilgi grafikleri ve (d) görsel tasarım ile ilgili bilgileri gerektirir. Bu temel kavram Mühendislik Tasarımı uygulaması için önemlidir, çünkü mühendislik okuryazarı bir bireyin çalışması, yalnızca onu başkalarına iletebilme yetenekleri kadar iyidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, çeşitli sözlü ve görsel iletişim stratejiler ve araçlar yoluyla hedef kitleyi dikkate alarak, bir tasarım projesi boyunca ve sonunda fikirlerini, kararlarını ve bilgilerini ifade edebilmelidir.

B) Mühendislik Uygulaması: Malzeme İşleme

- **Malzeme İşleme**, mühendislik okuryazarı bireylerin malzemeleri ürünlere dönüştürmek için kullandıkları, genellikle yapım olarak adlandırılan uygulamadır. Aletlerin, makinelerin ve süreçlerin uygun ve verimli bir şekilde uygulanması yoluyla ham veya endüstriyel malzemeleri daha değerli formlara dönüştürmek için sistematik bir süreç olarak tanımlanır. K-12 Mühendislik Öğreniminin bir hedefi olarak, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, Malzeme İşleme Yetkinliği uygulamasında yetkinlik gösterebilmelidir. Bu uygulamada aşağıdaki temel kavramlar hakkında bilgi gerekir:
- **Üretim**, kaynakları değerli ürünlere dönüştürmek için teknolojiyi kullanma sürecidir. Bu temel kavram, (a) üretilebilirlik için tasarım, (b) eklemeli imalat süreçleri ve (c) eksiltici imalat yöntemleri ile ilgili bilgileri içerir. Bu temel kavram, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir, çünkü ürünlerin tasarımı, ürünün kendisini etkili bir şekilde üretme yeteneğine özgü faktörlerden etkilenir. Buna göre mühendislik okuryazarı bireylerin, kaliteli ürünler üretmek için etkili ve verimli süreçler geliştirmek için uygun bilgi, süreç, araç ve ekipmanı uygulamaları gerekmektedir. Bu nedenle mühendislik okuryazarı öğrencilerin ortaöğretimin sonunda, bir ürünü, üretimi kolay olacak şekilde tasarlamaları ve daha sonra uygun üretim süreçleri uygulayarak ürünü yapabilmeleri gerekmektedir.
- **Ölçüm**, nesneyi tanımlamak, analiz etmek veya değiştirmeyi planlamak için boyut, şekil veya hacim gibi bir nesnenin niteliklerini belirlenmiş bir standartla

karşılaştırma işlemidir. Ölçümde hassasiyet, ürünlerin kaliteli üretimi için gerekli olan toleransların ve boyutsal kontrollerin belirlenmesini içerir. Buna göre, bu temel kavram, (a) ölçüm araçlarını ve aletlerini (doğrusal, çap ve açı ölçüm cihazlarının yanı sıra dolaylı okuma/otomatik aletler dahil), (b) bir üretim sürecinin doğru yerleşimi için kesin ölçümler yapmayı ve (c) uygun birim analizi ve mühendislik notasyonu yoluyla doğruluğu sağlamayı içerir. Bu temel kavram, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir, çünkü mühendislik okuryazarı bireylerin, teknolojik ürün ve sistemlerin tasarımında, imalatında ve iletişiminde uygun ölçümleri ve araçları uygulamaları gerekir. Ayrıca, ölçümler birçok farklı biçimde sağlandığından ve ölçüm hesaplamalarındaki yanlışlıklar büyük sorunlara neden olabileceğinden, mühendislerin birim dönüştürmeleri veya analizleri yapmak için matematiksel becerilere ihtiyacı vardır. Bu nedenle, mühendislik okuryazarı öğrencilerin ortaöğretimin sonunda uygun ölçüm cihazlarını ve birimlerini seçebilmeleri ve bunları kaliteli ürünleri tasarlamak, üretmek ve değerlendirmek için hassasiyetle uygulayabilmeleri gerekmektedir.

- **İmalat**, bir ürünü veya bir ürünün parçalarını nihai bir ürün haline getirme sürecidir. Bu süreç; (a) alet seçimi, (b) ürün montajı, (c) el aletleri, (d) ekipman ve makine aletleri ve (e) kalite ve güvenilirlik ile ilgili bilgileri gerektirir. Mühendislik okuryazarı bireylerin güvenilir kalitede teknolojik ürünler ve sistemler üretmek için uygun süreçleri, araçları ve ekipmanı kullanmaları gerektiğinden, bu temel kavram Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir. Bu nedenle, mühendislik okuryazarı öğrencilerin ortaöğretimin sonunda, bir müşterinin belirtilen tasarım kriterlerini mühendislik standartlarına uygun olarak karşılayan planlı veya uygulanabilir bir yaklaşıma dayalı, kaliteli ve güvenilir bir ürün/sistem yapmak için uygun araç, süreç, teknik, ekipman ve/veya makineyi seçebilmelidir.
- **Malzeme Sınıflandırması**, belirli bir uygulama için uygun bir malzeme seçimine yardımcı olmak için atomik ve moleküler özelliklerine ve özelliklerine göre katı malzemeleri kataloglama işlemidir ve aynı zamanda malzemeleri uygun bir şekilde manipüle etmek için gerekli işlemlerdir. Bu temel kavram, malzeme sınıfı sisteminin (a) metaller/alaşımalar, (b) polimerler, (c) seramikler ve (d) kompozitler olmak üzere dört ana bölümünün mikro ve makro yapıları ile ilgili bilgileri içerir. Malzeme Sınıflandırması, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir, çünkü mühendislik okuryazarı bireyler, teknolojik ürün ve sistemlerin üretimi için en uygun malzemeleri seçerken ve uygularken bilinçli kararlar vermek için malzeme özelliklerini dikkate almalıdır. Malzeme seçimi, malzemenin işlenebilirliği, dökülebilirliği ve kaynaklanabilirliği gibi imalat gereksinimlerinin yanı sıra malzemenin nihai şekli, gerekli mekanik özellikleri, hizmet gereklilikleri, toleransları, bulunabilirliği ve maliyetlerine dayanmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerin ortaöğretimin sonunda, farklı malzemeleri yapı ve özellikleri açısından ayırt edebilmeleri ve malzemelerin uygun ve güvenli bir şekilde kaliteli ürünler tasarlamak/oluşturmak için nasıl uygulanacağını belirleyebilmeleri gerekir.
- **Döküm ve Kalıplama**, istenilen boyut ve şekilde boşluğa sahip bir kalıba sıvı bir malzemenin sokulması ve ardından malzemenin kalıptan çıkarılmadan önce katılaşması sağlanarak malzemelere şekil verilmesi işlemleridir. Şekillendirme, yeni bir şekle akmasını sağlamak için bir malzemeye basınç uygulama

işlemidir. Bu temel kavram, (a) kalıpların üretilmesi ve uygulanması, (b) dövme, (c) ekstrüzyon ve (d) haddeleme ile ilgili bilgileri içerir. Çoğu metal, seramik ve plastik, şekillendirmenin yanı sıra döküm ve kalıplama süreçleri yoluyla belirtilen ihtiyaçları karşılamak için şekillendirilip boyutlandırılabilirdiğinden, bu temel kavram Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir. Mühendislik okuyuları bireyler, bir tasarım geliştirirken ve malzemelerin şekillerini fiilen değiştirirken kararlarını bildirmek için bu süreçlerin anlaşılmasını uygular. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyuları öğrenciler, bir tasarım geliştirirken veya malzemelerin şekillerini fiziksel olarak değiştirirken kararlarını bildirmek için Döküm/Kalıplama/Şekillendirme bilgilerini kullanabilmelidir.

- **Ayırma/İşleme** (a) delme, (b) kesme, (c) frezeleme, (d) tornalama, (e) taşlama ve (f) kesme gibi temel makine işlemleri ile ilgili bilgileri içeren fazla malzemeleri kaldırarak bir nesneye istenen formu veren işlemleri içerir. Bu temel kavram, ilgili işlemler fiziksel ürünlerin üretimi ve imalatının temeli olduğundan, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir. Ayrıca, mühendislik okuyuları bireyler, bir tasarım geliştirirken ve arzu edilen bir ürün formunu elde etmek için istenmeyen malzemeleri ortadan kaldıracı işlemleri gerçekleştirirken, kararlarını bildirmek için bu süreçlere ilişkin bir anlayış uygular. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir tasarım geliştirirken veya fazla malzemeyi kaldırarak nesnelerin şekillerini fiziksel olarak değiştirirken kararlarını bildirmek için Ayırma/İşleme bilgilerini kullanabilmelidir.
- **Birleştirme**, yapıştırma ve/veya mekanik tutturma eylemleriyle iki veya daha fazla parçadan bir ürün oluşturma işlemidir. Bu temel kavram, (a) hem mekanik tutturucularla hem de mekanik kuvvetle tutturma, (b) yapıştırıcıyla bağlama, (c) akışla bağlama (lehimleme ve lehimleme) ve (d) kaynakla ilgili temel yöntemlerle ilgili bilgileri içerir. Tek bir parçadan çok az ürün yapıldığından, birleştirme, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir. Ayrıca, mühendislik okuyuları bireyler, bir tasarım geliştirirken ve bir ürünü birden fazla parçadan bir araya getirmek için işlemleri gerçekleştirirken kararlarını bildirmek için bu birleştirme süreçlerine ilişkin bir anlayış uygular. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir tasarım geliştirirken veya parçaları kaliteli bir ürüne fiziksel olarak monte ederken kararlarını bildirmek için birleştirme yöntemleri bilgilerini kullanabilmelidir.
- **İkmale Bırakmak**, malzemenin özelliklerini istenen kriterleri daha iyi karşılayacak şekilde ayarlamak için bir malzemenin iç yapısını değiştirme işlemidir. Bitirme ise bir cismin üzerine koruyucu bir kaplama yapılarak bir ürünün güzelleştirilmesi ve ömrünün uzatılması işlemidir. Bu temel kavram, (a) iç yapıların ikmale bırakılması, (b) cilalama ve parlatma, (c) yüzey kaplama ve (d) dönüştürme işlemlerinin temel yöntemleri ile ilgili bilgileri içerir. İkmale Bırakmak/Son Halini Vermek, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir, çünkü malzemeler istenen sonuçları daha iyi elde etmek için özelliklerini geliştirmek üzere şartlandırılabilir, çekiciliklerini artırmak için değiştirilebilir ve dayanıklılıklarını artırmak için korunabilir. Ayrıca, mühendislik okuyuları bireyler, bir tasarım geliştirirken ve bir malzemenin özelliklerini geliştirmek, bir ürünün görünümünü iyileştirmek ve ürünün dayanıklılığını artırmak için

ilgili işlemleri gerçekleştirirken kararlarını bildirmek için bu süreçlere ilişkin anlayış uygular. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir tasarım geliştirirken veya fiziksel olarak kaliteli bir ürün üretirken kararlarını bildirmek için ikmale bırakma ve bitirme bilgilerini kullanabilmelidir.

- **Güvenlik**, dikkatli bir eylem yoluyla yaralanma veya zarar olasılığını azaltma sürecidir ve mühendislik ortamlarında, (a) laboratuvar yönergeleri ve standartları, (b) makine ve alet güvenliği ve (c) kişisel koruyucu ekipman ve kıyafet ile ilgili bilgileri içerir. Bu temel kavram, Malzeme İşleme uygulaması için önemlidir, çünkü yaşam, makine ve malzemelerin insanlar tarafından kullanıldığı mühendislikle ilgili ortamlarda veya tesislerde birçok tehlikeyle doludur. Ayrıca, mühendislik okuyuzarı bireyler, bir tasarım geliştirirken ve çalışma ortamlarını iyileştirmeye yönelik ilgili işlemleri gerçekleştirirken kararlarını bildirmek için bir güvenlik ilkeleri ve yönergeleriyle ilgili anlayışı uygularlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, kendilerine veya başkalarına zarar vermeden veya yaralanmadan bir çalışma ortamında materyalleri güvenli, sorumlu ve verimli bir şekilde işleyebilmelidir.

C) Mühendislik Uygulaması: Nicel Analiz

- **Nicel Analiz**, mühendislik okuyuzarı bireylerin problemlerin çözümünü desteklemek, hızlandırmak ve optimize etmek için kullandıkları uygulamadır. Veri analitiği araçlarının, matematiksel modellerin, hesaplamaların ve tahmine dayalı karar vermeyi bilgilendiren simülasyonların uygun şekilde uygulanması yoluyla nicel bilgilerin toplanması ve yorumlanması için sistematik bir süreç olarak tanımlanır. K-12 Mühendislik Öğreniminin bir hedefi olarak, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyuzarlığı olan öğrenciler, Kantitatif Analiz uygulamasında yeterlilik gösterebilmelidir. Bu uygulamada yeterlilik, aşağıdaki temel kavramların bilgisini gerektirir:
- **Hesaplamalı Düşünme**, karmaşık problemleri, daha sonra bir bilgisayarın gerçekleştirebileceği bir dizi hesaplama adımı olarak ifade edilen çözümler üretecek şekilde parçalara ayırma sürecidir (Aho, 2012). Tipik olarak, bu süreç dört ögeye ayrılır: (a) ayrıştırma (bir problemi daha küçük, daha yönetilebilir görevlere ayırma yöntemi), (b) örüntü tanıma (problemler veya çözümler içinde benzerlikleri arama yöntemi), (c) soyutlama (bir çözüm üretirken önemli bilgileri sentezleme ve alakasız verileri filtreleme yöntemi) ve (d) algoritma tasarımı (bir bilgisayar programı tarafından gerçekleştirilecek adım adım çözüm oluşturma yöntemi) (BBC, 2018). Hesaplamalı Düşünme ayrıca (a) algoritmaların oluşturulması (akış şeması dahil), (b) algoritmaların uygun programlama dilleri kullanılarak çevrilmesi ve (c) yazılım tasarımı, uygulanması ve test edilmesi ile ilgili bilgileri de içerir. Mühendislik okuyuzarlığı olan bireyler, tasarım problemlerine çözümler geliştirmek veya optimize etmek için algoritmaları ve programları sistematik olarak analiz edip geliştirdiğinden, Hesaplamalı Düşünme, Niceliksel Analiz uygulaması için önemlidir. Ayrıca, verimli ve otomatikleştirilmiş fiziksel sistemlerin yanı sıra tasarım kavramlarının ve hesaplamalı bilimsel modellerin görselleştirilmesi için hesaplamalı düşünme gereklidir (NRC, 2012). Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir mühendislik problemini/görevini ele alan fiziksel sistemleri görselleştirmek/kontrol etmek için kullanılan

algoritmaları/programları tasarlayabilir, geliştirebilir, uygulayabilir ve değerlendirebilir.

- **Hesaplama Araçları**, (a) elektronik tablo araçları (örn. Microsoft Excel), (b) sistem tasarım araçları (örn. LabView) ve (c) hesaplama ortamları (örn. MATLAB) dahil olmak üzere, mühendislik görevlerini kolaylaştıran programlar, diller ve bilgisayar uygulamalarıdır. Matematiksel modelleme mühendislik tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçası olduğundan, Hesaplama Araçları, Kantitatif Analiz uygulaması için önemlidir. Mühendislik okuyuzarı bireyler, karmaşık denklemleri hesaplama, büyük miktarda veriyi yönetme, nicel verileri işlemek/analiz etmek için programlar geliştirme ve bilgileri iletme görevlerini kolaylaştırmak için bu tür araçları kullanır. Ayrıca bu araçlar, kullanıcıların çözümlerini dijital prototiplerini tasarlamalarına ve bir çözümün ne kadar iyi performans göstereceğinin yanı sıra bir çözümün neden bu şekilde performans gösterdiğini belirlemek için istatistiksel hesaplamalar yapmalarına olanak tanır. Bu nedenle, ortaöğretim sonunda öğrenciler, bir mühendislik problemi ile ilgili nicel verileri analiz etmek ve bir çözüm tasarımının etkililiğini iletme/tahmin etmek için uygun hesaplama araçlarını seçebilmeli ve kullanabilmelidir.

D) Mühendislik Uygulaması: Profesyonellik

- **Profesyonellik**, mühendislik okuyuzarı bireylerin, toplumun refahını koruyan, toplumu iyileştiren ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltan etik kararlar alma konusunda toplulukları tarafından güvenilmek amacıyla en yüksek doğruluk ve dürüstlük standartlarını sürdürmek için izledikleri uygulamadır. Bu, mesleki etik, işyeri davranışı ve operasyonları, fikri mülkiyetin onurlandırılması ve mühendislikle ilgili kariyerlerde işlevsellik ile ilgili sözleşmeleri içerir. Ayrıca mühendislik Profesyonelliği, teknolojinin amaçlanan ve istenmeyen etkilerinin ve toplumun teknolojik gelişmede oynadığı rolün anlaşılmasını içerir. K-12 mühendislik öğreniminin bir hedefi olarak, ortaöğretim sonunda öğrenciler, Profesyonellik uygulamasında yeterlilik gösterebilmelidir. Bu uygulamada yeterlilik, aşağıdaki temel kavramların bilgisini gerektirir:
- **Fikri Mülkiyeti Onurlandırmak**, mühendislik ve tasarım olan yaratıcı arayışta profesyonel bütünlüğü korumak için fikirlerin, icatların veya yeniliklerin çalınmamasını, izinsiz kullanılmamasını veya başkasının eseri olarak iddia edilmemesini sağlamak için kişinin ve başkalarının çalışmalarını korumayla ilgilidir. Bu temel kavram, (a) fikri mülkiyet terminolojisi ve düzenlemeleri, (b) patentler, telif hakkı ve lisans ve (c) referans kaynaklar ve intihal ile ilgili bilgileri içerir. Bu temel kavram Profesyonellik için önemlidir, çünkü mühendislik okuyuzarı bireyler, problem çözerken en yüksek kalite ve dürüstlük standartlarının korunmasını sağlarken diğerlerinin yaratımlarının ve yeniliklerinin değerini onurlandırmalı ve bunlardan yararlanmalı ve kendi fikri mülkiyetlerini korumalıdır. Bu alanda öğrenciler, çeşitli fikri mülkiyetler ve fikri mülkiyetlere erişim veya bunlara başvurma süreci hakkında bilgi edinmelidir. Bu nedenle, ortaöğretim sonunda öğrenciler, fikri mülkiyetle ilgili uygun etik sözleşmeleri izleyerek, kendilerini korurken başkalarının çalışmalarından yararlanabilmelidir.

- **Teknolojik Etkiler**, teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılmasından kaynaklanan hem olumlu hem de olumsuz etkilerdir. Her bir teknolojik ürün veya sürecin geleceği nasıl etkileyeceğini araştırmak imkansızdır. Bununla birlikte, mühendislik problemlerinin ve çözümlerinin ilgili (a) çevresel, (b) küresel, (c) sosyal, (d) kültürel, (e) ekonomik, (f) bireysel ve (g) bu çeşitli teknik olmayan faktörler açısından çözümleri değerlendirmek/revize etmek için siyasi meseleler ile nasıl bağlantılı olduğunu anlamak önemlidir. Mühendislik okuyuları bireyler, Dünya'nın geleceği üzerinde kontrol sahibi olmanın ciddi sorumluluklar taşıdığı farkında olduğundan, bu temel kavram Profesyonellik için önemlidir, bu nedenle sorunları analiz ederken ve çözerken teknik faktörlerin yanı sıra teknik olmayan faktörleri de dikkate almaları gerekir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir mühendislik projesi sırasında çeşitli teknik olmayan kaygıları göz önünde bulundurarak, çalışmalarını ilgili toplumsal meselelerle ilgili olarak kararlarının potansiyel etkilerini analiz edebilmelidir.
- **Teknolojik Gelişimde Toplumun Rolü**, uygulamalarının tahmin edilen sonuçlarına ve öngörülemeyen sonuçlarının değerlendirilmesine dayalı olarak, teknolojilerin yaratılması ve uygulanmasına ilişkin kararlarda insanlığın girdilerini içerir. Bu temel kavram, (a) toplumun ihtiyaç ve istekleri, (b) sürdürülebilirlik için tasarım, (c) kültürel etkiler, (d) uygun teknoloji uygulamaları, (e) içerme ve erişilebilirlik, (f) karar süreçlerine halkın katılımı ve (g) ölçekleme teknolojisi ile ilgili bilgileri içerir. Teknolojinin kendi başına tarafsız olması ve insanları veya çevreyi etkilememesi nedeniyle, Teknolojik Gelişimde Toplumun Rolü, Profesyonellik için önemlidir. Bununla birlikte, yararlı mı yoksa zararlı mı olduğunu belirleyen, insanların teknolojiyi geliştirme ve kullanma şeklidir. Bu nedenle, mühendislik okuyuları bireyler, ihtiyaçlarını karşılamak ve uygun mühendislik çözümleri geliştirmek için topluluklarla birlikte çalışmalıdır. Bu nedenle, mühendislik okuyuları öğrenciler, ortaöğretimin sonunda, mühendislik problemlerine, içinde buldukları insanların sesini, kültürünü, ihtiyaçlarını ve isteklerini dikkate alan çözümler üretebilmek için mühendislik faaliyetleri ve toplum arasındaki etkileşimi değerlendirebilmelidir.
- **Mühendislikle İlgili Kariyerler**, vasıflı üretim işçileri, teknisyenler, mühendislik teknologları, mühendisler, mühendislik yöneticileri ve mühendislik girişimcileri dahil olmak üzere, endüstrilerdeki teknolojileri tasarlamak, değerlendirmek, uygulamak, kullanmak, ölçeklendirmek ve/veya sürdürmek için teknik bilgi gerektiren çok çeşitli mesleklerdir. Bu temel kavram, (a) mühendislikle ilgili kariyer yolları ve disiplinlerinin nüansları, (b) profesyonel lisanslama, (c) profesyonel/ticaret organizasyonları ve (d) mühendislik girişimciliği ile ilgili bilgileri içerir. İlgili Kariyerler Profesyonellik için önemlidir, çünkü imalat, inşaat, tıp, ulaşım ve askeriye gibi endüstriler arasında mühendislik ve teknoloji alanlarında, kişinin fark yaratabileceği ve hayatını kazanabileceği çeşitli meslekler ve istihdam fırsatları vardır. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, mühendislikle ilgili kariyerleri ve mühendislikle ilgili olsun veya olmasın, kariyer hedeflerine ulaşmak için uzun vadeli bir plan oluşturmak için ilgili istihdam fırsatlarının genel gerekliliklerini değerlendirebilmelidir.

MÜHENDİSLİK BİLGİLERİ

A) Mühendislik Bilgi Alanı: Mühendislik Bilimi ^[5]

Mühendislik Bilimi, mühendislerin mühendislik problemlerini çözmek için yararlandıkları, doğal dünyanın temel ilke ve yasalarından oluşan bir bilgi tabanıdır. Statik, malzeme mekaniği ve dinamik gibi yardımcı kavramları içerebilen bu bilgi, büyük ölçüde matematik ve teknik bilginin uygulanmasına dayanır ve ondan ayrılmaz.

- **Statik**, bir kuvvet sistemine maruz kalan cisimlerin dengesine odaklanan temel bir fizik kavramıdır. Öncelikle, hareketsiz veya sabit bir hızda nesnelere yerleştirilen yükleri analiz etmek için Newton'un hareket yasalarının uygulanmasıyla ilgilidir. Bu cisimler hareketsiz olduklarından veya sabit bir hıza sahip olduklarından, cisme uygulanan tüm kuvvetlerin toplamı sıfıra eşit olmalıdır. Statik, mühendislik uzmanlarının ivmeden yoksun fiziksel sistemleri analiz etmelerinin temeli olduğu için Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Örneğin, statik uygulaması, kafes kirişler, kablolar ve zincirler gibi fiziksel nesnelere/sistemlere uygulanan kuvvetlerin analizini sağlar. Ek olarak, statik, mühendislik uzmanlarının bir nesneye uygulanan kuvvetlerin bileşenlerinin büyüklüklerini bir dizi denklem kullanarak hesaplamasını sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyazarı öğrenciler problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek için statik bir sistem içindeki kuvvetleri analiz etmek için (a) kuvvet sistemlerinin bileşenlerinin belirlenmesi, (b) eşdeğer kuvvet sistemlerinin bulunması, (c) rijit cisimler için denge koşulları, (d) çerçevelerin/kafeslerin analizi, (e) bir alanın ağırlık merkezinin bulunması, ve (f) alan atalet momentlerini hesaplamak gibi statik içerik bilgisi üzerinde çizim yapabilmelidir.
- **Malzeme Mekaniği**, deforme olabilen cisimlerin gerilmelere, yüklere ve diğer dış kuvvetlere maruz kaldıklarında mekanik davranışlarıyla ilgilidir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislerin malzemeleri seçmeleri ve mekanik cihazlar ve sistemler oluşturmak için formlarını değiştirmeleri için temel oluşturur. Örneğin, bu bilginin uygulanması, profesyonellerin bir nesnenin uygulanan yüklerden kaynaklanan deformasyonunu değerlendirmek için Gerilme-Gerinim analizlerini ve Young modülünü kullanarak yapısal arızayı tahmin etmelerini sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözmek için mevcut veya ihtiyaç duyulan malzemelerin özelliklerini, bileşimlerini ve davranışlarını analiz etmek için (a) gerilme türleri ve dönüşümleri, (b) malzeme özellikleri, (c) gerilme-gerinim analizi, (d) malzeme deformasyonları, (e) malzeme denklemleri, (f) faz diyagramı, (g) Mohr dairesi ve (h) Young modülü gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.
- **Dinamik**, etki eden kuvvetlerin bir sonucu olarak hızlanan nesnelere analizi ile ilgilidir. Bu, incelenen nesneye etki eden tüm kuvvetlerin toplamının sıfıra eşit olmadığını gösterir. Dinamik, kinetik ve kinematik olmak üzere iki ana alana ayrılabilir. Kinetik, yerçekimi veya tork gibi harekete neden olan

kuvvetlerin çalışmasına odaklanırken, kinematik, ilgili kuvvetlerin kaygısı olmadan zaman, hız ve yer değiştirme gibi nicelikleri kullanarak hareketi tanımlama çalışmasına odaklanır. Dinamikler, mühendislik uzmanlarının hareket halindeki fiziksel sistemleri analiz etmelerinin temeli olduğu için Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Örneğin, dinamiklerin uygulanması, profesyonellerin, bir cisme etki eden kuvvetleri ve momentleri ortaya çıkan hareketle ilişkilendirerek, kuvvetlerin dengede olmadığı sorunları çözmelerini sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözmek için dinamik bir sistem içindeki kuvvetleri analiz etmek için (a) kinetik, (b) kinematik, (c) kütle eylemsizlik momentleri, (d) kuvvet ivmesi, (e) impuls momentumu ve (d) iş, enerji ve güç gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.

- **Termodinamik**, ısı ve sıcaklık çalışmasını ve bu faktörlerin iş, enerji ve güçle ilişkisini içeren bir yerden veya biçimden başka bir yere veya biçime enerji aktarma bilimidir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislik uzmanlarının, enerji santralleri, hava- klima/ısıtma üniteleri ve otomobil motorları. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözmek için bir enerji sistemi içindeki kuvvetleri analiz etmek için (a) Termodinamik Kanunları, (b) denge, (c) gaz özellikleri, (d) güç döngüleri ve verimlilik ve (e) ısı eşanjörleri gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.
- **Akışkanlar Mekaniği**, kuvvet ve hareket yasalarının sıvılara ve gazlara nasıl uygulandığıyla ilgilidir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislerin ısıtma ve soğutma ekipmanı, pompa sistemleri, fanlar, türbinler, pnömatik ekipman ve hidrolik ekipman gibi akışkanları içeren sistemleri nasıl anladıkları, tasarladıkları, oluşturdukları ve analiz ettikleri hakkında bilgi verir. Örneğin, borular ve kanallardan geçen viskoz akışlar için akış hızlarını, basınç değişikliklerini, küçük ve büyük yük kayıplarını ve bu tür sistemlerde pompaların, fanların ve üfleyicilerin etkilerini belirlemek için Bernoulli denklemi ve kütle korunumu kullanılabilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek için akışkanların nasıl davrandığını ve akışlarının nasıl ölçüleceğini/kontrol edileceğini analiz etmek için, (a) akışkan özellikleri, (b) kaldırma, sürüklenme ve akışkan direnci, (c) pompalar, (c) pompalar, türbinler ve kompresörler, (d) akışkan statik ve hareketi (Bernoulli denklemi) ve (e) pnömatik ve hidrolik gibi bilgilerden yararlanabilir.
- **Isı Transferi**, ısının bir vücuttan diğerine nasıl hareket ettiğini açıklamak için termodinamik ve akışkanlar dinamiği ilkelerine dayanan bilimsel bilgidir. Isının aktarılması için bir sıcaklık farkı veya gradyanı gereklidir. Isı, daha yüksek bir sıcaklıktan daha düşük bir sıcaklığa (sıcaktan soğuğa) geçecektir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislik profesyonellerinin malzeme seçimlerini, makine verimliliğini, reaksiyon kinetiğini, ısı eşanjörlerini ve soğutma kulelerini nasıl anladığını, tasarladığını, oluşturduğunu ve analiz ettiği hakkında bilgi verir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözmek için ısının bir sistemden (katı, sıvı veya gaz) diğerine

nasıl geçtiğini analiz etmek için (a) iletken, konvektif ve radyasyon ısıtması ve (b) ısı transfer katsayıları gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.

- **Kütle Transferi ve Ayırma**, absorpsiyon, damıtma, nemlendirme ve kurutma ve membran ayırmaların yanı sıra dengede taşıma işlemlerini içeren bir dizi ayırma işlemi açıklayan ve yöneten bilimdir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislerin kütle transferi ve ayırma işlemleri için uygun teknikleri seçmek için denge aşamalı kimyasal süreçleri tasarlamaları ve malzemelerin kimyasal veya fiziksel ilkelerini analiz etmelerinin temelidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuryazarı öğrenciler, problemlerin analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözülmesi için konsantrasyon farklılıkları nedeniyle transfer mekanizmasını analiz etmek için (a) moleküler difüzyonlar, (b) ayırma sistemleri, (c) denge durumu yöntemleri, (d) nemlendirme ve kurutma, (e) sürekli temas yöntemleri ve (f) konvektif kütle transferi gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.
- **Kimyasal Reaksiyonlar ve Kataliz**, iki veya daha fazla partikül etkileşime girdiğinde (kimyasal reaksiyonlar) meydana gelen kimyasal değişikliklerin analiziyle ve ayrıca bu kimyasal değişikliklerin katalizör olarak adlandırılan maddelerin eklenmesiyle (kataliz) meydana gelme hızının kontrol edilmesiyle ilgilidir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislik uzmanlarının kimyasal reaksiyonları kontrol ederek ve kullanarak yeni ürünleri ve süreçleri analiz etmek ve tasarlamak için kullandıkları bilgidir. Örneğin, daha verimli katalizörler geliştirmek, çevreye zararlı yan ürünlerin üretimini azaltabilir ve enerji açısından verimli üretim süreçlerinin iyileştirilmesini sağlayabilir. Daha verimli katalizörler, önemli kimyasal ürünlerin üretim maliyetlerini de düşürebilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözmek için reaksiyon ve kataliz süreçlerini etkileyen faktörleri matematiksel modellerle analiz etmek için (a) reaksiyon hızları, hız sabitleri ve düzen, (b) dönüşüm, verim ve seçicilik, (c) kimyasal denge ve aktivasyon enerjisi ve (d) yakıtlar gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.
- **Devre Teorisi**, bir elektrik devresi boyunca elektrik enerjisinin akışını tanımlamak için kullanılan bilimsel bilgi topluluğudur. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü bir mühendislik uzmanının belirli görevleri uygun şekilde yerine getirmek için elektrik devrelerini tasarlamak ve geliştirmek için elektrik bileşenlerinin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu matematiksel olarak temsil etmesini ve doğrulamasını sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuryazarı öğrenciler, (a) seri ve paralel devreler, (b) Ohm Yasası, (c) Kirchhoff Yasaları, (d) direnç, kapasitans ve endüktans, (e) dalga şekilleri, (f) sinyaller ve (g) akım, voltaj, yük, enerji, güç ve iş gibi bilgilerinden yararlanabilmelidir.

B) Mühendislik Bilgi Alanı: Mühendislik Matematiği ^[5]

Mühendislik Matematiği, mühendislerin problemleri daha iyi çözmek ve mühendislik görevlerini tahmine dayalı bir şekilde tamamlamak için endüstri ve araştırma

ortamlarında uyguladığı pratik matematiksel teknikler ve yöntemlerden oluşan bir bilgi tabanıdır. Cebir, geometri, istatistik ve olasılık ve hesapta uygulamalı analiz kavramlarını içeren bu bilgi, bilimsel ve teknik bilginin genişletilmesi için yakından bağlantılıdır ve gereklidir.

- **Cebir**, formüllerde ve denklemlerde sabit değerler olmadan sayıları ve miktarları temsil etmek için değişkenler olarak bilinen harflerin ve diğer genel sembollerin kullanımıyla ilgili kurallara odaklanan bir matematik dalıdır. Mühendislik uzmanları, mühendislik problemlerinin analizinde, tasarımında ve çözümlenmesinde cebirsel içeriği ve uygulamaları kullandıklarından, cebir Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Matematiksel uygulamalar denklemleri çözmek için günlük olarak kullanılmaktadır. Örneğin, bir elektrik devresine Ohm Yasası uygulanarak, bilinmeyen bir değeri belirlemek için voltaj gibi ölçülen veya bilinen bir değer kullanılabilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek için (a) cebirsel denklemlerin temel yasaları, (b) denklemlerle akıl yürütme ve eşitsizlikler, (c) denklemleri 2B ve 3B koordinat sistemlerinde temsil etme ve (d) lineer cebir gibi bilgilerinden yararlanabilmelidir.
- **Geometri**, noktaların, çizgilerin, açıların, yüzeylerin ve katıların ölçümüne, özelliklerine ve ilişkilerine odaklanan bir matematik dalıdır. Tarihsel olarak geometri uygulamalarından gelişen trigonometri, özellikle düzlemsel ve üç boyutlu şekillerin açılarını ve açılma ilişkilerini inceler. Mühendisler, mühendislik problemlerinin analizinde, tasarımında ve çözümlerinin yapımında sıklıkla geometrik/trigonometrik içerik ve uygulamaları kullandıklarından, matematiğin bu alanları Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Örneğin, ilgili matematiksel uygulamalar, mesafelerin ve hız açılarının hesaplanmasına yardımcı olabilir, fiziksel bir ürün yapmak için malzemeleri işlerken verimliliği etkinleştirebilir, bilgisayar destekli tasarım yazılımı aracılığıyla mühendislik grafiklerinin gelişimini destekleyebilir ve bir tasarım fikrinin işlevselliğini tahmin etmek için doğru modeller ve simülasyonlar oluşturabilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyucu öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek için, (a) geometrik ölçüm ve boyutlar, (b) denklemlerle geometrik özellikleri ifade etme, (c) dik üçgenler, (d) trigonometrik fonksiyonlar ve (e) vektör analizi gibi bilgilerinden yararlanabilmelidir.
- **İstatistik**, verileri toplama, temsil etme, harmanlama, karşılaştırma, analiz etme ve yorumlama yöntemlerine odaklanan bir matematik dalıdır. İstatistikler tipik olarak, ne kadar olası olduklarını belirlemek için rastgele olayların matematiksel analizini içeren olasılık teorisi çalışmasıyla birleştirilir. Mühendisler, mühendislik problemlerine yönelik çözümlerin test edilmesi, simülasyonu ve analizinde istatistiksel içerik ve uygulamaları sıklıkla seçip kullandıklarından, matematiğin bu alanları Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Örneğin, ilgili matematiksel uygulamalar, tekrarlanan deneylerin sonucunun ne kadar muhtemel olabileceğini ve toplanan verilerin analizine dayalı olarak belirli bir müdahalenin sonucu nasıl etkileyebileceğini

hesaplamaya yardımcı olabilir. Bu nedenle mühendisler, mühendislik problemlerine olası çözümlerin sonuçlarını değerlendirmek için istatistik ve olasılık teorisini kullanır. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemlerin çözümlerini analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde değerlendirmek/gerekçelendirmek için, (a) olasılık dağılımları, (b) betimleyici istatistikler ve merkezi eğilim ölçüleri (ortalama, medyan, mod), (c) çıkarımsal istatistikler ve anlamlılık testleri ve (d) karar vermek için olasılığı kullanmak gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.

- **Kalkülüs**, zamanın işlevleriyle ilişkili değerler arasındaki değişiklikleri anlamaya odaklanan bir matematik dalıdır. Bu, bir şeyin nasıl değiştiğini veya öğelerin nasıl eklendiğini, onları gerçekten küçük parçalara ayırarak belirlemeyi içerir. Analizin iki farklı bölümü vardır: (1) nesnelerin bir andan diğerine nasıl değiştiğini küçük parçalara bölerek hesaplamaya odaklanan diferansiyel hesaplama ve (2) küçük parçaları bir araya getirerek bir şeyin ne kadarını olduğunu anlamaya odaklanan integral hesaplama. Bu matematik alanı Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislik uzmanları mühendislik problemlerine çözümlerin analizi ve tasarımında matematik içeriğini ve uygulamalarını sıklıkla seçer ve kullanır. Örneğin, ilgili matematiksel uygulamalar, bir tünelden su akış hızları veya bir radyoaktif kimyasalın bozunma hızı gibi niceliklerin doğru ve verimli bir şekilde hesaplanmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek için, (a) türevler, (b) integraller, (c) diferansiyel ve integral denklemler, ve (d) nokta ve çarpım dahil vektörle gibi bilgilerden yararlanabilmelidir.

C) Mühendislik Bilgi Alanı: Mühendislik Teknik Uygulamaları ^[5]

Mühendislik Teknik Uygulamaları, fikirleri gerçeğe dönüştürmek ve somut mühendislik çıktılarının teknik analizlerini işletmek ve yürütmek için gerekli mühendislik ilkelerinin pratik uygulamalarından oluşan disiplinler arası bir bilgi tabanını içerir. Elektrik gücü, iletişim teknolojileri, elektronik, bilgisayar mimarisi, kimyasal uygulamalar, proses tasarımı, mekanik tasarım, yapısal analiz, ulaşım altyapısı, hidrolojik sistemler, jeoteknik ve çevresel konuların yardımcı kavramlarını içeren bu bilgi, büyük ölçüde matematiksel ve bilimsel bilginin uygulanmasına dayanır.

- **Mekanik Tasarım**, enerjiyi faydalı mekanik biçimlere dönüştürmek ve kaynakları istenen çıktıya dönüştürmek için gerekli mekanizmaları/makineleri geliştirme sürecidir. Bu, bir mekanik sistemin tasarımını hangi faktörlerin etkilediğini, faktörlerin tasarım süreci boyunca birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu ve faktörlerin tasarım kriterlerini ve kısıtlamalarını karşılayacak şekilde nasıl yapılandırılacağını belirlemeyi içerir. Bu kavram, mekanik cihaz ve sistemleri analiz etmek, tasarlamak ve üretmek için gerekli bilgileri kapsadığı için Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Örneğin, mekanik tasarım ilkeleri, bir mekanik sistemin oluşturulmasında, çalışma streslerinden ve tekrarlanan yüklemelerden kaynaklanan yorulma ve ısınma etkileri açısından dişliler, miller, bağlantı elemanları ve dişli kutuları gibi öğelerin analizini birleştirmeyi sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyazarı öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve pratik bir şekilde çözmek için bir mekanizmanın veya makine bileşeninin tasarım performansını tahmin etmek ve doğrulamak için, (a) makine elemanları/mekanizmaları, (b) imalat süreçleri ve (c) makine kontrolü gibi bilgilerinden yararlanabilirler.
- **Yapısal Analiz**, yüklerin veya kuvvetlerin fiziksel yapılar ve bunların bireysel bileşenleri üzerindeki etkilerini belirleme ve bu yapısal elemanların eğilme ve deformasyonunu hangi faktörlerin etkilediğini inceleme süreciyle ilgilidir. Bu, yapısal elemanların nasıl ve neden bozulabileceğini, kırılabileceğini veya deforme olabileceğini belirlemeyi ve bu tür arızaları önlemeyi içerir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü tüm yapılar kendilerine uygulanan çeşitli kuvvetler nedeniyle sürekli olarak bir tür zorlama veya stres altındadır. Bu nedenle, yapısal analizler, çeşitli yapısal elemanların kendilerine uygulanan kuvvetleri destekleyip destekleyemeyeceğini belirlemek için uygun hesaplamalar yaparak yapıların nasıl tasarlanması gerektiği konusunda bilinçli kararlar alınmasını sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir yapı tasarımının yapısal elemanlarını, uygulanan gerilmelerin veya gerilimlerin etkilerini hesaplamak için gerekli olan uygun formülleri ve kuralları kullanarak değerlendirmek için, (a) yapı malzemelerinin fiziksel özellikleri, (b) malzeme eğilmesi, (c) malzeme deformasyonu, (d) kolon ve kiriş analizi ve (e) tasarım kodlarının uygulanması gibi bilgilerinden yararlanabilirler.

- **Ulaştırma Altyapısı**, toplumun verimli bir şekilde varlığını sürdürebilmesi için topluluklar/ülkeler içinde ve arasında insanları ve yükleri taşımak için gerekli hizmetleri, hizmetleri ve malları sağlayan birbiriyle ilişkili tüm fiziksel destek sistemlerini kapsar. Teknolojik sistemlerin işlemesi ve bir topluluğun yaşam koşullarını ve ekonomisini sürdürmek ve geliştirmek için uygun bir altyapı gerekli olduğundan, bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Örneğin, altyapı bilgisi, insanların ve malların verimli ve güvenli hareketini etkileyebilecek faktörleri inceleyerek ve bu faktörlerin en iyi nasıl kontrol edileceğini belirleyerek, insanların uygun ulaşım sistemleri tasarlamasını, inşa etmesini ve sürdürmesini sağlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, insanların ve malların güvenli ve verimli dolaşımına ilişkin çeşitli kriterleri ve kısıtlamaları göz önünde bulundurarak bir ilçeye veya topluluğa hizmet etmek için ihtiyaç duyulan tesis ve sistemleri planlamak/yaratmak için, (a) cadde, otoyol ve kavşak tasarımı, (b) ulaşım planlaması ve kontrolü (güvenlik, kapasite ve akış dahil), (c) trafik tasarımı ve (d) kaldırım tasarımı gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **Hidrolojik Sistemler**, suyun hareketini, dağılımını ve özelliklerini etkileyen ve yönetmeye yardımcı olan doğal çevrenin (yağış, buharlaşma, akarsu akışı, yüzey akışı, yeraltı suyu hareketi vb. dahil) yanı sıra birbiriyle ilişkili tüm fiziksel yapıları ve cihazları kapsar. Bu aynı zamanda çevresel koşulları analiz etmek ve değerlendirmek ve tasarım hedeflerini karşılamak için ihtiyaç duyulan hidrolojik sistemlerin özelliklerini belirlemek için gerekli olan hidrolojinin temel ilkelerine ilişkin bilgileri de içerir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü bir kişinin bir topluluğun yaşam koşullarını sürdürmek ve geliştirmek için gerekli su dağıtımını ve toplamasında araç ve yöntemleri yenilemek için yüzey akışı, akarsu akışı, toprak nemi ve yeraltı suyu akışı bilgisinden yararlanmayı sağlar. ve ekonomi. Örneğin, hidroloji ve su kaynaklarında su ile ilgili veri toplama ve hata analizi yöntemleri, bir topluluğun su kaynaklarını yönetmek için gerekli sistemlerin geliştirilmesine, inşasına ve uygulanmasına yardımcı olur. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyuları öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek için uygun matematiksel denklemleri ve kuralları kullanarak bir sistemin içine ve dışına su akışını analiz etmek/modellemek için, (a) hidroloji ilkeleri, (b) su dağıtım ve toplama sistemleri, (c) havza analiz süreçleri, (d) açık kanal sistemleri, (e) kapalı kanal sistemleri (basınçlı borular), (f) pompa istasyonları ve (g) hidrolojik saha testleri ve kodları gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **Geoteknik**, Dünya'nın malzemelerinin (yani, kaya ve toprak) zorlanmalar altında nasıl davrandığı ve yapıların ve ürünlerin çevrelerindeki ortamlarla nasıl etkileşime girdiği veya etkileyeceği ve ayrıca Dünya'nın malzemelerinin sorunları azaltmak, önlemek veya çözmek için nasıl kullanılabileceği bilgisi ile ilgilidir. Bu kavram, yapıların temellerinin tasarlanmasına, şantiyelerin kazılarının planlanmasına, yol ve otoyol güzergahlarının seçilmesine, yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine ve Dünya'nın yüzeyini insanlar ve toplulukların gelişimini daha uygun hale getirmek için doğal afetlerin neden olduğu zararları önlenmesine olanak sağladığı için Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda

öğrenciler, problemleri analitik, tahmine dayalı, tekrarlanabilir ve uygulamalı bir şekilde çözmek, uygun matematiksel denklemleri ve kuralları kullanarak Dünya'nın malzemelerinin davranışını analiz etmek/modellemek için, (a) jeolojik özellikler ve sınıflandırmalar, (b) zemin özellikleri, (c) taşıma kapasitesi, (d) drenaj sistemleri, (e) şev stabilitesi, (f) erozyon kontrolü, (g) temeller ve istinat duvarları ve (e) jeoteknik saha testleri ve kodları bilgisinden yararlanabilirler.

- **Çevresel Hususlar**, insan faaliyetlerinin çevre üzerinde sahip olabileceği olumsuz etkileri en aza indirmek için doğal kaynakların kullanımının yönetilmesine odaklanır. Bu, hükümet düzenlemelerinin etkisini ve çevresel değişimi analiz etme yöntemlerini anlarken, atıkları bertaraf etmek ve kirliliği ortadan kaldırmak için yeni ve daha iyi yollar geliştirme çalışmalarını içerir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü doğal kaynakları çıkarmak ve bunları endüstriyel/tüketim ürünlerine ve yapılarına dönüştürmek çevreye büyük zarar verebilir. Örneğin, elektrik üretmek için bir hidroelektrik barajı inşa etmek, sudaki yaşam için ekosistemi değiştirebilir; yeraltı kaya oluşumlarından doğal gazın çıkarılması su kaynaklarını potansiyel olarak kirletebilir; ve kömür gibi fosil yakıtların yakılması, atmosferdeki sera gazı seviyelerinin artmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle, yüzey suyu, yeraltı suyu, toprak ve hava için numune alma ve analiz teknikleri gibi Çevresel Hususlarla ilgili bilgiler, çevresel kaliteyi ölçülebilir şekilde artırma çabasıyla sorunları önleme/azaltma/düzeltilme stratejileri tasarlamaya yardımcı olabilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, hava, su, toprak ve ilgili ekosistemlerimizi korumak ve yönetmek için yöntemler tasarlamak için, (a) yeraltı ve yüzey suyu kalitesi, (b) atık su yönetimi, (c) hava kalitesi ve (d) çevresel etki düzenlemeleri ve testleri gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **Kimyasal Uygulamalar**, belirli uygulamalar için en iyi malzemeleri seçmenin yanı sıra malzemeleri daha kullanılabilir maddelere dönüştürmekle ilgili faaliyetler ve bilgilerdir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislik uzmanları kimya anlayışlarını ve malzemelerin özelliklerini çeşitli problemleri çözmek için uygularlar. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuryazarı öğrenciler, istenen bir ürünü veya işlemi üretmek için yeni bir malzeme kombinasyonunu analiz etmek ve seçmek veya önermek için, (a) inorganik kimya, (b) organik kimya, (c) kimyasal, elektrik, mekanik ve fiziksel özellikler, (d) malzeme türleri ve uyumlulukları, (e) korozyon ve (f) membran bilimi gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **Proses Tasarımı**, malzemelerin hem fiziksel hem de kimyasal olarak istenen dönüşümünü desteklemek için tesislerin geliştirilmesi ve organizasyonu ile ilgilidir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü malzemeleri istenen son ürünlere dönüştürmekle ilgili uygun üretim prosedürlerini ve üretim süreçlerini koordine etmek için gerekli bilgiyi kapsar. Ayrıca bu bilgi, kaynak israfını en aza indirmek, üretim verimliliğini artırmak ve bir kuruluşun karlarını artırmak için üretim süreçlerinin ve üretim tesislerinin sürekli optimizasyonunu destekler. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, istenilen bir ürünü üretmek için gerekli prosedürleri ve tesisleri görsel olarak temsil etmek için, (a) süreç kontrolleri ve sistemleri, (b) süreç

akışı, borular ve enstrümantasyon diyagramları, (c) geri dönüşüm ve baypas süreçleri ve (d) endüstriyel kimyasal işlemler gibi bilgilerden yararlanabilirler.

- **Elektrik Gücü**, iş yapmak için elektrik üreten, depolayan, dönüştüren, dağıtan ve kullanan sistemlerle ilgili bilgilerle ilgilidir. Elektrik Gücü Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislerin elektrik enerjisi üretmek, aktarmak ve kullanmak için elektrikli cihazların ve bileşenlerin kullanımı ve oluşturulmasıyla ilgili bilinçli kararlar vermelerini sağlar, çünkü bu kararlar toplumumuzu ve çevremizi büyük ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, matematiksel denklemleri ve doğru birimleri kullanarak elektrik güç sistemlerini içeren bir mühendislik görevinde hangi elektrik malzemelerinin en uygun olduğunu belirlemek ve doğrulamak için, (a) motorlar ve jeneratörler, (b) alternatif ve doğru akım, (c) elektrik malzemeleri, (d) elektromanyetik, (e) voltaj regülasyonu, (f) elektrik iletimi ve dağıtımı ve (g) manyetizma gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **İletişim Teknolojileri**, grafik medyadan bilgisayarlara, hücresel cihazlara ve fiber optiklere kadar her şeyi içerebilen bilgi veya verileri toplama, analiz etme, depolama, işleme, alma ve iletmeye yeteneğini genişleten sistem ve ürünlerdir. İletişim Teknolojileri Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü bu sistemler günlük yaşamlarımızla iç içe geçmiştir ve birçok yönden toplum giderek daha fazla onlara bağımlı hale gelmiştir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda, mühendislik okuyucuları öğrenciler, verileri ve/veya bilgileri etkin, verimli ve uygun bir şekilde iletmek için gerekli prosedürleri ve ürünleri görsel olarak temsil etmek, analiz etmek ve önermek için, (a) dijital iletişim, (b) telekomünikasyon, (c) grafik iletişim, (d) fotonik ve (e) ağ sistemleri gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **Elektronik**, bir görevi gerçekleştirmek için gerekli veri/bilgileri toplamak, depolamak, almak, işlemek ve iletmek için küçük miktarlarda elektrik kullanan sistemler ve ürünlerdir. Bu, hem geleneksel analog bileşenleri hem de dijital elektronik bileşenleri, mikro işlemcileri ve mikro denetleyicileri ve programlanabilir mantık aygıtlarını kullanarak elektrik devreleri oluşturmayı içerir. Bu kavram Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir, çünkü mühendislik uzmanları bu bilgiyi her gün kullandığımız elektronik cihazları tasarlamak ve sorunlarını gidermek için kullanır ve uygular. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, belirli bir görevi gerçekleştirmek için bir elektronik cihazı görsel olarak temsil etmek, analiz etmek, tasarlamak ve test etmek için farklı enstrümantasyon, bileşen ve malzemeleri başarıyla seçmek için, (a) elektronik enstrümantasyon, (b) elektronik bileşenler (diyotlar, transistörler, dirençler, güç kaynakları, kapasitörler, devre tahtaları vb.), (c) dijital mantık (entegre devreler, kapılar, flip-floplar, sayaçlar vb.) ve (d) elektrik şemaları/şemaları gibi bilgilerden yararlanabilirler.
- **Bilgisayar Mimarisi**, bir bilgisayarın alt bileşenlerinin nasıl organize edildiğini ve istenen işlevleri gerçekleştirmek için birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğini anlamakla ilgili bilgilerle ilgilidir. Buna fiziksel bileşenler (donanım) ve çalıştırma talimatları (yazılım) dahildir. Donanım, bilgisayar sisteminin merkezi işlem birimi (CPU), bellek, giriş aygıtları ve çıkış aygıtlarından oluşur. Yazılım, hem işletim yazılımını (bilgisayarın işlemlerini, belleğini ve diğer tüm

donanım ve yazılımların çalışmasını yöneten programlar) hem de uygulama yazılımını (kelime işleme gibi belirli görevleri gerçekleştirmek için işletim yazılımıyla birlikte çalışan programlar) içerir. bilgisayar destekli tasarım ve oyun). Bilgisayar sistemleri, tüm bilgi işleme ve iletişim teknolojilerinin kalbi olduğundan, dünya çapında ve ötesinde insanlar ve makineler arasında hesaplama, otomasyon ve iletişim için genişletilmiş yeteneklere sahip sayısız işlevi yerine getirdiğinden, Bilgisayar Mimarisi Mühendislik Okuryazarlığı için önemlidir. Bu nedenle, ortaöğretimin sonunda öğrenciler, bir bilgisayar sisteminin bileşenlerinin birbiriyle nasıl ilişkili olduğunu ve bileşenlerin istenen performans için nasıl yapılandırılacağını görsel olarak temsil etmek için, (a) bilgisayar donanımı, (b) bilgisayar işletim yazılımları ve uygulamaları, (c) bellek, (d) işlemciler ve mikroişlemciler ve (e) kodlama gibi bilgilerden yararlanabilirler.

Kaynaklar

1. National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. Ed.: Katehi, L. Pearson, G., Feder, M., The National Academies Press, Washington, USA.
2. Hammack, R. J. (2016). Elementary teachers' perceptions of engineering, engineering design, and their abilities to teach engineering: a mixed methods study. Ph.D Thesis, Oklahoma State University, USA.
3. National Research Council [NRC] (2010). Standards for k-12 engineering education?. The National Academies Press, Washington, USA.
4. NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
5. Advancing Excellence in P-12 Engineering Education, & The American Society for Engineering Education (AE3 & ASE). (2020). Framework for P-12 engineering learning: A defined and cohesive educational foundation for P-12 engineering. ASEE
6. National Assessment Governing Board [NAGB]. (2010). Technology and engineering literacy framework for the 2014 national assessment of educational progress (Pre-Publication Edition), San Francisco, USA.
7. National Research Council [NRC] (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press, Washington, DC.
8. Webb, D. L. (2015). Engineering professional development: elementary teachers' self-efficacy and sources of self-efficacy. Ph.D Thesis, Portland State University, Portland, USA.
9. Fincher, B. A. (2016). Leveling the playing field: teacher perception of integrated STEM, engineering, and engineering practices. Ph.D Thesis, University of Arkansas, USA.
10. Purzer, S & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(13), 1-12.
11. National Academy of Engineering (2019). Link engineering educators exchange: Habits of mind. <https://www.linkengineering.org/Explore/what-isengineering/5808.aspx>

EK 13: Modül 1.4. mühendislik meslekleri

Biyomedikal Mühendisliği

Küresel olarak biyomedikal mühendisleri, yenilikçi çözümler geliştirerek etkili, güvenli, kaliteli ve uygun fiyatlı ilaçlara, tıbbi teknolojilere ve cihazlara erişimin iyileştirilmesine katkıda bulunur. Biyomedikal mühendisleri, analitik ve tasarım ilkeleri hakkındaki bilgilerini yeni ve geliştirilmiş tıbbi tedavilerin ve cihazların geliştirilmesi, test edilmesi ve analizini uygular.

Biyomedikal Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

- Biyomedikal mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:
- Tıbbi cihaz ve alet şirketleri
- İlaç araştırma tesisleri
- Tıbbi cihaz ve alet şirketleri
- İlaç şirketleri
- Biyoteknoloji firmaları

Biyomedikal mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Matematik, fizik, kimya, tasarım, insan biyolojisi, anatomi, fizyoloji, biyomekanik, sinirbilim ve biyoetik.

Biyomedikal Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Biyomedikal mühendisleri, tıbbi ekipman tasarlamak, inşa etmek ve test etmek için çalışır. Ölçüm yapmak, veri toplamak ve bir kullanıcının ihtiyaçları hakkında bilgi edinmek için doktorlar, hastalar veya diğer klinik ortaklarla buluşurlar. Ekipmanı hafif ve verimli hale getirmek için yeni ekipman ve üretim tekniklerinde kullanılacak farklı malzemeleri araştırırlardır. Bir biyomedikal mühendisi, yeni ekipmanın nasıl çalıştığını modellemek, sonuçları analiz etmek ve önemli bulguları paylaşmak için raporlar ve sunumlar hazırlamak için bilgisayar programlarını kullanabilir. Biyomedikal mühendisleri teşhis araçları, tıbbi cihazlar, yapay organlar ve protezler tasarlamayı öğrenirler.

