

**Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Mühendislik Tasarımlarının  
Yaratıcılık ve Karar Verme Unsurları Bakımından İncelenmesi**

**Examining Pre-Service Science Teachers' Engineering Designs for  
Creativity and Decision-Making Concepts**

**Esra BOZKURT ALTAN<sup>1</sup> ve Sema TAN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Sinop Üniversitesi, Sinop, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-5592-1726>

<sup>2</sup> Sinop Üniversitesi, Sinop, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-9816-8930>

**Kaynak Gösterimi İçin (For cited in):**

Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2022). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarımlarının yaratıcılık ve karar verme unsurları bakımından incelenmesi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 10 (2), 442-465. <https://doi.org/10.56423/fbod.1180830>

## Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Mühendislik Tasarımlarının Yaratıcılık ve Karar Verme Unsurları Bakımından İncelenmesi \*

Esra BOZKURT ALTAN <sup>1,\*</sup> ve Sema TAN <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sinop Üniversitesi, Sinop, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-5592-1726>

<sup>2</sup> Sinop Üniversitesi, Sinop, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-9816-8930>

Makale Bilgisi	Öz
Gönderilme Tarihi: 27, Eylül, 2022 Revizyon Tarihi: 22, Kasım, 2022 Kabul Tarihi: 29, Kasım, 2022	<i>Bu çalışmada fen bilgisi öğretmen adayları ile yürütülen mühendislik tasarım temelli bir etkinlikte öğretmen adaylarının geliştirdikleri çözümlerin yaratıcılık ve karar verme unsurları bakımından incelenmesi amaçlanmıştır. Durum çalışması olan bu araştırmanın çalışma grubunu 30 fen bilimleri öğretmen adayı oluşturmaktadır. Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım problemlerine yönelik çözümlerini içeren çizim ve açıklamaları betimsel analiz ile çözümlenmiştir. Öğretmen adaylarının çözüm önerileri yaratıcılık unsurları (akıcılık, esneklik, orijinallik, detaylandırma) bakımından incelenmiştir. Grup çalışması ile yürütülen süreçte grupların biri dışında hiçbirinin orijinal bir çözüm ortaya koyamadığı tespit edilmiştir. Grupların kendi içlerinde geliştirdikleri çözümlerin farklılaşmasının (esnekliğinin) tüm çözüm sayılarına (akıcılık) oranı incelendiğinde iki grup hariç diğer grupların çözümlerinin en az yarısı ya da daha fazlasının aynı fikirler etrafında şekillendiği (esnek çözümler olmadığı) ve yeni fikirlerle çözüm üretilemediği belirlenmiştir. Ancak bir grup hariç diğer tüm grupların çözümlerinin en az yarısını ya da daha fazlasını detaylandırabildiği tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının en uygun olarak belirledikleri çözümler incelendiğinde ise yalnızca bir grubun tüm kriter ve kısıtlamalara uygun bir çözüme karar verdikleri belirlenmiştir.</i>
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Öğretmen adayları, mühendislik tasarım süreci, karar verme, yaratıcılık	

## Examining Pre-Service Science Teachers' Engineering Designs for Creativity and Decision-Making Concepts

Article Information	Abstract
Received: 27, September, 2022 Revised: 22, November, 2022 Accepted: 29, November, 2022	<i>The purpose of this case study was to examine the solutions of pre-service teachers in an engineering design-based activity for creativity and decision-making concepts. The participants consist of 30 pre-service science teachers. Drawings and explanations of the pre-service teachers' solutions to engineering design problems were analyzed in terms of creativity (fluency, flexibility, originality, elaboration) using descriptive analysis. Based on the findings, none of the groups except one could produce an original solution, when the flexibility/fluency ratio was examined, it was determined that at least half or more of the solutions of the groups except two groups were shaped around the same ideas (not flexible solutions) and solutions were not built with new ideas. On the other hand, all groups except one were able to elaborate on at least half or more of the solutions produced. When the final solutions were examined, it was determined that only one group decided on a solution suitable for all criteria and restrictions.</i>
<b>Keywords:</b> pre-service science teachers, engineering design process, decision-making, creativity	

\*Sorumlu Yazar: Esra BOZKURT ALTAN E-mail: [bzkr.esra@gmail.com](mailto:bzkr.esra@gmail.com)

## Giriş

Mühendislik soyut bilimsel kavramların somutlaştırılması bağlamında bilimin uygulamasını içerdiği için mühendisliğin fen eğitimine entegrasyonu önemli ve gerekli görülmektedir (Amerika Ulusal Araştırma Kurumu-National Research Council [NRC], 2012). Bu sebeple öğretim programlarında mühendislik tasarım sürecinin fen eğitimine entegrasyonuna dikkat çekilmektedir (NRC, 2012; Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Mühendisliğin disiplinler arası doğasının kuvvetli olması ve fen eğitimine entegrasyonunun gerekli görülmesine karşın bu entegrasyonu sağlamanın zor olabileceği alan yazınında vurgulanmaktadır (Cajas, 2001; Hamilton vd., 2008; Moore vd., 2014; Purzer vd., 2014). Bu nedendir ki öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının fen eğitimine mühendislik entegrasyonunu sağlamak için pedagojilerinin geliştirilmesi önemli ve gereklidir (Purzer ve Quintana-Cifuentes, 2019).