Çevre Mühendisliği

Çevre mühendisleri dünyanın en büyük sorunlarına çözümler bulur. Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve iklim değişikliği ile dünyamız, çevre ve insan sistemlerinin gelişmesini sağlamak için zorluklarla karşı karşıya. Temiz içme suyu, sanitasyon sağlamak, hava kalitesini iyileştirmek ve için çalışırlar.

Çevre Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

Çevre mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:

- Kamu hizmetleri
- Petrol ve gaz üretim firmaları
- İnşaat şirketleri
- Danışmanlık firmaları
- Ulusal veya uluslararası yönetim organları
- Çevresel kâr amacı gütmeyen kuruluşlar

Çevre mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Biyoloji, su kimyası, hidroloji ve atmosfer bilimi gibi çevre bilimlerinin anlaşılmasıyla birlikte matematik, fizik, kimya.

Çevre Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Çevre mühendisleri, su ve atık su artıma sistemlerinin nasıl tasarlanacağı, hava kirliliğinin nasıl azaltılacağı ve tehlikeli maddelerden etkilenen alanların nasıl iyileştirileceği konusunda uzmanlık kazanır.

Makine Mühendisliği

Makine mühendisliği, nano cihazlardan hız trenlerine kadar hareket eden veya akan her şeyle ilgilenir. Çevremizdeki dünyayı ilerleten ürünler ve sistemler tasarlamak ve üretmek için malzeme bilgilerini kullanırlar. Makine mühendisleri sadece bu yenilikleri tasarlamakla kalmaz, aynı zamanda bu yenilikleri üreten ve test eden makineleri de tasarlarlar.

Makine Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

Makine mühendislikleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde çalışır:

- ❖ Havacılık ve Uzay Sanayi Hava Kalitesi ve Kirlilik Kontrolü Eğlence Parkı Tasarımı Otomotiv Sanayii Güç ve Enerji Üretimi ve Depolama Tüketici Ürün Tasarımı

Makine mühendisliği birçok disiplinin kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

Malzemelerin özellikleri mekanik sistemleri anlamak için katı ve akışkanlar mekaniği, termodinamik, ısı transferi, kontrol, enstrümantasyon, tasarım ve üretim

Makine Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Makine mühendisleri, yeni ürünlerin tasarım, geliştirme ve üretim zaman çizelgelerini tartışmak için çeşitli mühendisler, bilim insanları, kullanıcılar ve pazarlamacılar grubuyla birlikte çalışır. Tasarımları geliştirmek ve ürünlerin geniş ölçekte üretime uygun olmasını sağlamak için malzeme bilgilerini, fizik, mühendislik ve bilgisayar modelleri anlayışlarını birleştirirler. Makine mühendisleri birçok disiplinde iş birliği içinde çalışırlar, bu nedenle çeşitli teknik ve teknik olmayan izleyiciler için fikirleri, sonuçları ve zorlukları iletmekte ustadırlar.

Yazılım Mühendisliği

Dijital Çağın ve Bilgi Ekonomisinin Mimarları!

Akıllı telefonlar ve oyun ekipmanlarından giyilebilir teknolojilere ve akıllı ev cihazlarına kadar bilgisayar sistemleri günlük hayatın içine yerleşmiş durumda. Yazılım ve bilgisayar bilimi mühendisleri, çeşitli işlevleri yerine getirebilecek uygulamalar ve programlar geliştirir.

Yazılım Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

- Yazılım mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:
- Yazılım Geliştiriciler
- Bilgisayar Sistem Tasarım Firmaları
- Elektronik Üreticiler
- Üniversiteler
- Yeni İşletmeler

Yazılım mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Matematiksel temeller, algoritmalar, veri yapıları, yapay zekâ, iletişim ve güvenlik, veri tabanları, yazılım mühendisliği ve programlama dili

Yazılım Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Bir veya daha fazla bilgisayar programlama dili bilgisi, yazılım ve bilgisayar mühendisleri için çok önemlidir. Veri yapıları, algoritmalar, sayısal yöntemler, grafikler, istatistikler ve veri görselleştirme anlayışına ek olarak, yazılım ve bilgisayar mühendisleri mantık, insan-bilgisayar etkileşimleri, programlama ve tasarım üzerinde çalışırlar. Yazılım ve bilgisayar mühendisleri için uygulamalı projeler genellikle çok disiplinlidir ve yazılım programlamayı, donanım çözümleri ve bilgisayar devreleri tasarlamayı veya makine öğrenimi sistemlerini test etmeyi içerebilir.

Elektrik Mühendisliği

Elektriğin Gücünden Yararlanmak!

Elektrik mühendisleri çok çeşitli projelere katkıda bulunur. Elektrik, elektronik ve elektromanyetizma anlayışıyla, bilgiyi işleyen ve enerjiyi ileten sistemler tasarlarlar. Elektrik mühendisleri ayrıca hemen hemen her sektör için ürünler tasarlamak, inşa etmek ve test etmek için diğer disiplinlerden mühendislerle birlikte çalışır.

Elektrik Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

- Elektrik mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:
- Yenilenebilir Enerji Firmaları
- Enerji Üretimi ve Dağıtımı
- Elektronik Üreticileri
- İnşaat Yapı Sistemleri Şirketleri
- Otomotiv ve Havacılık Endüstrileri

Elektrik mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Enerji sistemleri, güç mühendisliği, mikro elektronik, sistemler ve kontrol, telekomünikasyon ve sinyal işleme, dijital ve analog elektronik.

Elektrik Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Elektrik mühendisleri, toplumumuza güç sağlayan sistemleri anlamalarını sağlayan kurslara odaklanır. Elektrik mühendisleri, matematik ve fizik alanlarına hakim olmanın yanı sıra, iletişimi, devreler, elektromanyetik, dijital ve analog elektronik, telekomünikasyon, dijital sinyal işleme ve kontroller gibi bir dizi disiplinde uzmanlaşırlar. Elektrik mühendisleri, elektrikli cihazlar ve makineler kullanarak uygulamalı projeler yoluyla eğitimlerini genişleten seçmeli derslere de katılabilirler.

İnşaat Mühendisliği

Siz hayal edebiliyorsanız, inşaat mühendisleri de yapabilir!

Gördüğünüz (ve görmediğiniz pek çok) altyapı parçası inşaat mühendisleri tarafından tasarlandı: binalar, köprüler, tüneller, barajlar, otoyollar, havaalanları, su ve kanalizasyon sistemleri. İnşaat mühendisleri, inşaat taleplerini sağlıklı doğal ortam gereksinimleriyle dengeleyerek geleceğin ihtiyaçlarını karşılar.

İnşaat Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

İnşaat mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:

- Yapısal Tasarım Firmaları
- Geoteknik Danışmanlık Firmaları
- Ticari İnşaat Firmaları
- Konut Geliştirme Firmaları
- Ulaştırma Departmanları

İnşaat mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Yapılı çevreler, mimari, inşaat, jeoteknik ve depremler, ulaşım ve su kaynakları

İnşaat Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Büyüyen bir nüfusa hizmet edecek altyapıyı tasarlama ve uygulama konusunda karşılaştığımız karmaşık sorunları ele almak için inşaat mühendislerinin çok çeşitli sistemleri ve bunların nasıl etkileşime girdiklerini anlamaları gerekir. Enerji ve kaynak açısından verimli yapılar, yollar, köprüler ve arıtma sistemleri tasarlamak, mühendislerin malzemelerin özelliklerini, bilgisayar destekli tasarımı, çevresel faktörleri, statik ve dinamikleri anlamasını gerektirir. İnşaat mühendisleri, ısıtma ve soğutma sistemleri, elektrik sistemleri ve yeni inşaatın çevresel etkisini en aza indirmenin yollarını bulmak için diğer mühendislerle iş birliği yapar.

Ziraat Mühendisliği

Çiftlikleri daha verimli hale getirmek!

Ziraat mühendisleri, teknolojik ilkeleri gıda yetiştirme ve işlemeye entegre ederek, çiftçilerin sürdürülebilirliği artırırken daha fazla mahsul elde etmelerine yardımcı olur. Ziraat mühendisliği, tohumların geliştirilmesinden çiftlik ekipmanlarının tasarlanması ve test edilmesine kadar gıda üretim zinciriyle ilgilenmektedir. Ayrıca nakliye ve depolamayı optimize ederler.

Ziraat Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

Ziraat mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:

- Tarım Bakanlığı
- Tarım Yayım Programları
- Dış Tarım Hizmeti
- Çiftlik Ekipman Üreticileri
- Mühendislik Danışmanlık Firmaları

Ziraat mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Toprak bilimi, bitki biyolojisi, organik kimya, klimatoloji ve atmosfer bilimi ile ekipman tasarımı, moleküler optimizasyon ve atık yönetimi etrafındaki mühendislik uygulamaları.

Ziraat Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Çevre, inşaat ve kimya, tarım mühendisliği dahil olmak üzere birçok mühendislik disiplininin bir kombinasyonu, çok çeşitli temel ilkelerin anlaşılmasını gerektirir. Ziraat mühendisleri, ekipman tasarımı, moleküler optimizasyon ve atık yönetimi ile ilgili mühendislik uygulamalarının yanı sıra toprak bilimi, bitki biyolojisi, organik kimya, klimatoloji ve atmosfer bilimi gibi tarım bilimlerini inceleyebilir. Ziraat mühendisleri ayrıca, gıda ve diğer tüketim ürünleri için mahsul ve hayvan yetiştirmeyle ilgili üretim bilgilerini artırmaya yardımcı olan özel projeler üzerinde de çalışırlar.

Havacılık ve Uzay Mühendisliği

Gökyüzü sınırdır! Bir şeyleri harekete geçirmekten hoşlananlar için havacılık ve uzay mühendisliği bir tele vurur. Mars atmosferini gözlemleyen bir uydu, ticari bir uçaktan alınan bir türbin motoru, bir savunma füzesinin performansını test etmek için bir armatür veya bir okyanus gemisindeki sallanmayı azaltmak için aktif bir balast olsun, havacılık mühendisleri iş başında.

Uzay Mühendisleri Nerelerde Çalışır?

Havacılık ve uzay mühendisleri, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlarda çalışır:

- NASA Uçuş ve Araştırma Merkezleri
- Robotik Şirketleri
- Otomotiv Tesisleri
- Savunma Bakanlığı
- Özel/Ticari Alan Firmaları

Havacılık ve uzay mühendisliği birçok disiplini kapsar, ancak genellikle birkaç alt alana ayrılır:

- ❖ Astrodinamik, uçuş yapıları ve malzemeleri, yürütücü güç ve akışkanlar Dinamiği, enstrümantasyon, kontrol sistemleri ve navigasyon.

Havacılık ve Uzay Mühendisleri Ne Üzerine Eğitim Alır?

Havacılık ve uzay mühendisleri, daha büyük sistemler oluşturmak için diğer mühendislik disiplinlerinin bölümlerini inceler. Mekanik, elektrik, yazılım ve kimya mühendisliğinin özelliklerini matematik ve fizikle birleştiren havacılık ve uzay mühendisleri, bir projenin birden fazla parçasını bir araya getirmenin yollarını tasarlar. Performansı optimize etme ve yeni teknolojileri karakterize etme gibi şeylere odaklanırlar. Havacılık ve uzay mühendisleri, mekanik CAD (yapıları tasarlamak için), devre analiz yazılımı (elektrik sistemleri oluşturmak için), hesaplama programları (gezegenler arası yörünge planlaması gibi karmaşık hesaplamaları yapmak için) ve veri toplama araçları (test ve tasarım performansının analizi) gibi birçok yararlı aracı kullanmayı öğrenmektedir.

Kaynaklar

- 1- <https://tryengineeringinstitute.ieee.org/>

4-NİTELİKLİ K-12 MÜHENDİSLİK EĞİTİMİ ÇERÇEVESİ

Önemli mühendislik bileşenleri, ilk kez ABD'nin Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012)'nin "K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Çapraz Kavramlar ve Temel Fikirler" başlıklı ulusal fen standartları çerçevesinde yayınlanmıştır. [1]

Tablo 1. K-12 Mühendislik Eğitimi Çerçevesi [2][3]

NGSS Fen & Mühendislik Uygulamaları (NGSS Lead States, 2013) ^[1]	Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi için Çerçeve ^[4]
Soru sorma (fen) ve problemleri tanımlama (mühendislik)	Problem ve arka plan
Model geliştirme ve kullanma	Plan ve uygulama
Araştırma planlama ve yürütme	Test etme ve değerlendirme
Verileri analiz etme ve yorumlama	Feni, mühendisliği ve matematiği uygulama
Hesaplamalı düşünmeyi ve matematiği kullanma	Mühendislik düşüncesi
Açıklamalar oluşturmak (fen) ve çözümler tasarlamak (mühendislik)	Mühendislerin ve mühendislik kavramları
Katına dayalı tartışmaya katılmak	Mühendislik araçları
Bilgiyi alma, değerlendirme ve iletme	Sorunlar, çözümler ve etkiler
	Etik
	Takım Çalışması
	Mühendislikle ilgili iletişim

Tablo 2. Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi için Çerçeve ^[3]

Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi için Çerçeve	
Temel Göstergeler	Açıklama
Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Süreci
Problem ve arka plan	Çözüme ihtiyaç duyan bir mühendislik problemini belirlemek-problemi araştırmayı, arka plan bilgisi kazanmak için öğrenme faaliyetlerinde katılmayı ve sınırlılıkları belirlemeyi içerir
Planlama ve uygulama	Bir mühendislik problemine bir tasarım çözümü için bir plan geliştirmek ve uygulamak-beyin fırtınası, çoklu çözümler geliştirme ve çoklu çözümlerin artılarını ve eksilerini değerlendirmeyi içerir.
Test etme ve değerlendirme	Test edilebilir bir hipotez/soru oluşturmak ve bunları değerlendirmek için deneyler tasarlamak-yeniden tasarımda kullanmak üzere veri toplamak ve analiz etmeyi içerir.
Feni, mühendisliği ve matematiği uygulama Mühendislik düşüncesi	Mühendislik problemlerini çözme bağlamında matematik veya feni uygulama Çözümleri iyileştirmek ve başarısızlıklardan öğrenmek için bağımsız, yansıtıcı ve üstbilişsel düşünmeyi uygulama-sistemsel düşünme, yaratıcılık, optimizasyon, azim ve inovasyonu içerir.
Mühendislerin ve mühendisliğin kavramları	Mühendislerin ne yaptığına ilişkin bir anlayış geliştirmek-müşteri ihtiyaçlarına göre yönlendirilen işleri, sınırlılıklar altında tasarım yapmayı ve çeşitli mühendislik disiplinleri hakkında bilgi edinmeyi içerir.
Mühendislik araçları	Mühendislikte kullanılan teknikleri, becerileri, süreci ve araçları kullanarak yeterlik geliştirmek-mühendislik tasarım sürecini hariç tutarak.
Konular, çözümler ve etkiler	Çözümlerin evrensel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamdaki etkisini anlamak
Etik	Mühendisliğin doğasında var olan etik hususları anlamak-doğal kaynaklara ve müşteri kaynaklarına karşı sorumluluğu içerir; bir tasarımın halk sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri; hükümet düzenlemeleri ve mesleki standartlar; ve bütünlük
Takım çalışması	Ekip çalışması ve kişilerarası becerilerin geliştirilmesi-çeşitli rollerde işbirlikçi gruplara katılmayı içerir
Mühendislikle ilgili iletişim	Teknik yazma becerilerini geliştirmek ve teknik fikirleri ortak dilde iletme becerisi sembolik ve resimsel temsilleri içerir

Kaynaklar

1. Lee, J. & Strobel, J. (2014). Teachers' concerns in implementing engineering into elementary classrooms and the impact of teacher professional development: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 163-182.
2. NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
3. Ring, E. A. (2017). Teacher conceptions of integrated stem education and how they are reflected in integrated stem curriculum writing and classroom implementation. PhD Thesis, University Of Minnesota, USA.
4. Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W. & Roehrig, G. H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 35-60.

EK 14: Modül 1.5. nitelikli K-12 mühendislik eğitimi çerçevesi

Önemli mühendislik bileşenleri, ilk kez ABD'nin Ulusal Araştırma Konseyi (NRC, 2012)'nin "K-12 Fen Eğitimi için Bir Çerçeve: Uygulamalar, Çapraz Kavramlar ve Temel Fikirler" başlıklı ulusal fen standartları çerçevesinde yayınlanmıştır. [1]

Tablo 1. K-12 Mühendislik Eğitimi Çerçevesi [2][3]

NGSS Fen & Mühendislik Uygulamaları (NGSS Lead States, 2013) ^[1]	Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi için Çerçeve ^[4]
Soru sorma (fen) ve problemleri tanımlama (mühendislik)	Problem ve arka plan
Model geliştirme ve kullanma	Plan ve uygulama
Araştırma planlama ve yürütme	Test etme ve değerlendirme
Verileri analiz etme ve yorumlama	Feni, mühendisliği ve matematiği uygulama
Hesaplamalı düşünmeyi ve matematiği kullanma	Mühendislik düşüncesi
Açıklamalar oluşturmak (fen) ve çözümler tasarlamak (mühendislik)	Mühendislerin ve mühendislik kavramları
Katına dayalı tartışmaya katılmak	Mühendislik araçları
Bilgiyi alma, değerlendirme ve iletme	Sorunlar, çözümler ve etkiler
	Etik
	Takım Çalışması
	Mühendislikle ilgili iletişim

Tablo 2. Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi için Çerçeve [3]

Nitelikli K-12 Mühendislik Eğitimi için Çerçeve	
Temel Göstergeler	Açıklama
Tasarım Süreci	Mühendislik Tasarım Süreci
Problem ve arka plan	Çözüme ihtiyaç duyan bir mühendislik problemini belirlemek-problemi araştırmayı, arka plan bilgisi kazanmak için öğrenme faaliyetlerinde katılmayı ve sınırlılıkları belirlemeyi içerir
Planlama ve uygulama	Bir mühendislik problemine bir tasarım çözümü için bir plan geliştirmek ve uygulamak-beyin fırtınası, çoklu çözümler geliştirme ve çoklu çözümlerin artılarını ve eksilerini değerlendirmeyi içerir.
Test etme ve değerlendirme	Test edilebilir bir hipotez/soru oluşturmak ve bunları değerlendirmek için deneyler tasarlamak-yeniden tasarımda kullanmak üzere veri toplamak ve analiz etmeyi içerir.
Feni, mühendisliği ve matematiği uygulama	Mühendislik problemlerini çözme bağlamında matematik veya feni uygulama
Mühendislik düşüncesi	Çözümleri iyileştirmek ve başarısızlıklardan öğrenmek için bağımsız, yansıtıcı ve üstbilişsel düşünmeyi uygulama-sistemsel düşünme, yaratıcılık, optimizasyon, azim ve inovasyonu içerir.
Mühendislerin ve mühendisliğin kavramları	Mühendislerin ne yaptığına ilişkin bir anlayış geliştirmek-müşteri ihtiyaçlarına göre yönlendirilen işleri, sınırlılıklar altında tasarım yapmayı ve çeşitli mühendislik disiplinleri hakkında bilgi edinmeyi içerir.
Mühendislik araçları	Mühendislikte kullanılan teknikleri, becerileri, süreci ve araçları kullanarak yeterli geliştirmek-mühendislik tasarım sürecini hariç tutarak.
Konular, çözümler ve etkiler	Çözümlerin evrensel, ekonomik, çevresel ve toplumsal bağlamdaki etkisini anlamak
Etik	Mühendisliğin doğasında var olan etik hususları anlamak-doğal kaynaklara ve müşteri kaynaklarına karşı sorumluluğu içerir; bir

	tasarımın halk sağlığı ve güvenliği üzerindeki etkileri; hükümet düzenlemeleri ve mesleki standartlar; ve bütünlük
Takım çalışması	Ekip çalışması ve kişilerarası becerilerin geliştirilmesi-çeşitli rollerde işbirlikçi gruplara katılmayı içerir
Mühendislikle ilgili iletişim	Teknik yazma becerilerini geliştirmek ve teknik fikirleri ortak dilde iletme becerisi sembolik ve resimsel temsilleri içerir

Kaynaklar

1. Lee, J. & Strobel, J. (2014). Teachers' concerns in implementing engineering into elementary classrooms and the impact of teacher professional development: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana,163-182.
2. NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
3. Ring, E. A. (2017). Teacher conceptions of integrated stem education and how they are reflected in integrated stem curriculum writing and classroom implementation. PhD Thesis, University Of Minnesota, USA.
4. Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W. & Roehrig, G. H. (2014b). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 35-60.

EK 15: Modül 1.6. mühendislik tasarım süreci

Mühendislik eğitimi, bir problem çözme yaklaşımı olan mühendislik tasarım sürecine odaklanır. ^[1] Birçok araştırmacı mühendislik eğitiminde odak olarak mühendislik tasarımı kullanarak fen konularının öğretiminin en iyi yaklaşım olduğunu önermektedir. ^[2] ^[3] ^[4] ^[5] Öğrenciler mühendislik uygulamalarıyla meşgul olduklarında, mühendislik tasarım sürecini uygularlar ^[6]

Tasarım, mühendisliğin ayırt edici bir özelliğidir (Simon, 1996) ve tüm mühendislik disiplinlerinin ayrılmaz bir parçasıdır (Atman ve diğerleri, 2005). ^[7] Tasarım karmaşık bir etkinlik olsa da, okul öncesi ve ilkokullardaki çocuklar da dâhil olmak üzere çeşitli öğrenciler için erişilebilir ve ilgi çekicidir. Örneğin, tasarım şu anda ulusal ölçekte kullanımda olan Mühendislik İlköğretim Öğretim programı içinde merkezi bir kavramdır. ^[7] Mühendislik tasarım sürecinin basit bir modeli, Sor, Hayal Et, Planla, Yarat ve Geliştir adımlarından oluşan (Museum of Science Boston, 2009) bir problem çözme sürecini temsil eder. ^[8] Süreç basitleştirilmiş beş etkinlikli döngüsel bir modelde tasvir edilse de, süreç tasarımın karmaşıklığını korur-tasarımın yinelemeli doğası, sorunları çözenin yanı sıra çerçeveleme zorluğu (soru sorma süreci yoluyla) ve oluşturmadan önce hayal edip planlamanız gerekir. ^[7]

Tablo 1. Mühendislik, Teknoloji ve Fen Uygulamalarında Temel ve Bileşen Fikirler ^[9] ^[10]

Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	Temel Fikir	Bileşen Fikir
Mühendislik, Teknoloji ve Fen Uygulamaları	ETS 1: Mühendislik Tasarım	ETS1.A: Bir Mühendislik Problemin Tanımlanması ve Sınırlandırılması
		ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirmek
		ETS1.C: Tasarım Çözümlerini Optimize Etme
	ETS2: Mühendislik, Teknoloji, Fen ve Toplum Arasındaki Bağlantılar	ETS2. A: Fen, Mühendislik ve Teknolojinin Karşılıklı İlişkisi
		ETS2. B: Mühendislik, Teknoloji ve Fenin Toplum ve Doğal Dünya Üzerine Etkisi

Mühendislik Tasarım Süreci Nedir?

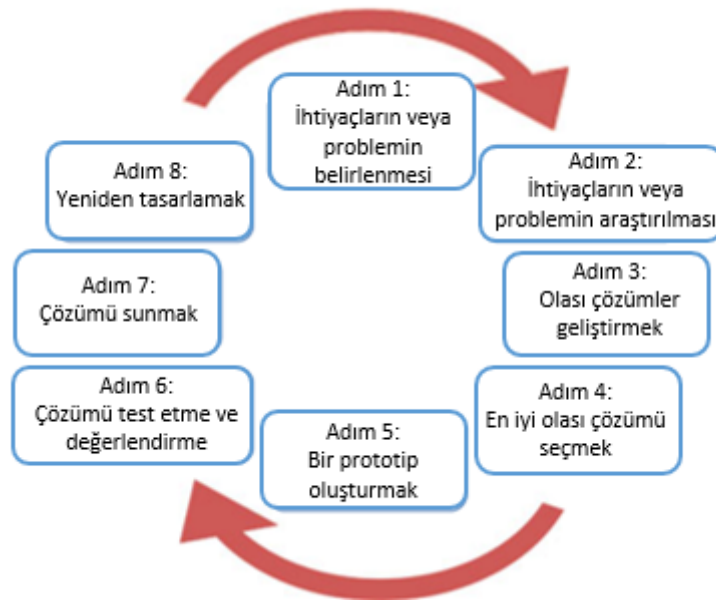
Mühendislik tasarım olarak bilinen yinelemeli, açık uçlu, problem çözme yöntemi, mühendislerin temel faaliyetidir. ^[1] Mühendislik tasarım süreci, problem tanımı, model geliştirme ve kullanımı, verilerin araştırılması, analizi ve yorumlanması, matematik ve hesaplamalı düşünmenin uygulanması ve çözümlerin belirlenmesini içerir. Bir mühendislik uygulamaları, kriterler ve kısıtlamalar, modelleme ve analiz ile optimizasyon ve ödünleşimler hakkında özel bilgileri içerir. ^[11]

Mühendislik tasarım mühendislerin problemlere yenilikçi çözümler geliştirdiği bir süreçtir. Bu süreç problemi anlamayı, fikirler üretmeyi, çoklu kısıtlamalar altında bir fikir seçmeyi ve bir fikir geliştirmeyi içermektedir. NGSS mühendislik tasarımı 3

aşamaya ayırmıştır: (1) bir mühendislik problemini tanımlamak ve problemi sınırlandırmak, (2) olası çözümler belirlemek ve (3) tasarlanan çözümü optimize etmek. [1]

Öğrencilere mühendislik tasarım problemleriyle uğraşırken matematik, fen ve teknolojik bilgileri uygulama fırsatları sunmak NGSS'nin önemli bir yönüdür. Buna ek olarak, sistemsel düşünme, etkili takım çalışmasını teşvik etmek ve destekleme isteğini ve teknolojinin toplumsal ve çevresel etkileriyle ilgilenmeyi içeren mühendislikle ilişkili zihin alışkanlıklarını teşvik etmek önemlidir. [9]

Ortaokul düzeyinde mühendislik (Massachusetts'de), mühendislik tasarım sürecine büyük bir odaklanmaya sahiptir. [12]



Şekil 1. Massachusetts (MDE, 2006)'nin Mühendislik Tasarım Süreci Modeli [13]

Mühendislik tasarım sürecinin odak noktası, bireylerin gerçek dünyadaki sorunları belirlemelerine ve ardından problemin parametrelerini ve kapsamını tanımlayarak sistematik olarak çözmelerine yardımcı olmak için bilimsel bilginin pratik uygulamasına dayanmaktadır; birden fazla çözüm için beyin fırtınası yapmak ve bunları sorunun kısıtlamalarına karşı tartmak; orijinal parametreler dâhilinde probleme en iyi çözüm bulana kadar test etme, değerlendirme ve iyileştirme. [2] [16]

Mühendisler genellikle prototipsel mühendislik sürecinin; tasarım ve yeniden tasarım olduğu konusunda hemfikirdir. Ancak, mühendislik tasarım, deneme yanılma "gadeteering" (ufak tefek aletler üretmek veya kullanmak) ile aynı şey değildir. Mühendislik tasarımın temel bileşenleri şunlardır: problemin belirlenmesi, çözüm için gereksinimlerin belirlenmesi, sistemi ayrıştırmak, bir çözüm üretmek, çözümü test etmek, çözümü çözmek ve görselleştirmek, çözümün modellenmesi ve analizi, alternatif çözümleri gereken şekilde değerlendirmek ve nihai tasarımın optimize edilmesi. Bu temel bileşenler, türüne özgü üç mühendislik kavramı grubuna ayrılabilir: temel fen ve matematik kavramları, alana özgü kavramlar ve çoğu mühendislik alanında ortak olan kavramlar. Bu gözden geçirme, mühendislik tasarımın sosyal

yönelimlerine odaklanmasa da mühendislik tasarım doğası gereği sosyal bir girişimdir, çünkü katılanlar genellikle takım olarak çalışırlar ve müşterilerle veya diğer paydaşlarla iletişim kurmak zorundadır. [1]

Mühendislik tasarım olarak bilinen, yinelemeli, açık uçlu problem çözme yöntemi kullanılarak, öğrencilerin günlük yaşamda meydana gelen mühendislik problemi içinde yer alan fen/matematik içerik bilgisini öğrenmeleri amaçlanır. [10] Araştırmalar, sınıflardaki mühendislik tasarım etkinliklerinin fen, matematik ve teknolojiye gelen bilgileri bütünleştiren disiplinler arası bir yaklaşımı teşvik ettiği iddiasına (Brophy, Klein, Portsmouth, & Rogers, 2008; Douglas, Iversen, & Kalyandurg, 2004; Thornburg, 2009) ek olarak problem çözme, yaratıcı düşünme ve iletişimle ilgili becerilerini de desteklemektedir (Erwin, 1998; NAE ve NRC, 2009; Lewis, 2006; Roth, 2001; Thornburg, 2009). Araştırmalar aynı zamanda, mühendisliğin K-12 matematik ve fen derslerine entegre edilmesinin öğrencilerin matematik ve fen bilimleri içeriğini öğrenmelerine fayda sağladığına dair kanıtlar sunmaktadır (Cantrell, Pekcan, Itani, & Velasquez-Bryant, 2006; NAE & NRC, 2009). [8]

Etkili öğretim, mühendislik tasarım sürecini yakından modellemektedir. Bir mühendisin benzersiz düşünme ve yapma biçimi tasarıma dayanır (kısıtlamalar altında problem çözme). Mühendislik tasarım süreci uygulanabilir bir çözüme doğru yönlendirmek için temel bileşenler ve araçlar olarak test etmek, başarısızlık ve analizle bir hedefe ulaşmak için yinelemeli bir süreçte sistematik bir yaklaşım kullanma uygulamasıdır. Etkili öğretim tam anlamıyla kuralcı değildir (kuralların, gerçeklerin veya süreçlerin ezberlenmesi), daha ziyade sorunların birden çok çözüm yolu aracılığıyla çözme becerisine dayanan daha derin bir yetenekler düzeyiyle bağlantılıdır. Etkili bir öğretme ve öğrenme ortamındaki bir öğretmen, süreci optimize etmek ve değiştirmek için çeşitli pedagojik araçlar ve değerlendirmeler kullanarak öğretme ve öğrenmeyi tasarlayacak (yinelemeli), bu da öğrenme hedeflerinin başarılı bir şekilde ustalaşmasıyla sonuçlanacaktır. [14]

Son yıllarda, K-12 eğitiminde mühendisliğin entegrasyonuna olan ilgi artmaktadır. Ulusal Fen Eğitimi Standartları (NRC, 1996) ve Fen Okuryazarlığı Kriterleri (AAAS, 1994) gibi önceki reform çabalarında teknoloji tasarım olarak anıldığından mühendislik tasarım fen eğitiminde yeni bir kavram değildir. Tarihsel olarak, ABD eyalet standartları, temel bir disiplin fikri veya uygulaması olarak mühendisliğe açık bir şekilde odaklanmaksızın, mühendisliği fen okuryazarlığı veya teknoloji okuryazarlığıyla birleştirmiştir. Massachusetts bir istisnayı ve 2001’de açık bir şekilde K-12 mühendislik standartlarını geliştirdikten ve 2016’da Yeni Nesil Fen Standartlarını benimsedikten sonra ABD’de öncü bir eyalet haline gelmiştir (Carr, Bennett IV, & Strobel, 2012; Massachusetts Department of Education, 2001; Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2016). Moore ve meslektaşları, Yeni Nesil Fen Standartları (NGSS)’nin (Moore, Tank, Glancy ve Kersten, 2015) yayımlanmasından önce açık ve kapsamlı standartlara sahip dört eyaleti (Maine, Massachusetts, Minnesota ve Oregon) belirledi. NGSS’nin ortaya çıkışının ardından, diğer eyaletler çeşitli entegrasyon seviyelerini izlemişlerdir. [15]

Özetlemek gerekirse, bilim insanları tarihsel olarak fen ve mühendisliğin entegrasyonuna “pedagojik”, “epistemolojik” ve “metodolojik” olmak üzere üç farklı çerçeveden yaklaşmışlardır. Bunların sınıf uygulamalarını şekillendirmede derin etkileri vardır. [15]

Kaynaklar

- 1- National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). *Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects*. Ed.: Katehi, L. Pearson, G., Feder, M., The National Academies Press, Washington, USA.
- 2- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- 3- Hynes, M. M. (2009). *Teaching middle-school engineering: an investigation of teachers' subject matter and pedagogical content knowledge*. Ph.D Thesis, Tufts University, USA.
- 4- Vessel, K. N. (2011). *Examination of engineering design teacher self-efficacy and knowledge base in secondary technology education and engineering-related courses*.
- 5- Pleasants, J. (2018). *Engineering in the elementary science classroom: Teachers' knowledge and practice of the nature of engineering*. PhD Thesis, Iowa State University, USA.
- 6- Webb, D. L. (2015). *Engineering professional development: elementary teachers' self-efficacy and sources of self-efficacy*. Ph.D Thesis, Portland State University, Portland, USA.
- 7- Hsu, M., Cardella, M., & Purzer, S. (2010, June). *Assessing elementary teachers' design knowledge before and after introduction of a design process model*. Paper presented at the 2010 American Society for Engineering Education Conference, Louisville, KY.
- 8- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H.-H., Tank, K. M., Glancy, A. W. & Roehrig, G. H. (2014b). *Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education: Engineering in pre-college settings: synthesizing research, policy, and practices*, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 35-60.
- 9- Hammack, R. J. (2016). *Elementary teachers' perceptions of engineering, engineering design, and their abilities to teach engineering: a mixed methods study*. Ph.D Thesis, Oklahoma State University, USA.
- 10- National Research Council [NRC] (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press, Washington, DC.
- 11- National Research Council [NRC] (2010). *Standards for K-12 engineering education?*. Washington, DC: The National Academies Press, Washington, USA.
- 12- Hynes, M. M. (2007). *Developing middle school engineering teachers: toward expertise in engineering subject matter and pedagogical content knowledge*. Digital Collections and Archives, Tufts University, USA.
- 13- Maine Department of Education [MDE] (2019). *Standards & instruction—science & engineering*. <https://www.maine.gov/doe/learning/content/scienceandtech-> (Erişim: 13.11.2019).
- 14- Lee, J. & Strobel, J. (2014). *Teachers' concerns in implementing engineering into elementary classrooms and the impact of teacher professional development: Engineering in pre-college settings: synthesizing research,*

- policy, and practices, Ed.: Cardella, M. E., Strobel, J., Purzer, S., Purdue University Press, West Lafayette, Indiana,163-182.
- 15- Purzer, S & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(13), 1-12.
- 16- Fincher, B. A. (2016). Leveling the playing field: teacher perception of integrated STEM, engineering, and engineering practices. Ph.D Thesis, University of Arkansas, USA.

EK 16: Modül 1.7. mühendislik eğitimi örnek ders planları

Kullanıcı Merkezli Tasarım: SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR MAHALLE TASARLAMAK ^[1]

Proje alanı: Fen, matematik (matematik 7, cebir öncesi ve cebir I)

Düzyey: 7. Sınıf

Kategori: Enerji

Temel Ön-Bilgi: Temel veri analizi becerileri, temel geometri (alan ve ölçek), temel eğitim anlayışı, temel enerji aktarımı

Gerekli Süre: 35 saat

Maliyet: Yok

Projeyi başlatma

Tasarım Problemi

Tasarım problemi olarak görev yapan yerel inşaatçı Old Town Design Group'tan öğrencilere verilen mektuptan bir alıntıyı göstermektedir. Tasarım problemi, tam dereceli bir montaj sırasında öğrencilerle paylaşıldı. Yerel cuilder, geliştirme düzeninin kısa bir geçmişi ve görselleri ile meydan okumak için gerçek dünya bağlamını belirledi.

Indiana, Carmel şehri, firmanızın yeni bir konut geliştirme tasarımında yardımcı olmanızı istiyor. Sürdürülebilir Yaşam konusunda uzman ekibinizle konuşmakla ilgileniyorlar. Grubunuz yıllardır bunun gibi projeler üzerinde çalıştı ve yeni geliştirme için fikir sunacak ekiplerden biri olarak seçildiniz. “Karbon ayak izimiz” ile ilgili artan endişeler, bu yeni gelişmenin nasıl tasarlandığına dair önemli bir faktördür. Carmel, Indianapolis, mevcut hava kalitemize ve aynı zamanda küresel kaygılara fayda sağlamak için çevreye duyarlı mahalleler inşa etmeye çalışan bir şehirdir. Firmanız, evlerin tasarımında ve tüm geliştirmede dikkate alması gereken birçok seçeneğe sahip olacaktır. Yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar, her bir seçenek diğerleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Geliştirme, yeni “Yeşil Teknoloji” fikirlerinizin bir örneği olarak kullanacağımız birçok ev çeşidine sahip olacak. Geliştirme aynı zamanda firmanıza alternatif gelişim fikirlerini keşfetme fırsatı da sağlayacaktır. Örnekler, su akışını azaltan kaldırımlar, sulama kaynakları ve rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, su gücü ve diğer düşük karbon emisyonlu yakıtlar gibi yenilenebilir kaynakları bir araya getirmektir. Şirketiniz ayrıca geliştirme ve inşa edilen evlerde nasıl azaltılacağı, yeniden kullanılacağı ve geri dönüştürüleceği ile ilgili seçenekleri keşfedecektir. Grubunuz, evleri mümkün olduğunca verimli hale getirmek için gereken yakıt miktarını azaltmak için en sonunda temel seçenekler geliştirecek. Tasarım firması olarak amacınız, “Monon'da Gündoğumu”nu temsil eden bir panele 10 dakikalık bir sunum yapmaktır. 21. yüzyılın güdümlü tüm yeni fikirlerine hitap edecek, bir ev ve kalkınmayı mümkün olduğunca çevresel olarak sürdürülebilir hale getireceksiniz. Ekibiniz, projenizi birçok farklı şekilde sunma fırsatına sahiptir.

Tasarım probleminin kapsamını belirleme ve anlama: Bilgi kaynakları Site ziyareti

Ev inşaatçısı ile tasarım mücadelesinin başlamasının hemen ardından, öğrenciler ve teknisyenler (bir akademik ekipten), tasarlayacakları yerleri görmek için şantiyeye gittiler. Diğer iki akademik ekip gün boyunca izledi. Şantiyedeysen, öğrenciler öğretmen yönlendirmesiyle daha küçük gruplara ayrılarak, bir personelle birlikte bir ev tasarlamak için arsaya gittiler. Partide öğrenciler bir evle ilgili veriler topladılar. Bu partide öğrenciler evin Güneş'e yönelimi, parselin büyüklüğü, evin parsel içindeki yerleşimi ve ev için muhtemel alıcı ihtiyaçları ile ilgili verileri topladılar. Bu süre zarfında öğrenciler, fiziksel olarak şantiyede bulunmanın yol açtığı soruları inşaatçıya da sorabilirler.

Fen dersi deneyleri

Sonraki dört ila beş hafta boyunca, ekip üyeleri kendilerine verilen rollerde bireysel olarak birlikte çalıştılar. Öğrenciler, öğretmenler tarafından yönetilen çeşitli laboratuvarlar aracılığıyla araştırma yaptılar ve ayrıca hedeflenen internet araştırması (iç aydınlatma seçenekleri gibi konularda) yaptılar. Her ekip üyesi, evlerin mümkün olduğunca verimli hale getirilmesi konusunda öneriler ve öneriler geliştirdi. İlgili laboratuvarlar ve ele alınan eyalet bilim standartları ile ekip rollerini açıklar.

Matematik sınıfında/simüle edilmiş öğrenme ortamında tasarlama

Aynı zaman diliminde öğrenciler, bilgisayarla otomatikleştirilmiş bir tasarım yazılımı olan Energy3D ile evlerini tasarlayarak matematik dersinde bağımsız olarak çalıştılar. Energy3D, yenilenebilir enerji kullanan enerji verimli binalar tasarlamak, analiz etmek ve inşa etmek için açık kaynaklı bir araçtır. Öğrenciler Energy3D'yi kullanarak gerçekçi görümlü bir binayı hızla çizebilir ve ardından herhangi bir gün ve konum için enerji performansını değerlendirebilir. Tasarımın sonunda Energy3D, kullanıcıların tasarımlarını normal kağıt veya kart stoğuna yazdırmalarına, parçaları kesmelerine ve bunları fiziksel ölçekli bir model oluşturmak için kullanmalarına olanak tanır. Öğrenciler, dosyalarına okuldan veya evden erişmek için bilgisayar tasarım dosyalarını USB'ye veya Google Drive'a kaydettiler. Öğrencilerin Energy3D'de bireysel dizüstü bilgisayarlar veya bilgisayar laboratuvarları aracılığıyla tasarım yapabilmeleri için bir bilgisayara erişmeleri gerekir.

Öğrenciler, tasarım özelliklerini nasıl birleştireceklerini, analizleri nasıl çalıştıracaklarını ve grafikleri nasıl yorumlayacaklarını öğrenmek için bilgisayar laboratuvarına gelirler. Buna ek olarak, Energy3D web sitesinde öğrenciler için öğretici videolar var, bir gün boyunca üç ayrı laboratuvar çalıştırmak için ayrı araştırmacılar geldi.

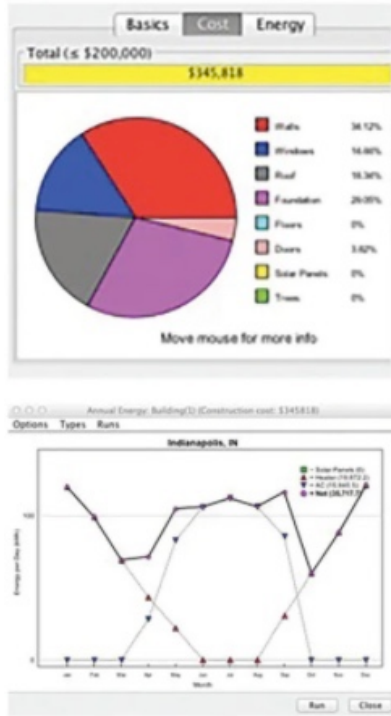
Matematik dersinde öğrenciler evin tasarım özelliklerine odaklandılar ve Energy3D araçlarını kullandılar. Ayrıca ölçek, evin büyüklüğü ve çatının eğimi gibi matematiğe özgü kavramlarla çalıştılar. Öğrencilere, Proje'nin beş haftası boyunca, son sunumları için slaytlarını hazırlamaları ve gruplarıyla prova yapmaları için sınıfta zaman verildi. Her sınıf, öğrencilerin verilen görevi tamamlamaları için gereken içerik ve becerilere odaklanan mini dersler, grupların evlerinin tasarımını geliştirmek için bilgilerini uygulamak için işbirliği yapmaları için çalışma süresi ve grup zamanı dahil olmak

üzere birkaç farklı bileşene bölünmüştür. bulgularını en iyi şekilde nasıl sunacakları konusunda işbirliği.

Kapanış ve tebrik

Uzmanlara ve paydaşlara resmi sunumları

Öğrenci ekiplerine, nihai ekip tasarımlarını ve bulgularını ev inşaatçıları, mimarlar, emlakçılar, şehir yetkilileri ve diğer topluluk üyelerinden oluşan bir panele sunmaları için 10 dakika verildi. Altı panel incelemesi (her arsa için bir panel) aynı anda gerçekleştirilir. Altı panelin her birinde iki yargıç vardı. Böylece, ilk bir saat içinde yaklaşık 173 takımın 36'sı fikirlerini sunabildi. Sunum, ekiplerin yaptığı malzeme seçimlerine ve bu seçimlerin nedenlerine (örn. Energy3D'de bir enerji analizi tamamlandı ve bina tasarımı ile birlikte panele gösterildi.



Şekil 1. Bir öğrencinin enerji tüketimi grafiği ve inşaat maliyetleri grafiği örneği

Paydaşlar daha sonra hangi grubun genel olarak en iyi işi yaptığına karar verdi. Panelin değerlendirilmesinden bir hafta sonra, kazanan grup, tasarımlarının özelliklerini tartışmak için ev yapımcısı ve mimar ile bir araya geldi. Tasarım görüşmesinden sonra mimar, mahalledeki gerçek ev seçeneklerine dahil etmek için öğrenci tasarımının planlarını tamamlamak için çalıştı.

Ölçme ve Değerlendirme

Purdue tarafından geliştirilen Energy3d öğrenme ortamına ve tasarım mücadelesine özel bir araç, öğrencilerin entegre tasarım-bilim öğrenmesini değerlendiren “Yeşil

Tasarım Bilimi Uygulamaları Testi” ön ve son test olarak kullanıldı. Ölçülen belirli konular şunlardı:

- Güneş yolu ve güneşlenme, Güneş ışınlarına maruz kalma (yani Güneş yolu, Güneş maruz kalma saatleri, geliş açısı, mevsimsel değişim, coğrafi çeşitlilik, güneş ısı kazanç katsayısı)
- Isı transferi (yani termal radyasyon, sıcaktan soğuca akış [enerji], yüzey alanı, sıcaklık farkı, termal iletkenlik)
- Gösterimler (yani güneş ısı haritası, grafikler, yorumlar)

Standartlar

MS-PS3-3. Termal enerji transferini en aza indiren veya maksimuma çıkaran bir cihaz tasarlamak, inşa etmek ve test etmek için bilimsel ilkeleri uygulayın.

MS-ETS1-3. Başarı kriterlerini daha iyi karşılamak için her birinin yeni bir çözümde birleştirilebilecek en iyi özelliklerini belirlemek için çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için testlerden elde edilen verileri analiz edin.

Tablo 1. Yeni Nesil Bilim Standartlarıyla İlişkisi

Boyutlar	Ders Bağlantıları
Fen ve Mühendislik Uygulamaları	
Model Geliştirme ve Kullanma	Öğrenciler, bir model ev oluşturmak için Energy3D'yi kullanır.
Analiz ve Verileri Yorumlama	Öğrenciler, enerji verimliliğini belirlemek için model evlerinin bir enerji analizini yaparlar.
Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	
PS3.B: Enerjinin Korunumu ve Enerji Transferi - Enerji, daha sıcak bölgelerden veya nesnelere ve daha soğuk olanlara kendiliğinden aktarılır. ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirme - Bir problemin kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşıladıklarına göre çözümleri değerlendirmek için sistematik süreçler vardır.	Öğrenciler, gerçekçi görünümlü bir bina çizmek için Energy3D'yi kullanır ve ardından pencere ve güneş panelleri gibi yapıların enerji kaybı/enerji verimliliği üzerindeki etkisini hesaba katarak herhangi bir gün ve konum için enerji performansını değerlendirir. Öğrenciler, enerji verimliliklerini belirlemek için döşeme malzemeleri ve aydınlatma seçeneklerini araştırırlar.
Çapraz Kavramlar	
Enerji ve Madde	Öğrenciler evleri için yenilenebilir ve yenilenemez enerji seçeneklerini araştırırlar.
Sistemler ve Sistem Modelleri	Öğrenciler, enerji tüketimini ve maliyetini modellemek ve analiz etmek için Energy3D'yi kullanır.

Tasarım-İnşa Et-Test: Su Filtrasyon Tasarımı ^[2]

Burada açıklanan su filtrasyonu üzerine çevre mühendisliği etkinliği, mühendislik tasarımını ortaokul bilimine entegre etmek için bir model olarak hizmet eder. Su döngüsü ile ilgili bir ünitenin parçası olarak altıncı sınıf fen dersinde uygulandı. Bu alıştırmaya, öğrencilerin NGSS Mühendislik Tasarım standardını karşılarken insan su tüketiminin su döngüsüne nasıl uyduğunu öğrenmeleri için mükemmel bir fırsat sağlar (insan etkileri bağlamında bir mühendislik problemini temsil ettiği için).

ADIM 1: Problemi tanımlayın

Bu etkinliğin ilk adımı, tasarım probleminin öğrencilerin ilişki kurabileceği bir bağlamda sunulmasıdır. İlk olarak öğrenciler, çevre mühendislerinin yaptıklarına dair somut örnekler de dahil olmak üzere çevre mühendisliği hakkında bir sınıf tartışmasına daldırılır. Çevre mühendisliği, öğrenciler için, insanlara güvenli ve temiz bir yaşam ortamı sağlayan önemli çevre sorunlarını çözmek için bilim ve mühendislik ilkelerinin uygulanması olarak tanımlanır. Tartışma, çöpleri atmak, duş almak, banyoyu kullanmak, düzenli nefes almak gibi normal günlük aktivitelerini çevre mühendislerinin görevleriyle ilişkilendirir. Çevre mühendislerinin içme suyuna yaptığı en önemli şeylerden biri üzerinde durulmuştur. Su arıtma tesislerinin sadece temiz su değil, güvenli su sağlamak üzere tasarlandığından emin olmak çevre mühendislerinin sorumluluğundadır.

Öğrencilerden güvenli ve temiz su arasındaki farkları açıklamaları istenir. Suyun güvenli kabul edilebilmesi için, yutulduğunda sağlığımıza zarar verebilecek kimyasallar da dahil olmak üzere kirleticiler içeremez. Birçok zararlı kirletici renksiz olduğundan ve bazı kirleticiler mikroskop kullanılmadan görülemeyecek kadar küçük olduğundan, temiz su güvenli olmayabilir. Bu tartışmayı kolaylaştırabilecek bazı örnek sorular şunları içerir: (1) Göl suyunda, suyu içmeden önce çıkarılması gereken ne tür şeyler vardır? (2) Çıplak gözle görmek istemeyeceğiniz renksiz kirleticilere veya çok küçük kirleticilere örnekler nelerdir? (3) Göl suyunun temizlenmesi neden önemlidir?

Öğrencilerin su arıtma, su döngüsü ve mühendislik tasarımı arasındaki ilişkileri anlamalarına yardımcı olmak için de soru sorulabilir. Bu konuyla ilgili bazı örnek sorular şunları içerir: (1) İçme suyu nereden geliyor? (2) İçme suyumuzu elde ettiğimiz su döngüsündeki adımı tanımlayın. (3) Yağış “berrak” ise, suyu içmeden önce neden arıtmamız gerekiyor? (4) Çevre mühendisleri su döngüsüne nasıl yardımcı olur?

Öğrenciler yukarıdaki tartışmayı kullanarak sorunu yeterince tanımladıktan sonra, etkinliklerinin ana sorusu tüm sınıfın tartışması için sorulur: “Çevre mühendisleri suyu içme için güvenli hale getirmek için kirleticileri sudan nasıl uzaklaştırır?”

Öğrencilere daha sonra filtrasyonun zararlı kirleticileri gidermek için kullanılan yaygın bir yaklaşım olduğu söylenir. Filtrasyon süreci bir sınıf olarak tanımlanmaz veya tartışılmaz, çünkü öğrencileri bireysel olarak araştırmak ve önyargısız olarak su filtreleri hakkındaki bilgilerini belgelemek istiyoruz.

Bu noktadan sonra öğrencilerden çevre mühendisi gibi davranmaları istenir. Beaufor County'nin, kırmızı renkli su (kırmızı gıda boyası ve musluk suyu karışımı) ile simüle edilen içme suyundaki zararlı bir kirleticinin giderilmesi için yardım talep ettiği söylendi. Öğrenciler, ilçedeki tüm vatandaşlar için güvenli bir içme suyu kaynağı sağlamak için sudan mümkün olduğunca fazla kırmızı rengi çıkarmak için bir filtre (özellikle filtre içindeki ortam) oluşturmaktan sorumludur. Seçimi kırmızı renkli su olarak yapılmıştır çünkü yapılması kolaydır, öğrencilerin kullanması güvenlidir ve öğrencilerin filtre performanslarıyla ilgili gerçek zamanlı görsel gözlemler (renk değişimi) yapmalarına olanak tanır. Bu alıştırmada kullanılmamasına rağmen, bu çözüme çamur ve çöp (örneğin, kıyılmış kağıt) gibi ek yaygın ve zararsız su kirleticileri eklenebilir.

ADIM 2 ve 3: Kriterleri ve kısıtlamaları belirleyin ve olası çözümler için beyin fırtınası yapın

Problemin tanımlanmasından sonra ve ilk tasarım aşamasından önce, öğrenciler bireysel olarak bir uygulama öncesi karar çalışma sayfasını doldururlar. Çalışma sayfası, kirletici maddenin nasıl çıkarılacağına ilişkin üç temel soruyla öğrencilerin düşünce süreçleri boyunca bireysel olarak araştırma yapmak için tasarlanmıştır. İlk soru, öğrencilerin su arıtımının su döngüsüne nasıl uyduğunu göstermelerini gerektirir. İkinci soru filtrasyon sürecine odaklanır ve öğrencilerin şekil, boyut veya malzemelerle ilgili kısıtlamalar getirmeden bir su filtresi çizmelerini gerektirir. Başka bir deyişle, kısıtlamaların (örneğin, sudaki kirleticileri filtrelemek için hangi malzemelerin iyi olduğu) kendi kendine tanımlanmasını teşvik eder. Bu yaklaşımı kullanarak, öğrenciler, bilgileri kapsamlı veya sınırlı olsun, filtrelerin ön bilgisine dayalı potansiyel bir çözümü görselleştirmelidir. Bu soru, düşünce sürecini teşvik etmede başarılıdır ve çoğu öğrenci bir filtre çizmek için önemli miktarda zaman harcar. Bu eskizler, öğrencilerin filtreleme kavramları hakkında anında geri bildirim sağlar. Üçüncü soru, öğrencilerin başarılı olup olmadıklarını nasıl anlayacaklarını açıklamalarını gerektirir. İkinci soruya benzer şekilde, bu, öğrencileri başarılı tasarım kriterlerini belirlemeye teşvik eder. Aynı derecede önemli olan, bu soruya verilen yanıtlar, öğrencilerin başarısız bir tasarım veya başarısızlık oluşturduğuna inandıkları şeylerin bir göstergesidir. Bu faaliyetin 2010 yılındaki ilk deneme uygulamasında zaman kazanmak adına karar çalışma yapıları kullanılmamıştır. Bunun yerine, gruplar halinde çalışan öğrenciler, bir filtre düşünmek ve bireysel olarak bir filtre çizmek zorunda kalmadan doğrudan aşağıda açıklanan ilk tasarım aşamasına geçtiler. Çoğu öğrenci grubu, filtrelerini nasıl tasarlayacakları konusunda anlaşamadılar ve filtrelerin tümü, herhangi bir kayda değer kirletici seviyesini ortadan kaldıramadı. Bu iki sonuç, karar çalışma sayfasının kullanıldığı sonraki yıllarda önemli ölçüde iyileşmiştir.

Başlangıç tasarımı

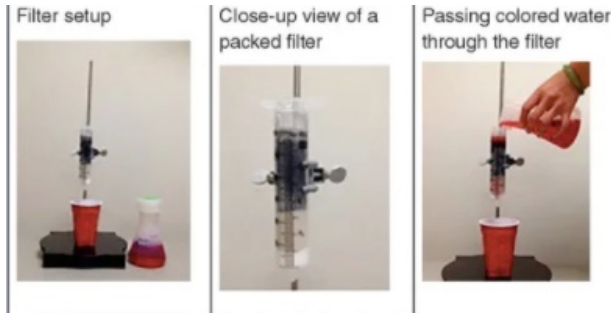
ADIM 4-6: Fikirler üretin, olasılıkları keşfedin ve bir yaklaşım seçin

Karar çalışma kağıtlarını bireysel olarak tamamladıktan sonra öğrenciler altıya kadar gruplara ayrılır. Mühendislerin tasarımlarını sabit bir bütçe dahilinde geliştirmeleri gerektiği konusunda bilgilendirilirler.