Ülkemizde fen bilimleri dersi öğretim programında 4. - 8. sınıflarda ünitelerde işlenen konuların “Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları” adlı çatı bir yönerge ekseninde yapılandırılması beklenmektedir (MEB, 2018). Öte yandan yine mevcut programda alana özgü beceriler kapsamında “Mühendislik ve Tasarım Becerileri” yer almaktadır. Bu beceri alanında öğrencilerin “*fen bilimlerini matematik, teknoloji ve mühendislikle bütünleştirmeyi sağlayarak, problemlere disiplinler arası bakış açısıyla, öğrencileri buluş ve inovasyon yapabilme seviyesine ulaştırarak, öğrencilerin edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak ürün oluşturmalarını ve bu ürünlere nasıl katma değer kazandırılabilirler konusunda stratejileri geliştirmesi*” beklenmektedir (MEB, 2018, s.10). Söz konusu beklentileri karşılayabilmeleri adına fen bilimleri öğretmen adaylarının kendilerinin mühendislik tasarım sürecini deneyimledikleri uygulamalı çalışmalara katılmalarının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu uygulamalı çalışmalardaki önemli bir husus da öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinde sergilemesi gereken becerileri ne ölçüde sergiledikleri ile ilgili olacaktır.

Mühendislik tasarım süreci, problemin tanımlanması ile başlayıp amaçlanan ürünü geliştirmek üzere kriter ve kısıtlamaları karşılayan çözüme ulaşmak üzere olası çözümler geliştirmek, en iyi çözümü seçmek ve test ederek değerlendirmeler yapmak gibi aşamaları olan bir süreçtir (Amerika Ulusal Teknoloji Eğitimi Kurumu - International Technology Education Association [ITEA], 2007; Amerika Ulusal Mühendislik Akademisi - National Academy of Engineering [NAE] ve NRC, 2009; NRC, 2012). Mühendisler karşılaştıkları probleme yönelik çözüm önerileri geliştirir, birine karar verir, prototip oluşturarak test eder ve çalışıp çalışmadığına ilişkin veriler toplarlar (Brunsell, 2012; NRC, 2012). Böyle bir süreç yaratıcılık ve karar verme becerilerini işe koymayı gerektirmektedir (Bozkurt Altan vd., 2018; Ercan ve Bozkurt, 2013; Fila ve Purzer, 2013; NRC, 2012).

Bu bağlamda bu çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının mühendislik tasarım etkinliğindeki karar verme ve yaratıcılık becerilerinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

1. Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasında ürettikleri çözümler yaratıcılık unsurlarını ne ölçüde içermektedir?

2. Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinin olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasında ürettikleri ve en uygun çözümün seçilmesi aşamasında seçtikleri çözümler problemin kriter ve kısıtlamaları ile ne ölçüde örtüşmektedir?
3. Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinde sergiledikleri çözümlerin yaratıcılıkları ile karar verme unsurları arasındaki benzerlik ve farklılıklar nelerdir?