Malzemeler

- Halka standı
- 60 mL plastik şırınga

- Kırmızı gıda boyası
- Plastik bardak veya beherler
- Kum
- Çakıl
- Aktif karbon
- Pamuk
- Huni
- Cam kavanozlar
- Bakiyeler
- Parayla oynamak
- Dereceli silindirler
- Atık numune rengini ölçmek için malzemeler; teknikte gerekli malzemeler



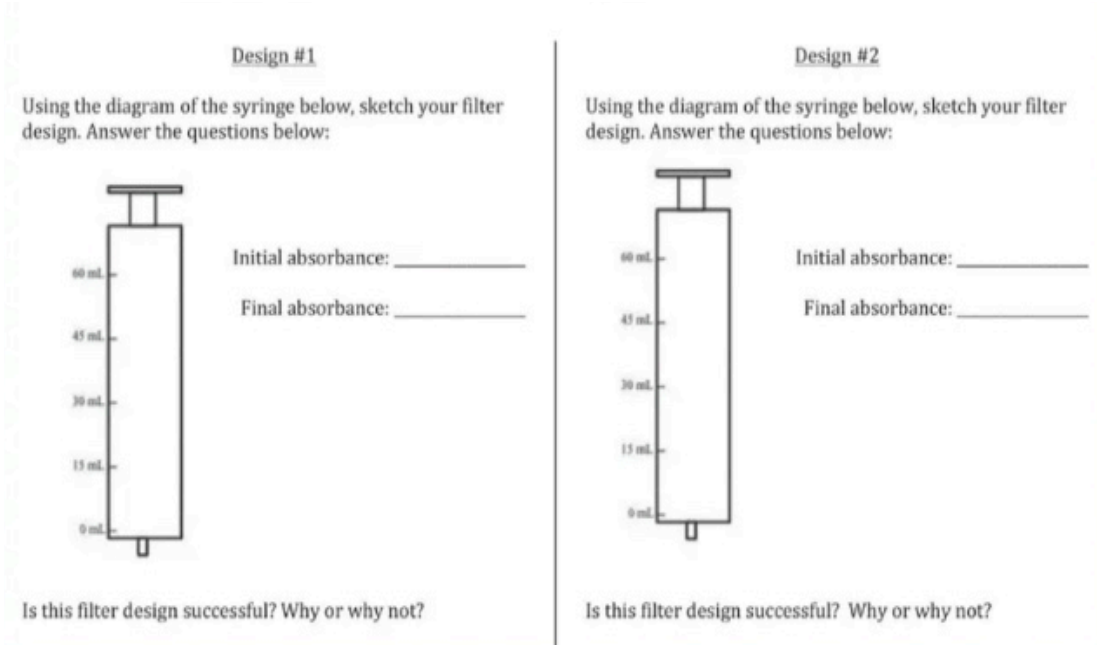
Her grup, kendi filtresinin bir fikir birliği olduğu ortak çizimini ve grup bütçesini harcamak için destekleyici bir plan oluşturmalıdır. Bir yaklaşım seçmek için fikir birliği oluşturma sürecinin bir parçası olarak (6. adım), öğrencilerin yeni bir dizi kısıtlamaya (yani, uygun filtre malzemeleri ve ilgili malzeme başına maliyet) dayalı olarak 2. ve 3. adımları yeniden gözden geçirmeleri gerekir. Ardından her grup fikir üretmeye (4. adım) ve olasılıkları keşfetmeye (5. adım) geçer. Öğrencilere ne kadar iyi bir su filtresinin vurgulanması gerektiğine dair ilk yaklaşımdan sonra yeni kısıtlamalar sağlamak. Buna ek olarak, bütçeleme sürecinin beklenmedik sonuçlarından biri, öğrenci gruplarının kalan fonları daha sonraya saklamanın önemli olduğunu düşünerek genellikle miktarın tamamını harcamamasıdır, ancak öğretmenlerin, öğrenciler tarafından özellikle istenmedikçe, yapmamaları önerilir. Tüm paranın harcanabileceğini açıkça belirtin. Öğrenci gruplarının farklı miktarlarda Para harcaması, mühendislik tasarımının maliyet ve kalite dengesi konusunda önemli bir tartışma başlatır.

ADIM 7: Bir model veya prototip oluşturma

Tasarımın bütçe kısıtlamalarını karşılama sağlamak için filtre taslağının ve harcama planının öğretmene sunulmasından sonra, her grup materyallerini toplar ve satın alır. Öğrencilere, filtre malzemelerinden hiçbirini ağızlarına sokmamaları ve dolaylı olarak havalandırılan kimyasal sıçrama gözlüğü takmaları gerektiği anlatılır. Öğrencilerin kendi materyallerini toplamaları, bazı öğrenciler bir materyalin nasıl kullanılacağına aşina olmadığı için, becerileri dengeli bir şekilde uygulama fırsatları sağlar. Ayrıca

öğrencilere, her bir malzemenin gram cinsinden verilen bir kütlesi ile ne kadar malzemenin (hacim) ilişkilendirildiğinin görsel bir temsilini sağlar. Bu önemli bir adımdır, çünkü öğrenciler, özellikle kütle küçük olduğunda, örneğin birkaç gram mertebesinde olduğunda, nesnelerin kütlesini görselleştirmekte sıklıkla zorlanırlar. Öğrencilerin satın aldıkları materyalleri yerleştirmek için plastik bardak gibi ayrı kaplara sahip olmaları gerekmektedir. Materyallerini alan öğrenci gruplarında birikme/gecikme olmaması için arkada veya yan tarafta birden fazla istasyon olması önerilir. tüm malzemeler ve her istasyonda bir denge ile sınıfın yanlarında. Grup başına bir istasyon optimaldir. Tüm öğrenciler, malzemeleri toplarken dolaylı olarak havalandırılan kimyasal sıçrama gözlüğü takmalıdır. Alıştırmanın sonunda, öğrenciler bir sonraki aktiviteye geçmeden önce ellerini yıkamalıdır. Her filtre için gereken malzeme kütlesi, her grubun tasarımına bağlıdır. Bu alıştırma ortaya konan parasal kısıtlamalara ve şırınganın mevcut hacmine dayanarak, her bir filtreye yerleştirilebilecek her bir materyalin maksimum miktarının 12 gr aktif karbon, 25 gr kum, 10 gr çakıl, ve beş pamuk topu. Malzemelerin ayrı sızdırmaz kaplarda saklanması ve gün/aktivite boyunca birden fazla istasyonda kalması tavsiye edilir. Öğrenciler filtrelerini oluşturmayı ve test etmeyi bitirdiğinde, tüm malzemelerin çöp kutusuna atılması önerilir. Lavabo tıkanmalarını önlemek için hiçbir malzeme lavaboya girmemelidir.

Öğrenciler, tasarladıkları filtrenin fiziksel bir modelini oluşturmak için grupları içinde birlikte çalışırlar. Filtrenin sağlanan şırınga içinde nasıl oluşturulacağı ve test için nasıl kurulacağı ile ilgili talimatlar sağlanmıştır. Öğrencilerden ayrıca verilen bir çalışma yaprağına tasarımlarını çizmeleri istenmektedir. Filtre muhafazası olarak plastik şırıngalar seçilmiştir, çünkü bunlar nispeten ucuzdur ve öğrencilerin tasarımlarının ölçekli işaretlenmesine yardımcı olmak için kullanabilecekleri hacimsel ölçekli işaretler sağlarlar. İstenen filtre boyutuna bağlı olarak ve konteynırlar değiştirildikten sonra şeffaf plastik kap veya hap şişeleri gibi alternatif filtre muhafazaları kullanılabilir. Bununla birlikte, öğrencilerin filtre taslağını çizmeden ve bir harcama planı geliştirmeden önce, filtre yuvası olarak ne kullandıklarının farkında olmaları önemlidir. Malzemelerin toplanması ve filtrenin oluşturulması için gereken süre, denge istasyonlarının sayısına bağlıdır ve her grup için farklılık gösterir, ancak genellikle 15 ila 30 dakika sürer.



Şekil 1. Filtrasyon deneyi çalışma sayfası

Her filtre, şırıngadan 200 mL kırmızı renkli su (akıntı) geçirilerek ve atık sıvı bir flakonda toplanarak test edilir. Dolaylı olarak havalandırılan kimyasal sıçrama gözlüğü takan öğrenciler, filtreye kendi seçtikleri oranda giriş suyu eklerler. Ancak çoğu zaman, filtreden geçen akış, filtre tasarımı ve paketlenme yaklaşımı ile sınırlandırılır. Su, daha yoğun paketlenmiş filtrelerden daha yavaş akar ve genel filtrasyon süreleri 1 ila 15 dakika arasında değişir.

Tablo 1. Filtre performansını değerlendirme yöntemleri

Yöntem	Genel Yaklaşım	Gereken Kaynaklar	Gereken Zaman
Görsel İnceleme	Öğrenciler absorbansı ölçmek yerine filtrelerinden geçen solüsyonun rengini filtreye verdikleri solüsyonla görsel olarak karşılaştırırlar. Renkteki bir değişiklik, boyanın bir kısmının çıkarıldığını gösterir. Öğrenciler ayrıca çözümlerinin rengini diğer grupların çözümleriyle karşılaştırabilirler.	Yok	Minimal: tüm grupların atık çözeltilerinin rengini karşılaştırması için zaman gerektirir

<p>Renk Standartları ve renk şeması</p>	<p>Bu yaklaşımı kullanarak, renk standartları hazırlanır ve rengi boya konsantrasyonu ile görsel olarak ilişkilendirmek için kullanılır. Renk standartlarının oluşturulması, kırmızı boyanın farklı konsantrasyonlarının birkaç solüsyonunun yapılmasını içerir. Bu, önce bir stok solüsyon hazırlanarak ve ardından daha az konsantre solüsyonlar elde etmek için bir dizi seyreltme (bir sonraki seyreltmeyi hazırlamak için kullanılan her seyreltme ile) gerçekleştirilerek gerçekleştirilebilir. Öğrenciler renkli sularını filtrelerinden geçirdikten sonra, numunelerinin yaklaşık boya konsantrasyonunu belirlemek için numunelerinin rengini standartların renkleriyle görsel olarak karşılaştırırlar. Bu renk karşılaştırması gerçek standartlarla yapılabilir veya standartların fotoğraflarından bir tablo oluşturulabilir. Öğrencilerin bu yaklaşımı kullanırken rapor ettikleri ölçüm boya konsantrasyonudur.</p>	<p>Beherler, dereceli silindir, kamera</p>	<p>Önemli: seyreltme yapmak ve grafik oluşturmak için ek süre gerektirir</p>
<p>Spektrofotometre</p>	<p>Bu alet, bir sıvının belirli bir dalga boyunda (birimler absorbanst içindedir) ışığı absorbe etme kapasitesini ölçer. Numune bir küvete</p>	<p>Spektrofotometre kuveti</p>	<p>En az; alete flakon yerleştirilmesini gerektirir</p>

	yerleştirilir ve absorbans ölçülür.		
Kalorimetre	Bu alet, bir sıvının ışığı belirli bir dalga boyunda absorbe etme kapasitesini ölçer (birimler absorbanstadır). Numune küvete yerleştirilir ve absorbans ölçülür. Bu, bir speprofotometreden daha az maliyetli bir seçenektir. Kolorimetreler, çevrimiçi satıcılardan bağımsız birimler olarak veya ticari olarak mevcut birkaç bilim kitine aksesuar olarak satın alınabilir.	Kalorimetre, küvet	En az; alete flakon yerleştirilmesini gerektirir

Tablo 2. Soğurma deneyi çalışma sayfası “Absorbans okuması”, filtre performansını değerlendirmek için kullanılan tekniğe bağlı olarak uygun terim/ifade ile değiştirilebilir

Kap	Eklenen boya solüsyonunun hacmi (mL)	Eklenen katı materyalin tipi	Eklenen katı materyalin kütlesi (g)	Boya çözeltisinin absorbansı

Ölçülen verilere dayanarak, filtrenizi nasıl yeniden tasarlıyorsunuz? Niye?

Filtre performansını değerlendirmek için kullanılacak üç yöntem vardır ve her yöntemin farklı zaman ve kaynak gereksinimleri vardır. Hangi yöntemin seçildiğine bakılmaksızın, öğrencileri görsel gözlemler ile gerçek ölçümler arasındaki farkları tartışmaya yönlendirmek önemlidir. En basit yöntem, atık suyun görsel olarak incelenmesini ve içeri giren sıvınınkiyle ve diğer gruplardan toplanan atık suyla ilgili renk karşılaştırmalarının yapılmasını içerir. Daha gelişmiş bir yöntem, numune (giriş ve çıkış) rengini boya konsantrasyonu ile görsel olarak ilişkilendirmek için kullanılabilen, bilinen farklı boya konsantrasyonlarının standartlarının hazırlanmasını içerir. Bu renk standartlarının oluşturulması, kırmızı boyanın farklı konsantrasyonlarında birkaç çözeltinin yapılmasını içerir. Numune ve renk standartları

arasında görsel karşılaştırmalar, şişelerde kalan çözeltilerle yapılabilir veya çözeltilerin fotoğrafları çekilerek bir renk şeması oluşturulabilir. Bu, öğrencilerin katılabileceği bir aktivitedir: onlara boya konsantrasyonu, seyreltme ve renk arasındaki ilişkiyi anlamalarını sağlayacaktır. Veya öğretmen renk kartelasını/reng standartlarını önceden hazırlayabilir. Filtre performansını değerlendirmek için en gelişmiş yöntem, bir çevre mühendisinin normalde kirletici konsantrasyonlarının doğru ölçümlerini elde etmek için kullanacağı analitik ekipmanı kullanır. Yaygın bir araç, bir sıvının ışığı belirli bir dalga boyunda (birimler absorbans içindedir) absorbe etme kapasitesini ölçen bir spektrofotometredir. El tipi bir kolorimetre, benzer şekilde çalışan daha ucuz bir seçenektir.

Bu alıştırma bağlamında, daha yüksek absorbans değerleri daha fazla kırmızı renkle ilişkilidir. Giriş maddelerinin absorbansı önceden ölçülür (boya konsantrasyonuna bağlı olarak, tipik olarak 1 ile 2 arasında) ve çıkış akışının giriş suyuna kıyasla nasıl olduğu ve ön ve son ölçümlerin ne anlama geldiği konusunda tartışma başlatmak için sınıfa verilir. Test ve veri raporlama, öğrencilere tüm filtreler için hem görsel hem de ölçülebilir sonuçlar sağladığı için kritik adımlardır. Test tamamlandığında, her grup, her bir malzemeden ne kadar kullanıldığı ve filtrelenen suyun absorbans değeri de dahil olmak üzere tasarımını sınıflara sunar. Öğrenciler sadece renkleri karşılaştırmak yerine absorbans değerlerini diğer gruplarla karşılaştırabilirler. Tipik olarak, öğrenciler ilk filtre tasarımları ile boyanın küçük bir kısmını, çoğu daha yüksek uçta olmasına rağmen, 0.2 ila 0.9 arasında değişen absorbans değerleri ile çıkarabilirler. Sonuç olarak öğrenciler, 0 absorbans değerinin kırmızı rengin tamamen ortadan kalktığını gösterdiği sonucuna varır.

Filtre testi, gruplar arasında eğlenceli ve coşkulu bir rekabeti teşvik eder ve bu da onları yüksek düzeyde meşgul tutar. Yine de öğrencileri filtre tasarımlarını karşılaştırmaya ve belirli filtrelerin neden diğerlerinden daha iyi çalıştığını düşünmeye sevk eder. Aslında, filtrelere sahip olmak, kirleticilerin çoğunu ortadan kaldırmakta başarısız olmak, tasarım sürecini öğrenmede ayrılmaz bir adımdır, çünkü öğrencileri tasarımı iyileştirmek için nelerin düzeltilebileceğini düşünmeye zorlar. Örneğin, grupların çoğu ilk tasarımlarında birden fazla pamuk topu kullanırlar çünkü suyun absorbansı kavramını sudan kırmızı rengin uzaklaştırılması ile karıştırırlar. Tersine, öğrencilerin filtrelerde kullandıkları aktif karbon miktarı, çok pahalı olduğunu düşündükleri için genellikle küçüktür. Çoğu grup filtre malzemelerini farklı katmanlara yerleştirmeyi tercih eder, ancak bazı gruplar yay içine yerleştirmeden önce tüm malzemelerini karıştırır. Bazı guruplar, filtrelerinin altına bir pamuk topu koymazlar, bu da filtre malzemelerinin yıkanmasına neden olur. Daha aktif karbon kullanan gruplar genellikle kırmızı rengin çoğunu giderir. Öğrenciler genellikle bu gözlemi not alırlar, ancak bazen yüksek düzeyde kaldırmayı bu belirli filtrelerde bulunan diğer malzemelere yanlış bir şekilde bağlarlar. Öğrencilerin deneyimlerinden öğrenebilmeleri için bu süreç boyunca hata yapmalarına izin vermek önemlidir. Bu öğrenmeyi yakalamak için öğrenciler, tasarımlarının başarılı olup olmadığına ilişkin bir soruyu yanıtlamalı ve neden ya da neden olmadığını açıklamalıdır.

Tasarımı İyileştirme

ADIM 8: Tasarımı iyileştirin

Bu aşamada öğrenciler, filtre malzemesi performansında farklılıklar olduğunu fark eder ancak nedenlerinin farkında değildir. Tasarımlarını iyileştirmek için öğrenciler, hangi

malzemelerin en iyi sonucu verdiğine dair fikir üretme ve nedenlerini keşfetme açısından 4. ve 5. adımları yeniden gözden geçirmelidir. Bu tartışmayı başlatmak için, öğrencilere hangi materyalin en iyi kullanılacağını nasıl belirleyeceğinize dair bir soru sorun. Soru sınıf tartışması için sorulabilir veya istenirse öğretmen bireysel öğrencilerden veya öğrenci gruplarından yazılı bir yanıt hazırlamalarını isteyebilir.

Bu soru, henüz adsorpsiyon terimi kullanılmasa da, öğrencilerin basit adsorpsiyon (örneğin, kırmızı boyanın katı maddelere bağlanması) deneylerini gerçekleştirmelerini sağlamayı amaçlamaktadır. Her gruba beş adet 100 mL'lik cam kavanoz verilir ve üç ayrı kavanoza 4 g bir malzeme (kum, çakıl veya aktif karbon) ve bir kavanoza tek bir pamuk topu doldurmaları talimatı verilir. Öğrenciler her kavanoza 20 mL kırmızı çözelti ölçer ve aktarır ve kavanozların kapakları kapatılır. Kalan kavanoz, kontrol görevi gören 20 mL kırmızı solüsyon içerir. Bu deneyler hazırlanırken öğrencilere deneysel süreçle ilgili bir dizi soru sorulur (örn., Kontrol nedir? Bağımlı değişken?) ve adsorpsiyon deneyi çalışma sayfası hazırlamaları gerekir.

Bir sonraki derste, her grup filtre performansını değerlendirmek için kullanılan teknikle her kavanozdaki sıvının rengini ölçer. Aktif karbon içeren kavanozdaki sıvı, son derece düşük bir absorpsiyon değeri (0,2'den az) ile esasen berraktır. Kum ve çakıl içeren kavanozlardaki sıvı, kırmızı boyanın önemsiz şekilde uzaklaştırılmasına karşılık gelen önemli miktarda kırmızı rengi hala muhafaza etmektedir. Bu ölçümler sırasında pamukla ilgili birkaç soru ortaya çıkıyor. Pamuklu kavanozun içindeki sıvı tamamen emilir ve bu da öğrenciler için bir kafa karışıklığına neden olur. Pamuk sıvıyı emmesine rağmen sıvıdan kırmızı renk çıkmaz. Bunu göstermek için, doymuş pamuk topları suyu serbest bırakmak için sıkılır ve öğrencilerden suyun rengini gözlemlenmeleri istenir (hala kontrol kadar kırmızıdır).

Adsorpsiyon deneylerinin sonuçlarına göre öğrencilere “Kırmızı boya nereye gitti?” diye sorulur. pamuksuz üç kavanozda. Öğrencilerin bu soruyu nasıl yanıtlayacaklarını anlamalarına yardımcı olmak için adsorpsiyon ve yüzey alanı terimleri tanıtılmış, tanımlanmış ve açıklanmıştır. Aktif karbon, kum ve çakılın yüzey alanı sınıf tartışmaları ile karşılaştırılır. Kavramı açıklamak için, öğrencilere karbon parçacıklarının yüzeyindeki toplam alanın bir futbol sahasınıninkine eşdeğer olduğu konusunda bilgi verilen öğrencilere küçük bir miktar (yaklaşık 5 g) aktif karbon serilir. Tipik olarak, kum ve çakılın yüzey alanları sırasıyla 100 ve 1000 kat daha azdır. Öğrenciler daha sonra, onları adsorpsiyon deneylerinden kazanılan yeni bilgileri nasıl kullanacaklarını düşünmeye teşvik eden bir tartışma sonrası çalışma sayfası sorusunu cevaplarlar.

Bu yeni bilgiyle, gruplardan filtrelerini aynı 50\$'lık bütçeyi ve aynı dört malzemeyi kullanarak yeniden tasarlamaları istenir. Öğrenciler atık numune rengini ilk filtre tasarımlarından ölçülenlerle karşılaştırırlar. Yeniden tasarlanan filtreler, çoğu öğrencilerin ilk tasarımından önemli ölçüde daha fazla aktif karbon içerdiğinden genellikle daha başarılıdır. Hatta bazı gruplar yeniden tasarlanan filtrelerde sadece aktif karbon kullanıyor. Bu filtrelerdeki boya sökme işlemi, nihai çözelti renginin neredeyse tamamen ortadan kaldırılmasıyla önemli ölçüde daha fazladır (absorpsiyon değerleri genellikle 0.05'ten azdır).

Etkinlik sonrası çalışma sayfası

- 1- Filtrenin bir taslağını yapın. Hangi malzemeleri kullandınız?
- 2- Bu alıştırma sırasında öğrendikleriniz eskizinizi nasıl değiştirdi?

3- Su filtreleri hakkında öğrendiğiniz en ilginç şey nedir?

Alıştırma sonrası çalışma sayfası

Öğrenciler, alıştırma öncesi karar çalışma sayfasına benzeyen bir alıştırma sonrası karar çalışma sayfasını bireysel olarak doldururlar. İlk soru, öğrencilerin yeni bilgilerine dayalı olarak en iyi su filtresini çizmelerini gerektirir. İkinci soru, öğrencilerden, bir filtrenin bu taslağının, ilk karar çalışma sayfasında yaptıkları taslaktan nasıl değiştiğini tartışmalarını ve öğrenmeleri üzerinde düşünmelerini gerektirir. Üçüncü soru, öğrencilerden su filtreleri hakkında öğrendikleri en ilginç şeyi belirlemelerini ister.

Alıştırma öncesi ve sonrası karar çalışma sayfalarındaki cevapların karşılaştırılması, öğrencilerin mühendislik kelime dağarcıklarını ve filtreleme bilgilerini artırdığını göstermektedir. Bu soruya öğrenci yanıtlarından bir seçki verilmiştir (1- Su filtreleri hakkında öğrendiğiniz en ilginç şey nedir? ve 2-Öğrendikleriniz filtre taslağınızı nasıl değiştirdi?). Bu alıntılar, öğrencilerin kendi öğrenmelerine ilişkin algılarının anekdot niteliğinde kanıtlarını sağlar. Bununla birlikte, aşağıdaki gibi doğrudan soruları dahil ederek öğrenmenin tanımlanmasını ve değerlendirilmesini daha açık hale getirerek karar çalışma sayfalarının iyileştirilmesini öneriyoruz? Absorbans (veya konsantrasyon) nedir? Adsorpsiyon nedir? Spektrofotometre nedir? yüzey alanı nedir? Ayrıca, öğrencilere mühendislik tasarımı süreci hakkında ne öğrendiklerini ve insan su tüketiminin su döngüsüne nasıl uyduğunu sormanızı öneririz.

Standartlar

MS-ETS1-1: İlgili bilimsel ilkeleri ve olası çözümleri sınırlayabilecek doğal çevre ve insanlar üzerindeki potansiyel etkileri dikkate alarak, başarılı bir çözüm sağlamak için bir tasarım sorununun kriterlerini ve kısıtlamalarını yeterli hassasiyetle tanımlayın.

MS-ETS1-2: Sorunun kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşıladıklarını belirlemek için sistematik bir süreç kullanarak rakip tasarım çözümlerini değerlendirin.

MS-ETS1-3: Başarı kriterlerini daha iyi karşılamak için her birinin yeni bir çözümde birleştirilebilecek en iyi özelliklerini belirlemek için çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için testlerden elde edilen verileri analiz edin.

MS-ETS1-4: Önerilen bir nesnenin, aracın veya işlemin yinelemeli testi ve modifikasyonu için veri üretmek üzere bir model geliştirin, böylece optimal bir tasarım elde edilebilir.

Tablo 3. Yeni Nesil Bilim Standartlarıyla İlişkisi

Boyut	NGSS kodu	Doğrudan etkinlikten alınan eşleşen öğrenci görev sorusu
Disiplinlere özgü temel fikirler	ETS1.C: Tasarım çözümünü optimize etme Bir tasarım tüm testler arasında en iyi	Su filtreleri, bir adsorpsiyon deneyi çalışma sayfasına göre yeniden tasarlanır.

	performansı göstermese de, her testte en iyi performansı gösteren tasarımın özelliklerini belirlemek, yeniden tasarım süreci için faydalı bilgiler sağlayabilir; yani bu özelliklerden bazıları yeni tasarıma dahil edilebilir. (MS-ETS1-3)	
Fen ve mühendislik uygulamaları	Model geliştirme ve kullanma Girdileri ve çıktıları temsil edenler de dahil olmak üzere tasarlanan sistemler hakkındaki fikirleri test etmek için veri üretmek için bir model geliştirin. (MS-ETS1-4)	- Bir su filtresinin açıklayıcı modelleri, bir karar çalışma sayfası ve küçük grup tasarım planı eskizleri kullanılarak daraltılır. - Bir su filtresinin fiziksel modelleri, tasarım adım 7'de açıklandığı gibi oluşturulur.
	Kanıt dayalı argümanda mühendislik Ortaklaşa geliştirilen ve üzerinde anlaşmaya varılan tasarım kriterlerine dayalı olarak rakip tasarım çözümlerini değerlendirin. (MS-ETS1-2)	Yapılandırılmış su filtreleri, kirleticilerin giderilmesini değerlendirmek için test edilir ve tüm filtreler, tasarım Adım 7'de açıklandığı gibi test edildikten sonra karşılaştırılır.
Çapraz kavramlar	Bilim, mühendislik ve teknolojinin toplum ve doğal dünya üzerindeki etkisi Tüm insan faaliyetleri doğal kaynaklardan yararlanır ve insanların ve doğal çevrenin sağlığı için hem kısa hem de uzun vadeli olumlu ve olumsuz sonuçlara sahiptir. (MT-ETS1-1)	Su tüketimi (ve çevre mühendislerinin ilgili rolü) ile ilgili çevre ve insan sağlığı kavramları, tasarım adım 1'de açıklandığı gibi doğrudan sorgulama ve tüm sınıf tartışması kullanılarak sunulur.

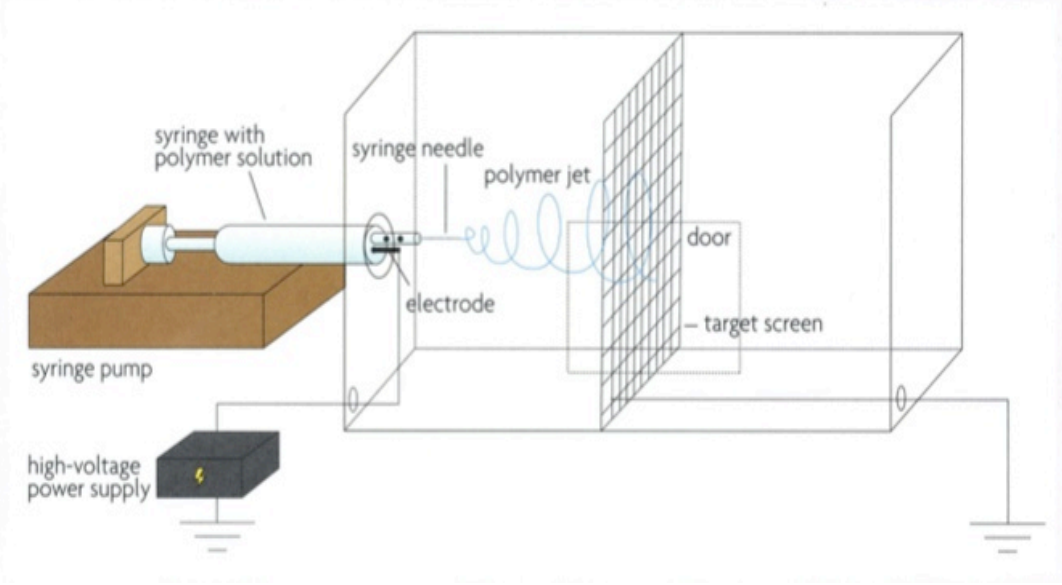
Mühendislik Bilimi: Birleştirilmiş Elektro Eğirme Aparatı ^[3]

Sınıf Düzeyi: Ortaöğretim

Elektro Eğirmeye Giriş

FIGURE 1

The assembled electrospinning apparatus.



Nanoliflerin elektrospinlenmesi, çözülmüş veya erimiş bir polimere yüksek voltaj uygulandığında meydana gelir. Bu, elektrotlar arasındaki boşluğu geçen elektrik yüklü bir jet oluşturur. Bu çözülmüş polimer, bir şırınganın dar ucundan kontrollü bir hızda akar ve bir damlacık oluşur. Ucuna uygulanan yüksek voltaj, damlacığın uzamasına ve Taylor konisi adı verilen bir şekilden çıkmasına neden olur.

Damlacık ve karşısındaki topraklanmış toplayıcı plaka arasındaki elektrostatik kuvvetler, polimerin yüzey gerilimini aştığında, Taylor konisinin ucundan bir jet püskürtülür ve iğne ile toplayıcı plaka arasındaki hava boşluğu boyunca hareket eder. Jet hareket ederken, çözücü buharlaşır ve bu da küçük mikro altı ve nano boyutlu polimer liflerin plaka üzerinde toplanmasına neden olur.

Bükülme kararsızlıkları, yerçekimi kuvvetleri ve liflerin karşılıklı itilmesi, jeti spiral halkalar halinde bozar ve -eğer toplama efendisi düz, dönmeyen bir yüzey ise- bir lif keçesi üretilir. Voltaj, akış hızı, elektrot ayırma mesafesi ve çözelti konsantrasyonu gibi değişkenler, fiber çapını ve özelliklerini kontrol etmek için ayarlanabilir.

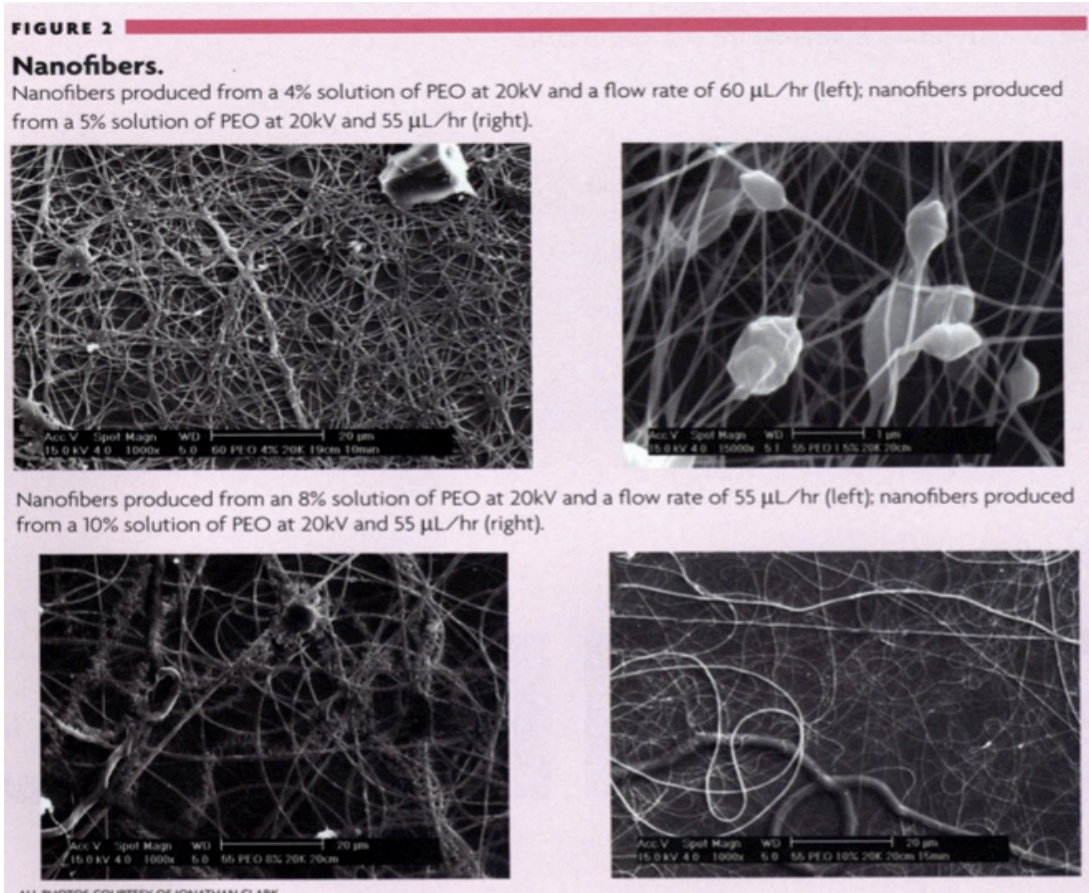
Malzemeler

Bu laboratuvarı öğrencilerime göstermek için aşağıdaki materyalleri kullandım:

- 10 mL'lik bir beher,
- Şırıngalar

- 5 mL'lik bir pipet,
- Arıtılmış su
- Polietilen oksit polimer (PEO),
- 0,001 g ağırlığında bir dijital veya asılı kefe terazisi ve
- Güç kaynağı, dozaj pompası ve koruyucu kılıf içeren bir elektrospinning aparatı.

Laboratuvarımda yeterince büyük bir davlumbaz olmadığı için, polimer ve elektrotları içerecek şekilde 1.0 x 0.75 x 0.5 m'lik bir Pleksiglas kasa inşa edildi. 8 cm uzunluğunda ve 1.5 cm çapında ve 12 mL'ye kadar tutabilen standart 10 mL'lik bir şırınga kullandım. Ayrıca iyi bir sonuç sağlamak için fazlasıyla yeterli olan 3 mL PEO kullandım. Şırınganın modeli ve boyutu nedeniyle, ölçüm pompası 0,1 µl/saat ila 500 mL/saat arasındaki akış hızlarına izin verdi. Güç kaynağı, 30 kilovolt'a (kV) kadar voltaj verebilir.



Kolektör plakası için alüminyum folyo ile kaplanmış 25 x 30 x 0,1 cm alüminyum levha kullandım. Okulumda yüksek kaliteli, üstten aydınlatmalı mikroskoplar olmadığı için, alüminyum fiber hasırın üzerine bir cam mikroskop lamı da yerleştirdim. Bu, öğrencilerimin biyoloji bölümünden ödünç alınan öğrenci sınıfı ışık mikroskobu altında lifleri görmelerini sağladı.

Öğrenciler voltajları, çözelti konsantrasyonlarını, elektrot ayırma mesafesini ve akış hızını değiştirmiştir. Her deneysel çalıştırma, voltaja, akış hızına ve polimerin

çözülmesindeki başarıya bağlı olarak 20 dakika ile 1 saat arasında sürmüştür (adım adım prosedür "Web üzerinde" mevcuttur).

Elde edilen slaytlar daha sonra Ohio Eyalet Üniversitesi Kimya Departmanına gönderildi ve burada fiberler bir taramalı elektron mikroskobu altında ölçülüp fotoğraflandı. Daha sonra, mikroskobun oküler aracılığıyla küçük, ucuz bir dijital kamerayla iyi resimlerin çekilebileceğini keşfettim.

Güvenlik önlemleri

İlgili güvenlik riskleri nedeniyle, gerçek elektrospinning prosedürünü yalnızca bir gösteri olarak tamamlamanızı öneriyorum. Bir lise laboratuvarında güvenlik önlemlerinin önemi göz ardı edilemez.

Bu prosedürle ilgili birincil endişe, nanofiberleri elde etmek için kullanılan yüksek voltajlardır. Yüksek voltajlarla çalışırken son derece dikkatli olunması gerektiğinden, güç kaynağını öğrenciler değil, yalnızca öğretmen çalıştırmalıdır. Nanofiber oluşumu için şırınga ile toplama plakası arasında gerekli olan mesafe, kısa devre veya herhangi bir akım akışı olasılığını engeller, ancak yine de kazara şoku önlemek için katı bir prosedür izledim.

Pleksiglas kasanın kapısı, aparata en yakın kenar şırıngadan yaklaşık 40 cm ve toplama plakasından 20 cm uzakta olacak şekilde kutunun ortasında bulunur. Bu, her ikisiyle de iletişim kurmayı oldukça kolaylaştırır, ancak her ikisiyle de aynı anda iletişim kurmayı zorlaştırır. Pleksiglas kasanın kapısı açıkken güç kaynağı her zaman kapalı ve fişten çekildi ve kısa devreyi daha da önlemek için kablolar kasanın karşı taraflarından bağlandı. Kablolar bağlandıktan ve kapı kapatıldıktan sonra güç kaynağı prize takılı ve açıldı. Güvenlik için, güç kaynağı topraklama hatası kesici korumalı bir devreye bağlanmalıdır.

Pleksiglas kasası çoğu laboratuvarın çeker ocakları kadar büyük ve açılabilen bir pencerenin yanına yerleştirildi, ancak bunu gereksiz buldum. Ayrıca kimyasallar, pipetler, asma tavaşı terazisi, sıcak plaka, toplama plakası ve şırınga dahil tüm ekstra malzemeleri depolamak için yeterince büyüktür. Kimyasallar güvenli bir kimyasal depoda saklanmalıdır.

Plymere gelince, PEO kullandım çünkü nispeten ucuz, suda çözünür ve kullanımı oldukça kolay - ama aynı zamanda güvenli olduğu için.

Öğretmenler sınıfta bu incelemeye başlamadan önce gerekli olan uygun güvenlik önlemlerini anlamalıdır. Dolaylı olarak havalandırılan kimyasal madde sıçramalarına karşı koruyucu gözlükler, önlükler ve eldivenler gibi kişisel koruyucu ekipman gereklidir. Laboratuvarda, devrelere yanlışlıkla temas edebilecek ve akımı iletebilecek hiçbir mücevher veya başka eşya giyilmemelidir. Ayrıca göz yıkama istasyonu ve güvenlik duşu 10 saniye içinde erişime açık olmalı ve aktivite tamamlandıktan sonra eller sabun ve su ile yıkanmalıdır. Faaliyete başlamadan önce, tüm tehlikeli maddeler için Malzeme Güvenlik Bilgi Formu gözden geçirilmelidir.

Son olarak, havada organik çözücü konsantrasyonu olasılığı, patlayıcı bir karışımla çalışırken sorunlara yol açabilir - bundan kaçınılmalıdır. Yalnızca uçucu veya patlayıcı bir sıvıda çözünen bir polimer kullanıyorsanız (PEO değildir), buharın giderilmesi için laboratuvarında uygun havalandırma olduğundan emin olun.

Tablo 1. Sınıf sonuçları

Trial	ID	Voltage	PEO concentration		Flow rate	Distance	Time
			%	grams			
	#	volts			$\mu\text{L/hr}$	cm	min
1	P1	10,000	8	0.870	35	20	10
2	P2	20,000					10
3	P3	30,000					10
4	P4	10,000	8	0.870	45	20	10
5	P5	20,000					10
6	P6	30,000					10
7	P7	10,000	8	0.870	55	20	10
8	P8	20,000					10
9	P9	30,000					10
10	P10	10,000	8	0.870	65	20	10
11	P11	20,000					10
12	P12	30,000					10
13	P13	10,000	8	0.870	75	20	10
14	P14	20,000					10
15	P15	30,000					10
16	P16	20,000	8	0.870	55	10	10
17	P17					15	10
18	P18					25	10

Bu tablo, voltaj, akış hızı ve mesafenin fiber oluşumu üzerindeki etkilerini test etmek için deneysel tasarımı göstermektedir.

Mühendislik Optimizasyonu: Tesisatçıyı Arayın! Öğrencileri Özgün Mühendislik Tasarım Uygulamalarıyla İlgilendirmek ^[4]

Alan: Mühendislik ve Fizik

Düzey: 5–8. Sınıflar

Amaç: Öğrenciler, bir tasarım sorununu nasıl çözeceklerini, birden çok tasarım parametresiyle akıl yürüterek ve ödünler vererek sistem düşüncesini geliştirmeyi, birden çok çözümü tartmayı ve tasarım optimizasyonu için yinelemeyi öğrenirler.

Temel Ön-Bilgi: Yok

Maliyet: Sınıf başına yaklaşık 30 \$

Hazırlık

“Tesisatçıyı arayın!” öğrencileri mühendislik tasarım sürecine dahil etmek için hem sanal hem de gerçek dünya materyallerini kullanır. Tesisatçıyı Arayın!'da öğrenciler bir sıhhi tesisat şirketinin parçasıdır ve üç ila beş öğrenciden oluşan küçük gruplar halinde çalışırlar. Aktiviteler bilgisayar simülasyonları, bütçe hesaplamaları, tartışmalar, sunumlar ve doküman tasarım panolarının kullanımından farklılık gösterdiğinden, karma yetenek grupları oluşturmak birçok öğrencinin liderlik etmesine, başarılı hissetmesine ve akranlarından öğrenmesine olanak tanır. Tesisatçıyı Aramanın Anahtarı! ve mühendislik-tasarım süreci fikirleri, soruları, bilgileri, tasarım özelliklerini ve prototip değerlendirmelerini kaydetme yeteneğidir. Bilim defteri kullanımı bunun için etkili bir araçtır; öğrenciler bu görev boyunca bir “Tesisat Şirketi” not defteri bölümü oluşturur ve buna ekler.

Empati kurun ve sorunu tanımlayın (1. gün: 40-60 dakika) Sıhhi tesisat hakkında kısa bir tartışma ile öğrencilerin ön bilgilerini ölçerek başlayın. Öğrencilerden sıhhi tesisat hakkında bildiklerini ve “iyi” tesisatla ilgili kendi deneyimlerini, neyin “iyi” tesisatçı, neyin “kötü” tesisatçı olduğuna ve “kötü” tesisatta neyin yanlış gittiğine kimin karar verdiğini paylaşmalarını isteyin. Ardından, problemi tanıtarak öğrencileri mühendislik mücadelesine dahil edin: Fen laboratuvarındaki su tesisatı bozuk ve sizin onu düzeltmeniz gerekiyor. Öğrenciler, 3.000\$'lık bir bütçeyi aşmayan ve minimum basınç gereksinimlerini karşılayan optimal bir tesisat sistemi oluşturacaklar. Sorunu tanıtmamanın harika bir yolu, öğretmenin bununla ilgili bir video çekmesi veya acil bir tesisat felaketini canlandırmasıdır. Daha sonra sınıfı küçük gruplara ayırın ve artık sıhhi tesisat şirketleri olduklarını açıklayın. Fen laboratuvarı sözleşmesini, ihtiyaçları öğretmen tarafından belirlenen müşteri için en uygun tasarıma ve “en iyi” bütçeye sahip olan şirket kazanacaktır.

Tesisat şirketleri için ilk zorluğa geçiş: En uygun sistemi tanımlayın. Her şirket iki tesisat sistemini inceleyecek, iki tasarım arasındaki değişkenleri belirleyecek ve

hangisinin “daha iyi” olduğuna karar verecektir. Öğrenciler gözlemlerini ve fikirlerini defterlerine kaydetmelidir. Her şirket, müşteriye (öğretmen) sistemdeki değişkenleri ve bir tasarımın diğerinden "daha iyi" olmasının nedenlerini içeren kısa bir sunum yapacaktır. Bu sunumlar, öğrencinin yeteneklerine bağlı olarak bir Power Point, poster veya basit bir konuşma olabilir. Sunumlardan sonra değişkenleri (boru uzunluğu, boru çapı, basınç, maliyet) ve tasarım seçimi kavramını özetleyin ve “yetersiz” ve “optimal” terimlerini tanıttın.

Öğrencilerinizin yeteneğine bağlı olarak, ilk meydan okuma ve sunum 30-90 dakika arasında olabilir. Daha az zamanınız varsa, sunumlar, grubun her bir üyesinin bir puana katkıda bulunduğu basit konuşmalar olmalıdır. Daha fazla zaman varsa, sunumlar, her ekip üyesinin bir veya iki öge eklediği bir poster veya her ekip üyesinin bir veya iki slayt hazırlayıp sunduğu bir PowerPoint sunumu gibi görsel yardımcılar dahil olmak üzere daha yaratıcı olabilir.

Problemi araştırın (2. gün: 30-40 dakika)

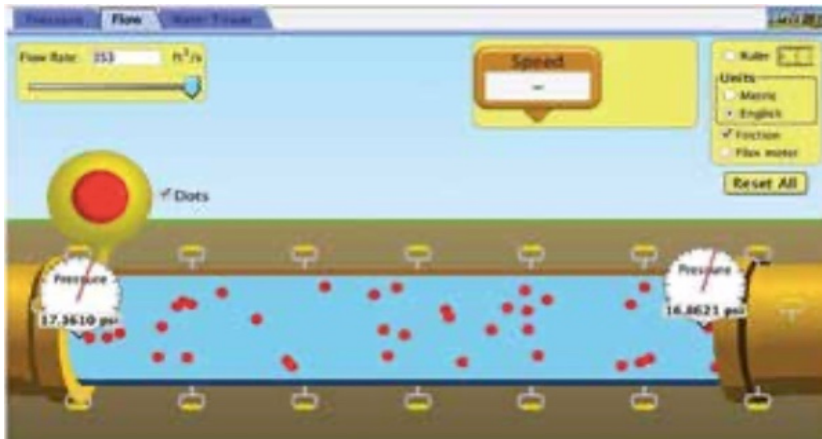
Artık öğrenciler tesisat sistemlerini etkileyen değişkenler hakkında bir fikre sahip olduklarına göre, daha iyi tasarım seçimleri yapmak için değişkenlerin birbiriyle nasıl ilişkili olduğunu araştıracaklar. Öğrenciler, “Boru uzunluğu ve çapı su basıncını nasıl etkiler?” sorusuna cevap vermek için PhET Akışkan Basıncı ve Akış simülasyonunu kullanacaklardır. Öğrenciler, borunun çapını değiştirerek ve iki basınç göstergesini boru boyunca farklı noktalara yerleştirerek simülasyonu keşfetmelidir. Öğrenciler gözlemler yapmalı ve basınç verilerini defterlerine kaydetmelidir. Gözlemler, öğrencinin yeteneklerine bağlı olarak yazılı veya grafiksel bir veri tablosuna kaydedilebilir. Öğrenciler borunun uzunluğu arttıkça su basıncının kaybolduğunu görmelidir. Ardından, simülasyonu değiştirin. Öğrenciler, boru çapı azaldıkça su basıncının da kaybolduğunu görmelidir. Bu su basıncı kaybı, su molekülleri ile boru arasındaki sürtünme kuvvetinin bir sonucudur. Öğrenci yeteneklerine bağlı olarak, PhET Akışkan Basıncı ve Akış simülasyon sayfasında psi, akışkanlar dinamiği, temas kuvvetleri ve Bernoulli ilkesi hakkında daha derinlemesine etkinlikler için kullanılabilecek birkaç ücretsiz kaynak listelenmiştir (bkz. Akış Simülasyonu”, Kaynaklarda). Öğrenciler simülasyonu keşfettikten sonra, sınıfı bir tartışmaya dahil edin. Dengeli ve dengesiz kuvvetler ve Newton'un birinci hareket yasası (MS-PS2-2) ile ilgili bazı örnek tartışma soruları şunlardır: Su molekülleri ile boru arasında ne tür bir kuvvet etki eder? Boru uzunluğundaki bir artış veya boru çapındaki bir azalma, boru ile su molekülleri arasındaki sürtünmeyi nasıl artırır? Basınç kuvvetle nasıl ilişkilidir? Boru çapındaki bir değişiklik, su basıncını etkileyebilecek dengesiz bir kuvvet nasıl yaratır?

Bu kavramlar üzerinde biçimlendirici bir değerlendirme, öğrencinin anlamasını sağlamlaştırmaya yardımcı olacaktır. Bu değerlendirme, kavramların keşfedildiği seviyeye ve öğrencilerin ihtiyaçlarına göre uyarlanmalıdır. Değerlendirme, öğrencilere boru çapının ve uzunluğunun su basıncını nasıl etkilediğini soran bir çıkış bileteninden, bir ev ödevine veya mini sınav (öğrencilerin borunun farklı uzunluk ve çaplarındaki fotoğraflardan bağıl su basınçlarını tahmin ettiği) daha resmi bir teste kadar değişebilir.

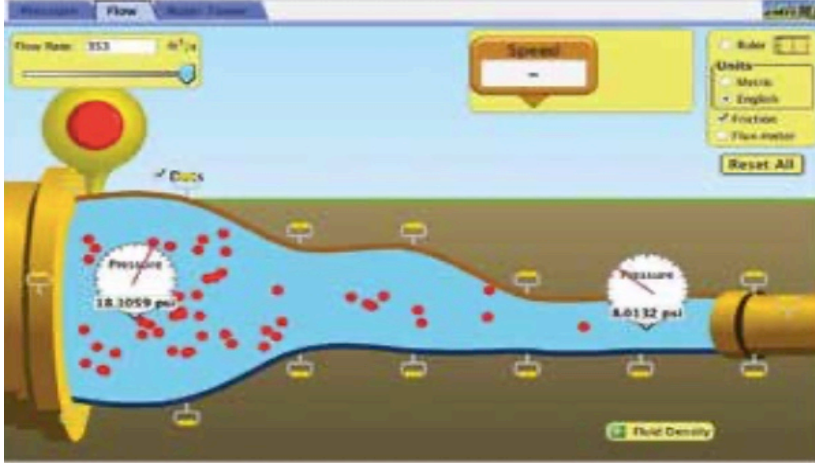
Ödünleşimlerin (take-offs) belirlenmesi (3. gün: 40-60 dakika)

Ardından, öğrenciler boru uzunluğu, çapı, maliyeti ve diğer tesisat değişkenlerinin tasarım seçimlerini nasıl etkileyebileceğini keşfedecekler. Sınıfa, boru çapının, uzunluğunun, dirseklerin ve dalların inşa edecekleri model için su basıncını ve maliyetini nasıl etkilediğini görmek için bir tesisat simülasyonu kullanacaklarını (Kaynaklarda Tesisat Simülasyonu'na bakın) talimat verin . Tesisat simülasyonunda her şirkete farklı bir boru çapı (1", 3/4", 1/2") atayın. Bazı şirketler aynı büyüklüğe sahip olacak, bu da öğrenciler veri doğruluğunu kontrol etmek için topladıkları verileri paylaştıklarında önemli olacaktır. Öğrenciler, boru çapları için basınç düşüşlerini ve maliyet değişikliklerini veri tablolarında kaydetmek için boru parçalarını bir ızgara boyunca yerleştireceklerdir. Her şirket kaydettiği verileri paylaşır ve ardından sınıf olarak her bir boru çapı için tabloları tamamlar. Öğrenciler daha sonra yol gösterici soruları yanıtlarak değişkenlerin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğuna dair "temel kurallar" oluştururlar. (Not: Öğrenciler, modellerini tasarlamak ve oluşturmak için yalnızca veri tablolarını ve temel kuralları kullanacaklar ve tesisat simülasyonunu tekrar kullanamayacaklar). Ödünleşimlerin ne olduğu ve öğrencilerin tesisat sistemlerini tasarlarken nelerden vazgeçebilecekleri üzerine bir tartışma ile bitirin. Bazı olası ödünleşimler arasında, yüksek bütçeli musluklarda yüksek psi veya musluklarda daha düşük psi ile düşük bütçe sayılabilir. Bu aktivite sırasında sınıf yönetimine yardımcı olmak için, her öğrencinin güçlü yönlerine veya yeteneklerine göre görevleri (bilgisayar simülasyonunu çalıştırma, verileri bir tabloya kaydetme, temel kuralları kaydetme) şirket üyeleri arasında bölün. Öğrencilerin temel kuralları ve mühendislik kavramlarını anlamalarına ilişkin hızlı bir biçimlendirici değerlendirme bu noktada yardımcı olur. Bu değerlendirme öğrencilerin ihtiyaçlarına göre şekillendirilmelidir, ancak öğrencilere "Sıhhi tesisat tasarımlarımızda dikkate aldığımız değişkenler nelerdir?", " fikriyle ne kastedilmektedir? bir tasarım projesinde ödünleşimler" ve "Bir tasarım projesinde 'optimal' ne anlama gelir?"

Simülasyona <http://phet.colorado.edu/en/simulasyon/fluid-pressure-and-flow> adresinden erişin. Simülasyonu açtıktan sonra, en üstteki "Akış" sekmesini seçin, birimleri "İngilizce"ye ayarlayın, "Sürtünme"yi seçin ve "Akış Hızı" kaydırıcısını tamamen sola hareket ettirin.



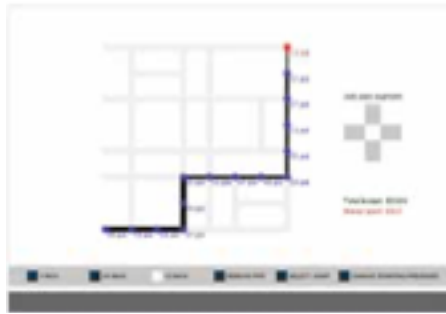
Şekil 1. Boruyu, çapı tüm uzunluğu boyunca aynı olacak şekilde ayarlayın ve bir basınç ölçeri en sağa ve diğerini en sola yerleştirin.



Şekil 2. Boru çapı ve basıncı: Borunun çapını, çap en büyük en solda ve en küçük en sağda olacak şekilde ayarlayın.

Simülasyonu kullanma talimatları:

- Simülasyonu başlatmak için yazılım simgesine çift tıklayın.
- Bir boru kalınlığı (1", 3/4", 1/2") seçin ve "Boru segmenti ekle" altındaki yön düğmelerine (yukarı, aşağı, sol, sağ) basın. Alttaki menüden gerekli kalınlığı seçerek boru kalınlığını değiştirin.
- Boruları yalnızca tesisatın gri çizgileri boyunca yerleştirin.
- "Boruyu Kaldır" seçeneğini seçerek ve çıkarmak istediğiniz boru parçasına tıklayarak boruları çıkarın.
- Şu anda kırmızı ile vurgulanmayan bir bağlantıdan boruları yerleştirin, "Bağlantı Seç" seçeneğini seçin ve boru segmentlerini eklemek istediğiniz bağlantıya tıklayın.
- Başlangıç basıncı, "Başlangıç Basıncını Değiştir" seçilerek ve istenen basınç girilerek değiştirilebilir. Çıkış basıncı otomatik olarak güncellenecektir.



Şekil 3. Tesisat simülasyonunun ekran görüntüsü

Boru çapı	Basınç düşüşündeki değişim	Temel sorular ve cevaplar
1" boru	1psi	<ul style="list-style-type: none"> • Boru uzunluğunun su basıncına etkisi nedir? - Boru ne kadar uzun olursa, basınç o kadar düşük olur. • Boru çapının su basıncına etkisi nedir? - Boru çapı azaldıkça basınç düşüşü artar
3/4" boru	4 psi	
1/2" boru	12 psi	

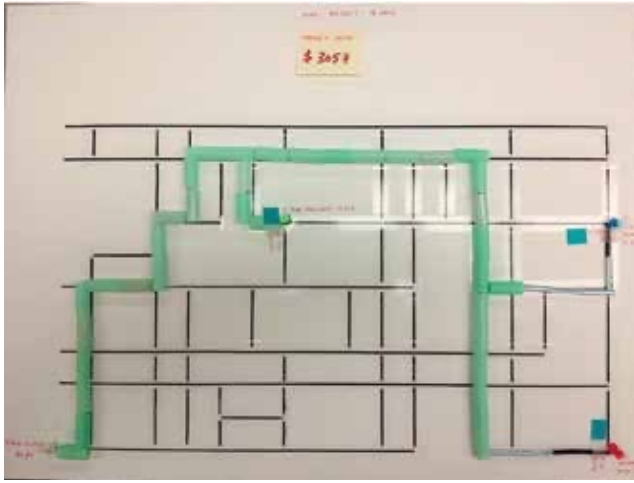
Boru çapı	Maliyet değişikliği	Temel sorular ve cevaplar
1" boru	+\$45	<ul style="list-style-type: none"> • Boru uzunluğunun maliyete etkisi nedir? - Boru ne kadar uzun olursa, maliyet de o kadar yüksek olur. • Boru çapının maliyete etkisi nedir? - Çap ne kadar büyükse, maliyet de o kadar yüksek olur.
3/4" boru	+\$33	
1/2" boru	+\$28	

90° boru kıvrımı	Basıncıdaki değişiklik	Maliyetteki değişiklik	Temel sorular ve cevaplar
1" boru	Aynı kaldı	+\$145	<ul style="list-style-type: none"> • Boru uzunluğunun su basıncına etkisi nedir? - Boru ne kadar uzun olursa, basınç o kadar düşük olur. • Boru çapının su basıncına etkisi nedir? - Boru çapı azaldıkça basınç düşüşü artar
3/4" boru	Aynı kaldı	+\$133	
1/2" boru	Aynı kaldı	+\$128	

Boru Dallanması	Basıncıdaki değişiklik	Maliyetteki değişiklik	Temel sorular ve cevaplar
1" boru	Aynı kaldı	+\$190	<ul style="list-style-type: none"> • Boru dallandığında basınç ve maliyet ne olur? - Bir boru branşmanı su basıncını değiştirmez ancak bütçeyi arttırır; çap ne kadar büyükse, maliyet de o kadar büyük olur.
3/4" boru	Aynı kaldı	+\$166	
1/2" boru	Aynı kaldı	+\$156	

Tasarım panosu yapmak için yönerge:

- Tesisat hattı şablonunu yazdırın.
- Şablonu, kolayca bükülmeyecek 20" × 30" sağlam bir köpük tahtaya yapıştırın. Siyah bir işaretleyici kullanarak sıhhi tesisat hatlarını izleyin.
- Şablona sadece siyah tesisat hatları boyunca çift taraflı bant koyun.
- Üç farklı çapta pipet alın (örn. 1" borular için iki yüzlü pipetleri, 3/4" borular için normal düz pipetler ve 1/2" borular için kahve karıştırıcıları) ve bunları 1" dilimler halinde kesin.
- Bu boru parçalarını optimal olmayan model örneğinde gösterildiği gibi tesisat hatları boyunca yerleştirin ve toplam maliyeti en üste 3.057 \$ olarak yazın. Tap A (42 psi), Tap B (5 psi) ve Tap C (0 psi) için optimal olmayan basınçları yazın.



Şekil 4. Tesisat tasarım panosu, örnek nihai tasarım ve örnek öğrenci çalışması (yetersiz örnek modeli)

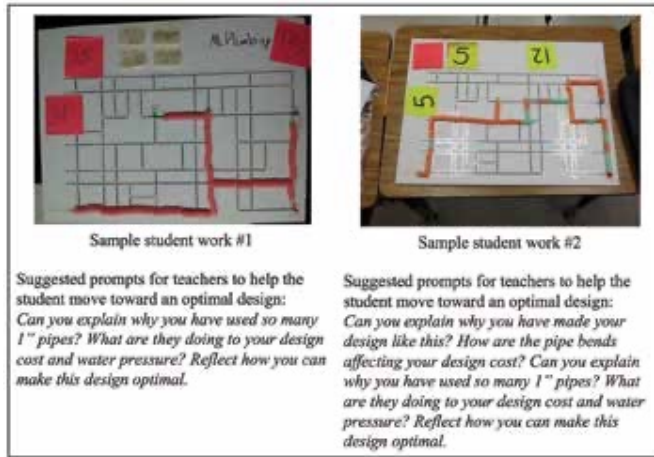
Tedarik listesi

- Köpük levha, herhangi bir büro malzemeleri mağazasından veya çevrimiçi perakendeciden satın alınabilir. 20 "× 30" köpük levhanın ortalama maliyeti yaklaşık 5 ABD dolarıdır. Bu boyut ikiye kesilerek iki pano oluşturulabilir. Altı köpük tahtadan oluşan bir sınıf seti yaklaşık 15 dolara mal olmalıdır.
- Siyah işaretleyiciler ve çift taraflı bant, herhangi bir ofis malzemeleri mağazasından veya çevrimiçi perakendeciden satın alınabilir. Bir işaretleyici ve bir çift taraflı bant rolü gereklidir. Çift taraflı bant rulo başına yaklaşık 5 ABD dolarıdır.
- İki yüzlü pipetleri, normal düz pipetler ve kahve karıştırıcıları herhangi bir ofis malzemeleri mağazasından, bakkaldan veya çevrimiçi perakendeciden satın

alınabilir. Sınıf başına her bir saman türünden yaklaşık 50 adete ihtiyacınız olacak. Bir sınıf pipet seti maliyeti 8 doları geçmemelidir.



Şekil 5. Bir öğrenci grubu tarafından oluşturulmuş örnek nihai tasarım



Şekil 6. Örnek öğrenci çalışması ve önerilen öğretmen istemleri

Örnek öğrencilerin çalışması #1

Öğretmenlerin öğrencinin optimal bir tasarıma doğru ilerlemesine yardımcı olması için önerilen komutlar: Neden bu kadar çok 1" boru kullandığınızı açıklayabilir misiniz? Tasarım maliyetinize ve su basıncınıza ne yapıyorlar? Tasarımını nasıl optimum hale getirebileceğinizi düşünün.

Örnek öğrencilerin çalışması #2

Öğretmenlerin öğrencinin optimal bir tasarıma doğru ilerlemesine yardımcı olması için önerilen komutlar: Tasarımınızı neden böyle yaptığınızı açıklayabilir misiniz? Boru dirsekleri tasarım maliyetinizi nasıl etkiliyor? Neden bu kadar çok 1" boru kullandığınızı açıklayabilir misiniz? Tasarım maliyetinize ve su basıncınıza ne yapıyorlar? Tasarımını nasıl optimum hale getirebileceğinizi düşünün.

Sistemin yinelemeli olarak tasarlanması, prototiplenmesi ve test edilmesi (4. ve 5. günler: 60–120 dakika)

Öğrenciler, fen laboratuvarı için en uygun tesisat sistemini oluşturmak için yinelemeli tasarım sürecine başlarlar. Güvenlik notu: Herhangi bir aktivitede olduğu gibi, lütfen öğrencilerin uygun güvenlik prosedürlerini takip ettiğinden emin olun. Öğrenciler sıhhi tesisat modellerini inşa ederken ve gösterirken güvenlik gözlükleri takılmalıdır. Öğrenciler ayrıca cildi delebilecek itme pimlerini kullanırken dikkatli olmalıdırlar. Her şirket, muslukları optimal olmayan bir düzende temsil eden tesisat hatları, hasır borular ve itme pimleri ile bir tesisat tasarım panosu alacaktır (indirilebilir; Kaynaklarda Tesisat-Sim bölümüne bakın). Kurgusal bilim laboratuvarında bir kaynak ve üç musluk vardır. Her musluk en az 10 psi'ye sahip olmalıdır ve öğrencilerin 3.000 dolardan az harcaması gerekir. Tasarım sürecindeki ilk adım, her şirketin kendi optimal tesisat sistemi için kriterlerini listelemesi ve kaydetmesi, "en iyi" tesisat sistemini (örneğin, en yüksek basınç, en uygun maliyetli) tanımlaması ve ne gibi ödünleşimlerinin olacağına karar vermesidir (indirilebilir çalışma sayfası için Çevrimiçi Ek Materyallere bakın). Öğrenciler bilgileri defterlerine kaydetmelidir. Bilgiler öğrencinin yeteneklerine göre yazılabilir veya grafiksel olarak kaydedilebilir. Kriterler her şirket için farklı olacak ve öğrencilerin hangi ödünleşimleri yapmaya istekli olduklarına ve "en iyiyi (optimumu)" nasıl tanımladıklarına bağlı olacaktır. Örneğin, bazı şirketler en düşük bütçeli bir tesisat sisteminin optimal olduğuna karar verirken, diğerleri her muslukta en yüksek psi'nin optimal olduğuna karar verebilir. Daha sonra her şirket, köpük levha üzerine farklı hasır boru parçaları yerleştirerek tasarımları test ettikleri iki ila dört prototip döngüsünden geçecek. Her prototipin sonunda, her dokunuşta psi'yi ve toplam maliyeti hesaplamalı ve bir sonraki prototipe geçmeden önce düşünme sorularını yanıtlamalıdırlar (indirilebilir bir çalışma sayfası için Çevrimiçi Ek Materyallere bakın). Nihai tasarım için öğrenciler, her dokunuşta son psi'yi, nihai maliyeti, tasarımlarının neden optimal olduğunun bir açıklamasını ve ne gibi ödünleşimler yaptıklarını içeren kısa bir sunum hazırlamalıdır. Bu sunumlar, öğrencinin yeteneklerine bağlı olarak bir PowerPoint, poster veya basit konuşma biçiminde olabilir.

Tasarım çözümlerini paylaşılması ve savunulması (6. gün: 40 dakika)

Her şirket, çözümlerini sınıfa iletmek için tesisat panolarını ve nihai tasarımlarından sunumlarını kullanacak. Sınıf arkadaşları, her şirketin kendi tasarım seçimlerini savunabilmesi için tasarım kararları ve değiş tokuşlar hakkında sorular sormaya teşvik edilmelidir. Müşteri (öğretmen) daha sonra müşterinin ihtiyaçlarına veya eğilimlerine göre en uygun tesisat sistemine sahip şirkete sıhhi tesisat sözleşmesini verecektir. Bu, bu üniteyi topluluk ve öğrenci ihtiyaçlarına göre özelleştirmenin bir yolu olarak kasıtlı olarak belirsizdir. Örneğin, kuraklık kurgusal toplulukta büyük bir endişe olabilir ve optimal bir sistemde su tasarrufu önemlidir veya müşteri tutumlu olduğundan bütçe büyük bir endişe kaynağıdır. Öğrenci defterleri ve sunumları, mühendislik tasarım sürecinde nasıl geliştiklerini ve optimizasyon ve ödünleşim anlayışlarını değerlendirmek için faydalı araçlardır. Prototip değerlendirmelerini ve son analiz

sorularını derecelendirirken tesisat sistemini tanımlanmış kriterlere göre değerlendirmek için veri ve gözlemlerin kullanımını ve ardışık prototipleri geliştirme yeteneğini değerlendirin (tekrarlanan tasarım, prototip oluşturma, test etme ve sistemlerini sunmak mümkündür; bkz. Çevrimiçi Ek Materyaller).

Mühendislik Analizi: Sınıfta Deprem Erken Uyarı Sistemlerinin Simülasyonu^[5]

Sınıfta erken uyarı

Bu aktivite dizisinin sonunda öğrenciler şunları yapabilmelidir:

- Sismik dalga türlerini tanımlayın
- Erken uyarı sistemlerinin nasıl çalıştığını açıklayın
- Optimum bir erken uyarı sistemi tasarlayın

Etkinlik 1: Video Yorumlama

P ve S dalgaları arasındaki farklar o kadar belirgindir ki, depremlerle kesintiye uğrayan günlük yaşamın tesadüfi kayıtlarında (YouTube'da bulunanlar gibi) görülebilirler. Birinde http://youtu.be/q7boO_wTzS4), bir web kamerası öğle yemeğini yiyen bir işçiyi kaydeder. Sandviçinden başını kaldırıyor ve iş arkadaşları, izleyici hiçbir sarsıntı belirtisi görmese de "deprem" diyor. Birkaç saniye sonra, tüm kamera şiddetle sallanır. Öğrenciler bu videoyu izledikten sonra, depremlerin başlangıçta zayıf bir nabızı ve ardından ikinci bir güçlü nabızı olduğu sonucuna varabilirler.

Etkinlik 2: Doğrudan talimat

Öğrenciler farklı deprem dalgalarını anlamak için bu çerçeveye sahip olduktan sonra, bu dalgaların bilimsel anlayışını tanıtan mini bir derse rehberlik etmesi için boş bir kopyasını kullanıyoruz. Sismik dalgalarla ilgili birçok ders, iki dalga türünün parçacık hareketini göstermek için "Sinsi" bir yay kullanır. Parçacık hareketi önemlidir, ancak öncelikle dalga hızındaki (itme-çekme kayada daha hızlı hareket eder) ve kuvvetteki (depremler çoğunlukla kayma hareketidir) farklılıkların nedeni olduğu için.

Etkinlik 3: Kinestetik erken uyarı

Erken uyarı sisteminin nasıl çalıştığını keşfetmek için öğrencilerin sismik dalgaların hareketini canlandırdığı bir kinestetik aktivite tasarladık. Yaklaşık 20 metrelik bir alanın olduğu dışarıda en iyi şekilde tamamlanan öğrenci gönüllüleri, bir şehirde P- ve S-dalgaları veya gökdelenlerin rolünü oynuyorlar. Sınıfın çoğunluğundan (şehir) uzakta olan toplam mevcut mesafenin yaklaşık 2/3'ü kadar iki gönüllüyle (P- ve S-dalgaları) başlıyoruz. S dalgaları yavaştır, bu nedenle saniyede bir adım yürürler. P dalgaları, gerçek hayatta S dalgalarından yaklaşık iki kat daha hızlıdır, bu nedenle her saniyede iki adım atarlar. Gökdelenlere ilk deprem dalgalarının gelişini "hissetmeleri" ve ardından ikinci daha güçlü sarsıntı darbesi görünene kadar "uyarı süresini" saniyeler içinde saymaları talimatı verilir. Eğitimci sinyali verdiğinde dalgalar deprem

kaynağından uzaklaşmaya başlar. İlk kim gider? Çoğu öğrenci yanlışlıkla P dalgasının önce hareket etmeye başladığını söyler. Aslında, kabuk blokları kaymaya başladığında her iki dalga türü de aynı anda üretilir. P dalgaları yalnızca daha hızlı oldukları için önce gelirler, tıpkı bir yarıştaki koşucular gibi hepsi silahla başlayıp bitiş hızlarına göre varır. Öğrencilerin depremler kendilerine yakın olduğunda daha az uyarı süresi aldıklarını anlamaları için işlemi üç farklı yerde depremlerle tekrarlayın. Bilinmeyen bir mesafede dördüncü bir "gizemli deprem" için, öğrenciler depremden başka yöne bakarlar ve ardından eğitmen sessizce P ve S dalgalarının başlaması için sinyal verir. Bu durum, şehrin ilk P dalgası gelene kadar deprem olduğunu bilmediği gerçek hayatı yansıtır.

İlk depreme sıfırlandık ve deprem kaynağına yakın bir "yeni şehre" taşınan birkaç gönüllüm var. Bir öğrenci uzaktaki bir şehirdeki bir öğrenciyi aramak için cep telefonu kullanıyor. Onlar konuşurken biz depremi başlatıyoruz ve kaynağa yakın olan öğrenci hemen P dalgasını hissediyor ve uzaktaki şehre dalgaları bildiriyor. Uzak şehirdeki gökdelenler, cep telefonu bildirimini alır almaz saymaya başlar. Zarar veren S dalgaları oluşmadan önce, iletişim bağlantısı olmadan yaptıklarından çok daha uzun süre uyarı alırlar.

Etkinlik 4 / Değerlendirme: Web tabanlı erken uyarı ağı tasarımı

Gerçek hayatta, bir depremin tam olarak nerede olacağını asla bilemeyiz, bu nedenle erken uyarı ağı tasarlamak daha karmaşıktır. Yerel bir okula mümkün olan en fazla uyarıyı sağlamak için öğrenci ekiplerinin sismik sensörleri nereye yerleştireceklerini belirledikleri web tabanlı bir etkinlik geliştirdik (<http://www.csun.edu/quake>; öğretmen adı demosu ve şifre ile giriş yapın demo) Öğrenciler, sensörün erken uyarı ağına katkıda bulunması için gereken gerçek zamanlı iletişimi içerecek şekilde yükseltilebilen mevcut sismik sensörlerin bir haritasını görüntüler. Ayrıca seçtikleri herhangi bir yerde yeni sensörler de kurabilirler, ancak bu, sınırlı bütçelerinde ek maliyete mal olur. Aktif fayların veya önceki depremlerin konumu dahil olmak üzere jeolojik verileri satın alabilirler. Şebeke tasarımlarını örnek bir deprem üzerinde deneyebilirler (ücret karşılığında!). Her takım kendi ağ tasarımını gönderdikten sonra, öğretmen tüm sınıfın sensör yerleşimlerini içeren bir harita tasarlar. Öğretmen rastgele bir depremi harekete geçirir ve öğrenciler dalgaların yayılıp sensörlerini tetiklemesini izler. Web sayfası, öğretmenin istenirse bir kazanan atayabilmesi için her takımın ağı tarafından sağlanan uyarı süresini tablo haline getirir.

6- Tersine Mühendislik: Geri Dönüşüm Kutusu ^[6]

Öğretmen, öğrencileri Geri Dönüş Kutusu'nu yere yuvarlayarak tanıştırır. Öğretmen parmaklarını şıklatıyor ve Geri Dönüyor Duruyor, geri dönüyor ve geri dönüyor. Öğretmen bu gösteriyi birkaç kez tekrarlar. Öğrenciler, kutunun ileri geri yuvarlanmasını izlerken şaşırırlar. Daha sonra öğrencilerden, cihazın “Ne” (Geri Dönme Kutusunun bileşenleri) ve “Neden” (Geri Dönme Kutusunun enerji mekanizması) hakkında çıkarım yapmaları istendiği için sorgulama yapılır. Öğrenciler, enerji korunumu ve enerji transferi açısından bileşenlerin birlikte nasıl çalıştığını belirlemelidir. Üç sorgulama adımını takip ederler.

Adım 1: Hakkında sorgulama. Geri Dönüşüm Kutusu bileşenleri ("Nedir")

Sorgulamanın bu bölümünde öğrenciler, Geri Dönüşüm Kutusunun iç işleyişini hangi parçaların oluşturduğuna dair açıklamalar geliştirmek için evet-ya da-hayır soruları kullanırlar. Bu noktada kutunun iç mekanizması öğrencilere gösterilmemelidir. Öğrenciler gözlemleri kaydeder, sorular sorar, hipotezler oluşturur ve Geri Dönüşüm Kutusu mekanizmasının bir açıklamasını oluşturmak için çıkarımlarda bulunur. Öğretmenin buradaki amacı, öğrencileri Geri Dönüş Kutusunun mekanizmasının ortak ev eşyalarından oluştuğu sonucuna götürmektir. Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusunun ağırlıklar, lastik bantlar ve bir bağlantı mekanizması içerdiğini anlamalıdır.

Adım 2: Geri Dönüşüm Kutusu açıklamalarını sorgulama (“Neden”)

Sorgulamanın bu bölümünde öğrenciler, Geri Dönüşüm Kutusunun neden işe yaradığına ilişkin açıklamalar geliştirmek için tekrar evet-veya-hayır sorularını kullanırlar. Bu, enerji korunumu, kinetik enerji, potansiyel enerji, elastik potansiyel enerji, kütle, tork, ivme ve sürtünme gibi bilimsel kavramların tanıtılmasına yol açar. Öğrenciler, uygun kavram ve terimleri birleştirerek tartışır, eleştirir ve çıkarımlarını gözden geçirir. Mühendislik problemleri, “Ne” ve “Neden”i kapsayan tüm grup tartışmaları için kullanılır. Öğrenciler “Ne” fikrini oluştururken kutunun şeması beyaz tahtaya çizilir. Önemli fikirler daha sonra kaydedilir. Öğrenciler, diğer öğrencilerin fikirlerini genişletmeye teşvik edilir.

Adım 3: Geri Dönüşüm Kutusunun kavramsal modelinin üretilmesi

Öğrenciler tarafından toplanan bilgiler kavramsal bir model oluşturmak için kullanılır. Model, şematik bir diyagram ve Geri Dönüşüm Kutusunun iç mekanizmasını ve işlevini (Geri Dönüşüm Kutusunun bilimsel kavramları) temsil eden yazılı bir açıklama içerebilir. Bu kavramsal model, tasarım sürecinin temeli haline gelir. Öğretmen öğrencilere modellerini oluşturmamız için bize malzemeler (örneğin pullar, ağırlıklar, lastik bantlar) sağlar. Öğrenciler sınıf tartışması yoluyla bir şematik model geliştirir.

Öğrencilerden Geri Dönüşüm Kutusu modelinin enerjinin korunumuna bir örnek olduğu sonucuna varmaları beklenir. Öğrenciler enerji ve hareket hakkında temel bilgilere sahip olmalıdır. Öğretmen ayrıca bir lastik bandın özelliklerini sınıfın önünde göstermeli ve Geri Dönüş Kutusu öne doğru yuvarlandığında içindeki lastik bantların bükülmeye başladığını açıklamalıdır. Lastik bantlara bağlı kütle, lastik bantların konumunu korumasına ve hareketteki değişime direnmesine neden olarak, bükülmeyi ve elastik potansiyel enerjinin depolanmasını mümkün kılar. Kutunun kinetik enerjisi, kutunun içindeki bükülmüş lastik bantlar içinde kademeli olarak elastik potansiyel enerjiye aktarılır. Büküm arttıkça, lastik bantların bükülme yeteneği, daha fazla

esneklik potansiyel enerjisi depolayamayacak duruma gelene kadar azalır. Geri Dönüşüm Kutusu üzerinde hareket ederken zeminin karo yüzeyi tarafından da bir sürtünme kuvveti uygulanır (Not: Geri Dönüşüm Kutusu, karo zemin gibi pürüzsüz bir yüzeyde en iyi sonucu verir). Lastik bantların bükülme kabiliyetinin azalması ve yüzeyin uyguladığı sürtünme kuvveti kutunun yavaşlamasına ve durmasına neden olur. Bükülmüş lastik bantların elastik enerjisi, lastik bantlar açıldığında kinetik enerji olarak Geri Dönüşüm Kutusuna geri aktarılır. Lastik bantlar, tel çerçeveye ve daha sonra dönme kuvveti şeklinde kutunun içine aktarılan elastik potansiyel enerjilerini serbest bırakır. Kutunun tasarımı ve dairesel yapısı, kutu üzerinde bir bileşke dönme kuvveti (tork) üretir ve bu kuvvet daha sonra lastik bantlar gevşedikçe geriye doğru yuvarlanır. Tork kavramının bu sınıfta tartışılmasına gerek yoktur çünkü ortaokul fen müfredatının bir parçası olmayabilir.

Prototip yapmak

Öğrenciler, sorgulama aşamasında geliştirilen kavramsal modeli problem çözmek, oluşturmak ve çalışan bir Geri Dönüşüm Kutusu prototipini test etmek için kullanırlar. Öğrencileri üç kişilik gruplara ayırarak başlayın. Öğretmenler, yetenek ve becerilere dayalı esnek öğrenci gruplandırması, öğrencilere farklı Geri Dönüşüm Kutusu mekanizma tasarımlarını kullanma seçenekleri sunma ve öğrencilerin farklı tasarım değişkenlerini keşfetmelerine olanak sağlama dahil olmak üzere grupları görevlendirirken öğrencilerinin öğrenme özelliklerini ve özel ihtiyaçlarını dikkate almalıdır. Her grup için bir Grup Lideri, bir Araç Uzmanı ve bir Teknik Yönetici atayın. Grup Lideri, grubu görevde tutmaktan, verileri kaydetmekten ve grup sonuçlarını sınıfla paylaşmaktan sorumludur. Araçlar Uzmanı, etkinlik için gerekli tüm malzeme ve araçları temin etmenin yanı sıra, her ders döneminin sonunda belirlenen alanda malzemeleri depolamaktan sorumludur. Öğretmenler, telleri kesmede ve askıları bükmede öğretmene yardımcı olmak için belirlenmiş Alet Uzmanı olarak el aletleri konusunda yetenekli birini belirlemelidir. Teknik Müdür, grup güvenliğinden sorumlu olup, askıların uçlarının keskin kenar olmaması için koli bandı ile bantlanması ve kazaların öğretmene bildirilmesi gibi önlemleri alır. Öğrenci ayrıca metal artıklarını temizler ve uygun şekilde imha edilmesini denetler.

Malzemeler

Gruplara kapaklı boş bir metal veya karton bilindrik kutu (örneğin kahve, yulaf ezmesi; kutunun uzunluğu 15-30 cm ve çapı 10-20 cm arasında değişebilir) ve metal tel (örneğin elbise askısı) şeklinde sağlayın. Bir mekanizma için çerçeve olarak kutunun içine sığdırmak için. Ayrıca gruplara kutu içinde olası kullanım için çeşitli lastik bantlar, pullar, olta ağırlıkları, koli bandı, ataşlar ve boru temizleyicileri sağlayın. Öğrenciler ayrıca mekanizmalarını tasarlariken olası kullanımları için bir çekiç, çivi ve makas almalıdır. Grupların ayrıca Geri Dönüşüm Kutularını test etmek için kesintisiz bir zemin alanına, tercihen halı veya pürüzlü bir yüzey yerine karo veya beton bir zemine ihtiyaçları olacaktır.

Geri Dönüşüm Kutusunun montajı

Geri Dönüşüm Kutusu mekanizmasında farklı tasarımlar kullanılabilir. Lastik bantları takmanın en az iki yöntemi vardır, biri lastiği desteklemek için bir iç tel çerçeve (iç çerçeve) ve diğeri ise lastik bandın geçirildiği ve kutunun altında ve kapakta delikler kullanılarak ve Geri Dönüşüm Kutusunun dışına küçük bir çivi veya ataşla takılır (dış montaj). İlk yöntem, bir dikdörtgen şeklinde şekillendirilmiş ve kutunun içine

sıkıştırılmış bir tel çerçeve içerir. Boru temizleyicileri, tel çerçeve boyunca gerilmiş lastik bantların merkezine ağırlıklar (örneğin, pullar, olta ağırlıkları) tutturmak için kullanılır. Daha sonra çerçeve, gerekirse koli bandıyla kutunun içine sabitlenir. Dış montaj için, bir çivi kullanarak kutunun kapağına ve dibine delikler açın. Uzun bir şerit yapmak için lastik bandı kesin. Ortasına bir ağırlık takın, ardından lastik bandı deliklerden geçirin ve ucunu bağlayın.

Güvenlik önlemleri

Öğrencileri Geri Dönüşüm Kutularını çizerken dikkatli olmalıdırlar; alet kullanımı ve kutu yapımından koruyucu gözlük takılmalıdır. Tüm araç ve ekipmanla güvenlik operasyonlarını uygulayın. Öğrenci araçları, lastik bantların göz için tehlikeli ve kayağı için güvenli olması gerektiği konusunda dikkatli olmalıdır. Bir çift tel araba ile bir askısı kestikten sonra, gündemin sorularının uçlarını ile bantlatmalarını abartıyorlar. Öğrencilere, hurda metalleri belirlenmiş bir alana uygun şekilde imha etmelerini içerir. Ayrıca öğrencilere çekiç ve çivi ile kutuya delik açarken dikkatli olmalarını hatırlatın.

Prototipi geliştirmek

Öğrenci gruplarının çalışan bir Geri Dönüşüm Kutusu prototipi var. Bir sonraki görev, Geri Dönüşüm performansını analiz etmek ve iyileştirmektir, çözülecek sorunun belirlenmesi, olası bir yeniden tasarımın planlanması ve yeniden tasarımın test edilmesi ve yeniden tasarımın test edilmesi olabilir. Öğrenciler Geri Dönüşüm Kutusunun eylemlerini gözlemler, değişkenlerini ve problemlerini belirler, kendi prototiplerini tasarlar ve test eder ve test ederken veri toplar. Küçük gruplar, aşağıdaki gibi bir soruyu yanıtlarak sorunu tanımlar:

"Teneke kutunun geri dönüş mesafesini ileri mesafesine nasıl eşit hale getirebilirim?"

"Lastik bantların eklenmesi geri dönüş mesafesini artıracak mı?"

"Kalın lastik bantlar yuvarlanma mesafesini azaltır mı?"

"Bir Geri Dönüşüm Nasıl Halı üzerinde yuvarlanacak şekilde tasarlanabilir?"

Öğrenciler daha sonra Geri Dönüşüm Kutusunun performansını iyileştirmek amacıyla Geri Dönüşüm Kutusunun yeniden tasarımlarını beyin fırtınası yaparlar. Öğretmen, yeniden tasarlamaya başlamadan önce öğrenci gruplarıyla görüşür ve şemalarını onaylar. Gruplar, kutu boyutu, lastik bant kalınlıkları veya pul sayısı gibi bağımsız bir değişkeni seçer ve test eder. Küçük gruplar tasarımlarını test ederken orijinal tasarımlarını değiştirir veya Geri Dönüşüm Kutusu performansını optimize eden yeni bir tasarım oluştururlar. Geri Dönüşüm Kutusunun performansını en üst düzeye çıkarmak için öğrenciler tarafından test edilebilecek öğrenci değişkenleri tarafından test edilebilecek olası tasarım değişkenlerinin örneklerini sağlar. Her tasarım için öğrenciler bağımsız, bağımlı ve kontrollü değişkenleri araştırır. Örneğin, ileri rulonun geri ruloya oranını (FR/BR) hesaplamak için farklı sayılar, tipler veya lastik bant kalınlıkları kullanılabilir. Öğrencilere Geri Dönüşüm Kutusunun serbest bırakacakları bir rampa gibi kontrollü değişkenleri kullanmalarını tavsiye edin. Bu, kutuyu serbest bırakmak için uygulanan kuvvetin bilim etkinliği boyunca kontrol edilmesini sağlar.

Öğrenci performansının değerlendirilmesi

Nihai değerlendirme için öğrenciler, özgün ve geliştirilmiş tasarımlarını içeren sözlü veya yazılı bir rapor sunabilirler. Öğrencilerin uygun olan yerlerde grafikler, tablolar ve hesaplamalar yapmalarını sağlayın. Öğrencilerden, sağlanan malzeme fiyat listesini (Çevrimiçi Ek Malzemeler) kullanarak en iyi Geri Dönüşüm Kutusu tasarımının maliyetini hesaplamalarını isteyin. Öğrencilerden lastik bant yorgunluğu gibi tasarım sınırlamalarını tartışmaları da beklenebilir. Öğretmen bir arabayı örnek olarak kullanarak bir benzetme yapabilir (örneğin, bir arabanın yakıt ve bakıma ihtiyacı vardır. Geri Dönüş Kutusu için hangi malzemeler ve bakım gereklidir?).

Tablo 1. Geri Dönüşüm Kutusu etkinliği sırasında öğrencilerin ilerlemesini değerlendirmek için değerlendirme listesi

Öğretmenin ifadesi	Öğrenci yanıtları
Geri Dönüş Kutusunun bilimsel temeli enerji transferidir çünkü...	
Geri Dönüş Kutusunun yapısı ve davranışı ile ilgili açıklamalar bilimsel bir sorgulama süreciyle geliştirildi çünkü...	
Bu araştırmanın ürünü/sonucuna bilim modeli denir çünkü...	
Verimliliği ve performansı en üst düzeye çıkarmak için Geri Dönme Kutusunu test etmek, bir problem çözme mühendislik sürecidir çünkü...	
Bilimsel sorgulama bazen problem çözme ve mühendislik süreçlerinden farklıdır çünkü...	
Bilimsel sorgulama bazen problem çözme ve mühendislik süreçleriyle aynıdır çünkü...	

Tablo 2. Geri Dönüş Kutusunun Nihai Değerlendirme Rubriği

Grup üyelerinin isim(ler)i:				
Geçerli, bilime dayalı bir Geri Dönüş Kutusu açıklaması sundu	4	3	2	1
Geri Dönüş Kutusu Maliyet analizi sundu	4	3	2	1
Geri Dönüş Kutusu performansını geliştiren ve uygun yöntemler, veriler ve yorumlarla desteklenen problem çözme çalışması sundu	4	3	2	1
Etiketlerle (nitel ve nicel) şematik sundu	4	3	2	1
STEM ile ilgili bilgilendirme yanıtları sundu	4	3	2	1
Çalışan bir Geri Dönüş Kutusu gösterdi	4	3	2	1
Grafikler, tablolar ve hesaplamalar dahil edildi	4	3	2	1
Toplam kazanç:				

(1-4 puan kullanılarak, 4=mükemmel [tüm yapısal ve bilimsel açıklama bölümleri mevcut], 3=iyi [en gerekli bilgiler mevcut], 2=yeterli [gerekli bazı bilgiler mevcut] ve 1=geliştirilmesi gerek [eksik anahtar parçalar].)

Standartlar

MSPS3-5. Bir nesnenin kinetik enerjisi değiştiğinde, enerjinin nesneye veya nesneden aktarıldığı iddiasını desteklemek için argümanlar oluşturun, kullanın ve sunun.

MS-ETS1. Başarı kriterlerini daha iyi karşılamak için yeni bir çözümden birleştirilebilecek her birinin en iyi özelliklerini belirlemek için çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için testlerden elde edilen verileri analiz edin.

Tablo 3. Yeni Nesil Bilim Standartlarıyla İlişkisi

Boyutlar	Ders Bağlantıları
Fen ve Mühendislik Uygulamaları	
Kanıtlara dayalı argümanlara katılmak	Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusu mekanizmasının bir açıklamasını oluşturmak için gözlemler yapar, sorular sorar, hipotezler oluşturur ve toplu kanıtları kullanarak çıkarımlarda bulunur. Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusunun tutarsız davranışını gözlemler ve çıkarsama yaparak, Geri Dönüş Kutusunun gizli mekanizması ve bilimsel kavramları hakkında kavramsal bir anlayışa yol açar.
Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	
PS3.B Enerjinin Korunumu ve Enerji Transferi - Enerji, daha sıcak bölgelerden veya nesnelere ve daha soğuk olanlara kendiliğinden aktarılır.	Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusu bileşenlerinin enerji tasarrufu ve enerji transferi açısından birlikte nasıl çalıştığını belirler.
ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirme - Bir çözümün test edilmesi ve ardından iyileştirilmesi için test sonuçlarına göre değiştirilmesi gerekir. Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusu bileşenlerinin enerji tasarrufu ve enerji transferi açısından birlikte nasıl çalıştığını belirler.	Küçük gruplar, tasarımlarını ve orijinal tasarımlarını değiştirir veya Geri Dönüş Kutusu performansını optimize etmek için yeni bir tane oluşturur.
Çapraz Kavramlar	
Enerji ve Madde	Soru: Yuvarlanmış Geri Dönüş Kutusunda ne tür bir enerji depolanır? Soru: Bükülmüş lastik bantta ne tür bir enerji depolanır?

Kaynaklar

1. Goldstein, M. H., Loy, B., & Purzer, S. (2017). Designing a sustainable neighborhood: An interdisciplinary project-based energy and engineering unit in the seventh-grade classroom. *Science Scope*, 41(1), 32–41. https://doi.org/10.2505/4/ss17_041_01_32
2. Berge, N., Thompson, D. D., Ingram, C., & Pierce, C. (2014). Engineering design and effects: A water filtration example. *Science Scope*, 38(3), 16–27. https://doi.org/10.2505/4/ss14_038_03_16
3. Vandermeer, S. (2010). The art of electro spinning: A nanotechnology engineering investigation for physics and chemistry labs. *The Science Teacher*, 77(6), 58–62.
4. Dasgupta, C., Sanzenbacher, B., Siegel, J., Mcbeath, D., & Moher, T. (2017). Call the plumber: Engaging students with authentic engineering design practices. *Science Scope*, 40(5), 50–59. https://doi.org/10.2505/4/ss17_040_05_50
5. D'Alessio, M., & Horey, T. (2013). Simulating earthquake early warning systems in the classroom. *Science Scope*, 37(4), 51–57.
6. Khalidi, R., & Ramsey, J. (2016). The come back can: A science activity about conservation of energy. *Science Scope*, 40(4), 14–20. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/24894436>

EK 17: Modül 2.1. fen ve mühendisliğin ilişkisi

NGSS’de (2013) ana hatları ile verilen fen ve mühendislik uygulamaları şunlardır: ^[1]

NGSS’de fen ve mühendislik için belirtilen uygulamalar

- [Bilimsel araştırma] soruları sorma (fen için) ve [mühendislik tasarım] problemlerini tanımlama (mühendislik için)
- [Bilimsel] açıklamalar oluşturma (fen için) ve [mühendislik] çözümleri tasarlama (mühendislik için)

NGSS’de farklılaşmayan uygulamalar

- Model geliştirme ve kullanma
- Araştırma planlama ve yürütme
- Veriler analiz etme ve yorumlama
- Matematik ve hesaplamalı düşünmeyi kullanma
- Kanıtlardan argüman oluşturma
- Bilgiyi alma, değerlendirme ve iletme

Özetle, tasarım süreci, bilimsel araştırmaya benzer şekilde soru sormayı, gözlem yapmayı ve kanıt toplamayı içerir. Bununla birlikte, bağlamsallaştırılmış problem, tasarım kısıtlamaları ve ödünleşimleri ve pratik bir çözüme duyulan ihtiyaç, mühendislerin süreci nasıl kullanacaklarını (nerede başlarlar, ne tür soruları sorarlar) etkiler. ^[1]

Bilimsel bir araştırma yürütme ile bilimsel tasarım sürecini kullanma arasındaki ince ama gerçek farklılıkları görebilmek, içerik alan anlayışları açısından değerlidir. Mühendislik tasarım sürecinin odak noktası, bireylerin gerçek dünyadaki sorunları belirlemelerine ve ardından problemin parametrelerini ve kapsamını tanımlayarak sistematik şekilde çözmelerine yardımcı olmak için bilimsel bilginin pratik uygulamasına dayanmaktadır; birden fazla çözüm için beyin fırtınası yapmak ve bunları problemin kısıtlamalarına karşı tartmak; orijinal parametreler dâhilinde probleme en iyi çözümü bulana kadar test etme, değerlendirme ve iyileştirme (NGSS Lead States, 2013). ^[2]

Tablo 1. Fen ve Mühendislik Uygulamaları Arasındaki İlişki ^[3]

Fen Uygulamaları	Mühendislik Uygulamaları
Bir soru sorar	Bir sorunu tanımlar
Modelleri kullanarak açıklamalar geliştirir	Modeller/prototipler yapar
Bir hipotezi test etmek için araştırmalar planlar ve yürütür	Prototipleri test etmek için bir araştırma planlar ve yürütür
Verileri analiz eder ve yorumlar	Prototipleri karşılaştırmak için analiz edilen veriler

Matematik ve sayısal düşünmeyi kullanır	Matematik ve hesaplamalı düşünmeyi kullanır
Sonuçları açıklamak için açıklamalar oluşturur	Kriterlere göre en iyi çözümü seçer
En iyi açıklama formunu kanıtlamak için tartışmaya girer	Çözümü savunmak ve yeniden tasarlamak için tartışmaya girer
Bir soru sorar	En iyi çözümü bildirir

NRC (National Research Council) K-12 fen ve mühendislik müfredatının temel unsurları olacak sekiz uygulama öne sürmüştür: ^[3]

1. Soru sorma (fen için) ve problemi tanımlama (mühendislik için)
2. Model geliştirme ve kullanma
3. Araştırmaları planlama ve yürütme
4. Verileri analiz etme ve yorumlama
5. Matematiği ve hesaplamalı düşünmeyi kullanma
6. Açıklamalar oluşturma (fen için) ve çözümler tasarlama (mühendislik için)
7. Kanıtlardan yola çıkarak tartışmaya girme
8. Bilgi edinme, değerlendirme ve bilgiyi sunma faaliyetidir.

Tablo 2. Bilim ve Mühendisliğin Ayırt Edici Uygulamaları ^[3]

1. Soru Sormak ve Problemleri Tanımlamak	
Bilim, “Gökyüzü neden mavi?” gibi bir olgu hakkında bir soruyla başlar veya “Kansere ne sebep olur?” ve bu tür sorulara açıklayıcı cevaplar sağlayabilecek teoriler geliştirmeye çalışır. Bilim insanın temel uygulaması, olgular hakkında ampirik olarak cevaplanabilir sorular formüle etmek, halihazırda bilinenleri kurmak ve hangi soruların henüz tatmin edici bir şekilde cevaplanmadığını belirlemektir.	Mühendislik, çözülmesi gereken mühendislik problemini öneren bir problem, ihtiyaç veya istekle başlar. Ülkenin fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmak gibi toplumsal bir sorun, daha verimli ulaşım sistemleri tasarlamak veya gelişmiş güneş pilleri gibi alternatif enerji üretim cihazları tasarlamak gibi çeşitli mühendislik sorunlarına yol açabilir. Mühendisler, mühendislik problemini tanımlamak, başarılı bir çözüm için kriterleri belirlemek ve kısıtlamaları belirlemek için sorular sorarlar.
2. Modeller Kullanmak ve Geliştirmek	
Bilim, genellikle doğal olgular hakkında açıklamalar geliştirmeye yardımcı	Mühendislik, kusurların nerede oluşabileceğini görmek veya yeni bir

<p>olmak için çok çeşitli modellerin ve simülasyonların oluşturulmasını ve kullanımını içerir. Modeller, gözlemlenebilirlerin ötesine geçmeyi ve henüz görülmemiş bir dünya hayal etmeyi mümkün kılar. Modeller, “if... Sonra... bu nedenle” varsayımsal açıklamaları test etmek için yapılmıştır.</p>	<p>soruna olası çözümleri test etmek için mevcut sistemleri analiz etmek için modeller ve simülasyonlardan yararlanır. Mühendisler ayrıca önerilen sistemleri test etmek ve tasarımlarının güçlü yanlarını ve sınırlamalarını tanımak için çeşitli türlerdeki modellere başvururlar.</p>
<p>3. Araştırmalar Planlamak ve Uygulamak</p>	
<p>Bilimsel araştırma sahada veya laboratuvarında yapılabilir. Bilim insanlarının temel uygulamalarından birisi, neyin kaydedileceğinin ve uygulanabilirse, bağımlı ve bağımsız değişkenler olarak ele alınacakların (değişkenlerin kontrolü) tanımlanmasını gerektiren sistematik bir araştırmayı planlamak ve yürütmektir. Bu tür çalışmalardan elde edilen gözlemler ve veriler, mevcut teorileri ve açıklamaları test etmek veya yeniklerini gözden geçirmek ve geliştirmek için kullanılır.</p>	<p>Mühendisler araştırmayı hem tasarım kriterlerini veya parametrelerini belirlemek için gerekli verileri elde etmek hem de tasarımlarını test etmek için kullanırlar. Bilim insanları gibi mühendisler de ilgili değişkenleri tanımlamalı, bunların nasıl ölçüleceğine karar vermeli ve analiz için veri toplamalıdır. Araştırmaları, tasarımlarının çeşitli koşullar altında ne kadar etkili verimli ve dayanıklı olabileceğini belirlemelerine yardımcı olur.</p>
<p>4. Verilerin Analizi ve Yorumlanması</p>	
<p>Bilimsel araştırmalar, anlam çıkarmak için analiz edilmesi gereken veriler üretir. Bilim insanları verilerdeki önemli özellikleri ve kalıpları belirlemek için tablolama, grafik yorumlama, görselleştirme ve istatistiksel analiz dahil olmak üzere bir dizi araç kullanır. Hata kaynakları belirlenir ve kesinlik derecesi hesaplanır. Modern teknoloji, büyük veri kümelerinin toplanmasını çok daha kolay hale getirerek, analiz için birçok ikincil kaynak sağlar.</p>	<p>Mühendisleri tasarımlarının testlerinde ve araştırmalarında toplanan verileri analiz eder; bu farklı çözümleri karşılaştırmalarına ve her birinin belirli tasarım kriterlerini ne kadar iyi karşıladığını belirlemelerine, yani verilerin kısıtlamalar dahilinde sorunu en iyi hangi tasarımın çözdüğünü belirlemelerine olanak tanır. Bilim insanları gibi, mühendisler de ana kalıpları belirlemek ve sonuçları yorumlamak için bir dizi araca ihtiyaç duyar.</p>
<p>5. Matematik ve Hesaplamalı Düşünmenin Kullanımı</p>	
<p>Bilimde matematik ve hesaplama, fiziksel değişkenleri ve bunların ilişkilerini temsil etmek için temel araçlardır. Simülasyonlar oluşturma, verileri istatistiksel olarak analiz etme ve nicel ilişkileri tanıma, ifade etme ve uygulama gibi bir dizi görev için kullanılırlar. Matematiksel ve hesaplamalı yaklaşımlar, bu tür</p>	<p>Mühendislikte, kurulan ilişkilerin ve ilkelerin matematiksel ve sayısal temsilleri tasarımın ayrılmaz bir parçasıdır. Örneğin, yapı mühendisleri, beklenen kullanım streslerine dayanıp dayanamayacaklarını ve kabul edilebilir bütçeler dahilinde tamamlanıp tamamlanamayacaklarını hesaplamak için tasarımların matematiksel temelli</p>

<p>tahminlerin test edilmesiyle birlikte diziksel sistemlerinin davranışlarının tahmin edilmesini sağlar. Ayrıca, istatistiksel teknikler, modellerin veya korelasyonların önemini değerlendirmek için çok değerlidir.</p>	<p>analizlerini oluştururlar. Ayrıca tasarımların simülasyonları, tasarımların geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için etkili bir test ortamı sağlar.</p>
<p>6. Açıklamaların İnşa Edilmesi ve Çözümlerin Tasarlanması</p>	
<p>Bilimin amacı, dünyanın özelliklerinin açıklayıcı hesaplarını sağlayabilecek teorilerin inşasıdır. Bir teori, açıkladığı olguların genişliği ve açıklayıcı tutarlılığı ve tutumluluğu bakımından diğer açıklamalardan üstün olduğu gösterildiğinde kabul edilir. Bilimsel açıklamalar, teorinin belirli bir duruma veya olguya, belki de incelenen sistem için teoriye dayalı bir modelin aracılığıyla açık uygulamalarıdır. Öğrencilerin amacı, mevcut bilim anlayışlarını veya onu temsil eden bir modeli birleştiren ve mevcut kanıtlarla tutarlı olan fenomenlerin mantıksal olarak tutarlı açıklamalarını oluşturmaktır.</p>	<p>Mühendislik problemlerini çözmek için sistematik bir süreç olan mühendislik tasarımı, maddi dünyanın bilimsel bilgisine ve modellerine dayanmaktadır. Önerilen her çözüm, arzu edilen işlevler, teknolojik fizibilite, maliyeti güvenlik, estetik ve yasal gerekliliklere uygunluğun rekabete eden kriterlerini dengeleme sürecinden kaynaklanmaktadır. Genellikle tek bir en iyi çözüm yoktur, bunun yerine bir dizi çözüm vardır. Hangisinin optimal seçim olduğu, değerlendirme yapmak için kullanılan kriterlere bağlıdır.</p>
<p>7. Kanıtlardan Argümanlara Katılma</p>	
<p>Bilimde, akıl yürütme ve argüman, bir akıl yürütme dizisinin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek ve doğal bir olgu için en iyi açıklamayı bulmak için esastır. Bilim insanları açıklamalarını savunmalı, sağlam bir veri temeline dayanan kanıtları formüle etmeli, başkaları tarafından sunulan kanıtlar ve yorumlar ışığında kendi anlayışlarını incelemeli ve araştırılan fenomen için en iyi açıklamayı bulmak için meslektaşlarıyla iş birliği yapmalıdır.</p>	<p>Mühendislikte, bir probleme mümkün olan en iyi çözümü bulmak için muhakeme ve argüman esastır. Mühendisler, tasarım süreci boyunca akranlarıyla iş birliği yapar ve kritik bir aşama, rekabet halindeki fikirler alanından en umut verici çözümün seçilmesidir. Mühendisler, alternatifleri karşılatırmak, kanıtları test verilerine dayalı olarak formüle etmek, sonuçlarını savunmak için kanıtlardan argümanlar oluşturmak, başkalarının fikirlerini eleştirel olarak değerlendirmek ve eldeki soruna en iyi çözüme ulaşmak için tasarımların revize edilmesi için sistematik yöntemler kullanır.</p>
<p>8. Bilginin Elde Edilmesi, Değerlendirilmesi ve Bildirilmesi</p>	
<p>Bilim insanları bulgularını açık ve ikna edici bir şekilde sunamazlarsa veya başkalarının bulguları hakkında bilgi alamazlarsa, bilim ilerleyemez. Bu nedenle, önemli bir bilim uygulaması</p>	<p>Mühendisler, tasarımlarının avantajları açık ve ikna edici bir şekilde iletilmediği takdirde yeni veya geliştirilmiş teknolojiler üretemezler. Mühendislerin fikirlerini sözlü ve yazılı olarak tablolar,</p>

fikirlerin ve araştırmanın sonuçlarının paylaşılmasıdır- sözlü, yazılı olarak, tablolar, diyagramlar, grafikler ve denklemler kullanara ve bilimsel meslektaşlarıyla uzun tartışmalara girerek. Bilim, bilimsel metinlerden (makaleler, internet, sempozyumlar ve konferanslar gibi) anlam çıkarma, bu şekilde elde edilen bilgilerin bilimsel geçerliliğini değerlendirme ve bu bilgileri bütünleştirme yeteneğini gerektirir.	grafikler, çizimler veya modeller kullanarak ve akranlarıyla kapsamlı tartışmalara katılarak ifade edebilmeleri gerekir. Ayrıca bilim insanlarında olduğu gibi, meslektaşlarının metinlerinden anlam çıkarabilmeleri, bilgileri değerlendirebilmeleri ve faydalı bir şekilde uygulayabilmeleri gerekir. Hem mühendislikte hem de bilimde, iş birliği ve iletişim olanaklarını genişleten yeni teknolojiler artık rutin olarak mevcuttur.
---	--

Soru Sormak ve Problemleri Tanımlamak

Sorular, bilim ve mühendisliği yönlendiren bir motordur.

Fen şöyle sorar:

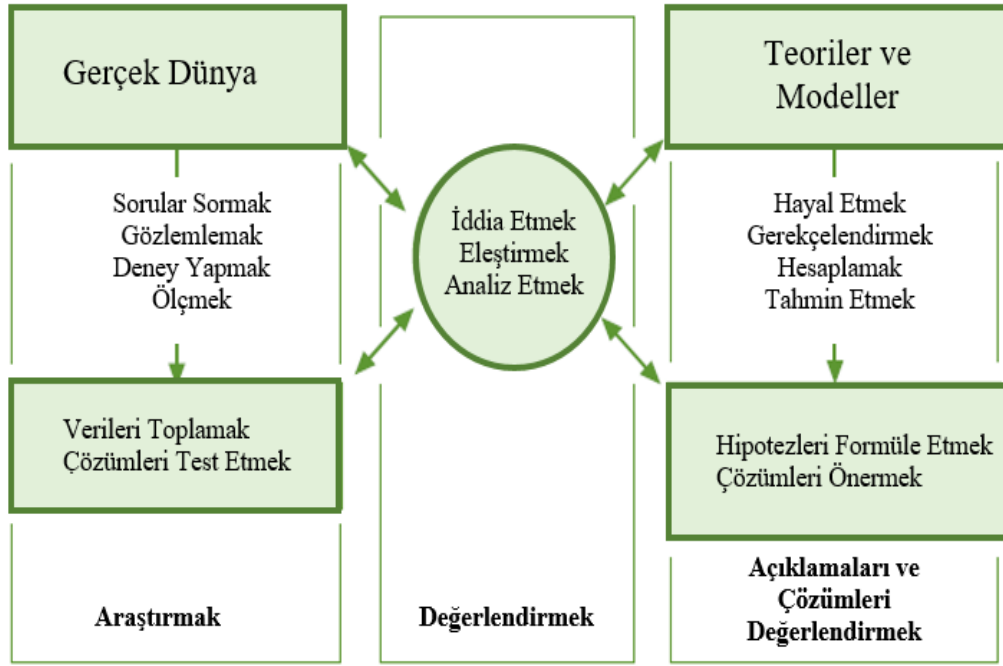
- Ne var ve ne oluyor?
- Neden oluyor?
- Kişi nasıl bilir?

Mühendislik şöyle sorar:

- Belirli bir insan ihtiyacına veya isteğine hitap etmek için ne yapılabilir?
- İhtiyaç nasıl daha iyi belirlenebilir?
- Bu ihtiyacı karşılamak için hangi araçlar ve teknolojiler mevcut veya geliştirilebilir?

Hem fen hem de mühendislik şöyle sorar:

- Kişi olgular, kanıtlar, açıklamalar ve tasarım çözümleri hakkında nasıl ilişki kurar? ^[3]



Şekil 1. Bilim insanları ve mühendislerin üç faaliyet kümesi ^[3]

Bilim insanları için bu faaliyet alanındaki çalışmalar, yerleşik teori ve modellerden yararlanmak ve teoriye uzantılar önermek veya yeni modeller yaratmaktır. Genellikle, araştırılacak yeni sorulara veya dikkate alınacak alternatif açıklamalara yol açan bir model veya hipotez geliştirirler. Mühendisler için ana uygulama tasarımların üretilmesidir. Tasarım geliştirme aynı zamanda, örneğin bir tasarımı bir dizi simüle edilmiş koşul altında test etmek için veya daha sonraki bir aşamada fiziksel bir prototipi test etmek için kullanılacak yeni yapıların ve süreçlerin bilgisayar simülasyonları gibi modellerin oluşturulmasını da içerir. Hem bilim insanları hem de mühendisler, bir sistemin olası davranışı hakkında tahminlerde bulunmak için eskizler, diyagramlar, matematiksel ilişkileri simülasyonlar ve fiziksel modeller dahil olmak üzere modellerini kullanırlar ve daha sonra tahminleri değerlendirmek ve sonuç olarak modelleri muhtemelen revize etmek için veri toplarlar. ^[3]

Bu iki faaliyet alanı arasında ve içinde, orta boşluk tarafından temsil edilen değerlendirme uygulaması vardır. İşte işin her adımında tekrar eden yinelemeli bir süreç. Eleştirel düşünme, bir fikrin (bir açıklama veya tasarım) geliştirilmesinde ve rafine edilmesinde veya bir araştırma yürütülürken gereklidir. Bu alandaki baskın faaliyetler, genellikle daha ileri deneylere ve gözlemlere veya önerilen modellerde, açıklamalarda veya tasarımlarda değişikliklere yol açan tartışma ve eleştiridir. Bilim insanları ve mühendisler, ister yeni teoriler veya tasarımlar, ister yeni veri toplama yöntemleri veya kanıtları daha sonra, nihai amacı açıklamayı ve tasarımı iyileştirmek ve geliştirmek olan argümandaki zayıflıkları ve sınırlamaları belirlemeye çalışırlar. Gerçekte, bilim insanları ve mühendisler, bu üç faaliyet alanı arasında akıcı ve yinelemeli bir şekilde ileri geri hareket eder ve aynı anda iki veya hatta üç modun tümünü içerebilecek faaliyetler yürütürler. Bu nedenle şekilde ki işlevi yalnızca bilim insanlarının ve mühendislerin çalışmalarına gönüllü uygulamaların işlevini, önemini, aralığını ve çeşitliliğini belirlemeye yardımcı olan bir şema sunmaktır. Kuşkusuz bir

besitleştirme olsa da, şekil üç kapsayıcı uygulama kategorisini tanımlamakta ve bunların nasıl etkileşime girdiğini göstermektedir. [3]

Mühendislik ve Bilim Nasıl Farklılaşır?