### **Mühendislik Tasarım Süreci**

Mühendislik fikirleri, hayal gücünü ve ilhamı gerçek dünya uygulamalarına dönüştüren, yenilikçi çözümler ile yaşamı iyileştirmeye yönelik bir disiplindir (NAE, 2008). Mühendislik tasarım süreci alan yazındaki araştırmalarda farklı sayılarda ve isimlerde aşamalarla karşımıza çıksa da temelde problemin belirlenmesi, olası çözümlerin geliştirilmesi, en iyi çözümün seçilmesi, prototipin yapılması ve test edilmesi ve iletişim olmak üzere beş temel aşamadan oluşmaktadır (Fortus vd., 2005; Wendell vd., 2010; Mentzer, 2011; Brunzell, 2012; İlkokulda Mühendislik - Engineering is Elementary [EiE], 2013; Mangold ve Robinson, 2013; Amerika Yeni Nesil Fen Standartları – Next Generations Science Standards [NGSS], 2013). Bu aşamalar sıralı ve tek yönlü aşamalardan öte döngüsel ve etkileşimlidir. Problemin belirlenmesi aşamasında öğrencilerden problemi tanımlamaları – başka bir deyişle problemin gerektirdiği tasarım görevini anlamaları- için problemin başarılı çözümünün göstergesi olan kriter ve bu çözümü gerçekleştirirken süreci güçleştiren sınırlılıkları tanımlanmaları beklenir (NRC, 2012). Bu aşamada öğrencilerin problemin çözümü için tek ve ilk akla gelen çözümden farklı alternatif çözümler olabileceğinin farkına varmalarının yanında, probleme ilişkin çözümleri gerçekleştirebilmeleri için gerekli bilimsel bilgiyi edinmeye ihtiyaç duymaları da önemlidir (Wendell vd., 2010). Olası çözümler geliştirme aşamasında, öğrencilerden bilimsel araştırma sorgulama sürecinde edindikleri bilimsel bilgilerden sonuç çıkararak bu bilgileri problemin çözümüne yansıtılmaları, problemin doğası gereği ve mühendislerin çalışma tarzlarından kaynaklı problemle ilgili farklı çözüm önerileri sunmaları beklenir (Brunzell, 2012; NRC, 2012). En iyi çözümün seçilmesi aşamasında ise, öğrencilerden sundukları çözüm önerilerini problemin kriter ve sınırlılıkları bağlamında değerlendirerek, mühendislikte optimizasyon denilen süreci işletmeleri ve prototipini tasarlamak ve test etmek üzere birini seçmeleri beklenir (Wendell vd., 2010; Hyness vd., 2011). En iyi çözümün prototipini oluşturmaları aşamasında öğrencilere, mühendislik tasarım probleminin kriter ve sınırlılıkları ile edindikleri bilimsel bilgi bağlamında prototiplerini test ederek, gerekirse tasarımlarını iyileştirmeleri için ortam hazırlanır (NRC, 2012). Tüm aşamaları tamamlayan öğrencilerden süreci değerlendirmeleri için sunum yapmaları sağlanarak iletişim aşamasını gerçekleştirmeleri beklenir. Bu aşamaları gerçekleştirmek için öğrencilerin sürecin tamamında bilimsel iletişimi kullanmaları, hem bilimsel araştırma sorgulama süreci hem de mühendislik tasarım süreci için önemlidir (NRC, 2012; Pedaste vd., 2015).

Mühendislik tasarım sürecinin aşamaları dikkate alındığında bu sürecin karar verme süreci ile benzerlik gösterdiği söylenebilir (Bozkurt Altan, 2021). Nitekim bu sebeptendir ki ITEA (2007) mühendislik tasarım sürecini yinelenen karar verme süreci olarak tanımlamaktadır. Öte yandan bir problemin çözümüne yönelik olabildiğince çok, farklı ve kullanışlı tasarımlar geliştirebilmek de genelde “yaratıcılık” ile ilgilidir ve mühendislik tasarım

sürecinin olası çözümlerin geliştirilmesi aşaması da yaratıcılık becerisini işe koşmayı gerektirmektedir (Bozkurt Altan ve Tan, 2021).

### **Mühendislik tasarım süreci ve karar verme becerisi**

Karar verme becerisi alan yazında çeşitli aşamalar ile ele alınmaktadır (Adair, 2017; Drucker, 2001; Harrison ve Pelletier, 2000; Lunenburg, 2010). Her bir modelde ele alınan başlıklar incelenerek karar verme süreci yedi adımda şöyle açıklanabilir (Bozkurt Altan, 2021): Karar verme süreci birden fazla çözüm yolu bulunan bir problem durumu ile başlar (1. Aşama: *Problemin Tanımlanması/Amacın Belirlenmesi*). Problem ile ilgili seçeneklerin oluşturulması için var olan bilgiler ve bu bilgilerin yeterliliği sorgulanır (2. Aşama: *Gerekli Bilgilerin Toplanması*). Problemin çözümüne yönelik seçenekler oluşturulur ki bu aşama yaratıcı düşünme ile de ilgilidir (3. Aşama: *Seçeneklerin Oluşturulması*). Ardından en uygun olan çözüme ulaşabilmek için her bir çözüm yolunun amaca ne yönden uygun olup olmadığı değerlendirilir (4. Aşama: *Seçeneklerin Değerlendirilmesi*). Birden çok seçenek arasından kriterlere en uygun olan çözüm yolu belirlenir (5. Aşama: *En Uygun Alternatifin Seçilmesi*). Karar uygulanır ve kararın planlandığı gibi gidip gitmediği belirlenir (6. Aşama: *Kararın Uygulanması*). Karar verirken temel alınan varsayımların planlandığı gibi olup olmadığı ve bu durumun gerekçeleri ise son olarak kararın değerlendirilmesi aşamasında ele alınır (7. Aşama: *Kararın Değerlendirilmesi*).