Mühendislik ve bilim benzerdir, çünkü ikisi de yaratıcı süreçleri içerir ve hiçbiri tek bir yöntem kullanmaz. Ve bilimsel araştırma farklı şekillerde tanımlandığı gibi mühendislik tasarımı da çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Bununla birlikte, mühendislik tasarım sürecinin genel hatları üzerinde yaygın bir fikir birliği vardır. Bilimsel araştırmalar gibi, mühendislik tasarımı da hem yinelemeli hem de sistematiktir. Tasarımın her yeni versiyonunun o noktaya kadar öğrenilenlere dayalı olarak test edilmesi ve ardından değiştirilmesi yinelemelidir. Bir dizi karakteristik adımın atılması gerektiği sistematiktir. Bir adım, sorunu tanımlamak ve kriterleri ve kısıtlamaları tanımlamaktır. Diğer bir adım, sorunun nasıl çözüleceğine dair fikirler üretmektir. Mühendisler, daha fazla geliştirme için bir dizi çözüm ve tasarım alternatifi bulmak için genellikle araştırma ve grup oturumlarını (örneğin, beyin fırtınası) kullanırlar. Diğer bir adım, tümü başka hiçbir şekilde elde edilemeyen değerli veriler sağlayan fiziksel ve matematiksel modellerin ve prototiplerin oluşturulması ve test edilmesi yoluyla potansiyel çözümlerin test edilmesidir. Eldeki verilerle mühendis, çeşitli çözümlerin verilerin kriterleri ve sınırlılıkları ne kadar iyi karşıladığını analiz edebilir ve ardından önde gelen tasarımı geliştirmek veya daha iyi bir tasarım tasarlamak için neyin gerekli olduğunu değerlendirir. [3]



Bilimin amacı, çok çeşitli olgular üzerinde açıklamalar sağlayabilen dünyanın tutarlı ve karşılıklı olarak tutarlı teorik tanımları geliştirmektedir. Ancak mühendislik için başarı, bir insan ihyiyacının ve isteğinin ne ölçüde karşılandığı ile ölçülür. [3]

Hem bilim insanları hem de mühendisler tartışmaya girerler, ancak bunu farklı amaçlarla yaparlar. Mühendislikte argümantasyonun amacı, olası tasarımları değerlendirmek ve ardından kriterleri ve sınırlılıkları karşılamak için en etkili tasarımı

üretmektir. Bu optimizasyon süreci, tipik olarak, bir tasarım zorluğuna asla tek bir “doğru” çözüm olmadığı sonucuna varan, rakip hedefler arasında ödünleşimleri içerir. Bunun yerine, bir dizi olası çözüm vardır ve bunlar arasından seçim yapmak kaçınılmaz olarak kişisel olduğu kadar teknik ve maliyet hususlarını da içerir. Ayrıca, yeni teknolojilerin sürekli gelişi, yeni çözümler sağlar. Buna karşılık, bilimdeki teoriler, tutumluluk (daha basit çözümler için bir tercih) ve açıklayıcı tutarlılık (esas olarak, herhangi bir yeni teorinin, gözlemere uyan ve olaylar hakkında tahminlere veya çıkarımlara izin veren olgu açıklamalarını ne kadar iyi sağladığı) gibi çok farklı bir dizi kriterleri karşılamalıdır). Ayrıca bilimin amacı, bir dizi ilgili olgu için tek, tutarlı ve kapsamlı bir teori bulmaktır. Birden fazla rekabet eden açıklama yetersiz olarak kabul edilir ve eğer mümkünse, içerdikleri çelişkiler, ya mevcut en iyi açıklamanın seçilmesini ya da söz konusu olgu için yeni ve daha kapsamlı bir teorinin geliştirilmesini sağlayan daha fazla veri ile çözümlenmelidir. [3]

K-12 öğrencilerinin yeni bilimsel teoriler geliştirmelerini beklemesek de, teoriye dayalı modeller geliştirilebileceklerini ve bunları gözlemlerden elde edilen kanıtlarla bağlantılı olarak açıklamalar geliştirmek için kullanarak tartışabileceklerini umuyoruz. Gerçekten de, kanıta dayalı modeller, argümanlar ve açıklamalar geliştirmek, kabul edilmiş bir bilimsel bakış açısının anlaşılmasını hem geliştirilmesinin hem de göstermenin anahtarıdır. [3]

Kaynaklar

- 1- Purzer, S & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(13), 1-12.
- 2- Fincher, B. A. (2016). Leveling the playing field: teacher perception of integrated STEM, engineering, and engineering practices. Ph.D Thesis, University of Arkansas, USA.
- 3- National Research Council [NRC] (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press, Washington, DC.

EK 18: Modül 2.2. fen eğitiminde mühendislik entegrasyonu

K-12 Mühendislik Eğitiminin Genel İlkeleri

Mühendislik Standartları Komitesi, K-12 mühendislik eğitiminde olması gereken üç genel ilke öne sürmüştür: (a) mühendislik tasarımı vurgulanmalıdır, (b) önemli ve gelişimsel olarak uygun matematik, fen ve teknolojik bilgi ve becerilerini bütünleştirmelidir ve (c) mühendislik zihin alışkanlıklarını desteklemelidir. ^{[11] [12]}

İlke 1. K-12 mühendislik eğitimi mühendislik tasarımı vurgulanmalıdır.

Tasarım süreci, problemleri tanımlamak ve çözmek için mühendislik yaklaşımı, (1) büyük ölçüde yinelemeli, (2) bir problemin birçok olası çözümü olabileceği fikrine açıktır, (3) fen, matematik ve teknolojik kavramları öğrenmek için anlamlı bir bağlamdır ve (4) analiz, modelleme ve sistemsel düşünmeye bir teşviktir. Tüm bu açılardan bakıldığında, mühendislik tasarım potansiyel olarak yararlı bir pedagojik stratejidir. ^[12]

İlke 2. K-12 mühendislik eğitimi önemli ve gelişimsel olarak uygun matematik, fen ve teknolojik bilgi ve becerileri bütünleştirmelidir.

Bilimsel sorgulama yöntemlerinin kullanımına ek olarak belirli fen kavramları mühendislik tasarım etkinliklerini destekleyebilir. Benzer şekilde, bazı matematik kavramları ve hesaplamalı yöntemler özellikle analiz ve modellemeye hizmet etmede mühendislik tasarımı destekleyebilir. Teknoloji ve teknolojik kavramlar mühendislik tasarımın bir sonucu olarak gösterilebilir, “tersine mühendislik” etkinlikleri fırsatları sağlanabilir, sosyal, çevresel ve mühendislik tasarım kararlarına diğer etkileri açısından düşünmeye teşvik edilebilir. Termometreler ve osiloskoplar gibi test ve ölçüm teknolojileri, veri toplama ve yönetimi için yazılım, grafik hesap makinelerini ve CAD/COM (bilgisayar tasarım) programları gibi hesaplama ve görselleştirme araçları ve internet uygun olarak, özellikle ortaöğretim düzeyinde mühendislik tasarımı desteklemek için kullanılmalıdır. ^[12]

İlke 3. K-12 mühendislik eğitimi mühendislik zihin alışkanlıklarını desteklemelidir.

Mühendislik “zihin alışkanlıkları”, çoğu kişinin 21 yüzyılda vatandaşlar için temel beceri olduğuna inandıklarıyla uyumludur. Sistemsel düşünme öğrencilerin teknolojik dünyadaki temel ara bağlantıları tanımlarını ve sistemlerin bireysel alt sistemlerin davranışlarından tahmin edilemeyen beklenmedik etkilere sahip olabileceğini takdir etmeleri için hazırlar. Bunlar arasında (1) sistemsel düşünme, (2) yaratıcılık, (3) optimizm, (4) iş birliği, (5) iletişim, ve (6) etik değerlendirmelere dikkat. ^[3]

Yaratıcılık, mühendislik tasarım sürecinin özünde vardır. İyimserlik (optimizasyon) her teknolojinin geliştirilebileceğini anlayışını ve her zorlukta hangi fırsatların ve olasılıkların bulunabileceğine dair bir dünya görüşünü yansıtır. Mühendislik bir “takım sporu”dur; iş birliği, bir tasarım görevine yönelik takım üyelerinin bakış açıları, bilgileri ve yeteneklerini birleştirerek kaldıraç görevi görür. İletişim, etkin işbirliği için, bir müşterinin ihtiyaçlarını ve özel isteklerinin anlaşılması için ve nihai tasarım çözümünü açıklamak ve doğrulamak için temeldir. Etik düşünceler, mühendisliğin insanlar ve çevre üzerindeki etkilerine dikkati çeker; aynı zamanda teknolojinin istenmeyen sonuçları, belirli bireyler veya gruplar için bir teknolojinin orantısız olası avantaj veya dezavantajları ve diğer sorunları kapsar. ^[12]

ABD’de fen ve mühendisliğin entegrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olan en etkili rapor, fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının ve temel fikirlerin önemini destekleyen (Ulusal Araştırma Konseyi, 2012) ve rehberlik eden Fen Eğitimi için Bir Çerçeve olmuştur. Yeni Nesil Fen Standartlarının (NGSS) geliştirilmesi (Achieve, 2013). Önceki reform çabalarına kıyasla NGSS hakkında özellikle benzersiz olan şey, fen ve mühendisliğin entegrasyonunu teşvik ederken üç boyutlu yaklaşımı ile “disiplinlere özgü temel fikirleri”, “uygulamaları” ve “kesişen kavramları” birleştirmeye odaklanmasıdır (National Research Council, 2012).^[1]

Kroes (2009a, 2009b)’un örneklerinden esinlenerek aşağıdaki üç soru ele alalım:

- a) Metakarpal kemiğin yapısı nedir?
- b) Hangi malzeme özellikleri önerilen bir protez tasarımının taşıyabileceği maksimum yükünü artırır?
- c) Bir dizi teknik ve kullanıcı gereksinimlerini karşılayan bir protez eli nasıl tasarlarız (örneğin çocuklar için)^[1]

İlki bilimsel bir araştırma sorusudur; ikincisi bir mühendislik araştırma sorusudur (mühendislik bilimi) ve sonuncusu bir mühendislik tasarım sorusudur. Mühendislik bilimi sorusunu bir kenara bırakırsak ve iki farklı soruya (a ve c) odaklanırsak, mühendislik tasarımın üç yönü onu bilimsel araştırmadan ayırmaktadır (Lewis, 2006; Radder, 2009)^[1]

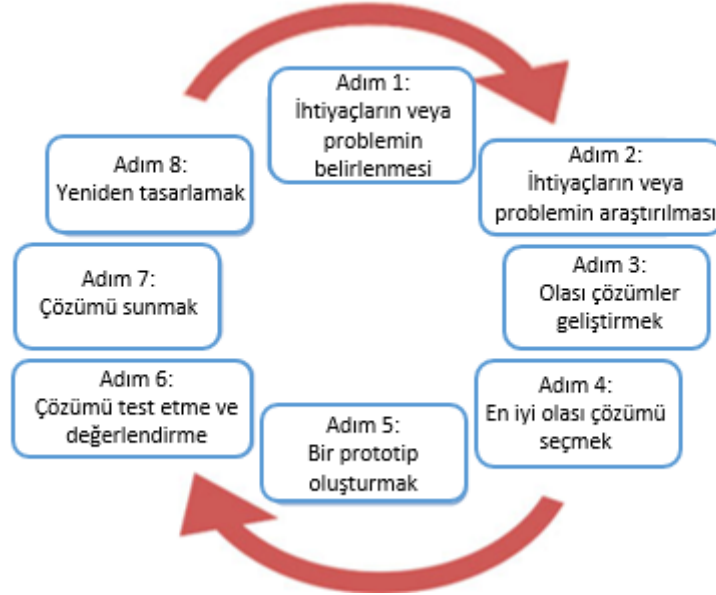
- **Amaç:** Fen, açıklayıcı bilgiyi hedefler ve mühendislik insan ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış sosyal açıdan yararlı, pragmatik çözümleri hedefler
- **Bağlam:** Bilimin doğası bağlamdan bağımsız ve genelleştirilebilir açıklamalar gerektirirken, mühendislik bağlama bağlı ancak aktarılabilir bilgi gerektirir.
- **Ödünleştirmeler:** Bağlamsallaştırılmış doğası ile bağlantılı olarak mühendislik, kısıtlamalar altında tasarım gereksinimlerini (etkinlik, verimlilik, fizibilite, güvenlik ve sürdürülebilirlik gibi) gerçekleştirmeyi amaçlar ve bu nedenle ödünleşim gerektirmektedir. Fen, bağlamdan arındırılmış ve idealleştirilmiş koşullar gerektirir^[1]

Birçok araştırmacı mühendislik eğitiminde odak olarak mühendislik tasarımı kullanarak fen konularının öğretiminin en iyi yaklaşım olduğunu önermektedir.^{[2] [3] [4] [5] [6] [7]}

Cajas (2001) mühendisliğin birden çok disiplinin kesişme noktasında gerçekleştiğini ve süreçlerinin ve teknolojik ürünlerinin genel halk için önemli olduğunu ileri sürmüştür. Ek olarak mühendislik problemleri optimizasyon, deney ve yenilik için çeşitli süreçleri gerektirmektedir (Bkz. Şekil 1). Bazı mühendislik problemleri fen sorularına benzer (mühendislik bilimlerinde deney); bazı prototip ve test değerleri (tasarla-inşa et-test); diğerleri analiz ve matematiğe (optimizasyon) daha fazla vurgu yapar ve geri kalanlar teknolojik, sosyal ve ekonomik faktörleri (yenilik) çerçeveleriyle daha karmaşıktır^[1]

Bilimsel bir araştırma yürütme ile bilimsel tasarım sürecini kullanma arasındaki ince ama gerçek farklılıkları görebilmek, içerik alan anlayışları açısından değerlidir. Mühendislik tasarım sürecinin odak noktası, bireylerin gerçek dünyadaki sorunları

belirlemelerine ve ardından problemin parametrelerini ve kapsamını tanımlayarak sistematik şekilde çözmelerine yardımcı olmak için bilimsel bilginin pratik uygulamasına dayanmaktadır; birden fazla çözüm için beyin fırtınası yapmak ve bunları problemin kısıtlamalarına karşı tartmak; orijinal parametreler dâhilinde probleme en iyi çözümü bulana kadar test etme, değerlendirme ve iyileştirme (NGSS Lead States, 2013). [8]



Şekil 1. Massachusetts (MDE, 2006)'nın Mühendislik Tasarım Süreci Modeli [9]

Tablo 1. Mühendislik, Teknoloji ve Fen Uygulamalarında Temel ve Bileşen Fikirler [10]

Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	Temel Fikir	Bileşen Fikir
Mühendislik, Teknoloji ve Fen Uygulamaları	ETS 1: Mühendislik Tasarım	ETS1.A: Bir Mühendislik Problemin Tanımlanması ve Sınırlandırılması
		ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirmek
		ETS1.C: Tasarım Çözümlerini Optimize Etme
	ETS2: Mühendislik, Teknoloji, Fen ve Toplum Arasındaki Bağlantılar	ETS2. A: Fen, Mühendislik ve Teknolojinin Karşılıklı İlişkisi
		ETS2. B: Mühendislik, Teknoloji ve Fenin Toplum ve Doğal Dünya Üzerine Etkisi

ETS1. Mühendislik Tasarım Mühendisler sorunları nasıl çözer?

Tasarım süreci-mühendislerin problem çözmeye yönelik temel yaklaşımı-birçok farklı uygulamayı içerir. Problem tanımı, model geliştirme ve kullanımı, verilerin

araştırılması, analizi ve yorumlanması, matematik ve hesaplamalı düşünmenin uygulanması ve çözümlerin belirlenmesini içerir. Bu mühendislik uygulamaları, ölçütler ve kısıtlamalar, modelleme ve analiz ile optimizasyon ve ödünleşimler hakkında özel bilgileri içerir. [10]

ETS1.B: OLASI ÇÖZÜMLER GELİŞTİRME

Potansiyel tasarım çözümlerini geliştirme süreci nedir?

Bir problemi çözmek için yeni bir tasarım geliştirmenin yaratıcı süreci, mühendisliğin merkezi bir unsurudur. Bu süreç, hem bireyler hem de beyin fırtınası gibi grup süreçleri tarafından yeni fikirlerin üretildiği nispeten açık uçlu bir aşama ile başlayabilir. Çok geçmeden süreç, eldeki kriterleri veya kısıtlamaları karşılayan çözümlerin özelliklerine geçmelidir. İlk fikirler, genellikle modeller aracılığıyla daha resmi hale getirilmelerine rağmen, resmi olmayan eskizler veya diyagramlar aracılığıyla iletilebilir. Fiziksel, grafiksel ve matematiksel modeller oluşturma ve kullanma yeteneği, bir tasarım fikrini makine, bina veya başka herhangi bir çalışma sistemi gibi bitmiş bir ürüne çevirmenin önemli bir parçasıdır. Her mühendislik alanı belirli sistem türlerine (örneğin mekanik, elektrik, biyoteknolojik) odaklandığından, mühendisler bu tür sistemlerin ihtiyaç duyduğu unsurlarda uzmanlaşır. Ancak alanları ne olursa olsun, tüm mühendisler tasarım sorunlarına çözümler geliştirmeye ve sunmaya yardımcı olması için modelleri kullanır.

Modeller, tasarımcının bir tasarım problemin özelliklerini daha iyi anlamasına, olası bir çözümün unsurlarını görselleştirmesine, bir tasarımın performansını tahmin etmesine ve uygulanabilir çözümlerin (veya mümkünse en uygun çözümün) geliştirilmesine rehberlik etmesine olanak tanır. Fiziksel bir model, dayanıklılık, esneklik, ısı iletimi, diğer bileşenlerle uyum gibi ilgili parametreler için manipüle edilebilir ve test edilebilir. Ölçekli modeller ve prototipler, belirli fiziksel model türleridir. Eskizler ve çizimler gibi grafik modeller, mühendislerin tasarım fikirlerini kolayca paylaşmasına ve tartışmasına ve diğerlerinden gelen girdilere dayalı olarak düşüncelerini hızla gözden geçirmesine izin verir. Matematiksel modeller, mühendislerin, tasarımın bir özelliğindeki (örneğin, malzeme bileşimi, ortam sıcaklığı) bir değişikliğin diğer özellikler üzerindeki veya bir bütün olarak performans üzerindeki etkilerini, tasarlanan ürün fiilen inşa edilmeden önce tahmin etmelerini sağlar. Matematiksel modeller genellikle bilgisayar tabanlı simülasyonlara gömülür. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM), mühendislikte yaygın olarak kullanılan modelleme araçlarıdır. Modellerden ve deneylerden elde edilen veriler, bir tasarımı değiştirme konusunda kararlar almak için analiz edilebilir. Analiz, bir tasarımın hangi kriterleri karşıladığı gibi, performans bilgilerini ortaya çıkarabilir veya genel olarak tasarlanmış sistem veya sistem bileşeninin belirli koşullar altında ne kadar iyi davranacağını tahmin edebilir. Analiz, öngörülen performansın istenen kriterlere uymadığını ortaya çıkarırsa, tasarım ayarlanabilir. [10]

ETS1.C: TASARIM ÇÖZÜMÜNÜN OPTİMİZE EDİLMESİ

Önerilen çeşitli tasarım çözümleri nasıl karşılaştırılabilir ve geliştirilebilir?

Kriterleri karşılamamanın ve kısıtlamaları karşılamamanın birden fazla yolu olduğundan, bir mühendislik tasarım problemine birden çok çözüm her zaman mümkündür. Ancak mühendisliğin amacı sadece bir soruna çözüm tasarlamak değil, en iyi çözümü tasarlamaktır. Bununla birlikte, “en iyi”yi neyin oluşturduğunu belirlemek, ir kişinin optimal çözümüne ilişkin görüşünün diğerlerinden farklı olabileceği göz önüne alındığında, değer yargıları gerektirir. Optimizasyon çoğu rakip kriterler arasında ödünleşimler yapmayı gerektirir. Örneğin, bir kriter (daha hafif ağırlıklı gibi) artırılırken, bir diğeri (birim maliyet gibi) feda edilebilir (yani, hafif malzemelerin daha yüksek maliyeti nedeniyle maliyet artabilir). Gerçekte, bir kriterin değeri düşürülebilir veya daha önemli kabul edilen bir diğeri için takas edilir. Her biri farklı kriterler için optimize edilmiş birden fazla olası tasarım seçeneği göz önünde bulundurulduğunda, mühendisler önerilen farklı çözümlerin genel avantajlarını ve dezavantajlarını karşılaştırmak için bir takas matrisi kullanabilir. Hangi kriterlerin kritik olduğuna ve hangilerinin ödünleşimler edilebilir. Her biri farklı kriterler için optimize edilmiş birden fazla olası tasarım seçeneği göz önünde bulundurulduğunda, mühendisler, önerilen farklı çözümlerin genel avantajlarını ve dezavantajlarını karşılaştırmak için bir takas matrisi kullanabilir. Hangi kriterlerin kritik olduğuna ve hangilerinin ödünleşim edilebileceğine ilişkin karar, duruma ve ürün veya sistemin son kullanıcısının algılanan ihtiyaçlarına dayalı bir yargıdır. Çevre veya sağlık etkileri, mevcut teknolojiler ve kullanıcıların beklentileri dahil olmak üzere birçok faktör zamanla değiştiğinden ve yerden yere farklılık gösterdiğinden, bir anda ve yerde optimal kabul edilen bir tasarım çözümü, diğ er zamanlarda ve yerlerde optimal olmaktan uzak görülebilir. Bu nedenle, her biri farklı koşullar için optimize edilmiş farklı tasarımlara sıklıkla ihtiyaç duyulur. [10]

ETS2 Mühendislik, Teknoloji, Bilim ve Toplum Arasındaki Bağlantılar

Mühendislik, teknoloji, bilim ve toplum nasıl birbiriyle bağıntılıdır?

Bilimden elde edilen yeni anlayışlar, genellikle mühendislik tasarım kullanılarak geliştirilen yeni teknolojilerin ve bunların uygulamalarının ortaya çıkışını hızlandırır. Buna karşılık, yeni teknolojiler yeni bilimsel araştırmalar için fırsatlar açar. Fen, mühendislik ve teknolojiadaki ilerlemelerin birlikte, tarım, ulaşım, sağlık ve iletişim gibi alanlarda ve doğal çevre üzerinde insanın toplum üzerinde derin etkileri olabilir ve gerçekten de olmuştur. Her sistem, yeni teknolojiler tanıtıldığında hem istenen etkiler hem de beklenmedik sonuçlarla önemli ölçüde değişebilir. [10]

ETS2.A: BİLİM, MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİNİN DAYANIŞMASI

Bilim, mühendislik ve teknoloji arasındaki ilişkiler nelerdir?

Bilim ve müendislik alanları birbirini destekler niteliktedir ve bilim insanları ve mühendisler, özellikle bilim ve mühendisliğin sınırlarındaki alanlarda, genellikle ekipler halinde birlikte çalışırlar. Bilimdeki ilerlemeler, teknolojiye ilerlemeler üretmek için mühendislik yoluyla uygulanabilecek yeni yetenekler, yeni malzemeler veya yeni süreçler anlayışı sunar. Teknolojiye ilerlemeler, bilim insanlarına doğal dünyayı daha büyük veya daha küçük ölçeklerde araştırmak için yeni yetenekler sağlar; verileri kaydetmek, yönetmek ve analiz etmek; ve her zamankinden daha karmaşık sistemleri daha hassas bir şekilde modellemek. Ek olarak, mühendislerin teknoloji geliştirme ve iyileştirme çabaları, bilim insanlarının araştırmaları için sıklıkla yeni sorular ortaya çıkarmaktadır. [10]

ETS2.B: Mühendislik, Teknoloji ve Bilimin Toplum ve Doğal Dünya Üzerindeki Etkisi

Bilim, mühendislik ve bunlardan kaynaklanan teknolojiler insanların yaşam bilimlerini nasıl etkiler? Doğal dünyayı nasıl etkilerler?

Tarımın ilk biçimlerinden en son teknolojilere kadar, tüm insan faaliyetleri doğal kaynaklardan yararlanmış ve hem insanların hem de doğal çevrenin sağlığı için hem kısa hem de uzun vadeli olumlu ve olumsuz sonuçlar doğurmuştur. Bu sonuçlar yakın insanlık tarihinde daha da güçlendi. Bilim ve mühendislikteki gelişmeler insanların birbirleriyle ve çevrelerindeki doğal çevreyle etkileşim biçimlerini etkilediğinden, toplum çarpıcı biçimde değişti ve insan nüfusu ve ömrü arttı. Bilim ve mühendislik, diğerleri arasında tarım, tıp, konut ulaşım, enerji üretimi, su mevcudiyeti ve arazi kullanımı gibi çeşitli alanları etkiler. Sonuçlar genellikle toplum ve çevre üzerinde, ortaya çıktıklarında beklenmeyen veya zaman içinde dikkat gerektiren seviyelere çıkabile bazıları da dahil olmak üzere, derin etkiler gerektirir. Herhangi bir yeni teknolojinin kullanımıyla ilgili kararlar, zaman zaman bilim ve mühendislik tarafından desteklenen maliyetler, faydalar ve risklerin dengelenmesini içerir. Örneğin, matematiksel modelleme, bireysel insan yargılarının kolayca kapsayabileceği yer, zaman veya sistem karmaşıklığının ötesindeki eylemlerin sonuçlarına ilişkin içgörü sağlamaya yardımcı olabilir ve böylece hem kişisel hem de toplumsal karar alma sürecini kapsayabilir.

Bilim ve mühendislik yalnızca toplumu etkilemekle kalmaz, aynı zamanda toplumun kararları (ister piyasa güçleri ister politik süreçler yoluyla olsun) bilim insanlarının ve mühendislerin çalışmalarını etkiler. Bu kararlar bazen teknolojileri geliştirmek veya değiştirmek için hedefler ve öncelikler belirler. Diğer zamanlarda, örneğin hammadde çıkarmanın düzenlenmesi veya madencilik, çiftçilik ve endüstriden kaynaklanan izin verilen kirlilik seviyelerinin belirlenmesini gibi sınırlar koyarlar. ^[10]

MÜHENDİSLİK-FEN ENTEGRASYON MODELLERİ

Bu model, tasarımın kullanıcı merkezli ve bağlamsallaştırılmış doğasını benimser. Öğrencilere tipik olarak gerçek veya simüle edilmiş bir müşteriden gelen bir problem sunulur (Ewalt, Dortch, & Russell, 2015; Karahan, Guzey, & Moore, 2014). İhtiyaçların anlaşılmasında, kriterlerin ve kısıtlamaların tanımlanmasında ve ner bir problem ifadesinin açık bir şekilde ifade edilmesinde problem kapsamının belirlenmesi gereklidir. Tufts Üniversitesi'ndeki araştırmacılar tarafından geliştirilen bir öğretim modeli olan "yeni mühendislik", ilkökul sınıflarında uygulanan kullanıcı merkezli mühendislik tasarımın harika bir örneğidir. Roman Mühendisliği, öğrencileri kitaplardaki ve romanlardaki karakterlerin ihtiyaçlarını belirlemeye, problem bağlamını anlamaya ve ifade etmeye ve tasarım kriterleri ve kısıtlamalarını geliştirmeye dahil ederek problem kapsamını genişletmektedir. Bir ortaokul tasarım projesinde, Goldstein vd. (2017) sürdürülebilir bir mahalle tasarlamayı amaçlayan yerel bir ev yapımcısıyla işbirliği yapmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar, öğrencilerin senaryoları tasarlamak için fen kavramlarını uygulama becerilerinde artış olduğunu bulmuşlardır (Chao vd., 2017; Goldstein vd., 2018).^[1]

Tasarla-İnşa Et-Test Modeli

Tasarla-İnşa Et-Test (TİT) projeleri, mühendislikte uygulandığında, bir prototipi test etme ve bir ilkenin kanıtını oluşturma amacını taşımaktadır. Bu tür testler, işlevsel modellerin doğrulanması (prototipler) ve sanal modellerle simülasyonlar (Batliner, Boës, Heinis, & Meboldt, 2018) gibi birçok biçimde olabilir. K-12 eğitiminde TİT, sınıfta kullanılan en yaygın yaklaşımdır (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019). Bu modelde, öğrencilere özel tasarım gereksinimleri sağlanırken kısıtlamalar tipik olarak mevcut malzemeler ve zamana gibi bir etkinliğe bağlıdır. Araştırmacılar TİT modelinin mühendislik ile epistemolojik bağlantısını zayıflatabilecek iki olası yöne karşı uyarmaktadır. Bu faaliyetler kasıtsız olarak sanat ve zanaat faaliyetlerine dönüşebilir (Purzer vd., 2014). Ek olarak TİT, ders saatlerinin çoğunu alan inşa etme ve inşaat faaliyetlerinin üzerinde durmaktadır. Ancak, inşayı takip eden test etme ve düşünme, iyi tasarım ve derin öğrenme için gereklidir (Chao vd., 2017). Yapılar mühendislik tasarımda önemli bir rol oynasa da, yerleşik prototipler testlere ve veri toplamaya izin verir, böylece kararlar alınabilir.^[1]

Mühendislik Fen Deneyleri Modeli

Bu model ve yaklaşım bilimsel araştırmaya en yakın olanıdır, çünkü mühendislik deney modeli kontrollü deneylere değer verir. Bu modelde, komut dosyalı bir prosedür izlenerek bir prototip oluşturulur. Test için bir prototip oluştururken bir değişken bir sonuç üzerindeki etkisini değerlendirmek için manipüle edilir (Hoffmann, 2013). Ardından, kontrollü deneyler ve analizler yoluyla, en etkili sonuç (örneğin, malzeme veya şekil) belirli bir tasarım kriterine göre belirlenir. Örneğin, doku mühendisliği dersinde öğrenciler aljinat jelden yapılmış kolonlar inşa etmek için bir protokol izlemişlerdir (Ballyns, Doran, Archer, & Bonassar, 2011). Numunelerini, sıkıştırma testleri kullanarak test ederler. Projenin amacı en güçlü malzemeyi üretmektir. Mühendislik deney modeli, üniversitelerde veya endüstriyel araştırma laboratuvarlarında yürütülen araştırma mühendislerinin türünü yansıtır; dolayısıyla, mühendisliğin bu yönü bilimsel uygulamaya benzer.^[1]

Tasarım Optimizasyon Modeli

Bu model mevcut bir sistemi veya optimalin altında bir performansla çalışan bir ürünü iyileştirmeye odaklanır. Bu model, rekabet eden kriterler veya kısıtlamalar dahilinde mevcut bir sistemi veya prototipi iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Dasgupta Sanzenbacher, Siegel, Mcbeath ve Moher, 2017). Bu nedenle, öğrenciler yetersiz bir sistemin analizi ve sorunları problemlerinin teşhisi ile meşgul olurlar. Uygulama, tasarım ödünleşim

lerini gerektirir ve bir yapının veya revize edilmiş bir sistemin performansını optimize etmeyi amaçlar. Xie, Schimpf, Chao, Nourian ve Massicotte (2018), öğrencilerden mevcut bir binayı (okulları, kütüphaneleri veya evleri) optimize etmelerini isterken Energy3D yazılımını (Energy3D, 2018) kullanarak bir optimizasyon problemi geliştirdiler. Öğrenciler binanın enerji performansını ve maliyetini analiz eder ve ardından tasarım kısıtlamalarını dikkate alarak güneş panellerini ekleyerek ve yalıtım malzemelerini değiştirerek binanın enerji verimliliğini optimize eder. Dasgupta vd. (2017), bu model belirli fen kavramlarının tasarlanmış çözümlere uygulanmasına izin verir. Başka bir çalışmada Purzer ve meslektaşları, optimizasyon ve ödünleşim görevlerinin öğrencilerin tasarım çözümleriyle bağlantılı olarak bilimsel temel fikirlerle açıkça bağlantı kurmalarına izin verdiğini savunmuştur (Purzer vd. 2015). Önceden yapılan sınırlı araştırmalara rağmen, bu model bilimsel ve mühendislik uygulamalarını entegre etmede yüksek potansiyele sahiptir ve ayrıntılı bir fikir oluşturma ve yeni tasarım için harcanan zamanı azaltır. ^[1]

Kaynaklar

1. Purzer, S & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(13), 1-12.
2. NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.
3. Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education [MDESE] (2016). 2016 Massachusetts science and technology/engineering curriculum frameworks, <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>-(Erişim: 15.10.2019)
4. Hynes, M. M. (2009). Teaching middle-school engineering: an investigation of teachers' subject matter and pedagogical content knowledge. Ph.D Thesis, Tufts University, USA.
5. Vessel, K. N. (2011). Examination of engineering design teacher self-efficacy and knowledge base in secondary technology education and engineering-related courses.
6. Pleasants, J. (2018). Engineering in the elementary science classroom: Teachers' knowledge and practice of the nature of engineering. Ph.D Thesis, Iowa State University, USA.
7. Maine Department of Education [MDE] (2019). Standards & instruction–science & engineering. <https://www.maine.gov/doe/learning/content/scienceandtech/>-(Erişim: 13.11.2019).

8. Fincher, B. A. (2016). Leveling the playing field: teacher perception of integrated STEM, engineering, and engineering practices. Ph.D Thesis, University of Arkansas, USA.
9. Massachusetts Department of Education [MDE] (2006). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Malden, MA: Massachusetts Department of Education.
10. National Research Council [NRC] (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press, Washington, DC.
11. National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. Ed.: Katchi, L. Pearson, G., Feder, M., The National Academies Press, Washington, USA.
12. National Research Council [NRC] (2010). Standards for k-12 engineering education?. The National Academies Press, Washington, USA.

EK 19: Modül 2.3. ABD'nin ulusal ve çeşitli eyaletlerinin mühendislik standartları

Ulusal Akademiler (The National Academies), mühendisliği K-12 eğitiminde konumlandırarak akademik söylemi şekillendirmede önemli bir rol oynamıştır. 2009 yılında, Ulusal Mühendislik Akademisi, K-12 Eğitiminde Mühendisliği yayımladı ve mühendisliğin formal K-12 eğitiminde ele alınması gereken yolları açıkladı (National Academy of Engineering, 2009). Daha sonra Mühendislik Akademisi, K-12 mühendislik eğitimi için standartlara ihtiyaç olup olmadığını sorgulayan başka bir rapor yayımladı (National Academy of Engineering, 2010). Bu ikinci rapor, mühendislik için ayrı bir standartlar kümesi kullanmak yerine K-12'de mühendislik eğitiminin uygulanması için entegre bir yaklaşım önermiştir. ABD'de fen ve mühendisliğin entegrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olan en etkili rapor, fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının ve temel fikirlerin önemini destekleyen (Ulusal Araştırma Konseyi, 2012) ve rehberlik eden Fen Eğitimi için Bir Çerçeve olmuştur. Yeni Nesil Fen Standartlarının (NGSS) geliştirilmesi (Achieve, 2013). Önceki reform çabalarına kıyasla NGSS hakkında özellikle benzersiz olan şey, fen ve mühendisliğin entegrasyonunu teşvik ederken üç boyutlu yaklaşımı ile “disiplinlere özgü temel fikirleri”, “uygulamaları” ve “kesişen kavramları” birleştirmeye odaklanmasıdır (National Research Council, 2012).⁽¹⁾

ABD'nin Yeni Nesil Üç Boyutlu Öğrenme Programı Nedir?

NGSS (Next Generation Science Standards), üç boyutlu öğrenmeye dayanmaktadır. Çerçevede ana hatlarıyla belirtildiği gibi, öğrenciler Fen ve Mühendislik Uygulamaları (1. boyut) kullanarak, Kesişen Kavramları (2. boyut) ve ayrıca Disipline Özgü Temel Fikirleri (3. boyut) uygulayarak olguları anlamlandırır. Tamamı olguları anlamlandırmanın hizmetinde olan bu üç boyutun entegrasyonu, öğrencileri hem bilimsel sorgulamaya hem de mühendislik tasarımına dahil eden içerik bilgisi, uygulamalarının önemini ve karşılıklı ilişkisini gösterir.⁽²⁾

Boyut 1: Fen ve Mühendislik Uygulamaları

Bilim ve Mühendislik Uygulamaları (BMU), bilim insanları ve mühendislerin kendi alanlarında kullandıkları uygulamaları tanımlar. BMU, öğrencilerin bilim ve mühendislik bilgilerini geliştirmelerine yardımcı olurken, ilgili uygulamalarla yeteneklerini geliştirir. BMU şunlardan oluşur:

- Soru Sormak ve Problemleri Tanımlamak
- Model Geliştirme ve Kullanma
- Araştırmaların Planlanması ve Yürütülmesi
- Verilerin Analiz Edilmesi ve Yorumlanması
- Matematiksel ve Bilişimsel Düşünmeyi Kullanma
- Açıklamaların Oluşturulması ve Çözümlerin Tasarlanması
- Kanıtlara Dayalı Argümantasyona Katılmak
- Bilginin Elde Edilmesi, Değerlendirilmesi ve İletilmesi

Boyut 2: Kesişen Kavramlar

Kesişen Kavramlar (KK), bilimin çeşitli alanlarını birbirine bağlar ve öğrencilerin çeşitli bilim ve mühendislik disiplinleri arasındaki karşılıklı bağımlılığı daha iyi kavramasına ve keşfetmesine olanak tanır. KK, öğrencilere bilim dünyasını anlamaları için bir organizasyon şeması sağlar ve aşağıdaki konuları ele alır:

1. Tasarımlar. Gözlemlenen form ve olay kalıpları, organizasyona ve sınıflandırmaya rehberlik eder ve ilişkiler ve onları etkileyen faktörler hakkında sorular sorar.
2. Sebep ve sonuç: Mekanizma ve açıklama. Olayların bazen basit, bazen çok yönlü nedenleri vardır. Bilimin önemli bir faaliyeti, nedensel ilişkileri ve bunların aracılık ettiği mekanizmaları araştırmak ve açıklamaktır. Bu tür mekanizmalar daha sonra belirli bağlamlarda test edilebilir ve olayları yeni bağlamlarda tahmin etmek ve açıklamak için kullanılabilir.
3. Ölçek, orantı ve miktar. Olguları değerlendirirken, farklı büyüklük, zaman ve enerji ölçümlerinde neyin alakalı olduğunu ve ölçek, orantı veya nicelikteki değişikliklerin bir sistemin yapısını veya performansını nasıl etkilediğini tanımak çok önemlidir.
4. Sistemler ve sistem modelleri. İncelenmekte olan sistemin tanımlanması (sınırlarının belirlenmesi ve bu sistemin bir modelini açık hale getirmek) bilim ve mühendislikte uygulanabilir fikirleri anlamak ve test etmek için araçlar sağlar.
5. Enerji ve madde: Akışlar, döngüler ve korunum. Sistemlerin içine, dışına ve içindeki enerji ve madde akışlarını izlemek, sistemlerin olanaklarını ve sınırlamalarını anlamana yardımcı olur.
6. Yapı ve işlev. Bir cismin veya canlının oluşma şekli ve alt yapısı onun birçok özelliğini ve işlevini belirler.
7. Denge ve değişim. Hem doğal hem de yerleşik sistemler için, kararlılık koşulları ve bir sistemin değişim veya evrim oranlarının belirleyicileri, çalışmanın kritik unsurlarıdır.

Boyut 3: Disipline Özgü Temel Fikirler

Disipline Özgü Temel Fikirler (DÖTF), öğrencilere bir öğrencinin eğitiminin çok ötesinde geliştirilebilecek ve entegre edilebilecek temel bilgileri sağlamayı amaçlayan bilim ve mühendislikteki bir fikir koleksiyonudur. Böylece, DÖTF K-12 fen müfredatına odaklanmaya yardımcı olur. DÖTF aşağıdaki alanlara göre gruplandırılmıştır:

Fizik Bilimleri

- PS1: Madde ve Etkileşimleri
- PS2: Hareket ve Kararlılık: Kuvvetler ve Etkileşimler
- PS3: Enerji
- PS4: Bilgi Transferi Teknolojilerinde Dalgalar ve Uygulamaları

Yaşam Bilimleri

- LS1: Moleküllerden Organizmalara: Yapılar ve Süreçler
- LS2: Ekosistemler: Etkileşimler, Enerji ve Dinamikler
- LS3: Kalıtım: Kalıtım ve Karakterlerin Varyasyonu
- LS4: Biyolojik Evrim: Birlik ve Çeşitlilik

Yer ve Uzay Bilimleri

- ESS1: Dünyanın Evrendeki Yeri
- ESS2: Dünyanın Sistemleri
- ESS3: Dünya ve İnsan Faaliyetleri

Mühendislik, Teknoloji ve Bilim Uygulaması

- ETS1: Mühendislik Tasarım
- ETS1.A: Bir Mühendislik Probleminin Tanımlanması ve Sınırlandırılması
- ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirme
- ETS1.C: Tasarım Çözümünü Optimize Etme
- ETS2: Mühendislik, Teknoloji, Bilim ve Toplum Arasındaki Bağlantılar
- ETS2.A: Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Arasındaki Bağlılık
- ETS2.B: Toplum ve Doğal Yaşam Üzerine Mühendislik, Teknoloji ve Bilimin Etkisi

- MS-ETS1-1. İlgili bilimsel ilkeleri ve olası çözümleri sınırlandırabilecek insanlar ve doğal çevre üzerindeki potansiyel etkileri dikkate alarak, başarılı bir çözüm sağlamak için bir tasarım sorununun kriterlerini ve kısıtlamalarını yeterli hassasiyetle tanımlayın.
- MS-ETS1-2. Sorunun kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşıladıklarını belirlemek için sistematik bir süreç kullanarak rakip tasarım çözümlerini değerlendirin.
- MS-ETS1-3. Başarı kriterlerini daha iyi karşılamak için yeni bir çözümde birleştirilebilecek en iyi özelliklerini belirlemek adına çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için test verilerini analiz edin.
- MS-ETS1-4. Optimal bir tasarım elde edebilmek için önerilen bir nesnenin, aracın veya işlemin yinelenmeli testi ve modifikasyonuna veri üreten bir model geliştirin.

Yeni Nesil Fen Standartlarıyla Bağlantı Kurmak⁽³⁾

MSPS3-5. Bir nesnenin kinetik enerjisi değiştiğinde, enerjinin nesneye veya nesneden aktarıldığı iddiasını desteklemek için argümanlar oluşturun, kullanın ve sunun.

MS-ETS1. Başarı kriterlerini daha iyi karşılamak için yeni bir çözümde birleştirilebilecek en iyi özelliklerini belirlemek adına çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için test verilerini analiz edin.

NGSS	Etkinlik Bağlantıları
Boyut 1: Fen ve Mühendislik Uygulamaları	
Kanıtlara dayalı argümantasyona katılmak	Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusu mekanizmasının bir açıklamasını oluşturmak için gözlemler yapar, sorular sorar, hipotezler oluşturur ve toplu kanıtları kullanarak çıkarımlarda bulunur. Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusunun tutarsız davranışını gözlemleyerek ve çıkarımda bulunarak, kutunun gizli mekanizması ve bilimsel kavramları hakkında kavramsal bir anlayışa varır.
Boyut 2: Çapraz Kavramlar	
Enerji ve Madde	Soru: Yuvarlanmış Geri Dönüş Kutusunda ne tür bir enerji depolanır? Soru: Bükülmüş lastik bantta ne tür bir enerji depolanır?
Boyut 3: Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	
PS3.B Enerjinin Korunumu ve Enerji Transferi - Enerji, daha sıcak bölgelerden veya nesnelere ve daha soğuk olanlara kendiliğinden aktarılır.	Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusu bileşenlerinin enerji tasarrufu ve enerji transferi açısından birlikte nasıl çalıştığını belirler.
ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirme - Bir çözümün test edilmesi ve ardından iyileştirilmesi için test sonuçlarına göre değiştirilmesi gerekir. Öğrenciler, Geri Dönüş Kutusu bileşenlerinin enerji tasarrufu ve enerji transferi açısından birlikte nasıl çalıştığını belirler.	Küçük gruplar, tasarımlarını ve orijinal tasarımlarını değiştirir veya Geri Dönüş Kutusu performansını optimize etmek için yeni bir tane oluşturur.

Yeni Nesil Fen Standartlarıyla Bağlantı Kurmak ⁽⁴⁾

NGSS	Etkinlik Bağlantıları
Boyut 1: Fen ve mühendislik uygulamaları	
Model geliştirme ve kullanma Girdileri ve çıktıları temsil edenler de dahil olmak üzere tasarlanan sistemler hakkındaki fikirleri test etmek için veri üretmek için bir model geliştirin. (MS-ETS1-4)	- Bir su filtresinin açıklayıcı modelleri, bir karar çalışma sayfası ve küçük grup tasarım planı eskizleri kullanılarak daraltılır. - Bir su filtresinin fiziksel modelleri oluşturulur.
Kanıtla dayalı argümanda mühendislik Ortaklaşa geliştirilen ve üzerinde anlaşmaya varılan tasarım kriterlerine dayalı olarak rakip tasarım çözümlerini değerlendirin. (MS-ETS1-2)	Yapılandırılmış su filtreleri, kirleticilerin giderilmesini değerlendirmek için test edilir ve tasarım tüm filtreler test edildikten sonra karşılaştırılır.
Boyut 2: Çapraz kavramlar	
Bilim, mühendislik ve teknolojinin toplum ve doğal dünya üzerindeki etkisi Tüm insan faaliyetleri doğal kaynaklardan yararlanır ve insanların ve doğal çevrenin sağlığı için hem kısa hem de uzun vadeli olumlu ve olumsuz sonuçlara sahiptir. (MT-ETS1-1)	Su tüketimi (ve çevre mühendislerinin ilgili rolü) ile ilgili çevre ve insan sağlığı kavramları, tasarımı doğrudan sorgulama ve tüm sınıf tartışması kullanılarak sunulur.
Boyut 3: Disiplinlere özgü temel fikirler	
ETS1.C: Tasarım çözümünü optimize etme Bir tasarım tüm testler arasında en iyi performansı göstermese de, her testte en iyi performansı gösteren tasarımın özelliklerini belirlemek, yeniden tasarım süreci için faydalı bilgiler sağlayabilir; yani bu özelliklerden bazıları yeni tasarıma dahil edilebilir. (MS-ETS1-3)	Su filtreleri, bir adsorpsiyon deneyi çalışma sayfasına göre yeniden tasarlanır.

Yeni Nesil Fen Standartları ⁽⁵⁾

MS-PS3-3. Termal enerji transferini en aza indiren veya maksimuma çıkaran bir cihaz tasarlamak, inşa etmek ve test etmek için bilimsel ilkeleri uygulayın.

MS-ETS1-3. Başarı kriterlerini daha iyi karşılamak için her birinin yeni bir çözümde birleştirilebilecek en iyi özelliklerini belirlemek için çeşitli tasarım çözümleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemek için testlerden elde edilen verileri analiz edin.

NGSS	Etkinlik Bağlantıları
Boyut 1: Fen ve Mühendislik Uygulamaları	
Model Geliştirme ve Kullanma	Öğrenciler, bir model ev oluşturmak için Energy3D'yi kullanır.
Analiz ve Verileri Yorumlama	Öğrenciler, enerji verimliliğini belirlemek için model evlerinin bir enerji analizini yaparlar.
Boyut 2: Çapraz Kavramlar	
Enerji ve Madde	Öğrenciler evleri için yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarını araştırırlar.
Sistemler ve Sistem Modelleri	Öğrenciler, enerji tüketimini ve maliyetini modellemek ve analiz etmek için Energy3D'yi kullanır.
Boyut 3: Disiplinlere Özgü Temel Fikirler	
PS3.B: Enerjinin Korunumu ve Enerji Transferi - Enerji, daha sıcak bölgelerden veya nesnelere ve daha soğuk olanlara kendiliğinden aktarılır. ETS1.B: Olası Çözümler Geliştirme - Bir problemin kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşıladıklarına göre çözümleri değerlendirmek için sistematik süreçler vardır.	Öğrenciler, gerçekçi görünümlü bir bina çizmek için Energy3D'yi kullanır ve ardından pencere ve güneş panelleri gibi yapıların enerji kaybı/enerji verimliliği üzerindeki etkisini hesaba katarak herhangi bir gün ve konum için enerji performansını değerlendirir. Öğrenciler, enerji verimliliklerini belirlemek için döşeme malzemeleri ve aydınlatma seçeneklerini araştırırlar.

Kaynaklar

1. Purzer, S., & Quintana-Cifuentes, J. P. (2019). Integrating engineering in K-12 science education: spelling out the pedagogical, epistemological, and methodological arguments. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(13), 1-12.
2. NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC: The National Academies Press.

3. Khalidi, R., & Ramsey, J. (2016). The come back can: A science activity about conservation of energy. *Science Scope*, 40(4), 14–20. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/24894436>
4. Berge, N., Thompson, D. D., Ingram, C., & Pierce, C. (2014). Engineering design and effects: A water filtration example. *Science Scope*, 38(3), 16–27. https://doi.org/10.2505/4/ss14_038_03_16
5. Goldstein, M. H., Loy, B., & Purzer, S. (2017). Designing a sustainable neighborhood: An interdisciplinary project-based energy and engineering unit in the seventh-grade classroom. *Science Scope*, 41(1), 32–41. https://doi.org/10.2505/4/ss17_041_01_32

EK 20: Modül 2.4. bağlam temelli mühendislik eğitimi

Öğrenci İlgi Alanları, Kültür ve Deneyimleriyle Bağlantı Kurun

Ekonomik, çevresel, sosyal ve küresel etkilerini anlamak için bağlamlar sağlayın. Öğrencilerin ön bilgi ve deneyimleriyle ilişki kurabilen, günlük yaşam olaylarını ve/veya güncel konuları dahil edebilen, motive edici/dikkat çekici/gerçekçi bağlamda mühendislik süreçlerini bir bütün içinde uygulayabilmeleri sağlanmalıdır. ^[1]

Mühendislikle İlgili Kariyerler, vasıflı üretim işçileri, teknisyenler, mühendislik teknologlar, mühendisler, mühendislik yöneticileri ve mühendislik girişimcilerinden oluşmaktadır. Bu temel kavram, (a) mühendislikle ilgili kariyer yolları ve disiplinlerinin nüansları, (b) profesyonel lisanslama, (c) profesyonel/ticaret organizasyonları ve (d) mühendislik girişimciliği ile ilgili bilgileri içerir. Mühendislikle İlgili Kariyer Bilgisi, Profesyonellik için önemlidir, çünkü imalat, inşaat, tıp, ulaşım ve askeriye gibi endüstriler arasında mühendislik ve teknoloji alanlarında bir fark yaratabilecek ve hayatını kazanabilecek çeşitli meslekler ve istihdam fırsatları vardır. Bu nedenle, öğrenciler mühendislikle ilgili olsun ya da olmasın, kariyer hedeflerine ulaşmak için uzun vadeli bir plan oluşturmak için mühendislikle ilgili kariyerleri ve ilgili istihdam fırsatlarının genel gerekliliklerini değerlendirebilmelidir. ^[1]

Kültürel Olarak Konumlandırılmış Bağlam:

- Öğrencilerin zengin kültürel geçmişlerini birbirine bağlayan, kabul eden ve bunun üzerine inşa edilen okul topluluğuyla ilgili bir bağlam sağlayın. ^[1]

Sosyal Açıdan İlgili Konu/Zorluk/Sorun:

- Mühendislik Kavramları ile ilgili kapsamlı bir küresel/yerel sorunu veya zorluğu tanımlayın (ilham kaynakları öğrenci toplulukları, Ulusal Mühendislik Akademisi'nin Büyük Mühendislik Zorlukları veya Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilirlik Hedefleri aracılığıyla bulunabilir). ^[1]

Sosyal Açıdan İlgili ve Kültürel Yerleşimli Faaliyetler Geliştirmek

Öğrenci İlgi Alanları, Kültür ve Deneyimlerle Bağlantı Kurma

Öğrenci ilgi alanları, kültür ve deneyimleriyle bağlantı kurmak, öğrenmeyi onların dünyasıyla alakalı hale getirir ve daha ileri mühendislik çalışmaları ve potansiyel kariyer yollarının önündeki engelleri kaldırmak için gereklidir. Bu nedenle, standartlar, öğrenme ilerlemeleri ve/veya öğretim programını geliştirmek için bu çerçevenin kullanıldığı herhangi bir yol, sosyal olarak ilgili ve öğrencilere kültürel olarak duyarlı şekillerde bağlamsallaştırılmış öğrenme deneyimlerini kasıtlı olarak modellemelidir. ^[1]

Öğrencilere sosyal olarak alakalı ve kültürel olarak duyarlı şekillerde bağlamsallaştırılmış öğrenme deneyimlerini kasıtlı olarak modellemek, daha fazla öğrenciye ulaşmak için bir yaklaşım olabilir ve onların geçmişlerinin mühendislik pratiği için ne kadar önemli olduğunu gösterir. Bu yaklaşım, mühendislikle ilgili kariyerlerle ilgili yanlış algılamaların ele alınmasında da rol oynayabilir. ^[1]

BİR MÜHENDİSLİK DERS PLANI MODELİ:

Mühendislik öğrenimi, çocuklara, yaşamları ve toplulukları ile bağlantılar kuran sosyal olarak ilgili ve kültürel olarak temellendirilmiş bağlamlarda, zaman içinde artan karmaşıklıkla, bilinçli mühendislik uygulamaları yapma fırsatları sunan projeler ve faaliyetler içine yerleştirilmelidir. Sosyal olarak ilgili ve kültürel olarak temellendirilmiş bağlamlar, mühendisliğin kültür ve çeşitlilik ve diğer akademik konular, özellikle beşeri bilimler çalışmaları ile bütünleştirilmesi için fırsatlar da sunabilir. Örneğin, bu çerçevedeki temel kavramlardan biri, Teknoloji Geliştirmede Toplumun Rolünü anlamaktır. Bu kavram, (a) öğrenmeyi diğer çalışma alanlarıyla ilişkilendirebilen, (b) öğrencilerin diğer kültürleri ve toplulukları araştırmasını sağlayan ve (c) onları başkalarının hayatlarında fark yaratabilecek işlerle meşgul etmekle ilgilidir. Ayrıca, bu yaklaşım, öğrencilerin mühendislik görevlerini yerine getirirken kültürel değerlere ve bakış açılarına duyarlı ve herhangi bir mühendislik çözümünün toplumsal etkilerini dikkate alan bilinçli kararlar vermelerini sağlayabilir.^[1]

Bu çabalar etkili olabilirken, tüm öğrencileri mühendislik öğrenimine dahil etmek zor olabilir. Öğrencilerin her birinin öğrenmeleri için farklı geçmişleri, motivasyonları ve hedefleri vardır. Bu nedenle, mühendisliği hedeflerine ulaşmak için çekici bir fırsat olarak görmeyen öğrencilere ulaşmak için öğretmenler ve yerel öğretim programı koordinatörleri için daha fazla çalışma gereklidir. Örneğin, sağlık, hemşirelik, fizik tedavi, genel olarak insanlara yardım etme veya atletizm gibi diğer "görünüşte" mühendislik dışı uğraşlarla ilgilenen öğrenciler, mühendislik yoluyla sağlanan sosyal sorumluluk bağlamlarından etkilenebilirler. Örnek olarak, çerçevedeki içerik, atletik beyin sarsıntısı yaralanmaları, kronik travmatik ensefalopati ve manyetik rezonans görüntüleme teşhisinin kullanımı gibi güncel konular aracılığıyla mühendisliği tanıtmak için kullanılabilir ve tipik olarak mühendislik öğrenimi ve mühendislikle ilgili potansiyel kariyer yolları düşüncesiyle meşgul olmayabilir. Başka bir örnekte mühendislik, atletizmle daha güvenli hale gelecek ve atletik deneyimi geliştirecek şekilde yer alma fırsatı da sunabilir. Waldrop ve ark. (2018), öğrencilere malzeme seçimi ve dinamiklerin uygulanması ile ilgili mühendislik kavramlarını kasıtlı olarak öğretmek için kültürel olarak temellendirilmiş bir tasarım bağlamı kullanan örnek bir ders sunarken, onları çeşitlilik ve dahil etme konusundaki tartışmalara dahil eder. Örneklerinde ise, öğrencilerden kültürel kıyafetleri, gelenekleri ve çeşitli toplulukların çeşitli ihtiyaçlarını hesaba katan atletik kasklar geliştirmeleri istenmektedir. ^[1]

KÜLTÜREL OLARAK TEMELLENDİRİLMİŞ MÜHENDİSLİK BAĞLAMI

Atletizmde Mühendislik: Baş Koruma Tasarımı için Materyal Seçimi ve Dinamiklerin Uygulanması Öğretimi

Waldrop ve ark. (2018), öğrencilere çeşitlilik hakkında tartışmalara girerken malzeme seçimi ve dinamiklerin uygulanmasıyla ilgili mühendislik kavramlarını kasıtlı olarak öğretmek için kültürel olarak temellendirilmiş bir tasarım bağlamı kullanan sosyal olarak ilgili bir ders örneği sunar. Bu derste öğrenciler, kültürel kıyafetler, çeşitli gelenekler, artan güvenlik, boyut, çok yönlülük ve çevre dostu malzeme/üretim süreçlerinin kullanımını hesaba katacak atletik kask tasarlama konularını ele almak için gruplar halinde çalışırlar. Bu, müşteriler için farklı fiziksel boyutların, kültürel değerlerin/inançların, dini geçmişlerin, farklı cinsiyetlerin özelliklerinin ve/veya engellerin dikkate alınmasını gerektirecek şekilde tasarım yapmayı içerir. Daha sonra öğrenciler, müşterilerinin mevcut bilgilerini toplamak, insanlar hakkında bilgi edinmek, malzeme sınıflandırmalarını araştırmak ve malzemelerin özelliklerini keşfetmek, hedef kitlelerinin ihtiyaçlarını karşılayan yeni kasklar tasarlamak ve tasarım çözümlerini akranlarına sunmakla görevlendirilir. Öğretmenleri ve akranları, ürünlerin hedef müşterilerin ihtiyaçlarına ve/veya kültürel değerlerine, malzeme sınırlarına, estetik hususlara ve maliyet gereksinimlerine hitap ettiğinden emin olmak için tasarımları değerlendirir. [1]