Mühendislik tasarım süreci ile karşılaştırıldığında karar verme becerisi ve mühendislik tasarım sürecinin benzerlikleri dikkat çekmektedir. Problemin belirlenmesinden en uygun olanın seçimi, kararın uygulaması adımlarına kadar tüm aşamalar mühendislik tasarım süreci ve karar verme sürecinin benzer aşamalarıdır. Nitekim mühendislik tasarım sürecinin yürütüldüğü öğrenme ortamlarında karar verme sürecine yönelik unsurların yer aldığı alan yazında dikkat çekilmektedir (Bozkurt Altan vd., 2018; Ercan ve Bozkurt, 2013; Fila ve Purzer, 2013; NRC, 2012). Mühendislik tasarım sürecinin kullanıldığı öğrenme ortamlarında fen bilgisi öğretmen adaylarının (Bozkurt Altan, 2014) ve ortaokul öğrencilerinin (Ercan, 2014) karar verme becerisinin gelişim gösterdiği çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuştur.

Mühendislik tasarım probleminde sunulan kriter ve kısıtlamaların belirlenmesi bu doğrultuda çözüm önerileri geliştirilmesi ve en uygun çözümün seçilmesi aşamaları çerçevesinde ele alındığında örneğin öğrencilerin önerdiği çözümlerin kriterlere uygunluğunun değerlendirilmesi ya da çözümler arasından en uygun olarak belirledikleri seçeneğin uygunluk bakımından incelenmesi karar vermeye dair unsurlar olarak ele alınabilecektir.

### **Mühendislik tasarım süreci ve yaratıcılık**

“Eğitimin ve insanlığın en ciddi sorunlarının anahtarı” (Guilford, 1967 s.13) olarak yaratıcılık günümüzde bireylere kazandırılması gereken önemli bir beceri olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim çeşitli araştırmacılar da yaratıcılığın anahtar bir rol oynadığına dikkat çekmekte (Hennessey ve Amabile, 2010), öğrenme ortamlarının yaratıcılığı merkeze alan şekilde organize edilmesine vurgu yapmaktadır (Lasky ve Yoon, 2011). Yaratıcılık mevcut bir alanı yeni bir alana dönüştüren fikir, eylem ya da ürün ortaya koyabilmek ile ilgilidir (Cszikszentmihalyi, 1996). Öğrencilerin yaratıcılıklarının desteklenmesi için onların risk almaktan ve fikirlerini ifade etmekten korkmadıkları bir ortamın önemine dikkat çeken

Beghetto (2007) öğrencilerin yaratıcı fikir ve ürünlerini revize edip yeniden sunmalarına imkan sağlayan bir sınıf ortamının yaratıcılıklarının desteklenmesi ve yaratıcı fikirlerini yaratıcı ürünlere dönüştürebilmeleri için gerekli olduğunu ileri sürmektedir. Mühendislik tasarım sürecinin yürütüldüğü öğrenme ortamlarında sürecin açık uçlu problemler ekseninde başlatılması, öğrencilerin birden çok çözüm üretmesi, çözümlerini iyileştirebilme fırsatının olması gibi hususlar mühendislik tasarım sürecinin yürütüldüğü ortamlarda yaratıcılığın gelişmesi için fırsat tanındığını göstermektedir (Hathcock ve Dickerson, 2018).

Farklı alanlarda yaratıcılığın değerlendirilmesi için birçok farklı etkinlik ve testten yararlanılmaktadır. Bu etkinlik ve testlerin birçoğu yaratıcılık alanının öncülerinden Guilford'ın (1950, 1967a) zekanın yapısı modeli ve ıraksak düşünme ile ilgili araştırmasında önerdiği akıcılık, esneklik, detaylandırma ve özgünlük kavramlarını esas almaktadır (Wallach ve Kogan 1965; Torrance, 1974; Urban, 2005). Akıcılık bir problem ile ilgili fikirlerin ya da çözümlerin sayısı olarak tanımlanabilir (Guilford, 1967a). Esneklik fikirlerin ya da çözümlerin farklı kategorilerinin sayısını ifade eder (Kaufman Plucker ve Baer, 2008). Detaylandırma her bir çözümün ne kadar zengin içerikle tanımlanması ile ilgilidir (Guilford, 1967a, b). Son kavram olan orijinallik ise fikir ya da çözümlerin benzersizliği, istatistiksel olarak seyrekliği ve yeni bir biçim ya da kalıpların üretimi ile ilgilidir (Horowitz, 1999). Bu çalışmada mühendislik tasarım sürecindeki yaratıcılık unsurları bu kavramlar ekseninde değerlendirilmiştir.