Bu örneklerde görüldüğü gibi, probleme dayalı, dönüşümsel bir konu olan mühendislik öğrenimi, öğrencileri sosyal fayda için gerçek dünya ve toplum sorunlarına odaklanan projelere dahil edilir. Bu tür bir öğrenme deneyimi, öğrencilerin sınıfa getirdikleri zengin kültürel geçmişleri kabul etmeye, değer vermeye ve bunların üzerine inşa etmeye yardımcı olabilir. Sealey-Ruiz (2010) tarafından açıklandığı gibi: Kültür nesilden nesile aktarılır ve bir grubun değerlerinin, beklentilerinin ve normlarının paylaşılan algıdır. İnsanların hedeflere öncelik verme şeklini, farklı durumlarda nasıl davrandıklarını ve dünyalarıyla ve birbirleriyle nasıl başa çıktıklarını yansıtır. İnsanlar sosyal çevrelerini kültürleri aracılığıyla deneyimlerler. Öğrencilerin kültürel geçmişleri, “ev içi veya bireysel işleyiş ve refah için gerekli olan, tarihsel olarak birikmiş ve kültürel olarak geliştirilmiş bilgi ve beceriler bütünü” olan bilgi kaynaklarıyla iç içedir (Moll, Amanti, Neff ve Gonzalez, 1992, s. 133). [1]

Sosyal Açıdan İlgili ve Kültürel Yerleşimli Faaliyetler Geliştirmek

Öğrenci geçmişlerini ve kültürünü bütünleştiren bir eğitim ortamı yaratmak ve geliştirmek, birçok yönden mühendislik uygulamasına benzer olabilir. Clausen ve Greenhalgh (2017) tarafından belirtildiği gibi, “tıpkı her tasarım probleminin başarılı bir çözüm için kritik olan kendine özgü bağlamı olduğu gibi, sınıftaki öğrencileri tanımak, tüm öğrencilere ulaşmanın ve ihtiyaçlarını karşılamının ilk adımıdır” ve bunu yapmak için “yüzeyin altını kazmalı ve sınıf içinde ve dışında öğrencilerin kim olduğunu öğrenmelidir” (s. 18). Ladson-Billings'in (1995) açıkladığı gibi, öğretmenler, dersleri ve sınıf etkinliklerini daha iyi planlamak için öğrencilerinin ilgi alanları, hobileri, kültürel inançları, aileleri, cinsiyet farklılıkları, dil, kültür, istisnalar, sosyoekonomik durum ve deneyim çeşitliliği ve eğitimsel uzmanlıkları hakkında bilgi edinmelidir. Bu nedenle, öğretim tasarımı, öğretmenlerin kurduğu ilişkilere dayanan

beklenti seti ile başlamalıdır. Bu anlayış, öğretmenlerin seçtikleri tasarım zorluklarını yönlendirecek ve onlara problemlerin tanımlanmasında esnekliğe izin verecektir. Öğrencilerin ne tasarlayacaklarını seçmelerine izin vermek, eşitsizliğin azalmasını sağlayabilir (Mehalik, Doppelt ve Schunn, 2008).^[1]

Bu tür bir öğrenme deneyimi sağlamak için Ladson-Billings (1994), kültürel olarak duyarlı öğretimi aşağıdaki ilkelere sahip olarak tanımlar: (1) yüksek beklentilerin iletilmesi, (2) aktif öğretim yöntemlerinin kullanılması, (3) kolaylaştırıcı olarak görev yapan bir öğretmen, (4) kültürel ve dilsel olarak çeşitli öğrencilerin dahil edilmesi, (5) kültürel duyarlılık, (6) öğrencilere yanıt vermek için öğretim programı yeniden şekillendirme, (7) öğrenci kontrollü sınıf söylemini içermesi, (8) küçük grup öğretiminden yararlanma ve (9) sürdürme akademik olarak ilgili söylem.^[1]

Kültürel Olarak Temellendirilmiş Bağlam: Kültürel Miras Olarak Yemek

Gıda, tarihsel, sosyal, ekonomik, politik veya dini geçmişlerle ilgili kendi anlamlarına sahip olduğundan, kültürel mirasın ve etnik/ulusal kimliğin önemli bir parçasıdır. Yemek, kişinin başka bir kültürü kişisel olarak deneyimlemesine ve diğer insanlar, yerler ve bakış açıları hakkında bilgi edinmesine olanak tanır. Bu bağlamda, yemekle ilgili konuların sınıfa getirilmesi kültürel çeşitliliği öğretmenin bir yolu olarak görülmüştür. Bu nedenle, gıda mirasıyla ilgili konular daha sonra, öğrenmeye kültürel uygunluk getirmeye yardımcı olmak için mühendislik tasarım görevleri gibi çeşitli eğitim faaliyetlerine uygulanabilir.^[1]

Sosyal Açıdan İlgili Bir Sorun: Gıda İsrafını Azaltmak için Sürdürülebilir Ambalaj

Gıda israfı giderek artan bir ilgi görüyor ve çeşitli sürdürülebilirlik sorunlarıyla bağlantılı olduğu düşünülüyor. 2012'de Ulusal Kaynaklar Savunma Konseyi (NRDC), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yiyeceklerin yüzde 40'a kadarının yenmediğini bildirdi. Sadece gıda tedarik zincirlerinde, Gunders (2017), yenmemiş gıdaların yetiştirilmesi, işlenmesi, taşınması ve bertaraf edilmesi sürecinin yıllık tahmini maliyetinin 218 milyar dolar olduğunu ve 37 milyon arabadan daha fazla sera gazı emisyonu ürettiğini açıklamaktadır. Para ve enerjinin ötesinde, israf edilen gıda için kullanılan hammaddeler israf ediliyor. Birleşmiş Milletler, gıda israfını dünyadaki açlığın ana nedenlerinden biri olarak tanımlıyor. Bu bağlamda, gıda israfının azaltılması ve sürdürülebilir ambalajlama, enerji israfı, çevre kirliliği ve küresel açlık gibi sürdürülebilirlik sorunlarının ele alınmasında etkili çözümlerden biri olarak kabul edilebilir. Bu ders örneğinde öğrenciler, gıdadaki israfı azaltmak için gıda mirasını daha iyi ambalaj tasarımıyla ilişkilendirebilirler.^[1]

Kültürel Olarak Temellendirilmiş ve Sosyal Açıdan İlişkilendirilen Bir Mühendislik Ders Planı

Tablo 1’de verilen ders planı, öğrencilerin yalnızca bildirimsel bilgiyi (Problem Çerçeveleme ve Proje Yönetimi için hangi unsurların tanımlanması ve planlanması gerektiğini) değil, aynı zamanda prosedürel bilgiyi de (nasıl analiz edileceği, tanımlanacağı ve bir kalite sorunu beyanı ve proje başlatma belgesi geliştirmek için her bir unsurun nasıl analiz edileceği, tanımlanacağı ve belgeleneceği) geliştirmelerine yardım etmek için oluşturuldu. Uygulama, sınıf tartışmalarını ve takım tabanlı bir tasarım projesini içeren bir dizi üç oturumu içerir. Ders, gıda mirası aracılığıyla bir kültürel çeşitlilik bağlamı sunar ve gıda israfı/sürdürülebilirlik ile ilgili sosyal olarak ilgili sorunlar, öğrencilere farklı kültürler ve toplumla bağlantı kurma fırsatı verir. ^[1]

Tablo 1. Derse Genel Bakış ^[1]

DERSİN AMACI
<p>Bu ders, öğrencilere bir tasarım probleminin nasıl kapsamlandırılacağını ve daha sonra problemin çözümü için bir tasarım projesinin nasıl planlanacağını öğretmek için tasarlanmıştır. Bu ders, (a) öğrencilerin kültürel olarak temellendirilmiş bir bağlama (gıda mirası) ve sosyal olarak ilgili bir soruna (gıda israfı/sürdürülebilirlik) dahil etmelerini sağlamak için öğrencilerin ev ödevlerini ve sınıf tartışmalarını ve (b) öğrencilere mühendislik tasarımının iki temel kavramını (Problem Kapsamı Belirleme ve Proje Yönetimi) öğrenmek ve uygulamak için derinlemesine fırsatlar sunan deneyimsel, takım temelli bir aktiviteyi içerir.</p>
MÜHENDİSLİK TEMEL & ALT KAVRAMLARI
<ul style="list-style-type: none">• Mühendislik Uygulaması: Mühendislik Tasarımı• Problem Çerçeveleme: Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi, Problem Durumunun Geliştirilmesi• Öğrenci, bir tasarım projesi sırasında birden çok ve bazen çelişen hedefler, kriterler ve kısıtlamalar arasındaki ödünleşimlerin (trade-offs) değerlendirilmesine rehberlik etmek için, birden çok perspektif dahil olmak üzere bir tasarım senaryosunun temel öğelerini vurgulayan gerekçeli problem ifadeleri oluşturabilir. <p>Proje Yönetimi: Başlatma ve Planlama</p> <ul style="list-style-type: none">• Öğrenci, uygun proje yönetimi stratejileri ve tekniklerinin (örn. ekip tüzükleri, Gantt çizelgeleri) uygulanması yoluyla belirlenen kısıtlamalar dahilinde istenen hedeflere ulaşmak için bir tasarım projesini planlayabilir ve yönetebilir.
ÖĞRENME HEDEFLERİ
<p>Bu dersin sonunda öğrenciler;</p>

- Belirli bir tasarım senaryosunda yer alan açık ve örtük hedefleri ve kısıtlamaları belirleyerek bir problem ifadesi geliştirir ve bunları kendi sözcükleriyle tanımlayabilir.
- Çözülecek bir sorunu, proje kapsamını ve hedeflerini, organizasyonu, süreçleri, eylem planlarını ve çizelgelerini ve potansiyel riskleri açıkça belirterek bir proje başlatma belgesi oluşturabilir.
- Bir değerlendirme rubriğine (dereceli puanlama anahtarına) dayalı olarak problem ifadelerini ve projelerini kendi kendine değerlendirebilir.

SEBAT GEREKTİREN DURUMLAR

- Bir mühendislik problemi, çoğu zaman birbiriyle çelişen çok sayıda amaç/kısıtlama ile kötü yapılandırılmıştır ve birçok farklı şekilde temsil edilip çözülebilir.
- Bir tasarım projesinin başarısı, teknik faktörlerin yanı sıra çeşitli bağlamsal faktörlere de bağlıdır.
- Bağlamsal faktörler herhangi bir zamanda değiştirilebilir ve kontrol edilemez olduğundan, proje planlaması olası değişiklikleri tahmin etmeyi ve değişikliklerle başa çıkmak için önlemler hazırlamayı içerir.

ISINMA SORULARI

- Bir problem durumu nasıl analiz edilebilir ve yapılandırılabilir?
- Bir problem ifadesinin temel unsurları nelerdir?
- Tasarım fırsatlarını gereksiz yere sınırlayan bir problemin algılanan varsayımları nelerdir?
- Bir tasarım projesinin planlanmasında hangi unsurlar tanımlanmalıdır?
- Potansiyel değişiklikler veya riskler nasıl analiz edilebilir ve tahmin edilebilir?

SOSYAL AÇIDAN İLGİLİ SORUN

Amerika Birleşik Devletleri'nde gıda israfı, dünyadaki açlık sorunuyla olan ilişkisi nedeniyle dikkat çekmiştir. Gıda tedarik zincirinde gıda israfını azaltmak için önerilen stratejiler vardır. Sürdürülebilir ambalaj, gıda israfıyla ilgili sorunları çözümlenmenin etkili yollarından biri olarak kabul ediliyor. Öğrencilere, öğle yemeği menüsüne kültürel olarak özel yeni bir yiyecek öğesi ekleyen okul kafeteryaları için yiyecek atığını azaltan, çevre dostu bir kap tasarımlarını isteyen bir tasarım görevi verilecektir.

KÜLTÜREL BAĞLAM

Öğrenciler yemek yoluyla farklı kültürlerde yer alacaklar. Kendi kültürlerine veya ailelerine dahil olan belirli bir yemeği keşfedecekler ve yemeğe yabancı olabilecek ekip üyelerine nasıl yapılacağını, saklanacağını ve yenileceğini tanıtacaklar. Ayrıca,

kültürel yiyecekleri için gıda israfını azaltan, çevre dostu bir kap tasarımlarını isteyen bir tasarım görevi verilecektir.
<p>GEREKLİ ÖN BİLGİLER VE BECERİLER</p> <p>Ders için öğrencilerin ihtiyaç duyabilecekleri:</p> <ul style="list-style-type: none"> • İnternette bilgi arama ve düzenleme becerileri • Microsoft veya Google dokümantasyon araçlarını kullanma becerileri • Mühendislik tasarım süreci hakkında bilgi
<p>İLİŞKİLİ STANDARTLAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teknolojik Okuryazarlık Standartları • Yeni Fen Bilim Standartları (NGSS)
<p>KARİYER BAĞLANTILARI</p> <p>Öğrenciler, aşağıdakilerle ilgili kariyerlere ilgi duyabilir:</p> <p>Mühendislik: endüstri mühendisliği, çevre mühendisliği, paketleme mühendisliği, malzeme bilimi, kalite mühendisliği</p> <p>Tasarım: ambalaj tasarımı</p> <p>İşletme Yönetimi: restoran yönetimi, pazar araştırması, işletme danışmanlığı</p>

Tablo 2'de verilen ders planı üç oturumluk bir süreç içerir. İlk oturumda öğretmenler, yiyecekleri farklı kültürlerle ilişkilendirerek ve yiyecek israfıyla ilgili sürdürülebilirlik sorunlarını sınıf tartışmasına getirerek öğrencilerin ilgisini çeker. Daha sonra oturumun sonunda öğretmenler takımlar oluşturur ve onlardan bir gıda maddesi seçmelerini ister. Ekiplerin daha sonra gıda atığının azaltılması ve çevre dostu ambalajlama araştırması yapması bekleniyor. İkinci oturumda öğretmenler, öğrencilerin önce takımlarında ve sonra sınıf olarak mühendislik tasarım zorluklarıyla ilgili önceki öğrenmelerini ve deneyimlerini yansıtmaları ve tartışmaları için zaman tanır. Öğretmenler, öğrencilerin olası kavram yanlışlarını düzeltmeye yardımcı olabilir ve bir tasarım sorununun nasıl ele alınacağına ve sorunu çözmek için bir tasarım projesinin nasıl planlanacağına rehberlik edebilir. Ayrıca, başarılı problem kapsamı belirleme ve proje planlama kriterleri hakkında sınıf tartışması yoluyla öğretmenler öğrencilerle bir değerlendirme listesi oluşturur. Bu aktivite, öğrencilerin kavramları daha derinden anlamalarına yardımcı olacaktır ve değerlendirme listesi öğrenciler ve öğretmenler tarafından bu dersin sonunda çalışmalarını değerlendirmek için kullanılabilir. Oturumun sonunda, öğretmenler bir tasarım zorluğu sunar ve öğrenci ekiplerinden bir tasarım problemini belirlemelerini ve bir tasarım projesi planlamalarını ister (Tablo 2 sonunda, kültürel

mutfak konusunu ve bir gıda israfı sorununu içeren tasarım problemine bir örnek sunulmuştur). Öğretmenler, öğrencilerin okul kafeteryasındaki deneyimlerine dayanarak mevcut durumu belirterek örneği daha gerçekçi hale getirebilirler. Daha sonra üçüncü oturuma kadar her öğrenci takımı verilen problem durumunu analiz etmeye, problemin kapsamını belirlemeye ve bir problem ifadesi ve bir proje başlatma planı geliştirmeye çalışır. Üçüncü oturumda takımlar problem ifadelerini ve proje başlatma belgelerini sunarlar ve bir önceki oturumda oluşturdukları rubriğe göre kendilerini ve diğer takımları değerlendirirler.

Tasarım Problemi

Okul kafeteryası öğle yemeği menüsüne yeni bir ürün eklemeyi planlamaktadır. Kafeterya müdürü okul topluluğundan kültürel bir gıda ürününü öne çıkarmasını istemektedir. Geçen dönem veliler, öğretmenler ve öğrenciler, ekibiniz de dahil olmak üzere çeşitli gıda ürünleri fikirlerini önerdiler. Bugün kafeterya müdürü, önümüzdeki dönem başlatmayı hedefleyerek ekibinizin yiyecek ögesini öğle yemeği menüsüne eklemeye karar vermiştir. Ayrıca yönetici, ekibinizden gıda için gıda israfını azaltan, çevre dostu bir ambalaj tasarlamasını istemektedir.

Tablo 2. Mühendislik Tasarım-Tabanlı Ders Planı^[1]

Katıl (Engage): Öğrencilerin derste ne öğreneceklerine ilişkin bağlamı belirler ve öğrenmeyi yaşamları ve topluluklarıyla alakalı hale getirerek konuya olan ilgilerini çeker.
[Oturum 1] Kültürel olarak temellendirilmiş bir bağlam sağlamak <ul style="list-style-type: none">• Dersten önce, öğrenciler kültürel anlamlarını belirlemek ve yemeğin nasıl yapılacağını, saklanacağını, servis edileceğini ve yeneceğini belirlemek için kendi miraslarından bir yiyecek seçer ve araştırır.• Sınıf oturumunda öğretmenler öğrencileri üç veya dört üyeden oluşan küçük takımlara ayırır.• Bir takımda öğrenciler bir gıda maddesiyle ilgili araştırmalarını üyelere sunarlar. Daha sonra, ekip içinde, beslenme bilgilerine dayanarak öğle yemeği için en uygun yiyeceği seçin. Sosyal olarak ilgili bir problem sunmak <ul style="list-style-type: none">• Öğretmenler, bir gıda ürününün ham maddelerden nasıl yapıldığını ve daha sonra çöp sahasına veya geri dönüşüme gittiği gıda tedarik zincirini açıklar. Daha sonra öğretmenler gıda israfı sorununu tanıtarak istatistiksel veriler ve bir video sunar.• Öğrenciler takımlarında gıda israfının neden önemli olduğunu ve insanları ve çevreyi nasıl etkileyebileceğini tartışırlar. Daha sonra öğrenciler takım tartışmalarını tüm sınıfla paylaşırlar.• Sınıf tartışması sırasında öğretmenler, Birleşmiş Milletler Açlığa Sıfır Mücadelesi'ni ele alarak gıda israfıyla yakından ilgili olan küresel açlık sorununa odaklanırlar.• Öğretmenler, sürdürülebilir ambalajın gıda israfını nasıl ve neden azaltabileceğini açıklar. Ardından

öğretmenler, ekibin yiyeceklerinin tedarik zincirini ve bunun için paketlenme için yenilikçi fikirleri araştırmak için ekiplere ödev verir.

Keşfet (Explore): Öğrenci merkezli keşifler yoluyla konuyla ilgili yeni anlayışlar geliştirirken öğrencilerin önceki bilgilerini geliştirmelerini sağlar.

[Oturum 2]

Mühendislik tasarımında ön bilgi ve deneyim üzerine düşünmek:

- Öğretmenler öğrencilerden mühendislik tasarım süreçleri, mühendislik tasarım problemleri ve tasarım gereksinimleri veya kısıtlamaları üzerinde düşünmelerini ister.
- Öğrenciler, mühendislik tasarımında önceki öğrenme ve deneyimlerine dayalı olarak takımlarında düşüncelerini paylaşırlar.

Problem çerçeveleme ve proje planlama kavramlarını keşfetmek:

- Öğretmenler, öğrenci ekiplerinden bir tasarım sorununu çözmeyi planlarken hangi öğelerin analiz edilmesi ve tanımlanması gerektiğini, her bir öğenin birbiriyle nasıl ilişkilendirilebileceğini ve tasarım probleminin çözümü için her öğenin bir projenin başarısını nasıl etkileyebileceğini açıklayan bir kavram haritası geliştirmelerini ister.
- Her takım kavram haritasını tüm sınıfa sunar. Öğretmenler, öğrencilerin yanlış anlamalarını kendi başlarına ele alabilmeleri ve düzeltebilmeleri için geri bildirimde bulunur.

Açıkla (Explain): Öğrencilerin sahip olabileceği kavram yanlışlarını ele alırken yeni ve önceki bilgileri özetler.

Bir proje başlatma belgesi ile problem çerçeveleme ve proje planlamasının açıklanması:

- Öğretmenler, bir tasarım projesinin kapsamını belirlemek ve planlamak, amacını, ana kullanımlarını ve unsurlarını (örn. problem ifadesi, hedefler, kapsam, çıktılar, riskler ve sorunlar, varsayımlar veya bağımlılıklar, süreç ve zaman çizelgesi, bütçe ve kaynaklar, vb.) ekip organizasyonu, potansiyel paydaşlar, vb.). Açıklama, her bir unsurun neden önemli olduğunu, birbiriyle nasıl ilişkili olduğunu, onu tanımlamak için neyin araştırılması ve analiz edilmesi gerektiğini, bunun için hangi kararların alınması gerektiğini ve tüzük içinde nasıl belgeleneceğini içermelidir.
- Öğretmenler ayrıca proje planlama ve yönetiminde kullanılan kriterler veya bir Gantt şemasını tanıtabilir.

Öğrencilerle bir değerlendirme rubriği geliştirme:

- Öğretmenler, etkili problem ifadesi geliştirme ve proje planlama hakkında bir sınıf tartışması yürütürler. Öğrenciler, bir proje başlatma belgesinin her bir unsuru için kriterler hakkındaki düşüncelerini paylaşabilirler.
- Öğretmenler, öğrencilerin anlayışını geliştirmek için geri bildirim sağlayabilir. Tartışmaya dayalı olarak, öğretmenler öğrencilerle bir proje planlama değerlendirme tablosu geliştirir.

Mühendisliği Yap (Engineer): Öğrencilerin mühendislik bilgi ve uygulamalarını ve ayrıca mühendislik zihin alışkanlıklarını uygulamalarını, bir problemi tanımlamalarını ve uygulanabilir bir çözüm geliştirmelerini, yapmalarını, değerlendirmelerini ve iyileştirmelerini gerektirir.

Öğrencilerin bir proje planlayarak öğrendiklerini uygulamalarını istemek:

- Öğretmenler, onlardan gıda atığını azaltan, okul kafeteryasında servis edilecek yiyecekleri için çevreye duyarlı bir tasarım yapmalarını isteyen bir tasarım problemi sunar.
- Öğretmenler sorunu çözmek için bir proje başlatma belgesi şablonu sunar ve onlardan bir tasarım probleminin kapsamını belirlemelerini ve ardından bir proje planlamasını ister. [Oturum 3]
- Öğrenci ekipleri, dereceli puanlama anahtarına atıfta bulunarak proje başlatma belgeleri üzerinde çalışır. Öğrencilerin gıda maddeleri ve paketleme teknolojileri hakkında ek araştırma yapmaları, kafeterya yöneticileri, çalışanları, öğretmenleri ve sınıf arkadaşlarıyla görüşmeleri veya diğer yerel restoranların paketleme stratejilerini keşfetmeleri gerekebilir.
- Öğrencilerin ortak çalışmasını kolaylaştırmak ve üzerinde çalışırken öğretmenlerin geri bildirimlerini almalarını sağlamak için öğretmenler, öğrencilerin Google Dokümanlar'ı (veya kabul edilebilir bir bulut paylaşım aracını) kullanmasını şart koşar.

Değerlendirme (Evaluate): Öğrencilerin, ders içeriği ve kavramlarına hâkim olmak için gerekli adımları atmalarını sağlayacak şekilde kendi öğrenmelerini ve beceri gelişimlerini değerlendirmelerine olanak tanır.

- Her takım, son ders oturumunda geliştirdikleri değerlendirme tablosuna dayalı olarak kendi proje başlatma belgesini değerlendirir.
- Öğrenci ekipleri proje başlatma belgelerini tüm sınıfa sunar. Sunumlar sırasında öğrenciler, değerlendirme tablosuna dayalı olarak diğer ekiplerin proje başlatma belgelerini değerlendirir.

Ölçme ve Değerlendirme

Projenin Adı					
Problem Cümlesi			Hedef Cümlesi		
Projenin Kapsamı			Çıktılar		
Olası Riskler & Planlar			Varsayımlar/Sınırlılıklar		
Ekip Üyelerinin;			Projenin;		
Adı	Rolü & Sorumlulukları	İş Tanımı	Çıktısı	Hedeflenen Tarihi	Bitiş
Tahmini Bütçeler ve Kaynaklar			Paydaşlar		

Kaynaklar

1. Advancing Excellence in P-12 Engineering Education, & The American Society for Engineering Education (AE3 & ASE). (2020). Framework for P-12 engineering learning: A defined and cohesive educational foundation for P-12 engineering. ASEE.
2. Purzer, S., Quintana-Cifuentes, J., & Menekse, M. (2022). The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education. *Journal of Engineering Education*, 111(1), 19–39. <https://doi.org/10.1002/jee.20441>

EK 21: Modül 2.5. mühendislik öğretim stratejileri

Mühendislik Öğretim Stratejisi Bilgisi:

Mühendislik düşünme becerilerini (bağımsız, yansıtıcı, üstbilişsel, sistem düşüncesi, yaratıcılık, optimizasyon, azim, yenilikçilik, kanıt temelli akıl yürütme, takım çalışması, iletişim, problem çözme, modelleme) kullanarak, başarısızlıktan ve yeniden tasarımdan öğrenme, çalışmalarında mühendislik tekniklerini, becerilerini, süreçlerini ve araçlarını kullanma fırsatı sağlamaktır.

Tablo 1. Mühendislik Alanına Özgü Stratejiler, Amaçlar ve Tanımlar ^[1]

Stratejiler	Amaç	Tanım
Kullanıcı merkezli tasarım	Öğrencilerin mühendislik probleminin kapsamını kendisinin belirleyerek çözmesi	Bir bağlam veya belirli bir durumda kullanıcıların ihtiyaçlarına ve diğer paydaş isteklerine öncelik vererek problem çözmeyi ve yeniliği mümkün kılar. Tasarım kısıtlamaları ve kriterleri, problem kapsamı ile belirlenir.
Tasarla-İnşa Et-Test	Öğrencilerin bir prototipi fiziksel olarak inşa etmesi ve bunu test ederek mühendislik problemini çözmesi	Bir ilkenin kanıtlamak için bir prototipi test etmeyi veya açıkça belirtilen tasarım gereksinimlerine (tasarım kısıtlamaları ve kriterleri) dayalı olarak bir prototipin performansını değerlendirmeyi amaçlar.
Mühendislik bilimi	Öğrencilerin kontrollü deneyler tasarlayarak yeni bir teknolojik bilgiyi oluşturması	Tasarlanmış sistemler bağlamında (doğal sistemlerin aksine) araştırma yürütmektedir. Kontrollü deneyler ve değişkenlerin manipülasyonu yoluyla yeni teknolojik bilginin üretilmesini sağlar.
Mühendislik optimizasyonu	Öğrencilerin var olan bir sistemin performansını en iyi hale getirilmeye çalışılması	Mevcut bir sistemin performansını yetersiz performansla anlama ve iyileştirme sürecidir. Bu süreç veri toplamayı ve analizi gerektirir.
Mühendislik analizi	Öğrencilerin verileri analiz etmesi ve matematiksel modeller geliştirerek mühendislik problemini çözmesi	Tasarlanan sistemlerle ilgili kararları bilgilendirmek için verileri kullanır. Mühendislik analizi, karşılaştırmalar ve tahminler yapmak için veri analizi ve matematiksel modellemenin kullanılmasını içerir.
Tersine mühendislik	Öğrencilerin bir sistemin veya fiziksel bir nesneyi oluşturan parçaların neler olduğunu ve bunların nasıl çalıştığını anlaması	Mevcut bir sistemi veya yapıyı anlamak, iyileştirmek, belgelemek veya yeniden tasarlama yoluyla öğrenmeye odaklanan bir yaklaşımdır. Tersine mühendislik, bir sistemdeki sorunlarını tanılamak veya birden çok sistemin entegrasyonunu desteklemek için kullanılabilir.

1- Kullanıcı Merkezli Tasarım

Kullanıcı merkezli tasarım kullanıldığında, öğrenciler tipik olarak gerçek veya simüle edilmiş bir müşteriyle tanışır ve bağlam açısından zengin bir problemle sunulur. İlk görev, öğrenciler ve bağlamları hakkında bilgi toplarken, öğrencileri problem kapsamına dahil edilir. Bu keşif, öğrencilere açıkça sunulmayan tasarım gereksinimlerinin (kriterler ve kısıtlamalar) kendileri tarafından belirlenmesini sağlar. Müşteriyi ve bağlamı anlamaya yönelik bu tür çabalar, bilimsel kavramlarla bağlantı kurma fırsatı sağlar. Örneğin, Sheerer ve Schnittka (2012) tarafından verilen bir ders, öğrencileri penguen habitatlarını içeren bir bağlama dahil olmasını sağlar. Öğrenciler, penguenlerin kendilerini en rahat hissettikleri ortam sıcaklığına ilişkin temel tasarım kriterlerini keşfetmeleri için arka plan bilgisine ihtiyaç duyar.

Başka bir örnekte Karahan vd. (2014), öğrencileri yerel bir gazetede yayınlanan tarım arazilerindeki pelikan yuvalarını etkileyen gerçek dünya sorunuyla tanıştırdı. Bu zengin bağlam, çözümler üretmeden önce bir sorunu anlama ve kapsama ihtiyacını göstermiştir. Öğrenciler, fiziksel özellikleri ve Minnesota'daki tarım arazileri üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere pelikanları öğrendiler. Ayrıca Cook vd. (2015) öğrencilerden eli olmadan dünyaya gelen bir öğrenci için protez kol tasarımlarını istemiştir. Öğrenciler, problem kapsamı belirleme yoluyla tasarım gereksinimlerini (kriterler ve kısıtlamalar) netleştirirken bağlamsal ve kullanıcı bilgilerini toplamışlardır. Kullanıcı merkezli tasarım dersleri, gerçek olanın aksine simüle edilmiş veya varsayımsal bir müşteri profili de içerebilir. Capobianco vd. (2013) tarafından geliştirilen bir derste, eğitimciler farklı profilleri temsil eden müşteri kartları kullandılar ve bu da öğrencileri belirli bir müşterinin ihtiyaçlarına göre ultraviyole gözlük tasarlamaya yöneltti.

Kullanıcı merkezli tasarım stratejisini izlemek için:

- Belirsiz bir sorun açıklaması verilip...

Adım 1. Bağlam, kullanıcılar, sorun ve mevcut çözümler hakkında bilgi toplama.

Adım 2. Problemin belirlenmesi, tasarım gereksinimlerinin, fonksiyonların, ölçümlerin ve ödünleşimlerin (trade-offs) belirlenmesi ve gereksinimlerin bildirilmesi ve riskler ve faydaların görüşülmesi sırasında bunlar üzerinde araştırma yapılması,

Adım 3. Olası çözümlerin geliştirilmesi, fikirlerin eskizler ve aslına uygun prototiplerle temsil edilmesi ve olası en iyi çözüm(ler)in seçilmesi,

Adım 4. Alternatifleri iletirken ve riskler ve faydaları müzakere ederken form ve işlevi simüle etmek için test edilebilir prototipler oluşturmak,

Adım 5. Veri toplamak için deney(ler), test ortamları kurmak: Öğrenciler prototip(ler)i test etmek için bir araştırma planlar ve yürütür,

Adım 6. Prototipleri karşılaştırmak için verileri analiz etmek, kanıtları sunarken, riskleri ve faydaları müzakere ederken en iyi çözümü savunmak için tartışmaya girmek.

2- Tasarla-İnşa Et-Test Et

Tasarla-inşa et-test et kullanıldığında, öğrencilerin aktiviteye ilgisini çekmek için motive edici bir kanca görevi gören bir ihtiyacın kısa bir tanıtımıyla başlar. Daha sonra öğrencilere, karşılanacakları açık bir dizi kriter veya hedef ve tipik olarak malzeme ve bütçe ile ilgili tasarım kısıtlamaları sağlanır (Elger vd., 2000). Bu dersler, öğrencileri alternatifler geliştirmeye, prototip oluşturmaya ve performansları iyileştirmek için test etmeye yönlendirir.

Tasarla-inşa et-test et dersleri fen kavramlarını uygulamayı ve doğrulamayı amaçlar. Örneğin, rüzgâr türbinlerinin tasarımıyla ilgili bir derste öğrenciler enerji transferi kavramlarını keşfettiler (Chen vd., 2014). Tasarla-inşa et-test et dersleri, net tasarım kriterleri veya hedefleri ve erişilebilir materyallerle uygulanması kolay olacak şekilde tasarlanmıştır. Öğrencilere ayrıca belirli bir metriğe dayalı olarak malzeme ve performansla ilgili belirli kısıtlamalar da verilir. Örneğin bir derste öğrencilerden kürdanlardan yapıyı sallayarak simüle edilen bir “depreme” dayanabilecek bir yapı yapmaları istenmiştir (Maltese, 2009). Bu tasarım projesinin öncesinde, Dünya bilimi kavramları ve doğal tehlikeler hakkında bir arka plan bulunmaktadır. Bu dersler, öğrencinin katılım, yapılandırma ve yansıtma yoluyla öğrenmesini desteklemeyi amaçlar.

Tasarla-inşa et-test et stratejisini izlemek için:

- Tasarım gereksinimleri verilir...

Adım 2. Problemin belirlenmesi, tasarım gereksinimlerinin, fonksiyonların, ölçümlerin ve ödünleşimlerin (trade-offs) belirlenmesi ve gereksinimlerin bildirilmesi ve riskler ve faydaların görüşülmesi sırasında bunlar üzerinde araştırma yapılması,

Adım 3. Olası çözümlerin geliştirilmesi, fikirlerin eskizler ve aslına uygun prototiplerle temsil edilmesi ve olası en iyi çözüm(ler)in seçilmesi,

Adım 4. Alternatifleri iletirken ve riskler ve faydaları müzakere ederken form ve işlevi simüle etmek için test edilebilir prototipler oluşturmak,

Adım 5. Veri toplamak için deney(ler), test ortamları kurmak: Öğrenciler prototip(ler)i test etmek için bir araştırma planlar ve yürütür,

Adım 6. Prototipleri karşılaştırmak için verileri analiz etmek, kanıtları sunarken, riskleri ve faydaları müzakere ederken en iyi çözümü savunmak için tartışmaya girmek.

3- Mühendislik Bilimi

Mühendislik bilimi kullanıldığında, öğrencilerin tasarlanmış bir eser üzerindeki etkilerine göre değişkenler arasındaki ilişkileri anlamaları için sistematik ve kontrollü deney süreçlerine girmelerine yardımcı olur. Öğrenciler tasarımlarının sonuçlarını değerlendirmek için belirli değişkenleri manipüle eder ve çoğu durumda bu değişkenler eğitimciler tarafından önceden belirlenir. Bu derslerde öğrenciler, kontrollü bir deney için bir prototipte (yani numunede) yalnızca bir değişkeni manipüle ederek deneysel protokolleri takip eder. Ballyns ve diğerleri tarafından geliştirilen bir derste. (2011), öğrenciler aljinat kullanarak doku örnekleri tasarladılar. Deneysel ve kontrollü bir doku prototipini karşılaştırmak için aljinat jel bileşimini manipüle ettiler. Sonuç olarak, farklı aljinat oranları arasındaki ilişkiyi ve bunların sırasıyla prototip dokunun gücünü nasıl etkilediğini keşfedebildiler.

Başka bir mühendislik bilimi dersinde ortaokul öğrencileri, hamur ve talaşın farklı bileşiklerini manipüle ederek hamur ve talaştan yapılmış dayanıklı bir tahta geliştirdiler (Vassiliev ve diğerleri, 2013). Bu proje için eğitimciler, tahta yapmak için mevcut malzemeleri ve öğrencilerin prototip tahtaları yapmak için kullandıkları bir dizi protokol (tarifler) kullanarak değişkenlerin sayısını sınırlayarak değişkenler oluşturdu. Dersler ayrıca öğrencilerin alternatifleriyle karşılaştırabilecekleri bir kontrol prototipi belirledi. Bu dersler, öğrenciler tasarlanmış bir nesnenin performansını etkilediği için değişkenlerin ilişkisini araştırdıkça teknolojik bilgi geliştirme sürecine benzemeyi amaçlar.

Mühendislik bilimi stratejisini izlemek için:

- Bir araştırma sorusu verilip...

Adım 4. Alternatifleri iletirken ve riskler ve faydaları müzakere ederken form ve işlevi simüle etmek için test edilebilir prototipler oluşturmak,

Adım 5. Veri toplamak için deney(ler), test ortamları kurmak: Öğrenciler prototip(ler)i test etmek için bir araştırma planlar ve yürütür,

Adım 6. Prototipleri karşılaştırmak için verileri analiz etmek, kanıtları sunarken, riskleri ve faydaları müzakere ederken en iyi çözümü savunmak için tartışmaya girmek.

4- Mühendislik Optimizasyonu

Bir mühendislik optimizasyonu kullanıldığında, genellikle, öğrencilerin performansını iyileştirmek amacıyla optimal olmayan bir sistemle tanıştırmak başlar. Daha sonra, öğrenciler bu sistemin analizine ve teşhisine katılırlar. Bu derslerde sistemin kritik değişkenleri belirlenir ve öğrencilerin optimizasyon kararlarını bildiren kanıtları toplamaları beklenir. Optimizasyon derslerinde temel olan test ve analiz, iyileştirme ve daha fazla test için manipüle edilebilen mevcut bir sistem üzerinde gerçekleştirilir. Bu nedenle, optimizasyon süreci deneme yanılma süreci değildir. Optimize edilmiş çözümler geliştirmek için öğrencilerin sistematik test ve deney yapmaları gerekir (Crismond & Adams, 2012; Vieira ve diğerleri, 2016). Dasgupta ve diğerleri tarafından geliştirilen bir optimizasyon dersi. (2017), ortaokul öğrencilerini, optimize etme zorluğuyla birlikte, yetersiz bir konut sıhhi tesisat sistemiyle tanıştırdı. Öğrencilerden sistemi etkileyen değişkenleri belirlemeleri istendi (örneğin, su basıncını ve malzeme maliyetini etkileyen boru boyutları). Öğrenciler, bir bilgisayar simülasyonu ve sistemin fiziksel bir prototipini kullanarak, bu değişikliklerin su basıncı üzerindeki etkisini gözlemleyerek boru çapını ve uzunluğunu manipüle edebildiler. Öğrenciler ayrıca boruların maliyetiyle bağlantılı belirli bir bütçeyle kısıtlandı.

Mühendislik optimizasyonu stratejisini izlemek için:

- Alt optimal bir sistem göz önünde bulundurulup...

Adım 5. Veri toplamak için deney(ler), test ortamları kurmak: Öğrenciler prototip(ler)i test etmek için bir araştırma planları ve yürütür,

Adım 6. Prototipleri karşılaştırmak için verileri analiz etmek, kanıtları sunarken, riskleri ve faydaları müzakere ederken en iyi çözümü savunmak için tartışmaya girmek.

5- Mühendislik Analizi

Mühendislik analizi kullanıldığında verilere dayalı kararlar almaya odaklanılır. Bu derslerde öğrenciler test edilebilir prototipler tasarlamazlar veya inşa etmezler. Örneğin, D'Alessio ve Horey (2013) tarafından geliştirilen bir derste, öğrenciler verilen bir harita üzerinde deprem uyarı sensörlerinin nereye yerleştirilmesi gerektiğini belirlemişlerdir. Öğrenciler, web tabanlı bir simülasyon kullanarak, tahminlerde bulunmak ve uygun sensör konumlarını seçmek için önceki depremlerden (dalga desenleri ve konumları) jeolojik veriler topladılar. Başka bir örnekte, öğrenciler çiftçilik uygulamalarına sürdürülebilir yaklaşımlar belirlediler (Russ ve diğerleri, 2015). Depremlerle ilgili önceki derse benzer şekilde, öğrenciler mısır üretimi, çiftlik nakit akışı ve su kalitesi gibi çevresel faktörler hakkında veri sağlayan bir bilgisayar simülasyonunu kullanarak çeşitli ürün ekim seçeneklerinin etkinliğini belirlemişlerdir. Bu derslerin her ikisi de veri kaynağı olarak bilgisayar simülasyonlarına dayansa da, bu bilgiler elektronik tablolar şeklinde de sunulabilir. Öğrenciler, tasarlanan sistemler üzerinde karşılaştırmalar, tahminler ve nihayetinde önerilerde bulunmak için bu derslerde veri analizi ve matematiksel modelleme ile meşgul olurlar.

Mühendislik analizi stratejisini izlemek için:

- Veriler sunulup...

Adım 6. Prototipleri karşılaştırmak için verileri analiz etmek, kanıtları sunarken, riskleri ve faydaları müzakere ederken en iyi çözümü savunmak için tartışmaya girmek.

6- Tersine Mühendislik

Tersine mühendislik derslerinin amacı, öğrencilerin bir sistem veya yapıyı analiz ederek, inceleyerek veya parçalarına ayırarak öğrenmesidir. Bu süreçte öğrenciler, yapıtı ve olası problemlerini belirlemek ve yeni fikirler için ilham almak için bileşenlerin işlevlerini belirler. Örneğin, Khalidi ve Ramsey (2016) öğrencilerden, bir teneke kutunun atıldıktan sonra öğretmenin eline nasıl geri döndüğünü belirlemelerini istedi. Öğrenciler, iç sistemin nasıl çalışabileceğine dair varsayımlarda bulunan çizimler geliştirdiler, ardından amaçlarına yardımcı olacak öğeleri daha fazla belirlemek için kutunun iç sistemini parçalarına ayırdılar, incelediler ve taslaklarını çıkardılar. Bunu yaparken, öğrenciler kutunun geri dönme hareketini simüle etmek için gerekli tasarım fonksiyonlarını belirlediler.

Tersine mühendislik stratejisini izlemek için:

- İncelenecek bir sistem verilip...

Adım 2. Problemin belirlenmesi, tasarım gereksinimlerinin, fonksiyonların, ölçümlerin ve ödünleşimlerin (trade-offs) belirlenmesi ve gereksinimlerin bildirilmesi ve riskler ve faydaların görüşülmesi sırasında bunlar üzerinde araştırma yapılması,

Adım 5. Veri toplamak için deney(ler), test ortamları kurmak: Öğrenciler prototip(ler)i test etmek için bir araştırma planlar ve yürütür,

Kaynaklar

1. Purzer, S., Quintana-Cifuentes, J., & Menekse, M. (2022). The honeycomb of engineering framework: Philosophy of engineering guiding precollege engineering education. *Journal of Engineering Education*, 111(1), 19–39. <https://doi.org/10.1002/jee.20441>

EK 22: Modül 2.6. mühendislik eğitiminde ölçme ve değerlendirme

Mühendislik eğitiminde ölçme ve değerlendirme yapılırken;

1. Ölçme ve değerlendirme çalışmaları öğretim programının tüm bileşenleri ile azami uyum sağlamalı, kazanım ve açıklamaların sınırları esas alınmalıdır. ^[1]
2. Öğretim programı, ölçme sürecinde kullanılacak ölçme araç ve yöntemleri açısından uygulayıcılara kesin sınırlar çizmez, sadece yol gösterir. Ancak tercih edilen ölçme ve değerlendirme araç ve yönteminde, gereken teknik ve akademik standartlara uyulmalıdır. ^[1]
3. Eğitimde ölçme ve değerlendirme uygulamaları eğitimin ayrılmaz bir parçasıdır ve eğitim süreci boyunca yapılır. Ölçme sonuçları tek başına değil izlenen süreçlerle birlikte bütünlük içinde ele alınır. ^[1]
4. Bireysel farklılıklar gerçeğinden dolayı bütün öğrencileri kapsayan, bütün öğrenciler için genel geçer, tek tip bir ölçme ve değerlendirme yönteminden söz etmek uygun değildir. Öğrencinin akademik gelişimi tek bir yöntemle veya teknikle ölçülüp değerlendirilmez. ^[1]
5. Eğitim sadece “bilme (düşünce)” için değil, “hissetme (duygu)” ve “yapma (eylem)” için de verilir; dolayısıyla sadece bilişsel ölçümler yeterli kabul edilemez. ^[1]
6. Çok odaklı ölçme değerlendirme esastır. Ölçme ve değerlendirme uygulamaları öğretmen ve öğrencilerin aktif katılımıyla gerçekleştirilir. ^[1]
7. Bireylerin ölçme ve değerlendirmeye konu olan ilgi, tutum, değer ve başarı gibi özellikleri zamanla değişebilir. Bu sebeple söz konusu özellikleri tek bir zamanda ölçmek yerine süreç içindeki değişimleri dikkate alan ölçümler kullanmak esastır. ^[1]

Mühendislik eğitiminde de kullanılan genel ölçme ve değerlendirme yöntemleri hakkında bilgiyi aşağıdaki linke tıklayarak edinebilirsiniz:

https://maltepeosmangazi.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/30/749100/dosyalar/2017_06/27214803_degerlendirme.pdf

Mühendislik Eğitiminde Kullanılan Bazı Ölçme Araçları:

Yenilenebilir Enerji Tasarımı: Rüzgâr Türbinleri [2]

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____ Sınıf: _____

Rüzgâr Türbinleri Ön Sınavı [2]

Birkaç kelimeyle:

1. Enerjinin ne olduğuna dair en iyi açıklamanızı yapın.

.....
.....
.....
.....

2. Her gün enerjiyi nasıl kullandığınıza dair bir örnek verin.

.....
.....
.....
.....

3. Bir enerji kaynağı olarak düşündüğünüz herhangi bir şeye bir örnek verin.

.....
.....
.....
.....

4. Yenilenebilir enerji nedir?

.....
.....
.....
.....

5. Yenilenemez enerji nedir?

.....
.....
.....
.....

6. Rüzgâr türbini nedir ve neden önemlidir?

.....
.....
.....
.....

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____ Sınıf: _____

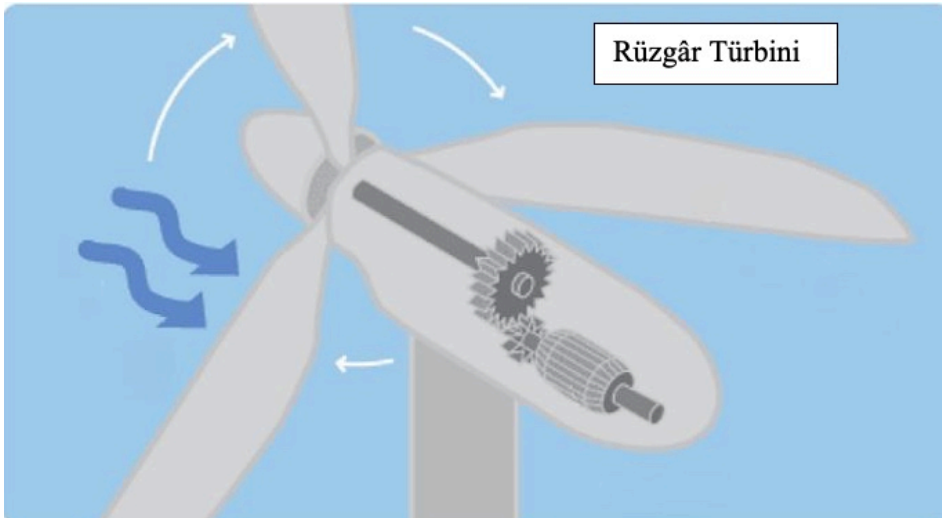
Rüzgâr Türbinleri Ön Sınavı ^[2]

A. En iyi seçimi daire içine alın:

1. enerji:	nicel	nitel
2. su:	yenilenebilir enerji kaynağı	yenilenemez enerji kaynağı
3. fosil yakıt:	yenilenebilir enerji kaynağı	yenilenemez enerji kaynağı
4. benzin:	yenilenebilir enerji kaynağı	yenilenemez enerji kaynağı
5. rüzgâr:	yenilenebilir enerji kaynağı	yenilenemez enerji kaynağı
6. doğal gaz:	yenilenebilir enerji kaynağı	yenilenemez enerji kaynağı
7. ısı:	enerji şekli	enerji kaynağı
8. güneş:	enerji şekli	enerji kaynağı
9. ışık:	enerji şekli	enerji kaynağı
10. yerçekimi:	enerji şekli	enerji kaynağı

B. Bir rüzgar türbinini oluşturan altı temel bileşeni etiketlemek için aşağıdaki kelimeleri kullanın:

kule	elektrik
rotor	jeneratör
mil	rotor kanadı
şanzıman	



C. Her birinin kısa bir açıklamasını yazın:

1. Rotor ve rotor kanadı:

2. Şaft:

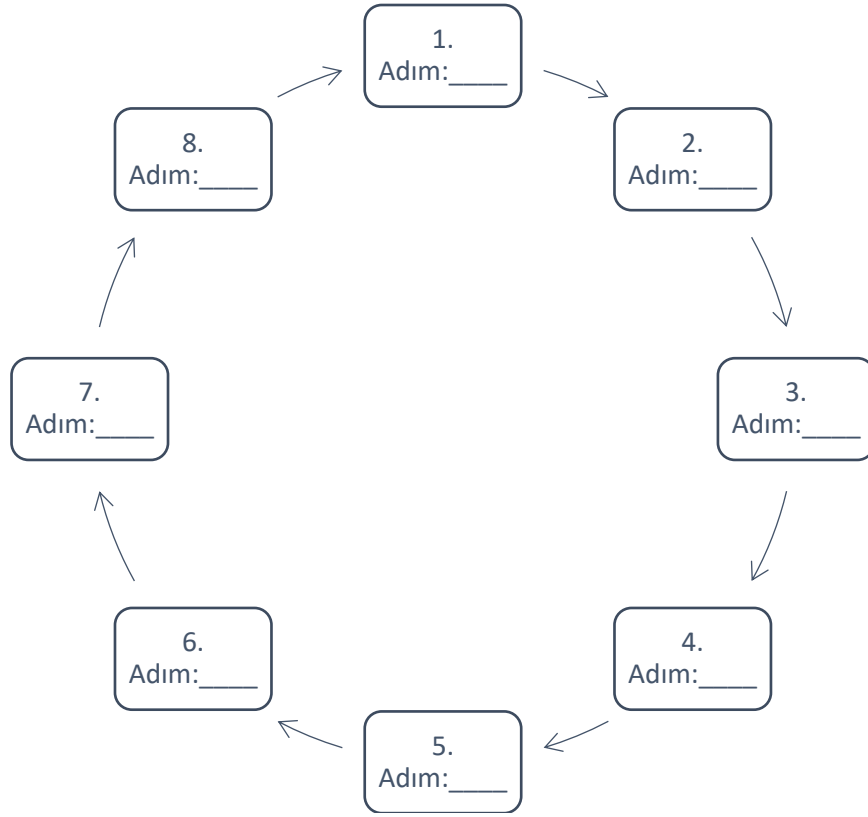
3. Şanzıman:

4. Elektrik jeneratörü:

Koltuk Değneği Kullanan Kişiler İçin Bir Taşıma Cihazı Tasarlayın ^[3]

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____
Sınıf: _____

Mühendislik Tasarım Süreci



Mühendislik tasarım sürecinin sekiz adımı aşağıda listelenmiştir, ancak bunlar doğru sırada DEĞİLDİR. Dairesel diyagramın boşluklarını her adım için harfle doldurarak doğru sırayı belirtin.