Mühendislik tasarım sürecini yaratıcılık unsurları bakımından değerlendirdiğimizde mühendislik tasarım sürecinin ikinci aşaması olan olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasında problemin kriter ve kısıtlamalarını dikkate alarak olabildiğince çok fikir üretmek gerektiği için bu aşama yaratıcı düşünmenin bir parçası olarak görülen ıraksak düşünme ile ilgilidir (Bozkurt Altan ve Tan, 2021; Denson, 2015; Valjak, 2017). Bu aşamada üretilen fikirler ıraksak düşünme unsurları (akıcılık, esneklik, detaylandırma ve orjinallik) bakımından değerlendirilebilmektedir (Bozkurt Altan ve Tan, 2021). Yine mühendislik tasarım sürecinin en iyi çözümün seçilmesi aşamasının da yaratıcılık ile ilgili olduğu söylenebilir (Bozkurt Altan ve Tan, 2021). Lee ve Kolodner (2011) yaratıcı düşünen problem çözücünün, farklı çözümlerin ya da benzer bir probleme yönelik çözümlerin yeni problem durumuna nasıl uyarlanacağı ile ilgili düşünmesinin önemine dikkat çekmektedir. Beghetto (2017) yaratıcı öğrenmeyi destekleyecek öğrenme ortamlarında yaratıcı fikir ve ürünlerin yenilenip yeniden sunulmasına dikkat çekmektedir. Mühendislik tasarım sürecinin prototip yapımı ve test etme aşamasında öğrencilere seçtikleri çözümü test etme ve iyileştirme fırsatı veriliyor olması da yaratıcılığın desteklendiğinin göstergesi olarak değerlendirilebilir. Sürecin aşamaları ele alındığında mühendislik tasarım sürecinin yaratıcılık ile ilgili olduğu aşikardır. Alan yazın incelendiğinde genel anlamda mühendislik tasarım sürecinin yaratıcılık ile ilgili olduğuna çeşitli çalışmalarda da dikkat çekilmektedir (Bozkurt Altan ve Tan, 2021; Charyton, 2014; Denson, 2015; Howard dv., 2008; Siew 2017; Tekmen-Aracı ve Mann 2019). Alan yazından farklı olarak bu çalışmada öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecindeki karar verme ve yaratıcılık unsurları hem ayrı ayrı nitel ve derinlemesine incelenmiş hem de karşılaştırılmıştır.

## Yöntem

### Araştırmanın Yöntemi/Modeli

Bu araştırmada fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım süreci esas alınarak planlanan “Canlar Susuz Kalmasın” etkinliği kapsamında mühendislik tasarım sürecinin olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasında geliştirdikleri çözümler yaratıcılık unsurları ve en uygun çözüm olarak belirledikleri çözümlerinin problemdeki kriter ve kısıtlamalara uygunluğu bakımından incelenmiştir. Bununla birlikte en uygun çözümün belirlenmesi aşamasında nihai çözümlerin geliştirilen çözüm önerileri arasından en uygunu olup olmadığına dair verilen kararların uygunluğu da incelenen hususlar arasındadır. Araştırmada öğretmen adayları 4 - 5 kişiden oluşan gruplar halinde çalışmışlardır ve toplam yedi grup bulunmaktadır. Öğretmen adaylarının çözüm önerileri ve seçtikleri en uygun çözümler her bir grup için değerlendirilmiştir. Genel çerçevesi bu şekilde kurgulanan bu araştırma nitel araştırma metodolojisi desenlerinden durum çalışması esas alınarak yürütülmüştür. Nitel araştırmada durum çalışması bir olayın yoğun bir şekilde çalışılmasıyla ilgilidir (Glesne, 2013). Yin (2002) “kapsamlı araştırma yöntemi” olarak ifade ettiği durum çalışmasının güncel bir olgunun kendi bağlamı içerisinde, araştırmacı etkisi en az düzeyde olacak şekilde, birden fazla veri kaynağının mevcut olduğu durumlarda kullanıldığını vurgulamaktadır. Öğretmen adaylarının olası çözümlerin geliştirilmesi aşamasındaki çözüm önerileri yaratıcılık bakımından analiz edilmiştir. Karar verme becerileri ise problemin kriterlerine uygunluğu bakımından, en uygun çözümün seçilmesi aşamasında belirlenen nihai kararların grubun çözüm önerileri arasından en uygun olup olmadığı dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda analiz birimini öğretmen adaylarının grupları oluşturmaktadır. Ancak gruplar arasında yaratıcılık ya da karar verme unsurları bakımından kapsamlı bir karşılaştırma yapılmamıştır. Bu sebeple araştırmada durum çalışması desenlerinden gömülü bütüncül tekli durum çalışması esas alınmıştır.

### Araştırmanın Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu Karadeniz Bölgesi’nde bir devlet üniversitenin fen bilgisi öğretmenliği programına devam eden 30 (24 kadın, 6 erkek) öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmanın çalışma grubu amaçlı örneklem seçme yöntemlerinden uygun örneklem ile belirlenmiştir. Araştırma 2019-2020 Eğitim-Öğretim Yılı Güz Dönemi’nde Fen Bilgisi Öğretimi Laboratuvarı 2 dersini alan öğretmen adayları ile yürütülmüştür. Söz konusu dersin mühendislik tasarım etkinlikleri yürütülmesine uygun olması sebebiyle araştırma bu ders kapsamında yürütülmüştür.

### Veri Toplama Süreci ve Araçları

Araştırmanın verileri “Canlar Susuz Kalmasın” adlı mühendislik tasarım etkinliği kapsamında toplanmıştır. Etkinlik Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen “Ortaokul Öğrencileri için STEM Eğitim Programının Hazırlanması ve Etkilerinin Araştırılması” (Proje No: CEAUM-1901-17-16) adlı proje kapsamında geliştirilmiştir. Ayrıca araştırmacılar tarafından proje kapsamında yürütülen bir araştırmada da söz konusu etkinlik kullanılmıştır (Bozkurt Altan ve Tan, 2021). Etkinlik Brunsell’in (2012) mühendislik tasarım süreci ve tasarım sürecinin sınıflarda uygulanmasına yönelik (tasarım temelli öğrenme) önerileri esas alınarak yürütülmüştür (NAE ve NRC 2009; NRC 2012). Fen eğitiminde doktora

derecesine sahip bir araştırmacı, yüksek lisans derecesine sahip bir araştırmacı ve iki fen bilimleri öğretmeni proje kapsamında etkinliğin geliştirilmesi sürecine dahil olmuştur. Etkinlik iki uzman tarafından mühendislik tasarım sürecine uygunluk, bir uzman tarafından ise yaratıcı düşünme süreci ve yaratıcı problem çözmeye uygunluk bakımından incelenmiş ve çözümün test edilmesi için kriterlerin daha net belirlenebilir olması hususunda geri bildirim alınarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Uygulama sürecinde öncelikle öğretmen adaylarına problem durumu sunulmuştur. Sıcak yaz günlerinde sokak hayvanlarının su içmeye daha çok ihtiyacının olması üzerine konuşularak hayvanların su ihtiyacının giderilmesi ve serinlemelerine yardımcı olmak için su kabı ihtiyacına dikkat çekilmiştir. Problem sokak hayvanların rahatça su içebileceği, suyun takviyesi için deposu olan bir su kabının hayvanların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için faydalı olacağı ile devam etmiştir. Bu probleme çözüm bulabilmek amacıyla kedi ve köpeklerin su içmek için ortak olarak kullanabilecekleri uygun yükseklik ve genişlikte, 20 TL bütçe ile sınırlandırılan, kolay ulaşılabilen, tüm zorlu hava koşullarına ve hijyen kurallarına uygun, yeniden doldurmak için minimum düzeyde insan eli desteğine ihtiyaç duyan bir tasarım görevi olduğu açıklanır. Tasarım için basit malzemelerin kullanılacağı ve bütçenin 20 TL ile sınırlı olduğu belirtilir. Bütçe için kullanılabilir malzemelerin listesi ve fiyatlarının olduğu katalog verilir. Katalogta karton, pet şişe, yapıştırıcı, metal kaplar gibi malzemeler yer almaktadır. Etkinliği uygulamak isteyen araştırmacılar için eldeki malzemelere göre katalog oluşturulması önerilebilir.

### Verilerin Analizi

Öğretmen adaylarının geliştirdikleri çözümlere dair çizim ve açıklamaları yaratıcılık ve karar verme becerisi ile ilgili unsurlar bakımından betimsel analiz tekniği ile incelenmiştir.

**Tablo 1.** Öğretmen adaylarının çözümlerinin yaratıcılık unsurları bakımından analizi

Yaratıcılık Unsurları	İçerik	Analiz Süreci
<b>Akıcılık</b>	Çözüm çokluğu	Öğretmen adaylarının her bir çözümü 1 puan olarak puanlanmış ve gruplar için toplam akıcılık puanı belirlenmiştir.
<b>Esneklik</b>	Farklı çözümler çokluğu	Tüm gruptaki öğretmen adaylarının çözümleri analiz edilmiş ve her biri bir önceki çözüm üzerine inşa edilmemiş farklı çözümler için 1 puan verilmiştir.
<b>Detaylandırma</b>	Çözümlerin ayrıntılı çizimi ya da açıklanması	Çizim, açıklama ya da hem çizim hem açıklama ile okuyucuya çözümünü zihinde canlandırma fırsatı veren çözümler için 1 puan verilmiştir.
<b>Orijinallik</b>	Tüm grupların çözümlerindeki farklı çözümler sıklığı	Tüm grupların çözümleri karşılaştırılmış ve diğer gruplarda olmayan farklı çözümlere 1 puan verilmiştir.