- A. Çözümü iletin
- B. En iyi çözümü seçin
- C. Problemi tanımlayın
- D. Olası çözümler geliştirin
- E. Yeniden Tasarım
- F. Problemi araştırın
- G. Bir prototip oluşturun
- H. Test edin ve değerlendirin

Takımın adı:					
Takım üyelerinin isimleri:					
Tarih:					
Koltuk Değneğine İlişkin Proje Rubriği					
Kriterler	Başarısız 0-8 pts	İyileştirilmesi gerek 9-16 pts	Yeterli 17-24 pts	Çok İyi 25-33 pts	Verilen Puanlar
Çözüm açık uçlu bir tasarım sorununu çözer	Çözüm birden fazla nesne taşımaz ve koltuk değneklerine bağlı değildir.	Çözüm bazı kısıtlamaları karşılar, bazı nesnelere taşır ve koltuk değneklerine etkin bir şekilde bağlı değildir.	Çözüm çoğu kısıtlamayı karşılar, biraz nesne taşır ve koltuk değneklerine takılır.	Çözüm, tüm kısıtlamaları karşılar, birçok fazla nesne taşır ve koltuk değneklerine takılır	
Öğrenciler mühendislik tasarım sürecini (MTS) uyguladı	Çalışma, MTS uygulamasına dair çok az kanıt gösteriyor veya hiç kanıt göstermiyor. (0-2 adım tanımlandı).	Çalışma, MTS uygulamasının bazı kanıtlarını göstermektedir. (3-4 adım tanımlanabilir)	Çalışma, MTS uygulamasının orta düzeyde kanıtını göstermektedir. (5-6 adım tanımlanabilir).	Çalışma, MTS uygulamasının tam kanıtını göstermektedir. (7-8 adım tanımlanabilir)	
Öğrenciler birden fazla çözümler geliştirdi	Çözümler temelde aynı veya çok benzer.	Çözümler orta derecede farklıdır ancak birçok ortak unsuru vardır.	Çözümler çoğunlukla farklı tasarım öğelerine sahiptir.	Çözümler, hedefleri ve kısıtlamaları ele almak için farklı tasarım öğeleri gösterir	
Not: Maksimum puan=99				Toplam Puan	
				Sınıf	
Yorumlar & Notlar:					

Matematik ve Fizik ile Sürtünmeli Bir Hız Treni Tasarlamak! ^[4]

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____ Sınıf: _____

Bitirme Projesi Sonuçları Sunumu-Rapor Değerlendirme Tablosu

	Standardın Altında	Standardı Karşılıyor	Standardın Üstünde
Proje Adı, Öğrenci İsimleri	- Eksik veya eksik proje adı, öğrenci adları ve/veya tarih	- Proje adı, öğrenci adları ve görüntülenen tarih - Başlık slaydında profesyonel metin/grafikler	- Proje adı, öğrenci adları, görüntülenen tarih - Hoş grafik ve/veya animasyon - Arka plan müziği
Proje Açıklaması	- Proje hedefinin eksik veya eksik taslağı - Kullanılan prosedürlerin ve kaynakların eksik veya eksik taslağı - Elde edilen sonuçların eksik veya eksik taslağı	- Proje hedefinin doğru tanımı - Kullanılan prosedürlerin ve kaynakların doğru taslağı - Elde edilen sonuçların doğru özeti	- Proje hedefinin doğru tanımı - Kullanılan prosedürlerin ve kaynakların doğru taslağı - Elde edilen sonuçların doğru özeti - Anlamaya yardımcı olan şekiller/resimler - Göz alıcı slayt formatı ve/veya animasyonlar
Roller Coaster Yol Tasarımı	- Parçalı yolu oluşturmak için kullanılan türevlenebilir fonksiyonların eksik veya eksik açıklaması - Parçalı yolu oluşturmak için kullanılan 5'ten az türevlenebilir fonksiyon - Diferansiyel fonksiyonlardan fiyat yolu oluşturmak için kullanılan eksik veya eksik süreç - Parçalı yol için eksik veya eksik nihai işlevsel ifade - Eksik veya eksik hız treni yol grafiği - Yanlış biçimlendirilmiş, etiketlenmiş veya ayrılmış metin - Okunması zor metin (yazı tipi boyutu < 24, renk, slayt arka	- Parçalı yolu oluşturmak için kullanılan türevlenebilir fonksiyonların tam açıklaması - Parçalı yolu oluşturmak için kullanılan en az beş türevlenebilir fonksiyon - Diferansiyel işlevlerden fiyat yolu oluşturmak için kullanılan eksiksiz süreç - Parçalı yol için nihai işlevsel ifadeyi tamamlayın - Eksiksiz ve iyi biçimlendirilmiş hız treni yol grafiği - Metin biçimlendirilmiş, açıkça etiketlenmiş ve ayrılmış - Metnin okunması kolay (yazı tipi	- Parçalı yolu oluşturmak için kullanılan türevlenebilir fonksiyonların tam açıklaması - Parçalı yolu oluşturmak için kullanılan en az beş türevlenebilir fonksiyon - Diferansiyel işlevlerden fiyat açısından yol oluşturmak için kullanılan eksiksiz süreç - Parçalı yol için nihai işlevsel ifadeyi tamamlayın - Eksiksiz ve iyi biçimlendirilmiş hız treni yol grafiği - Metin biçimlendirilmiş, açıkça etiketlenmiş ve ayrılmış - Metnin okunması kolay (yazı tipi boyutu > 24, yazı tipi rengi arka plan rengiyle iyi kontrast) - Göz alıcı slayt formatı ve animasyonlar

	planıyla yeterince kontrastlı değil)	boyutu > 24, arka plan rengiyle iyi renk kontrastı)	
İş-Enerji Teoremi Kullanılarak Test Edilen Matematiksel Tasarım	<ul style="list-style-type: none"> - İş-enerji teoremi kullanılarak hız treni yolu işlevselliğinin analizinin eksik veya eksik açıklaması - İş-enerji teoremi için projede kullanılan matematiksel ifadenin yanlış veya eksik olması - Parçalı yol boyunca vücudun hızı, sürtünme katsayısı ve sürtünme kuvvetinin eksik veya eksik grafikleri 	<ul style="list-style-type: none"> - İş-enerji teoremini kullanarak hız treni yolu işlevselliğinin analizinin tam açıklaması - İş-enerji teoremi için projede kullanılan doğru matematiksel ifade - Doğru biçimlendirilmiş ve etiketlenmiş eksenler - Parçalı yol boyunca vücudun hızı, sürtünme katsayısı ve sürtünme kuvvetinin eksiksiz grafik seti - Grafik başlıkları dahildir ve okunması kolay - İyi kontrastlı grafik renkleri 	<ul style="list-style-type: none"> - İş-enerji teoremini kullanarak hız treni yolu işlevselliğinin analizinin tam açıklaması - İş-enerji teoremi için projede kullanılan doğru matematiksel ifade - Doğru biçimlendirilmiş ve etiketlenmiş eksenler - Parçalı yol boyunca vücudun hızı, sürtünme katsayısı ve sürtünme kuvvetinin eksiksiz grafik seti - Grafik başlıkları dahildir ve okunması kolay - İyi kontrastlı grafik renkleri - Göz alıcı slayt formatı ve animasyonlar.
Prototipin Yapım Süreci ve Nihai Prototip	<ul style="list-style-type: none"> - Eksik veya eksik inşaat süreci açıklaması - Fiziksel prototipi oluşturmak için eksik veya eksik malzeme listesi - Nihai prototipin fotoğrafı yok - Eksik/yanlış prototip ölçek faktörü - Matematiksel model ve prototipin doğruluğunun eksik/eksik analizi - Okunması zor metin (yazı tipi boyutu <24, yazı tipi rengi slayt arka planıyla yeterince kontrastlı değil) 	<ul style="list-style-type: none"> - Komple inşaat süreci açıklaması - Fiziksel prototipi oluşturmak için eksiksiz malzeme listesi - Nihai prototipin fotoğrafı - Sağlanan doğru prototip ölçek faktörü - Matematiksel model ve prototipin doğruluğunun analizi - Metnin okunması kolay (yazı tipi boyutu >24, yazı tipi rengi arka plan rengiyle kontrast oluşturur) 	<ul style="list-style-type: none"> - Komple inşaat süreci açıklaması - Fiziksel prototipi oluşturmak için eksiksiz malzeme listesi - Birkaç fotoğraf son prototipi ve yapım sürecini gösteriyor - Sağlanan doğru prototip ölçek faktörü - Matematiksel model ve prototipin doğruluğunun analizi - Metin biçimlendirilmiş, açıkça etiketlenmiş ve ayrılmış - Metnin okunması kolay görüntüleniyor (yazı tipi boyutu >24, yazı tipi rengi arka plan rengiyle kontrast oluşturuyor) - Göz alıcı slayt formatı ve animasyonlar
Prototip Testleri	<ul style="list-style-type: none"> - Eksik veya eksik prototip testleri - 10'dan az test çalıştırma 	<ul style="list-style-type: none"> - Komple prototip testleri - En az 10 test çalıştırma 	<ul style="list-style-type: none"> - Komple prototip testleri - 10 veya daha fazla test çalıştırma - Elde edilen eksiksiz test

	<ul style="list-style-type: none"> - Eksik/eksik test sonuçları alındı - Eksik/eksik test sonuçları - Prototip davranışında ve beklenen davranışta gözlemlenen sapmaların eksik/eksik analizi - Okunması zor metin - Metnin renklerini görmek zor 	<ul style="list-style-type: none"> - Elde edilen eksiksiz test sonuçları - Test sonuçları sağlanır - Prototip davranışında ve beklenen davranışta gözlemlenen sapmaların analizi - Metnin okunması kolay (yazı tipi boyutu >24, yazı tipi rengi arka plan rengiyle kontrast oluşturur) 	<ul style="list-style-type: none"> sonuçları - Test sonuçları sağlanır - Prototip davranışında ve beklenen davranışta gözlemlenen sapmaların analizi - Metin biçimlendirilmiş, açıkça etiketlenmiş ve ayrılmış - Metnin okunması kolay görüntüleniyor (yazı tipi boyutu >24, yazı tipi rengi arka plan rengiyle kontrast oluşturuyor) - Göz alıcı slayt formatı ve animasyonlar.
Roller Coaster Prototip İnşaatı	<ul style="list-style-type: none"> - Tamamlanmamış hız treni prototipi, tam olarak işlevsel değil ve/veya eksik - Prototip şekli orijinal tasarıma uymuyor - Yanlış ölçekte oluşturulmuş prototip 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitmiş ve tamamen işlevsel prototip - Prototip şekli orijinal tasarıma uygun - Ölçeği düzeltmek için oluşturulmuş prototip - Temiz ve düzenli prototip bitirme 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitmiş ve tamamen işlevsel prototip - Prototip şekli orijinal tasarıma uygun - Ölçeği düzeltmek için oluşturulmuş prototip - Temiz ve düzenli prototip bitirme - Prototip bitirmede sanatsal dokunuşlar
Proje Sonuçları ve Kaynakça-Referanslar	<ul style="list-style-type: none"> - Eksik, eksik veya yanlış sonuçlar - Sorun bağlamında eksik veya yetersiz yapılan sonuçlar - Eksik/eksik referanslar ve kaynak materyal listesi; kötü sunuldu 	<ul style="list-style-type: none"> - Doğru sonuçlar, prosedürler ve sonuçlar - Sorun bağlamında tamamlanan sonuçlar - Profesyonelce sunulan eksiksiz referanslar/kaynak materyaller 	<ul style="list-style-type: none"> - Doğru sonuçlar, prosedürler ve sonuçlar - Sorun bağlamında tamamlanan sonuçlar - Profesyonelce sunulan eksiksiz referanslar/kaynak materyaller - İzleyicilerin anlaşılmasına yardımcı olan göz alıcı slayt formatları, animasyonlar ve figürler

Sınıf İçi Ürünlerin Sunumu Notlandırma Rubriği ^[4]

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____ Sınıf: _____

	Profesyonel Değil	Profesyonele Yakın	Profesyonel
Vücut dili	<ul style="list-style-type: none"> - Seyirci üzerinde değil - Notlardan veya slaytlardan okumalar - Tüm sunum boyunca güven eksikliği - Dikkat dağıtan, doğal olmayan hareketler veya jestler (kıpır kıpır veya gergin) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bazı izleyici göz teması - Bazen notlardan veya slaytlardan okur - Biraz özgüven ve duruş (ama yine de gergin görünüyor) - Bazı hareketler ve jestler 	<ul style="list-style-type: none"> - Seyirci ile göz teması - Slaytlardan veya notlardan çok az okuma veya hiç okuma - Tüm sunum boyunca kendinden emin görünüyor - Doğal hareketler, jestler
Ses TONU	<ul style="list-style-type: none"> - Anlaşılmayacak ve/veya duyulamayacak kadar yumuşak konuşur - Çok hızlı veya yavaş konuşur - Sıklıkla şuna benzer sözcükleri veya sesleri kullanır: Tamam, yani..., bilirsin..., uh, umm, yani... - Doğru teknik dil veya resmi İngilizce kullanmaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Çoğu zaman açıkça konuşur - Bazen çok hızlı veya yavaş konuşur - Dinleyicilerin çoğu için yeterince yüksek sesle konuşur - Bazen şuna benzer kelimeler veya sesler kullanır: Tamam, yani..., bilirsin..., uh, umm, yani... - Sunumun çoğunda doğru teknik dili veya resmi İngilizceyi kullanır 	<ul style="list-style-type: none"> - Tüm sunum boyunca net konuşur - Çok hızlı veya yavaş değil, aynı ses seviyesinde ve normal hızda konuşur - Herkesin duyabileceği kadar yüksek sesle konuşur - Nadiren veya hiç kullanmaz: Tamam, yani..., bilirsin..., uh, umm, yani... - Tüm sunum boyunca doğru teknik dili veya resmi İngilizceyi kullanır
Genel Sunum	<ul style="list-style-type: none"> - Ana fikir yok, yanlış veya eksik - Yanlış ve/veya mantıksız bir sırayla sunulan fikirler - Geliştirmede önemli adımların atlanması - Eksik, yanlış veya eksik giriş ve/veya sonuç, - Kötü sunum zaman yönetimi - Sorulara yanlış cevaplar 	<ul style="list-style-type: none"> - Ana fikir yok, yanlış veya eksik - Yanlış ve/veya mantıksız bir sırayla sunulan fikirler - Geliştirmede önemli adımların atlanması - Eksik, yanlış veya eksik giriş ve/veya sonuç, - Kötü sunum zaman yönetimi - Sorulara yanlış cevaplar 	<ul style="list-style-type: none"> - Açık ve etkili bir şekilde sunulan ana fikir - Mantıksal bir sırayla, ana noktaları vurgulayarak ve bağlam içinde sunulan fikirler - Etkili giriş ve sonuç - Sunum, ayrılan süre içinde tamamlandı ve zaman, konulara veya fikirlere yetkin bir şekilde dağıtıldı - Doğru cevaplanmış sorular ve bağlam içinde; ayrıca ilgili bilgiler ve/veya ilgili örneklerle zenginleştirilmiş cevaplar
Dış Görünüşü	<ul style="list-style-type: none"> - Durum için uygun olmayan kıyafetler giymek 	<ul style="list-style-type: none"> - Yarı resmi kıyafetler giymek 	<ul style="list-style-type: none"> - Profesyonel bir iş görüşmesi için uygun kıyafetler giymek

Polarizasyondan Yararlanmak: Daha Etkili Güneş Gözlüğü Tasarlamak ^[5]

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____ Sınıf: _____

Projeye İlişkin Düşünce Yazısı

1. Bu projeyi tamamlayarak, mühendislerin yaptıkları hakkında ne öğrendiniz?

2. Bu projeye ilgili en zorlayıcı olan neydi? Neden?

3. Bu projede en başarılı olduğunuzu düşündüğünüz şey nedir?

Sorgulama ve Mühendislik: Planörler [6]

Sınıf: _____ Tarih: _____

Nihai Rapor Değerlendirme

Rapor yazarı: _____

Takım adı/takım üyeleri: _____

Lütfen bu değerlendirme listesini nihai raporunuza ekleyin (öğrenci başına bir rapor).

Raporun Kısımları	Tanımlama	Kazanılan Puanlar	Olası Puanlar	Yorumlar
Genel Bakış	İhtiyaçlar ve kısıtlamalar dahil olmak üzere görevin özeti.			3
Tanım	İlhamı da dahil olmak üzere tasarımınıza genel bakış. Planörünüzün çeşitli aerodinamik bileşenlerini ve bilime göre başarınıza nasıl katkıda bulduklarını açıklayın.			10
Tasarımı İyileştirme	Taslak tasarımı gönderdikten sonra planörünüzde yapılan tüm değişiklikleri açıklayın ve gerekçelendirin.			10
Maliyetler	Herhangi bir indirim de dahil olmak üzere nihai tasarım için maliyet hesaplamaları açıkça sunulmuştur.			10
Test Yapmak	Kutlamalar veya hayal kırıklıkları da dahil olmak üzere lansmanlarınızın sonucunu özetleyin.			5
Veriler	Tüm resmi test verilerini açıkça sunun.			5
Oran Hesaplamaları	En iyi mesafe-kütle oranının m/g cinsinden net hesaplamaları.			5
Projeyi İyileştirme	Ödev için sahip olduğunuz en az bir öneriyi ve bunun projeyi neden iyileştireceğini düşündüğünüzü listeleyin.			2
Toplam Puan				50

Robotik Cerrahi Cihaz Tasarlamak ¹⁷¹

İsim-Soy isim: _____ Tarih: _____ Sınıf: _____

Mühendislik Tasarım Testi

1. Mühendislikte tasarım süreci ne zaman başlar...

- mevcut bir ürünle ilgili bilgiler bir mühendis tarafından toplanır.
- bir mühendislik tasarım ekibi yeni bir ürün için fikirler üretir
- bir tasarım mühendisi, bir soruna çözüm bulma ihtiyacını tanır.

2. “Hedef kitle” veya “hedef kitle”nin belirlenmesi, mühendislik tasarım döngüsünün hangi aşamasında gerçekleşir?

- İhtiyacı Belirleyin
- Sorunu Araştırın
- Olası Çözümler Geliştirin

3. Mühendisler, gereksinimler ve kısıtlamalar arasındaki farkı anlamalıdır.

Diyelim ki bir mühendis ekibinden 20 dolardan daha düşük bir fiyata bir çift çocuk tenis ayakkabısı tasarlaması istendi. Bu fiyata ayakkabı üretmenin tek yolunun geri dönüştürülmüş malzeme kullanmak olduğunu belirlerler. Takımın kısıtlaması nedir?

- Ayakkabılar çocuklar için tasarlanmalı
- Ayakkabılar geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmalıdır
- Ayakkabıların üretim maliyeti 20 dolardan az olmalı

4. Bir beyin fırtınası oturumu sırasında daha fazla odaklanmak istiyoruz:

- nitelik yerine fikirlerin niceliği
- nicelikten ziyade fikirlerin niteliği

5. Mühendislik tasarım döngüsünün hangi adımı bir mühendisi bir teknisyenden ayırır?

- Prototip Oluşturun
- Bir Prototipi Test Edin ve Değerlendirin
- Yeniden tasarlamak

6. “Model” ve “prototip” terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, bunlar aynı şey değildir. Tasarım sonlandırılmadan önce bir ürünün farklı yönlerini test etmek için _____ kullanılır. Bir ürünün nasıl görüneceğini veya çalışacağını göstermek veya açıklamak için _____ kullanılır.

- model, prototip
- prototip, model

7. Mühendislik tasarım döngüsünü takip ederken hangi yönde farklı aşamalar oluşabilir?

- saat yönünde
- saat yönünün tersine
- hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine
- kısayollar dahil herhangi bir yönde

8. Mühendislik tasarım süreci yinelemelidir. Bu, mühendislerin ...

- farklı mühendislik yazılım uygulamalarında uzmanlaşmak

- b. bir tasarım problemine en uygun çözümlü bulmak
- c. hem matematik hem de fen kavramlarını bir tasarım problemine dahil edin

9. Bir mühendislik tasarım probleminin çözümünü bulurken, genellikle...

- a. tek olası doğru çözüm
- b. çok sınırlı sayıda olası doğru çözüm
- c. birçok olası doğru çözü

Mühendislik Tasarım Öz-Yeterliği ¹⁸⁾

İsim-Soy isim: _____ Sınıf: _____ Tarih: _____

Lütfen inançlarınızı ve mevcut yetenekleriniz hakkındaki yargılarınızı en iyi temsil eden cevabı seçerek aşağıdaki soruların hepsini tam olarak yanıtlayın. Her soruyu kim olduğunuza ve verilen görevler hakkında bugün ne bildiğinize göre yanıtlayın.

1. 0'dan 100'e kadar bir sayı kaydederek aşağıdaki görevleri yerine getirmek için kendinize olan güven derecenizi (yani mevcut yeteneğinize olan inancınızı) derecelendirin.

0 = hiç yapamam; 50 = orta derecede yapabilir; 100 = kesinlikle yapabileceğinden emin.

Mühendislik tasarımı yapmak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını belirleyin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını araştırın	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tasarım çözümleri geliştirin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Mümkün olan en iyi tasarımı seçin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir prototip oluşturun	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı değerlendirin ve test edin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı iletin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yeniden tasarlamak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

2. 0'dan 100'e kadar bir sayı kaydederek aşağıdaki görevleri gerçekleştirmek için ne kadar motive olacağınızı değerlendirin.

(0 = motive olmam; 50 = orta derecede motive olurum; 100 = yüksek düzeyde motive olurum)

Mühendislik tasarımı yapmak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını belirleyin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını araştırın	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tasarım çözümleri geliştirin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Mümkün olan en iyi tasarımı seçin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir prototip oluşturun	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı değerlendirin ve test edin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı iletin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yeniden tasarlamak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

3. 0'dan 100'e kadar bir sayı kaydederek aşağıdaki görevleri gerçekleştirmede ne kadar başarılı olacağınızı değerlendirin.

(0 = başarı bekleyemem; 50 = orta derecede başarı beklerim; 100 = başarılı olacağımdan oldukça emin)

Mühendislik tasarımı yapmak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını belirleyin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını araştırın	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tasarım çözümleri geliştirin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Mümkün olan en iyi tasarımı seçin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir prototip oluşturun	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı değerlendirin ve test edin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı iletin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yeniden tasarlamak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

4. Aşağıdaki görevleri yerine getirirken 0'dan 100'e kadar bir sayı kaydederek kaygı derecenizi (ne kadar endişeli olurdunuz) değerlendirin.

(0 = hiç endişeli değilim; 50 = orta derecede endişeliyim; 100 = son derece endişeliyim)

Mühendislik tasarımı yapmak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını belirleyin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarım ihtiyacını araştırın	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tasarım çözümleri geliştirin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Mümkün olan en iyi tasarımı seçin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir prototip oluşturun	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı değerlendirin ve test edin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Bir tasarımı iletin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yeniden tasarlamak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Mühendisliğe İlgili ve Tutum Ölçeği ¹⁹¹

Mühendislik hakkındaki görüşlerinizi öğrenmekle ilgileniyoruz. Lütfen her soruyu dürüstçe cevaplayın. Her ifadeden sonra ne kadar katılıp katılmadığınızı işaretleyiniz. Çok teşekkürler!	Kesinlikle Katılmıyorum	Biraz Katılıyorum	Emin Değilim	Çoğunlukla Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1. Mühendisliği anlamak benim için önemlidir.	0	1	2	3	4
2. Mühendislik, günümüz dünyasını anlamama yardımcı oluyor.	0	1	2	3	4
3. Mühendislik okumaktan zevk alıyorum.	0	1	2	3	4
4. Erkekler mühendislikte kızlardan daha iyidir.	0	1	2	3	4
5. Mühendislik problemlerini çözmek için diğer mühendislerle birlikte çalışmak isterim.	0	1	2	3	4
6. Okulda mühendislik yaparken ilginç şeyler öğreniyoruz.	0	1	2	3	4
7. Gerçekten mühendislik öğrenmek istiyorum.	0	1	2	3	4
8. Kızlar mühendislikte erkeklerden daha iyidir.	0	1	2	3	4
9. Mühendislik, günlük hayatın problemlerini çözmeye yardım etmede faydalıdır.	0	1	2	3	4
10. Okulda mühendislik yaparken önemli şeyler öğreniyoruz.	0	1	2	3	4
11. Mühendislik benim için kolaydır.	0	1	2	3	4
12. Mühendislik eğlencelidir.	0	1	2	3	4
13. Mühendislik yaparken birçok ilginç malzeme ve araç kullanırız.	0	1	2	3	4
14. İyi bir iş bulmak için mühendisliği anlamak önemlidir.	0	1	2	3	4
15. Kızlar, mühendisliği anlamakta erkeklere göre daha zor.	0	1	2	3	4
16. Mühendislik hakkında daha fazla bilgi edinmek istiyorum.	0	1	2	3	4
17. Okulda mühendislik yaptığımızda ilgileniyorum.	0	1	2	3	4
18. Mühendisler, insanların hayatlarını daha iyi hale getirmeye yardımcı olur.	0	1	2	3	4
19. Kızlar ve erkekler mühendislikte eşit derecede iyidir.	0	1	2	3	4
20. Mühendislikte başarılı olmak için çok çalışırım.	0	1	2	3	4
21. Mühendislerin işleri için ne yaptıklarını biliyorum.	0	1	2	3	4
22. Büyüdüğümde mühendis olmaktan keyif alırdım.	0	1	2	3	4
23. Erkekler, mühendisliği anlamakta kızlara göre daha zordur.	0	1	2	3	4
24. Mühendislik ülkem için gerçekten çok önemlidir.	0	1	2	3	4

Kaynaklar

1. Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). Teknoloji ve Tasarım Öğretim Programı (Ortaokul 7 ve 8. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.
2. https://www.teachengineering.org/content/nyu_/activities/nyu_windturbine/nyu_windturbine_activity1_post_quiz_v2_tedl.pdf
3. https://www.teachengineering.org/activities/view/wpi_crutches_activity
4. <https://www.teachengineering.org/activities/view/ind-1996-frictional-roller-coaster-design-project-calculus>
5. <https://www.teachengineering.org/activities/view/mis-2231-designing-sunglasses-light-polarization-sensor>
6. https://www.teachengineering.org/activities/view/uconn_gliders_activity1
7. https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_surg_lesson01_activity2
8. Carberry, A.R., Ohland, M.W., & Lee, H. (2009). Developing an instrument to measure engineering design self-efficacy: A pilot study. American Society for Engineering Education.
9. Lachapelle, C.P. & Brennan, R.T. (2018). An instrument for examining elementary engineering student interests and attitudes. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST), 6(3), 221-240. DOI: 10.18404/ijemst.428171

EK 23: Modül 2.7. mühendislik entegrasyonunda kullanılan dijital araçlar

Microsoft, Google Dokümanlar, elektronik tablo araçları (ör. Microsoft Excel), sistem tasarım araçları (ör. LabView) ve hesaplama ortamları (ör. MATLAB) mühendislik eğitiminde kullanılan temel araçlar arasındadır. Bununla birlikte aşağıda bu alanda kullanabileceğiniz dijital araçlar sunulmuştur.

1-Design Squad Global^[2]

Eğlenceli mühendislik problemleri sınıf rekabetini ve yeniliği teşvik eder



The screenshot shows the Design Squad Global website interface. The top navigation bar includes 'Parents, Educators & Engineers'. The main content area is titled 'Activities and Videos: Simple Machines'. Below this, there are filters for 'Show Only:' with options: ALL, ACTIVITIES, ANIMATIONS, CAREER PROFILES, and VIDEOS. The 'ACTIVITIES' section is highlighted. It lists several activities with brief descriptions and links to read more or watch a demo. The activities listed are: Confetti Launcher, Extreme Kicking Machine, Four Corners, Hack a Greeting Card, and Heavy Lifting. Each activity includes a small image and a brief description of the project.

<https://pbskids.org/designsquad>

Artıları: Yüksek düzeyde etkileşimli multimedya kaynakları, mühendislik ve tasarım becerilerini ve süreçlerini evinize taşır.

Eksileri: Bölümler ve oyunlar Adobe Flash programını kullanır ve iOS cihazlarda çalışmaz; erişilebilirlik konusunda bazı sınırlamaları vardır.

Sonuç olarak: Design Squad Global, uygulamalı etkinlikler ve anlaşılması kolay bilimsel açıklamalar aracılığıyla STEAM kavramlarını öğrenmeyi eğlenceli hale getirir.

Düzye: 3-8. Sınıflar

Konular ve Beceriler: Bilim, Yaratıcılık, Karakter ve Eleştirel Düşünme

Kategori: Öğretimsel Tasarım, Oyun Tabanlı Öğrenme, Duyuşsal Öğrenme Becerileri ve Proje Tabanlı Öğrenme

Design Squad Global kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

Design Squad Global, çocuklara mühendislik ve tasarım sorunlarına karmaşık ve özgün çözümler geliştirmeyi öğretmenin oldukça ilgi çekici ve etkili bir yoludur. Öğretmenler sınıfta projelere başlayabilir ve öğrencilerin projeyi bitirmelerini isteyebilir. Zorluklar bu programın en iyi yönüdür; öğrenmeyi öğrencilerin kendi çabasına bırakır ve öğretmenlere TV bölümlerini anlamlı sınıf deneyimleriyle ilişkilendirmenin bir yolunu sunar. Örneğin, çocuklar ışıklı ve sesli en iyi dans pedini yaparak veya en çevre dostu su şişesi tutacağını oluşturarak tanınabilirler. Bu rekabetçi yön yaratıcılığı teşvik eder.

Öğrencilere sınıfta tasarlayabilecekleri veya geliştirebilecekleri projeler bulmalarına izin vererek öz-yönetimli öğrenmenin ve demokratikleştirilmiş bir öğrenme ortamının önünü açın. Öğrencilerin diğerlerine fayda sağlayan zorluklara katılmalarını sağlayarak, onları engelli insanları, elektriğe erişimi olmayan toplulukları veya çöplerle çevrili deniz hayvanlarını etkileyen gerçek dünya sorunlarına çözümler geliştirmeye teşvik ederek empati ve iş birliği gibi duuşsal düşünme becerilerini öğretin. Design Squad Global, başkalarının kendi problemlerini çözmelerine yardımcı olmak için zihinlerini ve kaynaklarını kullanarak öğrencilerin kendi problemlerinin ötesini görmelerine yardımcı olabilir.

Design Squad Global nedir?

Design Squad Global web sitesi, öğrencilerin mühendislik zorluklarına en yeni çözümleri yaratmak için yarıştığı PBS Kids televizyon programı Design Squad'ı tamamlar. Tasarıma giren beyin fırtınası ve prototipleme oyunları, ders planları ve video gösterimleri, web sitesini çocuklar için harika bir öğrenme aracı haline getirir. Gösterinin tüm bölümleri altyazı içerir.

Gezinme menüsünden öğrenciler İzle, Tasarla, İnşa Et, Oyunlar veya Global Çocuklar arasından seçim yapabilir. İzleme bölümü, konuya göre etiketlenmiş Design Squad TV bölümlerinin yanı sıra bisiklet dişlileri gibi günlük öğelerin bilimini keşfeden videolara sahiptir. Tasarım bölümü, öğrencilere mevcut bir tasarımı yazma, çizme veya yeniden düzenleme veya aylık Global Challenge'a katılma seçenekleri sunar. Build'de öğrenciler, çocukların yetişkin gözetiminde tamamlayabilecekleri uygulamalı projeler için fikirlerin yanı sıra ilgili videolara ve kullanıcı tarafından gönderilen fikirlere bağlantılar bulacaklardır. Oyunlar bölümü, öğrencilerin mühendislik kavramlarını öğreten etkileşimli oyunlar oynamasını sağlar. Öğrencilerin puanlarını kaydetmek ve paylaşmak istemedikleri sürece hesaplara ihtiyaçları yoktur. Son olarak, Global Kids, dünyanın dört bir yanındaki öğrenciler tarafından sunulan fikirleri sergileyen etkileşimli bir haritadır.

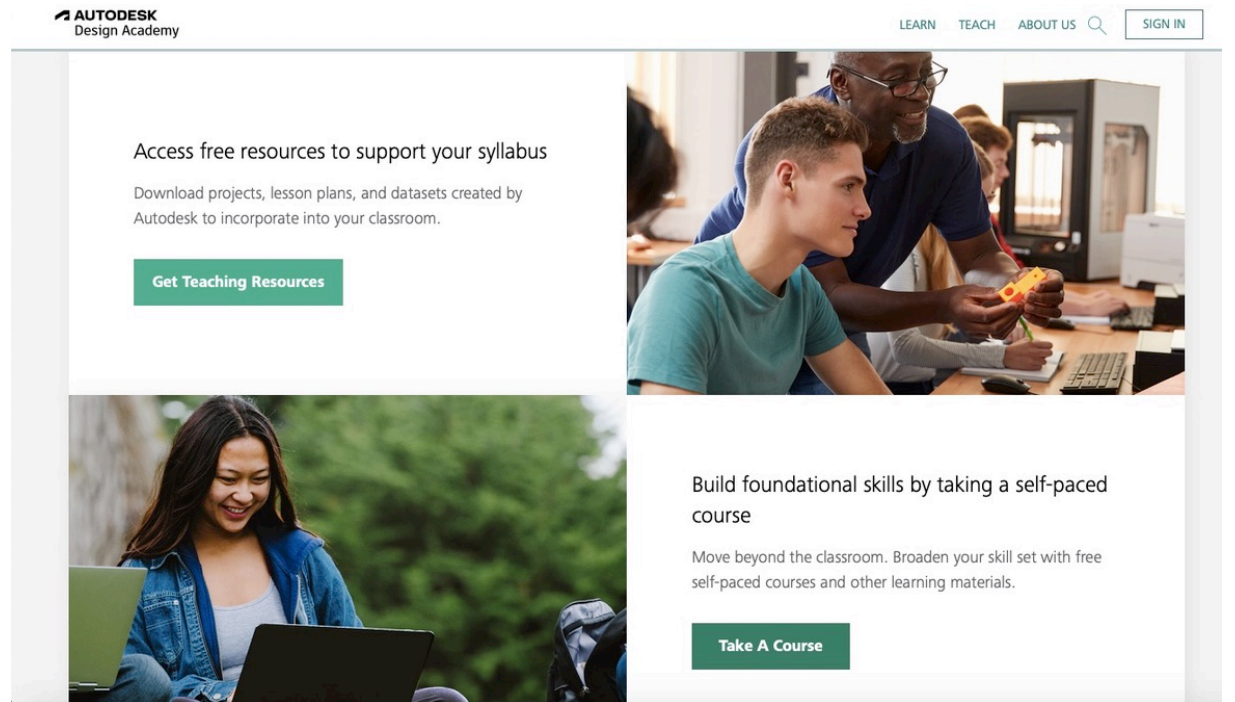
Neden Design Squad Global?

Design Squad Global'ın videoları, öğrencilere, öğrencilerin kendi topluluklarında veya dünyanın başka bir yerinde olsun, başkalarının karşılaştığı zorluklar hakkında bir bakış açısı sağlar. Öğrencileri sorunlarla boğabilecek zengin içerikli birçok satış noktasının aksine, bu araç sorunlara çözüm tarafından yaklaşarak öğrencileri STEAM yeniliklerinin engellerin üstesinden gelebileceği yolları görmeye teşvik eder. Orijinal kreasyonlar tasarlama veya başkalarının fikirlerini geliştirme fırsatı, öğrencileri tasarım sürecine aktif olarak katılmaya teşvik eder ve onlara herkesin yenilik yapabileceğini gösterir.

Yüksek kaliteli, mühendislikle ilgili oyunlar, çocukların problem çözme sürecini keşfetmeleri ve gözlem, yinelemeli tasarım ve prototip oluşturma gibi kavramlara aşina olmaları için etkileşimli yollar sunar. Çok çeşitli okuma ve matematik becerilerine sahip çocuklar, oyunları eğlenceli bulacaklar ve oynadıkça STEAM kavramlarını anlamak için gerekli olan eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirebilirler.

2- Autodesk Design Academy^[3]

Popüler mühendislik yazılımları için olağanüstü proje tabanlı eğitimler



<https://academy.autodesk.com>

Düzye: 6-12. Sınıflar

Konular ve Beceriler: Sanat, Bilim, Yaratıcık

Kategoriler: Medya Oluşturma, Probleme Dayalı Öğrenme

Artıları: Öğreticiler hem öğretmenler hem de öğrenciler için son derece net ve iyi düşünülmüş ve dijital materyaller açısından oldukça yüksek kalitededir.

Eksileri: Eşler arası destek çok azdır ve çoğu proje yeni seçimler yapmak veya özellikleri kendi başınıza keşfetmek için çok az şans sunuyor.

Sonuç olarak: Burada bulunan projeler, dijital tasarımı öğretmek ve öğrenmek için harika bir yoldur ve hepsi ücretsizdir.

Autodesk Design Academy kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

Çok sayıda proje, fizik, yer bilimleri, sanat, tasarım ve meslek kursları gibi mühendislik ve tasarımın müfredatın temel özellikleri olduğu sınıflar için doğal olarak uygundur. Yazılımı öğrenmek için gereken süre göz önüne alındığında, öğretmenler bu projeler için çok fazla ders saati ayırmayı bekleyebilirler, ancak öğrenme çıktıları buna değer olmalıdır. Mühendislik ve mimarlık seçmeli dersleri, okul sonrası programlar veya kulüpler için Autodesk Design Academy içeriğini kullanmak düşünüldüğü kadar kolay değildir.

Daha az uzmanlaşmış sınıflar veya birimler için, bazı projeler oldukça düşük yazılım öğrenme eğrilerine sahiptir ve matematik, fen ve sanat dersleri için hızlı bir şekilde açılan dersler olarak iyi çalışır (örneğin mozaikleme, ölçüm ve duvar boyama projeleri). Bu projeler muhtemelen çok fazla hazırlık süresi veya kapsam ve sıralamanızda herhangi bir değişiklik gerektirmeyecek ve dahası, öğrencilerinize uygulamalı harika deneyimler sunabileceksiniz.

Autodesk Design Academy nedir?

Autodesk Design Academy, Autodesk'in tamamı eğitim kullanıcıları için ücretsiz olan dijital tasarım araçları kataloğuyla birlikte kullanılmak üzere özel olarak hazırlanmış büyük ve büyüyen bir mühendislik ve tasarım projeleri kütüphanesidir. Projeler, animasyon ve mimariden inşaat ve elektrik mühendisliğine ve ötesine kadar birçok STEAM uygulamasını kapsamaktadır. Her proje, tasarım dosyaları, öğrenci materyalleri (problem setleri ve adım adım kılavuzlar gibi), bir eğitmen kılavuzu ve her proje için gerekli adımları gösteren olağanüstü videolar dahil olmak üzere baştan sona ihtiyaç duyacağımız her şeyi içerir.

Öğrencilerin 3DS Max, AutoCAD, Maya, Fusion 360 ve diğer popüler Autodesk yazılım araçlarının temellerini öğrenebilecekleri birkaç yüz proje ve 15 haftalık iki tam kurs (ki bunlar yine eğitim amaçlı kullanım için tamamen ücretsizdir) ve çok çeşitli STEAM konseptleri vardır.

Neden Autodesk Design Academy?

Autodesk Design Academy'nin tüm projelerinde iki büyük öğrenme hedefi vardır: 1) gerekli yazılım araçlarının güvenli kullanımı ve 2) kapsanan bilim, matematik ve tasarım kavramlarına hakimiyet. İlk amaç için projeler, takip etmesi son derece kolay olan iyi hazırlanmış öğreticiler, kılavuzlar ve videolar sunar. Bu tür didaktik talimat, aslında oldukça uzmanlaşmış beceri kazanımı için oldukça güçlüdür.

İkinci amaç için, proje tabanlı öğrenme, birçok yönden STEAM içeriği için altın standarttır, çünkü tam olarak derin, sezgisel anlayışa yol açan bir tür yapıcı bir pedagojidir. Öğrenciler, gerçek fen ve matematiği kullanarak gerçek dünyadaki problemleri günlük malzemeleri kullanarak çözümler üretmeye çalışırlar. Pek çok proje arasında daha açık uçlu seçenekler olsaydı işler daha da iyi olabilirdi. Ancak, Autodesk Design Academy'nin büyümek için bolca alanı var.

3- WhiteBox Learning^[4]

STEM uygulamaları tasarlayın, analiz edin ve ardından inşa edin

WHITEBOX LEARNING
A Finn Scientific Company

HOME STEM APPS STORE SUPPORT COMPANY CART LOGIN

WEB-BASED. TURN-KEY.

- Science, Technology, Engineering, and Mathematics standards all fused together in one easy-to-use web-based interface.
- Turn-key solution encapsulates a comprehensive virtual and physical modeling activity.

SEE ALL PRODUCTS >

S.T.E.M. ENGINEERING EDUCATION

WhiteBox Learning is a complete **Standards-Based STEM Learning System** for Engineering, Science, and Technology Education classrooms, grades 6-12. Completely web-based, students can design, analyze, and simulate their designs, hundreds of times, from a web browser, and compete with other students throughout their district. Fully-Integrated Teacher LMS is included.

STEM APPLICATIONS

Drone Solar

DRONE IS HERE!

MORE INFORMATION

<https://www.whiteboxlearning.com>

Artıları: Öğrenciler, fen bilgisini oluşturan özgün bir mühendislik sürecine girebilirler.

Eksileri: Çocuklar yoğun metin bölümlerinde kaybolabilirler.

Sonuç olarak: Eksiksiz öğrenme modülleri, basit CAD (bilgisayar destekli tasarım) simülasyon araçlarını, dijital bir yarışmayı ve el yapımı inşası seçeneklerini içerir.

Düzye: 6-12. Sınıflar

Konular ve Beceriler: Bilim, Eleştirel Düşünce

WhiteBox Learning kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

WhiteBox Learning, mevcut bir müfredatla birleştirildiğinde en iyi sonucu verir. Yeni Nesil Bilim Standartlarından (NGSS) fen ve mühendislik performansı beklentilerine yönelik ilgi çekici bir çözümdür. Fen entegrasyonunu öğreten ortaokul öğretmenleri, KidWind uygulamasının fizik ve yer bilimi kavramlarını mühendislik uygulamalarıyla

harmanlama biçimine bayılacak. Öğretim Yardımcıları bölümü, üç haftalık ders planı da dahil olmak üzere her uygulama için ayrıntılar sağlar.

İş yerinde Bilgi araştırması bölümünde harika sorular yer almaktadır. Ne yazık ki, öğrencilere ilk önce anlama şansı vermeden hemen ardından açıklamalar geliyor. Öğretmenler, günün araştırma çalışmasına başlamadan önce bunları yönlendirici sorular olarak kullanabilirler. Örneğin, bir öğretmen bir rüzgar türbini kanadının resmini yansıtabilir ve "Mühendis bu kanadı neden uçta daha küçük olacak şekilde tasarladı?" diye sorabilir. Sınıfa fikirlerini tartışmaları için zaman verin ve ardından Blade Span ve Chord araştırma derslerine başlayın.

WhiteBox Learning nedir?

WhiteBox Learning, çocuklar STEM uygulamalarını keşfederken dijital ve uygulamalı deneyimleri harmanlıyor. Öğrenciler, önceden belirlenmiş bir dizi kısıtlama dahilinde planör, rüzgâr türbini veya "yeşil" araba inşa etmek gibi mühendislik problemleriyle uğraşırlar. Ardından, modellerini araştırırken, tasarlarken, analiz ederken, simüle ederken ve oluştururken veya 3 boyutlu olarak yazdırırken bir mühendislik tasarım sürecine dahil olurlar. Öğretmen Kontrol Merkezi, öğretmenlerin ilerlemeyi izlemesine ve süreç boyunca geri bildirim sağlamasına olanak tanır.

Her zorluk, rüzgâr türbinleri inşa etmeden önce rüzgâr hakkında bilgi edinmek gibi gerekli belirli içeriği öğrenmek için bir araştırma bölümü ile başlar. Bunu, öğrencinin tasarım özelliklerini ayarladığı ve sonuçları bir 3 boyutlu CAD modelinde gördüğü bir mühendislik bileşeni takip eder. Daha sonra öğrenciler, en iyi çıktıları kimin aldığını görmek için sınıf arkadaşlarıyla veya dünyanın dört bir yanından gelen öğrencilerle sanal olarak rekabet ederek modellerini sunarlar. Tasarımlarını değiştirdikten sonra, öğrenciler nihayet geleneksel modelleme materyallerini kullanarak tasarımlarını oluşturabilir veya bir 3D yazıcı kullanarak yazdırabilirler.

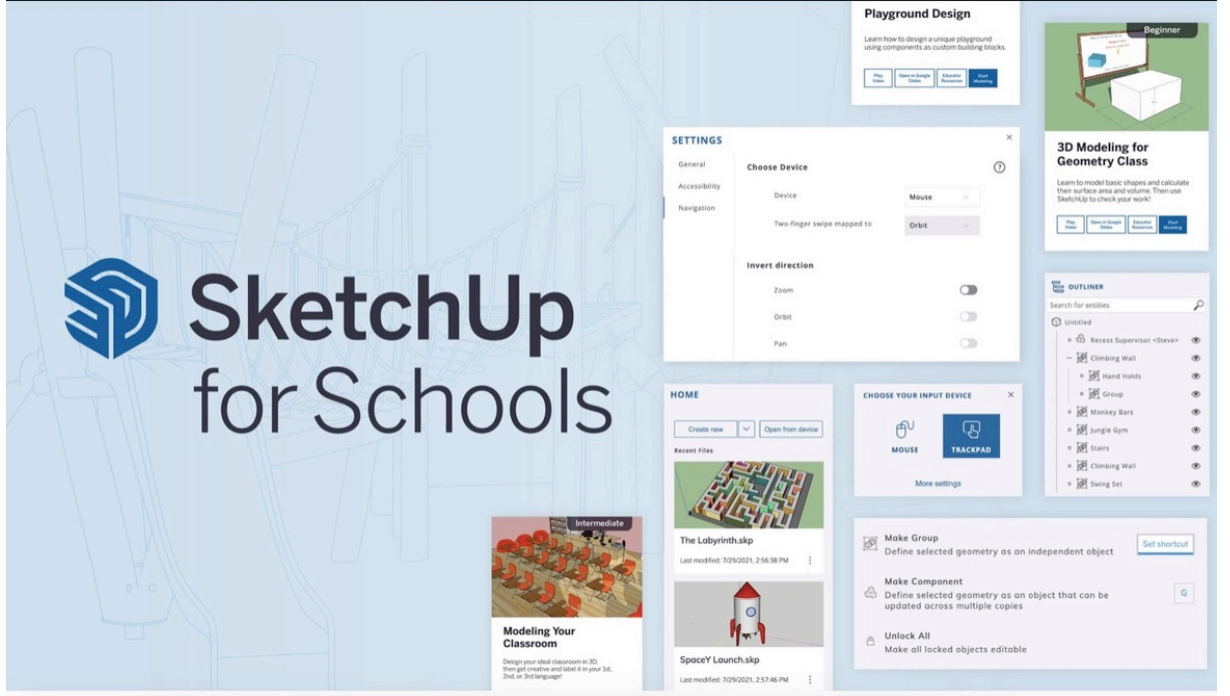
Neden WhiteBox Learning?

WhiteBox Learning, öğrencilerin tasarımlarını test etmek için bilgisayar modelleri oluşturmaları ve kullanmaları için araçlar sağladığı için öne çıkıyor. Bir modeli gerçekten oluşturmadan önce tasarlamak, test etmek ve geliştirmek için basit CAD simülasyon araçlarını kullanırlar. WhiteBox Learning, bilim mühendisliğinin gerçek doğasını vurgular; süreç doğrusal değildir, çocuklara yeni testler veya kanıtlar ışığında düşüncelerini gözden geçirme konusunda ileri geri hareket etme fırsatları verir.

Her uygulama için öğrencilere mühendislik tasarım süreci boyunca rehberlik edilir. Modüller boyunca öğrenciler, anlayıp anlamadıklarını kontrol etmek için kısa çevrimiçi arka plan sınavları alırlar. Arka plan sınavlarının çoğu, öğrencilerin soruları cevaplamak için verilen metin ve grafikleri analiz etmelerini gerektirir. Örneğin, öğrenciler kanat açısının RPM ve torku nasıl etkilediğini belirlemek için bir simülasyon kullanır. Bu, öğrencilerin kanıttaki kalıpları anlamaları için harika bir fırsattır.

4- SketchUp¹⁵

3 boyutlu tasarımla öğrenmeyi anlamlı hale getirin



<https://www.sketchup.com>

Artıları: Öğrenciler herhangi bir içerik alanı için her şeyi tasarlayabilir, yeni bağlantılar kurabilir ve öğrenimlerine daha fazla katılabilirler.

Eksileri: SketchUp birkaç yardımcı tanıtım videosu sunsa da, öğrencilerin yine de önemli bir yükselme süresine ihtiyacı olacaktır.

Sonuç olarak: SketchUp, öğrenmesi zaman alan, ancak öğrencilerin gerçekten yararlı, aktarılabilir beceriler kazanmalarına yardımcı olan harika, konudan bağımsız bir araçtır.

Düzye: 6-12. Sınıflar

Konular ve Beceriler: Sanat, Bilim, Yaratıcılık

Kategoriler: Medya Oluşturma

SketchUp kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

SketchUp, mekânsal tasarım kullanımı nedeniyle doğal olarak matematikle eşleştirilebilir. Öğrencilerin çevre, alan, ölçümler ve alanı etkili bir şekilde nasıl dolduracaklarını düşünmeleri gerekecektir. Öğrencilerin bir dönemi daha iyi görselleştirmelerine yardımcı olmak için sosyal bilgilerle de bağlantı kurabilir. Benzer şekilde SketchUp, öğrencilerin ortam anlayışını ve bunun karakterler üzerindeki etkisini geliştirmeleri için bir platform olabilir. Ayrıca, bir sunumda odak noktası olarak daha az özgün projeler oluşturulabilir. SketchUp, 3 boyutlu baskı projelerine hazırlanmak için bile kullanılabilir! Çok fazla esneklik olduğu için hem öğrenciler hem de öğretmenler aracı ihtiyaç duydukları şeye uyarlayabilir. Kullanıcı ve sınıf dostudur

ve güçlü bir temel açıkça öğretildikten sonra, öğrenciler aynı anda birden fazla beceri ve içerik öğreneceklerdir.

SketchUp, herhangi bir içerik alanına bağlanabilen ve basitlik ile karmaşıklığın güzel bir karışımı olan 3 boyutlu bir tasarım aracıdır. Dijital tasarım araçları kadar kullanıcı dostu olsa da, öğrencilerin ve öğretmenlerin işlerin nasıl yürüttüğünü anlamak için tanıtım videolarını izlemeleri gerekecektir. SketchUp hemen hemen her sınıfta kullanılabilir. Öğrenmeyi göstermek, çözümler tasarlamak ve kavramları göstermek için harika bir platformdur.

SketchUp nedir?

Kullanıcılar basit bir şablonla başlarlar ancak ondan ne isterlerse inşa edebilirler. SketchUp kullanıcı dostu olacak şekilde yapılandırılmıştır - araçları değiştirmek için kısayollar vardır, çizgiler ve noktalar bir orta noktaya veya başka bir önemli konuma çarptığınızda yerlerine oturur ve çizgiler ve noktalar önceden çizilmiş diğer şekillerle hizalanmak için renkleri değiştirir. Bir model oluştururken, kullanıcılar yapı için istenen boyutları yazabilirler. Sorular ortaya çıkarsa, cevap bulmak kolaydır. SketchUp, güvenebileceğiniz çok sayıda eğitimci de dahil olmak üzere güçlü bir topluluğa sahiptir. Ayrıca, tasarımlar 3D Warehouse'da paylaşılabilir ve göz atılabilir. Temel sürüm olan SketchUp Make ücretsizdir. Daha sağlam sürüm olan SketchUp Pro, öğretmenler için ücretsizdir ancak öğrencilere maliyeti olacaktır.

Neden SketchUp?

Genel olarak SketchUp, öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırmak için harika bir araçtır. İlgi çekici ve muhtemelen öğrencilerin ilgisini çekecektir. Net düzen, öğrencilerin kullanımını kolaylaştırır ve onlara yarattıkları üzerinde güç verir. Bu esneklik sayesinde öğrenciler ilgilerini çeken şeyleri inşa edebilirler. Bu süreci eğlenceli hale getirmenin yollarını bulabilirler -ancak bu, öğrencileri temel bilgilerle donatmanın önemli olduğu yerdir. Kullanıcılar hala temel görevleri nasıl tamamlayacaklarından emin değillerse SketchUp'ı kullanmak sorun olabilir.

SketchUp, öğrenme için bir yapı ve alan sağlasa da, öğretmenlerin yine de öğrencilerin öğrenmesini geliştirmek için bu programı nasıl kullanacaklarını planlamak için zaman harcaması gerekir. Program, SketchUp'ta binaların nasıl inşa edileceğini açıkça öğretiyor ve matematiksel kavramları ustaca pekiştirir. Diğer tüm içerikler programla dikkatlice eşleştirilmelidir, ancak bunu yapmak basittir. Öğrencilere öğrenmeyi kolaylaştırmak ve göstermek için doğal olarak başka bir bağlam/araç sağlamasıdır. Modeller oluşturmak için SketchUp'ı kullanabilirler, ayrıca çalıştıkları içerik alanıyla daha derin bağlantılar ve anlamlar kurabilirler. Bununla birlikte, herhangi bir öğrenme geribildiriminin öğretmen tarafından sağlanması gerekecektir.

5- Gizmos & Gadgets^[6]

Bu araç, çocukların kablosuz olarak nesnelere icat etmelerini, oluşturmalarını ve kontrol etmelerini sağlar.



<https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.littlebits.android>

Artıları: LittleBits ile icat ettikleri için öğrenciler bir esnekliğe ve bağımsızlığa sahiptir.

Eksileri: Parçaları montaj panosuna takmak zor olabilir ve öğrenciler yeni kreasyonlar için farklı Bit'lere ihtiyaç duyduğundan maliyetler artar.

Sonuç olarak: Elde taşınan cihazınızla kablosuz olarak çalışan, kullanımı kolay, çok yönlü elektronik buluş setidir.

Düzy: 2-8. Sınıflar

Konular ve Beceriler: Bilim, Yaratıcılık, Karakter, Eleştirel Düşünme, Duyuşsal Öğrenme

Kategoriler: Öğretimsel Tasarım, Proje Tabanlı Öğrenme

Gizmos & Gadgets kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

Öğretmenler ve medya uzmanları, LittleBits elektronik kitleriyle geleceğin mühendislerini ve mucitlerini eğitmek için Gizmos & Gadgets'ı kullanabilir. Malzemelere alışmak için önceden ayarlanmış tasarımlardaki yönergeleri izledikten

sonra, LittleBits en iyi, öğrenciler kendi kreasyonlarını yaptığında kullanılır. Öğrencileri, LittleBits web sitesindeki bazı meydan okuma yarışmalarına katılmaya teşvik edin, öğrencilerin fikirlerini ülkenin her yerindeki diğer öğrencilerle paylaşın.

Gizmos & Gadgets, bir okulun yaratıcı alanına mükemmel bir ektir. LittleBits tüm sınıflarda veya okullarda kullanıldığında, elinizde çok sayıda ekstra 9 voltluk pil, yapışkan noktalar ve el işi malzemeleri olduğundan emin olun. Çok sayıda farklı Bit vardır ve her biri pahalı olabilir. Okul bölgeleri, birkaç set satın almayı ve birkaç ayda bir ilkokullarının her birine göndermeyi düşünebilir. Bu biraz para kazandırabilir ve yine de tüm öğrencilere littleBits ile icat etme şansı verebilir.

Gizmos & Gadgets nedir?

Gizmos & Gadgets, sonsuz icatlar yapmak için birleştirilebilen ve yeniden birleştirilebilen elektronik yapı taşlarını kullanan littleBits platformu için bir uygulamadır. Oluşturulduktan sonra, kreasyonlar bir akıllı telefon veya tablet tarafından kablosuz olarak kontrol edilir. Öğrenciler, uzaktan kumandalı bir araba veya biri kumbaralarını almaya çalıştığında alarm veren bir Hırsız Buzzer yapmak için yönergeleri takip edebilir. LittleBits'in gücü, Buluş Döngüsünde yatar. Çocuklar icatlarını yaratmaya, oynamaya, yeniden düzenlemeye ve paylaşmaya teşvik edilir. Yaratıcı bir bükülme ile bu mühendislik süreci, öğrencilerin ürettikleri elektronikleri kişiselleştirmek için zanaat malzemeleri kullanmaya teşvik eder.

Buluşları uygulama aracılığıyla kablosuz olarak kontrol etmenin yanı sıra, öğrenciler başkalarının icatlarını arayabilir, adım adım eğitimlere erişebilir, ödüller kazanmak için mücadelelere girebilir, kreasyonları yükleyebilir, paylaşabilir ve littleBits çevrimiçi topluluğuyla etkileşime girebilir.

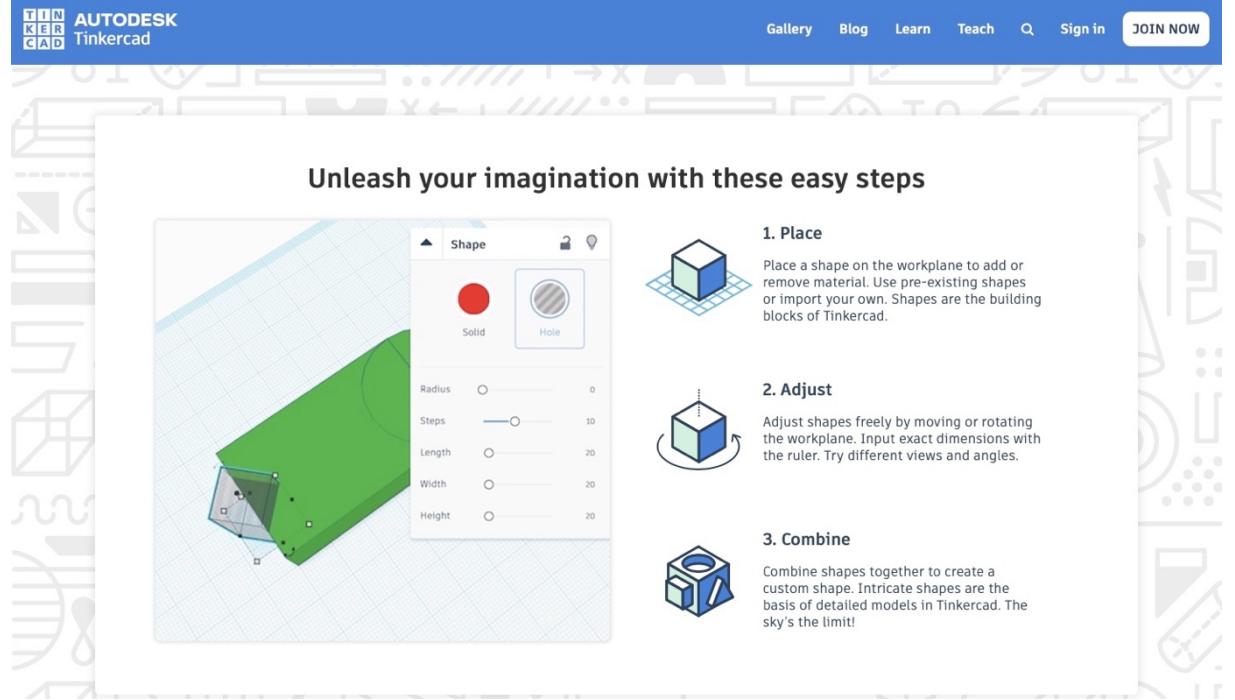
Neden Gizmos & Gadgets?

Pek çok elektronik set, kapsamlı yetişkin desteği gerektiren ebeveyn veya öğretmen projeleri haline gelir. Devre parçaları mıknatıslar kullanarak birbirine yapıştığından littleBits farklıdır. Test sırasında 8 yaşındaki bir çocuk, bir Bit Bot aracı oluşturmak için cihazında adım adım net diyagramları takip edebilir. Farklı uçları montaj panosuna takmak biraz zor ve her parçayı yerine oturtmak için daha güçlü yetişkin elleri gerektirebilir.

Gizmos & Gadgets, dijital teknolojiyi gerçek fiziksel icatlarla birleştirmede iyidir. Öğrenciler cloudBit'i satın alarak sanal Minecraft eğlencelerini gerçek dünyaya taşıyabilirler. Minecraft dünyalarında bir bulut ağ geçidi oluşturarak, LittleBit icatlarını oyunda ve şahsen manipüle edebilirler. Gizmos & Gadgets, saf çevrimiçi oyunla yapılabileceklerin ötesinde iletişimi ve ekip çalışmasını teşvik eder. Çocuklar birlikte çalışabilir, birbirlerine devrelerini kurmalarında yardımcı olabilir ve buluşlar hakkında beyin fırtınası yapabilirler.

6- Tinkercad^[7]

Oldukça basit ama güçlü çevrimiçi CAD aracı, öğrencileri yapımcılara dönüştürüyor



<https://www.tinkercad.com>

Artıları: Sağlanan dersler ve öğretmenler, sınıfların kurulmasına ve başlatılmasına yardımcı olur.