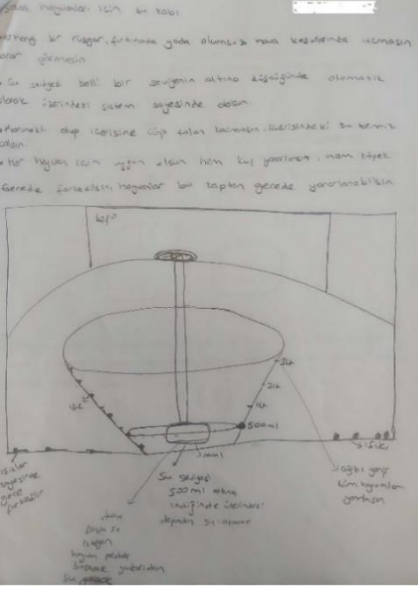
Öğretmen adaylarının geliştirdikleri çözümlerdeki yaratıcılık Guilford'ın (1967b) zekanın yapısı kuramındaki ıraksak düşünme unsurları (akıcılık, esneklik, detaylandırma ve



orjinallik) çerçevesinde analiz edilmiştir. Tablo 1’de her bir yaratıcılık unsurunun içeriği ve analiz sürecinde nasıl belirlendiği yer almaktadır.

Tablo 2’de bir öğretmen adayının çözümü paylaşılmış ve akıcılık, esneklik, detaylandırma unsurları bakımından nasıl puanlandığı açıklanmıştır.

**Tablo 2.** Örnek bir çözüm önerisinin yaratıcılık unsurları bakımından analizi

Ö2'nin Çözümü	Yaratıcılık Unsurları			
	Akıcılık	Esneklik	Detaylandırma	Orjinallik
	<p>Öğretmen adayının yalnızca tek bir çözüm sunduğundan an akıcılık puanı 1 olarak belirlenmiştir.</p>	<p>Esneklik puanını belirlemek öğretmen adayının birden fazla ürettiği fikirlerde farklı çözümlerini değerlendirmek ile mümkündür. Burada öğretmen adayının tek bir çözüm ürettiğinden esneklik puanı da 1 kabul edilmiştir.</p>	<p>Öğretmen adayının çözümü hem de açıklamalar ile detaylı bir biçimde anlatmış ve çözümün üzerinde düşündüğünü göstermiştir.</p>	<p>Öğretmen adayının bu çözümü diğer gruplardaki öğrencilerin çözümleri ile karşılaştırılmış ve bu çözümün diğer yedi grubun beşinde öneri olarak sunulduğu belirlenmiştir. Bu nedenle bu çözüme orjinallik bakımından puan verilmemiştir.</p>

**Not.** Çözümlerinin nasıl analiz edildiğine dair daha detaylı bilgi için Bkz. Bozkurt Altan ve Tan (2021).

Her bir öğretmen adayının ürettikleri fikirleri akıcılık, esneklik, detaylandırma ve orjinallik unsurları bakımından değerlendirmek amacıyla esneklik, detaylandırma ve orjinallik puanlarının akıcılık puanı ile oranlaması yapılmıştır. Başka bir ifadeyle ürettikleri fikirleri ne oranda esnek, detaylı ve orijinal olduğuna dair çıkarımlar yapılması amacıyla oranlar belirlenerek bulgularda sunulmuştur.

Her bir gruptaki öğretmen adaylarının her bir çözümü karar verme unsurları bakımından problemin kriter ve kısıtlamaları çerçevesinde betimsel analiz ile çözümlenmiştir. Her bir grup üyesinin bireysel çözüm önerilerinde ve grup olarak en uygun çözüm olarak belirlenen grup kararlarında kriter ve kısıtlamaların yer alma durumu var/yok şeklinde analiz edilmiştir. Grupların kararlarının bireysel çözümlerdeki kararlardan en uygun olup olmadığı kriter ve kısıtlamaların ne kadarını içerdiği ile ilgili karşılaştırma yapılarak belirlenmiştir.

Hem yaratıcılık hem karar verme unsurları bakımından gerçekleştirilen veri analizi her iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak yapılmıştır. Ardından bir araya gelinerek benzerlik ve farklılıklar üzerinde tartışılmış ve yaratıcılık verileri için uyum yüzdesi %92, karar verme verileri için ise %95 olarak hesaplanmıştır.