Eksileri: Daha fazla erişilebilirlik ve çok dilli özellikler olmadan bazı çocuklar zorluk çekebilir.

Sonuç olarak: Tam özellikli siteler ve uygulamalar, yinelemeli 3D tasarımı erişilebilir, sosyal ve ilişkili hale getirir.

Düzyey: 3-12. Sınıflar

Konular ve Beceriler: Sanat, Matematik, Bilim, Yaratıcılık

Kategoriler: Öğretimsel Tasarım, Proje Tabanlı Öğrenme, Medya Okuryazarlığı, Medya Oluşturma

Tinkercad kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

Tinkercad, ister bilimsel bir konseptte dayalı tasarımlar oluşturmada, isterse 3 boyutlu tasarım ve baskıda bir ünite veya sınıfta yer almada olsun, çeşitli alanlarda kullanılabilir. Örneğin, derste öğrenciler topluluklarından gerçek bir soruna bir çözüm tasarlayabilir ve ardından bu çözümlerini test etmeleri için birkaç hafta verilebilir. Öğretmenlerin öğrencilere olasılıkları düşünmeleri ve diğer öğrenciler çalışırken onları gözlemlemelerine ilham veren tonlarca örnek video mevcuttur. Alternatif olarak, okullarda Minecraft ile ilgilenen öğrenciler Tinkercad nesnelere içe aktararak oyun-yaratma deneyimlerini artırabilirler. Sınıf içeriğine göre nesnelere tasarlayıp yazdırarak öğrencilere bilim, edebiyat, matematik ve hatta yabancı dil kavramlarını hayata

geçirme fırsatı sunduğunuzu hayal edin. Bir sınıfta 3 boyutlu yazıcı olmasa bile, öğrenciler oluşturdukları baskılarını Tinkercad ortaklarından sipariş edebilirler.

Başkalarının tasarımlarını paylaşma ve geliştirme seçenekleri, birbirleriyle ve daha geniş yaratıcılar topluluğuyla yüksek düzeyde işbirliğinin yanı sıra öğrencilere yaratıcıların hakları ve türev çalışmalar hakkında bilgi verme fırsatları sunar. Ve sitede bulunan zengin kaynaklar, öğrencilere tasarım sürecini anlamlı ve alakalı şekillerde deneyimleme fırsatı sunar.

Tinkercad nedir?

Tinkercad, kullanıcıların 3 boyutlu nesnelere tasarlamasına, değiştirmesine ve yazdırmasına, devrelerle deney yapmasına veya blokları kullanarak kodlamayı öğrenmesine olanak tanıyan ücretsiz, kullanıcı dostu bir çevrimiçi bilgisayar destekli tasarım (CAD) programıdır. Bir web tarayıcısı veya uygulaması aracılığıyla internet bağlantısı olan herkesin kullanımına açık olan Tinkercad, öğrencilerin tasarım sürecinin temelini öğrenmelerini kolaylaştırır, daha karmaşık şekiller oluşturmak için birden fazla basit nesneyi birleştirir. Codeblocks özelliği sayesinde, öğrencilere tasarım becerilerini geliştirme ve gerçek bir STEAM deneyimi için yaratıcılık ve kodlamayı bir araya getirme konusunda daha fazla fırsat sunar. Birçok öğrenci, yarattıklarını Minecraft'a aktarabileceklerini öğrenmekten de memnun olacaktır. Bu, öğrencilerin Tinkercad'de daha karmaşık yapılar tasarlayarak ve ardından bunları Minecraft'ta geliştirerek oyun becerilerini geliştirmeleri için mükemmel bir fırsat sunar. Öğrenciler, devre tasarımı, blok kodlama veya Lego benzeri tuğlalarla deney yapmak için tasarımlarının tüm açılarını görebilir veya projeler arasında geçiş yapabilir. Öğrenciler ayrıca, yarattıklarını test etmelerini ve geliştirmelerini sağlayan bir dizi başka araç da onların emrindedir. Dahası, tasarımcılar kendi akıllı telefon kılıflarını, özel tuğla tasarımlarını veya 3B nesnelere esnek kombinasyonlarıyla yapmayı hayal ettikleri her şeyi yapmayı çok kolaylaştıran 3 boyutlu baskılar sipariş edebilirler.

Öğretmenler, kontrol panelinde herkesin tasarımlarını görebilmeleri için sınıflar oluşturabilir ve öğrencileri ekleyebilir, içe aktarabilir veya davet edebilir. Her bir fonksiyon (Tasarımlar, Devreler, Kod Blokları) için ders planları, öğreticiler ve harika proje galerileri vardır. Ayrıca, bakıcılarla iletişim kurmak, bir yapıcı grup başlatmak ve daha fazlasını yapmak isteyen öğretmenler için başka kaynaklar da vardır. 13 yaşından küçük öğrenciler için öğretmenler, diğer kullanıcılarla etkileşim miktarını sınırlamak için Güvenli modu etkinleştirebilir.

Neden Tinkercad?

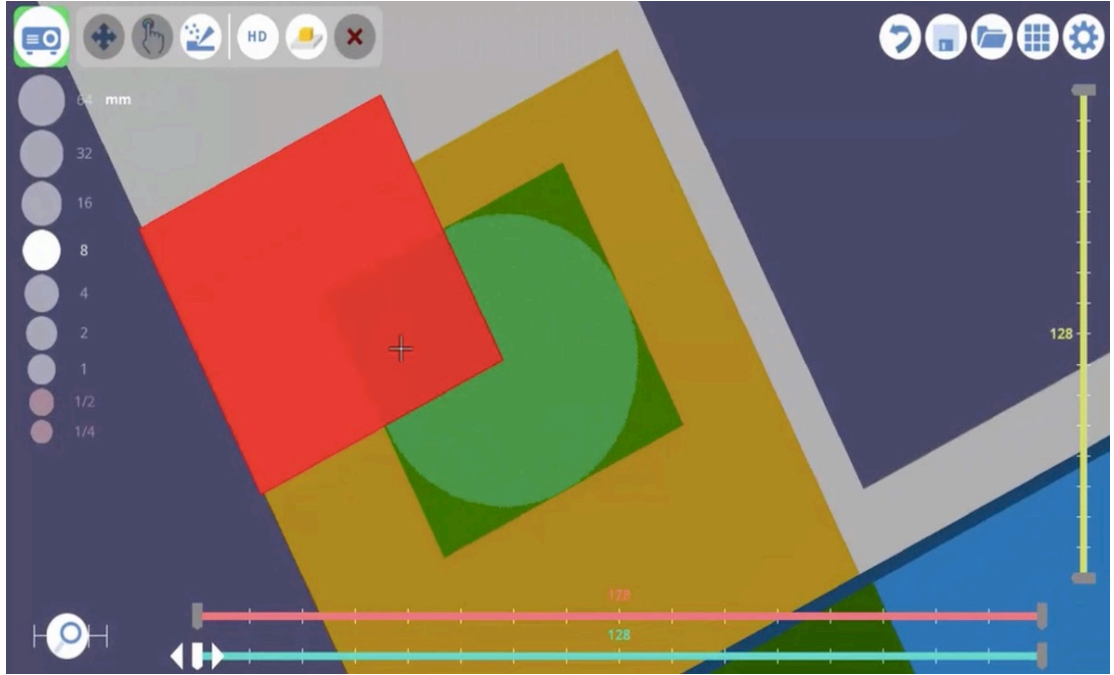
Tinkercad'in yeni kullanıcıları, çeşitli araçlarının nasıl kullanılacağına ilişkin bir dizi küçük ders ve etkileşimli öğretici ile hemen tanışır. Bu arada çok güzel şeyler de yapıyorlar. En iyi yanı, istedikleri zaman derslere girip çıkabilmeleri ve ders fikirlerini hemen kendi tasarım projelerine dahil edebilmeleridir. Daha az deneyimli yapımcılar, temel bilgileri öğrendikçe ek sınıf ve site desteğinden yararlanabilirler, ancak site genelinde çok fazla yardım mevcuttur. Tinkercad kullanıcıları, çevrimiçi topluluğu aracılığıyla projelerini başkalarıyla paylaşabilir; bu, genel Tinkercad deneyimi için çok önemlidir. Çekiciliğin büyük bir kısmı, tasarımcıların özel araçları, şekilleri ve

projeleri paylaşabilmesi ve tartışabilmesidir. Tasarımcılar ayrıca, öğrencilere yaratıcı kredi ve yasal korumaların tüm detaylarını öğretmek, türev çalışmalara izin verebilir veya bunları yasaklayabilir.

13 yaşından büyük öğrenciler için Topluluk Forumu özellik isteklerini teşvik eder -- öneriler ve kaçınılmaz olarak bazı şikayetler açısından zengindir. Ancak öğrencilerin sadece sorunları değil aynı zamanda çözümleri de düşünmeleri için harika bir fırsat sunar. Ve devre modülleri gibi yeni özelliklerle öğrenciler, fikirleri tohumlardan somut nesnelere ve anlamlı becerilere dönüştürmek için daha da geniş bir ölçekte etkileşime girebilirler. Tüm öğrenciler tarafından erişilebilir olması açısından yararlıdır. Bununla birlikte, öğretmen kaynakları, sayısız araçları ve tasarımları hayata geçirme yöntemleri ile Tinkercad özel bir araçtır.

7- 3D Slash^[8]

Minecraft benzeri 3 boyutlu modelleme (ve baskı) her yaş için çok kolay hale getirildi



<https://www.3dslash.net/index.php>

Artıları: Basit, Minecraft'tan ilham alan tasarım araçları, özellikle harika öğreticiler ve örneklerle bazı kullanıcılara aşinadır ve diğerleri için öğrenilmesi kolaydır.

Eksileri: Tasarımlar yalnızca küplerden oluşur, bu da çok karmaşık tasarımlar oluşturmayı biraz zorlaştırır ve öğretmen panosu sınırlıdır.

Sonuç olarak: Bu, sadece bir fikirden 3 boyutlu çıktıya giden en hızlı ve en ucuz yol olabilir.

Düzyey: 2-12.

Sınıflar

Konular ve Beceriler: Sanat, Bilim, Yaratıcılık

3D Slash'i kullanarak nasıl öğretim gerçekleştirilir?

Tasarım odaklı düşünme, hızlı prototip oluşturma ve bir şeyler oluşturarak öğrenme şu anda eğitimde popüler konulardır. Bunun nedeni bu uygulamaların tümü, akademik performansı ve kararlılığı güçlü bir şekilde öngören beceriler olan merak ve deney yapmayı teşvik etmektedir. 3D Slash, bu becerileri geliştiren sınıf deneylerine giden bir kısayoldur. Mühendislik, fen bilimleri veya fizik dersleri için bu aracı entegre etmenin yollarının sıkıntısı yoktur, ancak yaratıcı öğretmenler matematik, sosyal bilgiler ve İngilizce derslerinde ilgi çekici kullanımlar bulabilirler.

Başka bir şey değilse, bu aracı 3 boyutlu baskıya bağlanmak için ağ geçidiniz olarak kullanın. Binanızda bir tane varsa, bu okulda kullanılacak ilk araç olabilir veya yerel halk kütüphaneniz veya yerel bir makerspace aracılığıyla erişim sağlamanın yollarını araştırabilirsiniz. Genel olarak, 3 boyutlu baskı, öğrencilerinize fikirlerin dijital tasarımlardan gerçek dünya oluşumlarına nasıl hızlı bir şekilde çevrilebileceğini göstermenin harika bir yoludur, bu da öğrencilerin günlük işlerinde daha yaratıcı olmalarına ilham verebilir.

3D Slash nedir?

3D Slash, kullanıcıların sanal modeller oluşturmaya ve bunları diğer 3D ortamlarda veya 3D yazıcılarda kullanmak üzere kaydetmesine olanak tanıyan web veya masaüstü tabanlı bir 3D tasarım ortamıdır. Öğeleri eklemek ve silmek için basit kontrolleri kullanan öğrenciler, daha benzersiz görsel dokunuşlar için renkler ve resimler ekleyerek çeşitli boyutlardaki küplerden tasarımlar oluştururlar. Bu Minecraft'a çok benzer. Minecraft gibi, 3D Slash'ın kullanımı son derecede kolaydır ve karmaşık kreasyonlar oluşturmaya başlamak çok kolaydır.

Kullanıcıları harekete geçirmeye yardımcı olacak çok sayıda eğitici video, atölye çalışması ve örnek tasarımın yanı sıra uzmanlar için daha sağlam bir masaüstü uygulaması ve API gibi gelişmiş özellikler bulunmaktadır. Öğretmenler için bir gösterge panosu, tüm sınıfı ve üzerinde çalışabilecekleri favori projeleri takip etmelerini sağlar.

Neden 3D Slash?

Tasarım teknolojisini (özellikle 3 boyutlu modellemeyi) sınıflara getirmenin en büyük engellerinden biri, başlangıçtaki dik bir öğrenme eğrisidir. Bu, öğretmenlerin karmaşık yazılım araçlarını (AutoCAD, Blender veya SketchUp gibi) öğretmek yerine ele almak istedikleri fizik, mühendislik veya diğer müfredat içeriklerinden zaman alır. 3D Slash, temel paleti yalnızca küplere basitleştirerek bu yazılım engelini ortadan kaldırır ve kreasyonlara, muhtemelen çoğu birincil veya ikincil sınıf amaçları için bol olan çekici, düşük kaliteli, pikseli bir görünüm verir.

3D Slash'ın eğitimleri ve atölyeleri çok iyi hazırlanmış ve takip etmesi kolay, bu da aracı sınıfınıza entegre etmeyi daha da kolaylaştırarak zengin problem çözme, hızlı prototip oluşturma ve tasarımsal düşünme alıştırmalarına doğrudan ulaşmanızı sağlıyor. Öğretmen panosu biraz daha yararlı olabilir, ancak öğrencileri izlemek için işi halleder. Ek yardım için bu daha ayrıntılı mühendislik kaynaklarından bazılarının mevcut olması da güzel olabilir.

Akıllı Telefonlar için Mühendislik Uygulamaları ^[10]

1. AutoCAD 360



Bir mühendis iseniz, günlük hayatınızda AutoCAD'in herhangi bir sürümünü kullanıyor olmanız kuvvetle muhtemeldir. AutoCAD bir tasarım yazılımı olup, fikirlerinizi tasarım haline getirmenizi kolaylaştırır ve AutoCAD 360 ise mobil versiyonu olup başarılı bir mobil **mühendislik uygulamaları** arasından en popüler olanıdır. Bu uygulama DWG ve DXF formatındaki tasarım dosyalarını cep telefonunuzda veya tabletinizde görüntülemenizi ve üzerinde değişiklikler yapabilmeye olanak sağlar. Harika mühendislik uygulamalarından birisi olan bu uygulama çeşitli meslekler için çok kullanışlı olabilir: proje yönetimi, elektrik mühendisliği, makine mühendisliği, mimarlık vb. Çevrim içi olarak da kullanabileceğiniz en iyi mobil mühendislik uygulamalarından birisidir.

Bu uygulama hem App Store hem de Google Play Store da mevcuttur.

2. Engineering Unit Converter



Birim dönüşümleri kafanızı en çok yoran şeylerden birisi olabilir. Mobil **mühendislik uygulamaları** arasında önemli bir yere sahip olan bu uygulama sayesinde tek bir dokunuşla birimleri rahatlıkla dönüştürebilirsiniz. Kullanıcılar, uzunluk, enerji, entropi, elektrik yükü vb. kategorilerden istedikleri birimleri seçerek birimler arası dönüştürme işlemini gerçekleştirebilirler.

Bu uygulama hem App Store hem de Google Play Store da mevcuttur.

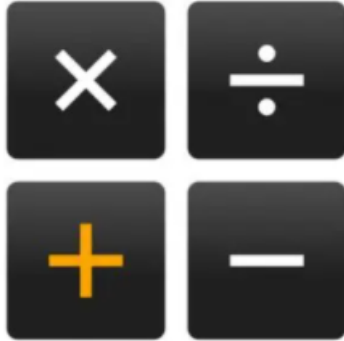
3. Steel Profiles



Mühendislik uygulamaları içerisinde özellikle malzeme, makine ve imalat mühendislerinin işine yarayacak uygulamalardan birisi olan bu uygulama çelik profiller hakkında bir dizi derlenmiş bilgileri barındıran çelik profil kütüphanesidir diyebiliriz. Önceden tanımlanmış olan parametrik (dairesel, dikdörtgen, H, I, U) ve serbest biçimli profillerin bilgilerine kolaylıkla ulaşmanızı sağlar. Kullanıcılar ölçü birimi olarak metrik veya İngiliz ölçü birimi seçebilirler. Ayrıca Avrupa, Amerika, Kanada, Rusya, İngiltere, Avustralya ve Japonya da dahil olmak üzere bu bölgelerde kullanılan çelik profiller içerisinde bulunmaktadır.

Bu uygulama hem App Store hem de Google Play Store da mevcuttur.

4. RealCalc Plus



Bu uygulama, özel birim tanımlarını içerisinde barındıran, birçok işleve sahip olarak tasarlanmış bilimsel bir hesap makinesidir. Derece, dakika, saniye, kesir hesapları, birim dönüştürme ve sabit değerler gibi ekstra fonksiyonları bile uygulama içerisinde mevcuttur.

Mühendislik uygulamaları arasında tüm mühendislerin telefonlarında bulunması gereken bu uygulama hem tarih hem de hafıza özelliğine sahiptir ve ikili, sekizli ve on altılık sistemleri hesaplamayı da desteklemektedir. Uygulamanın tasarımcıları uygulama içerisine 12 basamaklı bir ekranın yanı sıra derece, radyan ve gradyan da trigonometri işlevlerini de dahil etmişlerdir. Ayrıca uygulamada bir PRN ve cebirsel mod da mevcuttur.

Bu uygulama sadece Google Play Store da mevcuttur. App Store kullanıcıları için ise PCalc'ı önerebiliriz.

5. Engineering Professional



Bu uygulama ile birlikte kimya, inşaat, elektrik, çevre, hidroloji ve makine mühendisliğinde kullanılan formüller parmaklarınızın ucuna kadar gelir. **Mühendislik uygulamaları** arasında etkin olarak kullanılan bu uygulama içerisinde 650'den fazla formül ve dahası 100'den fazla da formül dönüşümleri bulunmaktadır. Ayrıca uygulama içerisinde istediğiniz formülü e-posta yoluyla gönderebilir ve favori uygulamalarınızı da kaydedebilirsiniz. Bu uygulama sadece App Store da mevcuttur. Google Play Store kullanıcıları için ise Engineering Wise'ı önerebiliriz.

6. Roambi Analytics



Tam olarak bir mühendislik uygulaması olmasa da, Roambi Analytics harika ve kullanışlı bir uygulamadır. En iyi **mühendislik uygulamaları** arasında göstermemizin sebebi de uygulamanın veri dosyalarını paylaşmak için kullanılmaktadır. Aynı zaman da raporlama ve tablolar oluşturmak için de kullanışlı ve popüler bir uygulamadır. Excel, Google e-Tablo, vb. programlar üzerinde oluşturulan verileri içeri aktarabilir ve bu aktardığınız verileri grafikler ve tablolar haline getirebilirsiniz.

Uygulama her ne kadar ücretsiz olsa da, tüm avantajlarından yararlanabilmek için bir Roambi hesabına ihtiyaç duymaktadır.

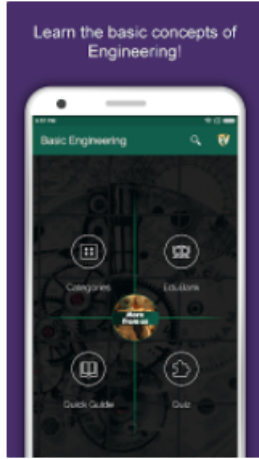
Bu uygulama hem App Store hem de Google Play Store da mevcuttur.

7. TurboViewer



Bu uygulama, kullanıcıların 2D ve 3D modellemeler üzerinde çalışmasını, düzenlemesini ve bu modelleri paylaşabilmesine olanak tanıyan **mühendislik uygulamaları** arasında yıldızlı bir uygulamadır. Kullanıcılar, geometrik şekiller, çizgiler ve metinler ekleyerek modeller üzerinde düzenlemeler yapabilirler. Ayrıca ekran üzerinde kaydırma ve yakınlaştırma da yapılabilir. En önemli özelliği ise düzenlemiş olduğunuz modelleri diğer TurboViewer kullanıcıları ile paylaşabilirsiniz. Bu uygulama sadece App Store da mevcuttur.

8. Basic Engineering Dictionary



Bu program seçtiğimiz **mühendislik uygulamaları** arasında en iyi eğitici uygulamadır. Mühendislik terimleri, denklemler ve formülleri içerisinde barındıran kapsamlı bir sözlük uygulaması olan bu mühendislik uygulamasında 8.000'den fazla terim bulunmaktadır. Ayrıca, kullanım kolaylığı açısından favori terimlerinizi seçip hızlı erişim sağlayabilirsiniz. Uygulama içerisinde ayrıca bir bilgi yarışması da bulunmaktadır bu sayede kullanıcılar kendilerini test ederek öğrendiklerini pekiştirebilirler. Diğer güzel bir özelliği ise günlük rastgele bir terimi kullanıcılara bildirim olarak sunmaktadır.

Bu uygulama hem App Store hem de Google Play Store da mevcuttur.

9. Engineering Codes & Standarts



Mühendislik uygulamaları listemizde ikinci sırada olan bu harika uygulama, mühendislik tasarım kodlarına ve standartlarına hızlı bir erişim sağlamak ve kılavuzluk etmek amacıyla tasarlanmıştır. Kullanıcılar, ilgili kodlar ve standartların yanı sıra bir kodun kısa bir özetini de görüntüleyebilir. Bu uygulama daha çok makine, inşaat ve elektrik mühendisliği ile ilgili bilgileri içermektedir. Uygulamanın bir diğer özelliği ise kullanıcıların şikayetlerine ve yaşadığı problemlere karşın uygulama geliştiricisinin hızlı cevap verebilmesidir.

Bu uygulama sadece Google Play Store da mevcuttur.

10. Build a Bridge



Bu uygulamadan önce bahsetmiş olduğumuz **mühendislik uygulamaları** listemize profesyonel özelliklerinden dolayı girmişti. Ancak bu uygulamamız ise eğlence amaçlı bir uygulamadır. Gün içerisinde çalışırken dinlenmek için vermiş olduğunuz molalarda ayırabilecek birkaç dakikanız var mı? Eğer var ise bu uygulamayı telefonunuza yüklemelisiniz. Basit bir arayüz ile 2D olarak köprünüzü oluşturun ve daha sonra 3D'ye geçerek köprünüzün dayanıp dayanmadığını test edin.

Bu uygulama hem App Store hem de Google Play Store da mevcuttur.

Kaynaklar

- 1- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). Teknoloji ve Tasarım Öğretim Programı (Ortaokul 7 ve 8. Sınıflar). Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- 2- <https://pbskids.org/designsquad>
- 3- <https://academy.autodesk.com>
- 4- <https://www.whiteboxlearning.com>
- 5- <https://www.sketchup.com>
- 6- <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.littlebits.android>
- 7- <https://www.tinkercad.com>
- 8- <https://www.3dslash.net/index.php>
- 9- <https://muhendistan.com/en-iyi-mobil-muhendislik-uygulamaları/>

EK 24: Modül 3.1. Energy3D programının tanıtımı ve örnek etkinlik

Mühendislik tasarım, geleneksel olarak uzun yıllar boyunca öğrenme ve uygulama gerektiren ileri bir yaratıcı beceridir. Şu an Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin birçok eyaletinde K-12 bilim standartlarının resmi şekilde bir parçasıdır. Bununla birlikte mühendislik becerileri, ülke altyapısını ve imalat endüstrisini yeniden inşa etmeye ve daha fazla insan için daha kaliteli işler oluşturmaya doğru ilerlediğinden dolayı daha fazla önem kazanacaktır. Bu zorluk, sürdürülebilir ve dayanıklı bir dünya inşa etmekten sorumlu mühendislik ve teknoloji iş gücümüzün büyümesini teşvik etmesi için, büyümesi zorunlu olan kökleşmiş fen eğitimi ve insan kaynakları gelişimine büyük yatırımlar yapılmalıdır. Günümüz küresel ekonomisinde, aynı ihtiyaç sadece ABD'de değil tüm dünyada mevcuttur.⁽¹⁾

Mühendislik tasarımı öğretmek, bir sınıfın karmaşıklığına ek olarak mühendisliğin karmaşıklığını da yönetmeye ihtiyaç duyan öğretmenlerin büyük çabalarına ihtiyaç duymaktadır. Öğrencilere ve öğretmenlere yardımcı olmak için “akıllı” bilgisayar destekli tasarım (BDT) aracı veya daha geniş anlamda, mühendislik tasarımı öğretimi için -hesaplamalı fizik, yapay zeka ve veri madenciliği ilkelerini kullanarak öğrencilerin tasarım ürünlerini hesaplama ve değerlendirmenin yanı sıra gerçek zamanlı olarak eylemlerini analiz etmenin ve günlüğe kaydetmeyi temel alan-dinamik ve geri bildirim oluşturabilen bir bilgisayar destekli mühendislik (BDM) aracı geliştiriyoruz. Son derece detaylı süreç verilerini toplayabilen ve her türden tasarım çözümünü değerlendirebilen bu akıllı BDT/BDE aracı, öğrencilerin ve mühendislerin mühendislik tasarım problemlerini nasıl çözdüklerini anlamayı ve onların öğrenme ve çalışma ürünlerini nasıl geliştirebileceklerini ve daha önce akla gelmemiş kadar tatmin edici bir düzeyde ortaya çıkmış yaratıcılıklarını incelemeyi sağlayan yeni bir araç sunacaktır.⁽¹⁾

Dr. Charles Xie, ABD'nin Ulusal Bilim Kurulu'na bir BDT aracı oluşturmak için “Hesaplamalı Düşünme ile Mühendislik Eğitimi Geliştirme” başlıklı bir bildiri yayınladı, böylece bu vizyonun farkına varılması için bağımsız araştırma ve geliştirme yapılabilecekti. Ajansın cömertliği sayesinde bu bildiri, geliştirilmek üzere bugün gördüğünüz Energy3D yazılımına ve Dr. Saeid Nourian'ın ekibe katılmasına olanak sağlayarak 2008 yılında ödüllendirildi. Bir “BDT Aracıyla Kaydedilen Büyük Öğrenen Verilerine Dayalı Mühendislik Tasarım Üzerine Büyük Ölçekli Araştırma” başlıklı ikinci bir bildiri, ekibin yazılımın veri madenciliği kapasitesini geliştirmeye odaklanmasına olanak sağlayarak 2013 yılında ödüllendirildi. “AkıllıBDT: Fen Simülasyonlarıyla Mühendislik Tasarıma Rehberlik” başlıklı üçüncü bir bildiri, ekibin yazılımın yapay zekâ kapasitesini geliştirmeye odaklanmasına olanak sağlayarak 2015 yılında ödüllendirildi. Energy3D bugüne kadar ilkokuldan araştırma üniversiteleri düzeyine kadar, dünya çapında 40.000'den fazla öğrenci ve öğretmene fayda sağlamıştır.⁽¹⁾

Energy3D'de kullanıcılar, gerçekçi görünen bir binayı hızlı bir şekilde çizebilir ve herhangi bir gün ve konum için enerji performansını değerlendirebilir. Energy3D,

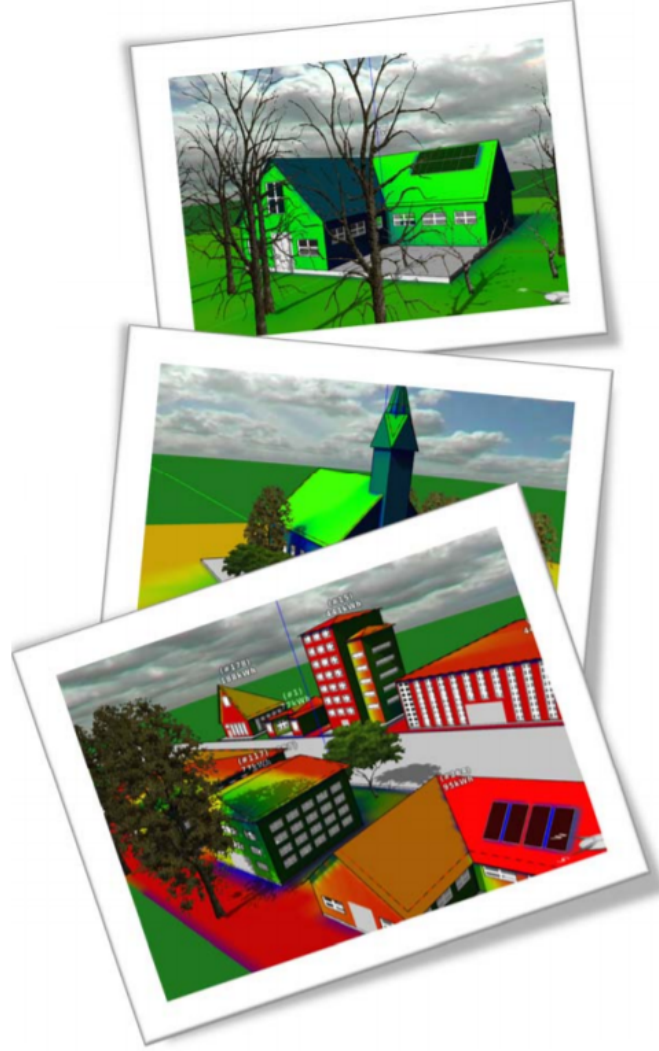
hesaplamaalı fiziğe dayalı olarak, derinlemesine analizler için hızlı bir şekilde zaman grafikleri, ısı akışı ve ısı haritaları oluşturabilir. Tasarım günlüklerini tutmak için gömülü bir not defteri mevcuttur. Öğrencileri yansıtmada yönlendirmek için not defterine istenilenler önceden yüklenebilir. Yakın zamanda yapılan birkaç araştırma, öğrencilerin Energy3D'de tasarım sırasında bilimi kendiliğinden öğrendiklerini ve uyguladıklarını göstermiştir. ⁽²⁾

Tanıtım Videosu: <https://www.youtube.com/watch?v=g8TFZqu7H84&t=630s>

Kaynaklar

- 1- Energy3D: Who we are, how it began, where it is heading. <https://energy.concord.org/energy3d/about.html>
- 2- Chao, J., Xie, C., Nourian, S., Chen, G., Bailey, S., Goldstein, M. H., Purzer, Ş., Adams, R S., & Tutwiler, M.S. (2017). Bridging the design-science gap with tools: Science learning and design behaviors in a simulated environment for engineering design. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(8), 1049-1096.

ÖĞRENCİ ÇALIŞMA YAPRAĞI
ENERJİSİ VERİMLİ EVİNİ TASARLA



Adınız-Soyadınız:
Sınıfınız:

Numaranız:

Tarih:/..../.....

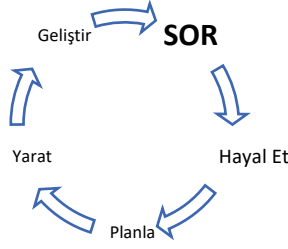
Ekip Üyeleri:
Araştırmacı: _____

Veri Analizcisi: _____

Çizimci: _____

Mühendis: _____

1. ADIM: SOR



Bu aşamada sizden mühendislik probleminizi, karşılanması gereken kriterlerinizi ve düşünülmesi gereken kısıtlamalarınızı belirlemeniz istenilmektedir. Ekibinizle birlikte, kendi ortak bir problem cümlesi tanımlamalısınız. Bu sırada, interneti, çeşitli kaynakları, kütüphaneyi ve alanında uzmanlarla yapacağınız görüşmeleri kullanarak problemin güncel olarak nasıl çözüldüğünü, benzer problemlerin nasıl çözüldüğüne ve genel olarak gerekli bilgileri araştırmalar yapmalısınız.

- Aşağıdaki günlük yaşamdan alıntılanmış senaryoyu okuyunuz.

Isı yalıtımı hem aile hem de ülke ekonomisi için oldukça önemli. Ne var ki ülkemizde 5.4 milyon konutun yalıtım ihtiyacı sürüyor.

Türkiye'nin enerji ihtiyacımızın yüzde 74'ünün ithal edildiğini belirten Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER) Yönetim Kurulu Başkanı Levent Gökçe, "Türkiye'nin 2019 yılı enerji ithalatı 41 milyar doların üzerinde. Enerjinin en fazla tüketildiği alanların başında binalar geliyor. Binalarda tüketilen enerjinin yaklaşık yüzde 80'i ise ısıtma-soğutma için harcanyor. Isı yalıtımı uygulamasının bulunmadığı binalarda kullanılan enerjinin yaklaşık yarısı israf oluyor. Yeni inşa edilecek tüm binaların çatı, duvar, döşemelerinde Avrupa standartlarına uygun CE işaretli ürünlerle ısı yalıtımı yaptırır ve pencerelerinde kaplamalı yalıtım camı üniteleri kullanırsak ülkemizin toplam enerji faturasını yaklaşık yüzde 15 azaltmamız mümkün. Türkiye'de sadece binaların enerji verimli hale getirilmesiyle her yıl 9 milyar dolar tasarruf elde ederek ekonomimize önemli ölçüde katkıda bulunabiliriz" diyor.⁵

Problem Cümlesi:

"Enerji verimliliği yüksek sürdürülebilir bir evi nasıl tasarlayabilirim?"

- Sizden yukarıda sunulan mühendislik probleminizi Energy3D programı kullanarak tasarlamanız istenilmektedir. Bu amaçla, Energy3D kullanım rehberinde (8 Sayfa) ve program tanıtım videosunda (<https://www.youtube.com/watch?v=g8TFZqu7H84&t=630s> ve <https://www.youtube.com/watch?v=DbZwWz-aYss>) yer alan bilgileri de göz önünde bulundurarak, programın özelliklerini uygulayarak inceleyiniz. Ayrıca aşağıda sunulan kriter ve sınırlılıkları göz önünde bulundurarak tasarım probleminizi en iyi şekilde çözmeniz istenilmektedir.

Kriterler:

- Evi ısıtmak için tüketileceğiniz enerji olabildiğince düşük olmalı,
- Çatısı olan bir ev inşa edilmeli

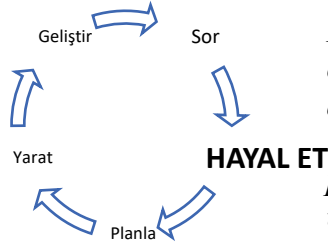
⁵ <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/faturayi-yuzde-50-dusurmek-mumkun-41578530>

- Evin penceresi, güneş paneli ve kapısı olmalı

Sınırlılıklar:

- Evin toplam maliyeti en fazla \$250.000 olmalı
- Ev, programın varsayılan çevresi ve zemininde (default) tasarlanmalı
- Evin sıcaklığı 20° C'den az olmalı
- Evin yüksekliği (çatı dahil) en fazla 8 m olmalı
- Saat 12.00'daki konumuna göre tasarlanmalı
- Ev en az 100 m² olmalı
- Evin yıllık enerji üretimi 7.000 kWh (kilowatt-saat)dan yüksek olmalı

2. ADIM: HAYAL ET



Bu aşamada sizden araştırma fikirleriniz ve çözümleriniz üzerine beyin fırtınası yapmanız, diğer arkadaşlarınızın yaptıkları şeyi de tanımlamanız istenilmektedir. Bunun için, takım üyelerinizle problemle ilişkili matematik ve/veya fen kavramları üzerine beyin fırtınası yapmalı ve problemi çözebilecekleri yolları tartışmalısınız. Birden fazla olası ve umut veren çözümlerinizi bir yere not almalısınız. Tasarımınıza ilişkin kavramları doğru bir şekilde çeşitli çizimlerle sunmalısınız.

- Bir önceki sayfada sunulan kriter ve sınırlılıkları göz önünde bulundurarak;

a) Mühendislik problemini çözmeniz için sahip olduğunuz bilgileri yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Mühendislik problemini çözmeniz için daha neleri bilmeniz gerekiyor? Bu bilgilere ilişkin araştırma sonuçlarınız nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

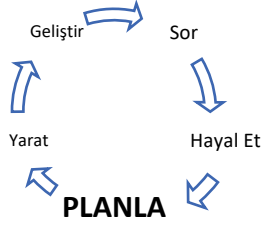
.....

.....

- Ayrıca aşağıda yer alan kavramları da araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri karşısında yer alan kutucuğa yazınız.

Yenilenebilir enerji	
Güneş enerjisi	
Güneş paneli	
Enerji verimliliği	
Yüzey alanı	
Hacim	
Cephe yönü	

3. ADIM: PLANLA



Bu aşamada yaptığınız beyin fırtınası listesindeki en iyiler fikirleriniz arasından iki ila üçünü seçmeniz ve olası tasarımları çizmeniz istenilmektedir. En sonunda, prototip için tek bir tasarım seçmeniz gerekmektedir.

- Aşağıda belirtilen alana, sizin için en doğru olduğunu düşündüğünüz tasarımı çizin. Tasarımınızın üzerindeki her bir parçayı detaylıca açıklayınız. Çözümünüzün avantaj ve dezavantajlarını tartışınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Aşağıda belirtilen alana, grupça en doğru olduğunu düşündüğünüz tasarımı çizin. Tasarımınızın üzerindeki her bir parçayı detaylıca açıklayınız. Çözümünüzün avantaj ve dezavantajlarını tartışınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

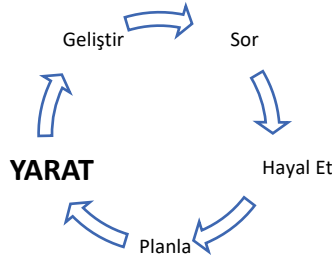
.....

.....

.....

.....

4. ADIM: YARAT



Bu aşamada, sizlerden sunulan problemin kriterleriyle uyumlu ve tasarım kısıtlamalarınız dâhilinde olan bir çalışma modeli/prototip oluşturmanız istenilmektedir. Bu sırada, takım üyelerinizle tartışarak fikirlerinizi ifade etmeli ve her çözüm önerisinin güçlü ve zayıf yönlerini etraflıca analiz etmelisiniz. Problemin kriter ve kısıtlamalarını tüm yönleri ile değerlendirerek olası bir çözüm seçmeli ve neden bu çözümü seçtiğinizi açıklamalısınız. Daha sonra çözümünüze ilişkin

gerekli malzemeleri kullanarak modelinizi yapmalısınız. Oluşturduğunuz prototipin, sunulan problemin kriterlerini net ve detaylı bir şekilde yerine getirdiğinden emin olmalısınız.

Problemin yönelik çözümü kontrol listesinde;

Kriterler:	Evet	Hayır
- Evi ısıtmak için tüketeceğiniz enerji olabildiğince düşük olmalı		
- Çatısı olan bir ev inşa edilmeli		
- Evin penceresi, güneş paneli ve kapısı olmalı		
Sınırlılıklar:		
- Evin toplam maliyeti en fazla \$250.000 olmalı		
- Ev, programın varsayılan çevresi ve zemininde (default) tasarlanmalı		
- Evin sıcaklığı 20° C'den az olmalı		
- Evin yüksekliği (çatı dahil) en fazla 8 m olmalı		
- Saat 12.00'daki konumuna göre tasarlanmalı		
- Ev en az 100 m ² olmalı		
- Evin yıllık enerji üretimi 7.000 kWh (kilowatt-saat)dan yüksek olmalı		

- Neden bu çözümü seçtiğinizi açıklayınız.

.....

.....

.....

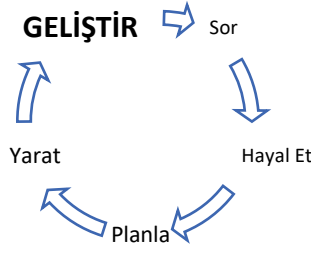
.....

.....

.....

.....

5. ADIM: GELİŞTİR



Bu aşamada, testlerinizin sonuçlarına göre tasarımınızda iyileştirmeler yapmalısınız. Bunun için sizlerden yapacağınız değişiklikleri belirlemeniz ve ürünlerinizi tekrar gözden geçirmeniz beklenilmektedir. Böylece, çözümünüzün ne kadar başarılı olduğu ortaya koymuş olacaksınız. Elde ettiğiniz verilerin kaydedilmesi, çözümünüzü yeniden tasarlama sürecinde size yol gösterici olacaktır. Bunun için, sunulan probleme yönelik çözümünüzü test ederek

değerlendirmeli; testiniz ile ilgili verileri toplamalı ve analiz etmeli; tasarımınızın test sürecinde ortaya çıkan güçlü ve zayıf yönleri özetlemelisiniz.

Aşağıda yer alan soruları yanıtladıktan sonra, tasarımınızın durumunu test ediniz.

1. En çok ısı kazancı binanın nerelerinde olur?
2. Pencereyi hangi cepheye yerleştirdiğinizde binanın günlük ısınması için gerekli enerji en düşük oldu? Nedenleriyle açıklayınız.
3. Tasarım evinize ağaç eklediniz mi? Ağaç eklemenin enerji verimine bir katkısı oldu mu? Neden?
4. Tasarım evinizin çatı şekli (gambrel, shep, hip, pyramid ve custom) nasıldır? Bu şekilde olmasının enerji verimine bir katkısı oldu mu? Ne açıdan katkısı olduğunu veya olmadığını açıklayınız.
5. Tasarladığınızın evin kış ve yaz aylarındaki enerji verimini hesaplayınız. Tasarımda kullandığınız bileşenlerin cephe yönü kış ve yaz aylarında nasıl olmalıdır?

Evin toplam yüzey alanı (m ²)	
Evinizin yüksekliği (çatı dahil) (m)	
Evinizin hacmi (m ³)	
Pencere/Zemin Alanı Oranı	
Güneş Paneli sayısı ve Toplam Yüzey Alanı (m ²)	
Pencerelerin Sayısı ve Toplam Yüzey Alanı (m ²)	
Çatının Şekli	
Evin Sıcaklığı (°C)	
Evinizin Yıllık Enerji Verimliliği (kWh)	
Evinizin Yazlık Enerji Verimliliği (kWh)	
Evinizin Kışlık Enerji Verimliliği (kWh)	

Tasarım problemini en iyi nasıl çözdüğünüzü içeren bir sunum hazırlayın. Diğer ekiptekilerden çözümünüzü gözden geçirmelerini ve yapılabilecek iyileştirmeleri belirlemelerini isteyin. Diğer ekiptekilerden toplanan bilgilerle birlikte başlangıçta belirlenen kriter ve sınırlılıklarınıza bağlı kalarak çözümünüzde iyileştirmeler yapabilirsiniz.

	Ev Tasarımının Resmi (Ekran Görüntüsü)
Kuzey Cephesinden	
Güney Cephesinden	

EK 25: Mühendislik öğretimi öz-yeterlik ölçeğini Türkçe'ye uyarlama izni



Filiz Demirci <[redacted]>

Getting Permission to adapt "Teaching Engineering Self-Efficacy Scale" to Turkish

7 messages

Filiz Demirci <[redacted]>
To: <[redacted]>

26 Aug 2019 Mon 14:44

Hello Dr. Yoon,
I'm PhD Student in Science Education and also research assistant in Ordu University, Turkey.

I want to adapt "Teaching Engineering Self-Efficacy Scale (TESS)" to Turkish.

Thank yo for your interest.

Best regards.

--

Arş. Gör. Filiz DEMİRCİ

*Ordu Üniversitesi/ Cumhuriyet Yerleşkesi
Eğitim Fakültesi
Matematik ve Fen Bilgisi Eğitimi Bölümü
Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalı
Telefon: 04522265200 - 5620*

Res. Assist. Filiz DEMİRCİ

*Ordu University/ Cumhuriyet Campus/ TURKEY
Faculty of Education
Department of Mathematics and Science Education
Science Education
Phone: 04522265200 - 5620*

Filiz Demirci <[redacted]>
To: So Yoon Yoon <[redacted]>

30 Aug 2019 Fri 19:20

Hello again, dr. Yoon,

I understand your sensitivity to adapting TESS into Turkish. In my PhD thesis, I plan to develop an engineering education professional development program for science teachers and I will carry out it in the fall of 2020. As a result of this professional development program, I aim to measure the effect of teachers on self-efficacy beliefs in engineering teaching. Therefore, I needed to adapt the

teaching engineering self-efficacy scale to Turkish. I'm planning to collect data from approximately 500 K-12 teachers for the validity and reliability studies (from throughout Turkey/each of all district). Then, in my dissertation, I plan to be finished the validity and reliability studies of the scale until May 2020.

Last year I gave 2-day workshop training on engineering design process for science, physics and chemistry teachers. I have also worked on science teachers' astronomy teaching self-efficacy in my master's thesis, and I'm sending my scale development study in appendices section of e-mail.

Also, I'm sending draft form of translated into Turkish in appendices section of e-mail. If you accept to work together to adapt TESS to Turkish (after receiving expert opinion from an academic in the Department of Foreign Languages), I can send you the final Turkish translate version of TESS as soon as possible. Also, I can contribute to create electronic form of the scale, to get necessary permission from Turkey Ministry of Education, in data collection from K-12 Turkish teachers, to conduct language equivalence study (approximately 30 teachers who speak Turkish and English), to do EFA and CFA et al.

Although limited studies for engineering education in Turkey, it is strongly needed to work in this subject. I would be pleased to do similar studies with you on this subject.

Thank you for your interest

Best regards...

So Yoon Yoon <[redacted]>, 30 Ağu 2019 Cum, 16:37 tarihinde şunu yazdı:

Dear Filiz,

I am glad to hear about your research interest in using the Teaching Engineering Self-efficacy Scale (TESS). The instrument is **free** to use for **only research purposes**. Currently, we are a little bit careful about distributing the TESS for the integrity of future research. Because of that, we usually request **information about a requester's research project, such as who is the PI (and/or academic advisor if you're a graduate student), research purposes, target population, sample size, and an estimated project period**, to determine the eligibility of the TESS for the project. We hope you to understand this issue.

By the way, I have received several request from researchers in Turkey, wanting to create a Turkish version of the TESS for their research. I don't think it is a good idea of having several Turkish versions of the TESS, so I'd like to request if you can share your Turkish version with me. Also, note that if you created a translated version, then there is a step to validate a translated version of the instrument.

I'll appreciate your further information about the research.

Sincerely,

Yoona

So Yoon Yoon, Ph. D. | Associate Research Scientist

Institute for Engineering Education and Innovation (IEEI)

College of Engineering | Texas A&M University | TEES

So Yoon Yoon <[redacted]>, 1 Eyl 2019 Paz, 22:03 tarihinde şunu yazdı:

Dear Filiz,

I appreciate the introduction about the research project and supporting materials. Now, I understand the need of the TESS for your research.

Attached is the final version of the TESS with the directions for scoring of the TESS. You can create an (online) Turkish version of the TESS using this paper-and-pencil based version. **The use of the TESS is limited to the intended project as you informed to me. Please do not distribute the test to others and keep the copies of the test strictly confidential after your administration of the test.** This is for the integrity of future projects by other researchers.

If you agree on the condition for the use of the TESS, then reply back to me.

Here is the citation for the instrument.

Yoon, S. Y., Evan, M. G., & Strobel, J. (2013). *Teaching Engineering Self-efficacy Scale (TESS)* [Psychometric Instrument].

For the psychometric properties of the TESS, you can refer articles below.

Yoon, S. Y., Evan, M. G., & Strobel, J. (2014). Validation of the Teaching Engineering Self-efficacy Scale for K-12 teachers: A structural equation modeling approach. *Journal of Engineering Education*, 103(3), 463-485. doi: 10.1002/jee.20049

Yoon, S. Y., Evans, M. G., & Strobel, J. (2012). Development of the Teaching Engineering Self-Efficacy Scale (TESS) for K-12 teachers. *Proceedings of the 119th American Society for Engineering Education (ASEE) Annual Conference and Exposition, San Antonio, TX, USA, 14 pages.*

Currently, I am working on a technical manual for the TESS. To do this, I need to standardize the TESS using samples across the United States, which can be representative of the total population. Because of this, I'd like to contact you in the future around the time when you're done with the research project. If you can share your raw data (which should be anonymous) and results or publications regarding the project with me, I'll really appreciate it. In the manual, your publications will be documented to inform other researchers about the use of the test in various educational and research settings and results regarding the test.

Your raw data will be a part of a database for this standardization project and the standardization of the TESS will benefit all researchers using the TESS. To do this, I've also included [an example demographic survey](#) to get consistent demographic information of participants. If you can incorporate such fundamental demographic questions in your survey after modification for your participants and share the raw but anonymous data with me, it would be a big help for this project. Accordingly, I'll submit an IRB application for the use of secondary data when I am ready for analyses. This is totally voluntary, so if you feel uncomfortable with this process, then it is OK to withdraw your agreement.

If you have any questions regarding the TESS and its administration, please feel free to contact me.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Filiz DEMİRCİ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Akdeniz Üniversitesi
Fakülte	Eğitim Fakültesi
Bölümü	Fen Bilgisi Öğretmenliği
Mezuniyet Yılı	02.07.2014
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Programı	Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	06.02.2017
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Programı	Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	
Yayınlar	
Hakemli Dergi Makaleleri	
1. Demirci, F. (2022). Adaptation of Teaching Engineering Self-Efficacy Scale into Turkish. <i>Pedagogical Perspective</i> , 1(2), 128-141.	
2. Taş, E., Güler, H., Sarıgöl, J., Tepe, B. & Demirci, F. (2022). The impact of the argumentation-flipped learning model on the achievements and scientific process skills of students. <i>Participatory Educational Research</i> , 9(6), 335-357.	
3. Özyürek, C., Demirci, F., Sarıgöl, J., Tepe, B. & Güler, H. (2022). Öğretmen Adaylarının Bireysel Ekolojik Ayak İzinin Belirlenmesi. <i>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi</i> , 19(1), 390-402.	
4. Özyürek, C., Demirci, F., Güler, H., Sarıgöl, J., Tepe, B. & Çetinkaya, M. (2019). Öğretmen Adaylarının Çevre Okuryazarlık Bileşenlerinin Farklı Değişkenlere Göre İncelenmesi. <i>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi</i> , 50, 227-253.	
5. Demirci, F. & Özyürek, C. (2018). Astronomy teaching self-efficacy belief scale: the validity and reliability study. <i>Journal of Education and Learning</i> , 7(1). 258-271.	
6. Özyürek, C., Yüksel Ö. & Demirci, F. (2018). İstasyon Tekniğinin 7. Sınıf Öğrencilerinin Akademik Başarısına ve Görüşlerine Etkisi. <i>ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi</i> , 8(3), 455-478.	
7. Demirci, F. & Özyürek, C. (2017). The effects of using concept cartoons in astronomy subjects on critical thinking skills among seventh grade students. <i>International Electronic Journal of Elementary Education</i> , 10(2), 243-254.	
8. Demirci, F. & Özyürek, C. (2017). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Astronomi Konularının Öğretimi Öz-Yeterlik İnanç Düzeylerinin Belirlenmesi ve Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi. <i>ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi</i> , 7(3), 499-518.	

9. Köseoğlu, E., Demirci, F., Demir, B. & Özyürek, C. (2017). The Examination of 7th grade students' reflective thinking skills towards Problem Solving: A sample of Ordu city. *International e-Journal of Educational Studies*, 1(1), 60-68.

Bildiriler

1. Demirci, F. & Purzer, S. (2023). Engineering Integration Pedagogical Content Knowledge (EIPCK): Development of a Conceptual Framework. The 2023 ASEE Annual Conference & Exposition, June 25- 28, 2023, Baltimore, US.
2. Purzer, S., Jiang, R., Lyss-Loren, I., Demirci, F. & Quintana-Cifuentes, J. (2023). Reasoning Through Iteration: How Do Engineering Design Projects Promote Student Learning and Self-Efficacy? 2023 Annual International Conference, April 18-21, 2023, Chicago, US.
3. Taş, E., Güler, H., Tepe, B., Sarıgöl, J. & Demirci, F. (2019). Argümantasyon Temelli Ters-Yüz Öğrenme (TYÖ) Yönteminin Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi. Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitim Kongresi, 12-14 Nisan 2019, İzmir.
4. Taş, E., Tepe, B., Sarıgöl, J., Güler, H. & Demirci, F. (2019). Argümantasyon Temelli Ters-Yüz Öğrenme (TYÖ) Yönteminin Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi. Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitim Kongresi, 12-14 Nisan 2019, İzmir.
5. Demirci, F. & Özyürek, C. (2018). STEM Öğretimi Öz-Yeterlik İnanç Ölçeği'nin Türkçe'ye Uyarlanması: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. Uluslararası Öğrenme, Öğretim ve Eğitim Araştırmaları Kongresi, 6-8 Eylül 2018, Amasya Üniversitesi.
6. Demirci, F. Demir, B. & Özyürek, C. (2018). Fen Eğitiminde Mühendislik Tasarım Süreci Modelinin Kullanımına Yönelik Öğrencilerin Görüşleri. Uluslararası Öğrenme, Öğretim ve Eğitim Araştırmaları Kongresi, 6-8 Eylül 2018, Amasya Üniversitesi.
7. Demirci, F., Özyürek, C., Güler, H., Sarıgöl, J. & Tepe, B. (2018). Öğretmen Adaylarının Çevre Okuryazarlık Düzeylerinin Farklı Değişkenlere Göre İncelenmesi (Giresun Üniversitesi Örneği). V. International Eurasian Educational Research Congress, 2-5 Mayıs 2018, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
8. Demirci, F., Özyürek, C., Sarıgöl, J., Tepe, B. & Güler, H. (2018). Öğretmen Adaylarının Bireysel Ekolojik Ayak İzinin Belirlenmesi ve Bazı Değişkenlere Göre İncelenmesi. V. International Eurasian Educational Research Congress, 2-5 Mayıs 2018, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
9. Demirci, F. & Özyürek, C. (2017). Astronomi Konularında Kavram Karikatürü Kullanımının 7. Sınıf Öğrencilerinin Eleştirel Düşünme Becerisine Etkisi. Sözlü Sunum, II. International Academic Research Congress, 18-21 Ekim 2017, Antalya, Alanya.
10. Taş, E., Demirci, F. & Özyürek, C. (2017). Türkiye'de 2008-2016 Yılları Arasında Bağlam Temelli Öğrenme Yaklaşımına İlişkin Fen Bilimleri Derslerinde Yapılan Bilimsel Çalışmaların İncelenmesi. Sözlü Sunum, II. International Academic Research Congress, 18-21 Ekim 2017, Antalya, Alanya.
11. Yüksel, Ö., Özyürek, C. & Demirci, F. (2017). İstasyon Tekniğinin 7. Sınıf Öğrencilerinin Fen Başarısına ve Görüşlerine Etkisi. Sözlü Sunum, II. International Academic Research Congress, 18-21 Ekim 2017, Antalya, Alanya.
12. Demirci, F. & Özyürek, C. (2017). Fen Bilimleri Öğretmenlerine Yönelik Temel Astronomi Bilgi Düzeyi Testi Geliştirme Çalışması, Sözlü Sunum, IX. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi, 11-14 Mayıs 2017, Ordu Üniversitesi, Ordu.
13. Demirci, F. & Özyürek, C. (2017). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Astronomi Konularının Öğretimi Öz-Yeterlik İnanç Düzeylerinin Bazı Değişkenler Açısından İncelenmesi, Sözlü Sunum, IX. Uluslararası Eğitim Araştırmaları Kongresi, 11-14 Mayıs 2017, Ordu Üniversitesi, Ordu.

14. Demirci, F. & Özyürek, C. (2016). The Effect of Using Learning Wheel Model on Students' Science Achievement in the 3rd Grade Science Lesson. IIIrd International Eurasian Educational Research Congress, 31 May-03 June 2016, Türkiye.
15. Demirci, F. & Özdemir-Şimşek, P. (2016). Pre-Service Primary Teachers and Pre-Service Science Teachers' Views and Experiences Regarding Teaching Process in Planetarium: The Sample of Polatlı City science center and Ulug Bey planetarium, International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology, 19-22 May 2016, Türkiye.
16. Başar, S., Önal-Çalışkan, İ., Yeşilyurt, F. Z., Demirci, F., Özgür, N. & Karaismailoğlu, E. S. (2015). Ülkeler Arası Öğretmen Eğitim Sistemlerine Karşılaştırmalı Kritik Bakış, Sözlü Sunum, II. International Eurasian Educational Research Congress, 08 Haziran 2015, s. 1125-1126, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Dergi Hakemliği

Journal of Pre-College Engineering Education (J-PEER) (2021-2023)