### **Araştırmacıların Rolü**

Bu araştırmada, araştırmacıların hem emik hem etik olmak üzere iki farklı rolü olmuştur. Araştırmacılarından biri, etkinlikleri gerçekleştirilirken dersin sorumlu öğretim elemanı olarak çalıştığı için araştırmaya içeriden dahil olduğundan emik rol oynamıştır. Ancak, öğretmen adayları çözüm önerileri geliştirirken ve bu çözümlerinden en uygun olanına karar müdahalede bulunmayarak etik rol oynamışlardır (Punch, 1998). Araştırmacılarından biri öğretmen adaylarının çözüm önerileri ve kararlarını sadece daha iyi anlamak için soru sormuş ve sadece gözlem yapmıştır. Araştırmacılar bu araştırmanın verilerini toplarken etik bir rol oynadıkları için, bu çalışmanın amacı doğrultusunda araştırmacıların rolleri dışarıdan kişiler olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar, araştırmayı yürütürken etik kurallara uyulmasını sağlamak için bazı önlemler almıştır. Öğretmen adaylarının kimlikleri hiçbir şekilde üçüncü şahıslara açıklanmamıştır ve gizliliği sağlamak için çözüm önerilerine dair görsellerde isimler silinmiştir. Ayrıca etkinliğin bir ders kapsamında uygulanıyor olmasından kaynaklanacak nota dayalı çıkar ilişkisi olmaması için öğretmen adaylarına doğrudan bu etkinliğe ilişkin herhangi bir notlandırma yapılmamıştır.

### **Araştırmanın Geçerlik ve Güvenirliği**

Merriam (2013), nitel araştırmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini iç geçerlilik ve dış geçerlilik ve güvenilirlik açısından açıklamaktadır. İç geçerlilik kavramı, araştırmacının neden ve sonuç hakkında yaptığı çıkarımların doğruluğu, sonuçların inandırıcılığı ile ilgilidir. Dış geçerlilik, bir çalışmanın sonuçlarının diğer durumlara ne ölçüde aktarılabilirliği ile ilgilidir. Güvenirlik, araştırma aynı veya farklı bir araştırmacı tarafından benzer koşullarda tekrarlandığında benzer sonuçların elde edilebilmesidir. Bu araştırmada iç geçerlilik ve dış geçerlilik için gerçekleştirilen uygulamalar şöyledir: Öğretmen adaylarının mühendislik tasarım problemlerine yönelik çözüm geliştirme ve en uygun olanını seçmelerini uygulama dışında etkileyecek bir unsurun olmadığı kontrol edilmiştir. Araştırmacıların ön yargısını azaltmak üzere etik rol almasına özen gösterilmiştir. Katılımcıların geliştirdikleri bireysel çözümler incelenmiş ve yanlış anlaşılma olmaması için anlaşılabilir durumlar teyit edilmiştir. Katılımcıların özellikleri ve çalışma grubunun nasıl belirlendiği açıklanmıştır. Etkinliğin gerçekleştirildiği ortam betimlenmiş ve nasıl gerçekleştirildiği detaylı olarak anlatılmıştır. Araştırmanın güvenirliliğini sağlamak için süreç ikinci bir araştırmacı tarafından takip edilmiştir. Süreç ayrıntılı olarak sunulmuştur. Veriler iki araştırmacı tarafından analiz edilmiş ve uyum yüzdesi hesaplanmıştır.

### **Bulgular**

Fen bilgisi öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecindeki karar verme ve yaratıcılık becerilerine yönelik bulgular araştırma problemleri çerçevesinde aşağıda sunulmuştur.

#### ***Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Olası Çözümlerinin Yaratıcılık Unsurları Bakımından İncelenmesine Yönelik Bulgular***

Öğretmen adaylarının bireysel olarak geliştirdikleri çözüm önerilerinin yaratıcılık unsurları bakımından analiz edilmesi ile elde edilen bulgular Tablo 3'te ve çözümlerinin içeriğine dair bulgular Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Öğretmen adaylarının olası çözümlerindeki yaratıcılık unsurlarına dair bulgular

Yaratıcılık Unsurları	Gruplar/Katılımcı Sayısı						
	1. Grup n=4	2. Grup n=4	3. Grup n=4	4. Grup n=4	5. Grup n=5	6. Grup n=4	7. Grup n=5
Akıcılık (f)	7	6	5	8	9	9	7
Esneklik (f)	3	2	4	3	4	4	5
Detaylandırma (f)	4	5	3	5	7	6	2
Orjinallik (f)	0	0	0	1	0	0	0
Yaratıcılık Unsurlarının Oranı	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	5. Grup	6. Grup	7. Grup
Esneklik / Akıcılık	0.5	0.33	0.8	0.37	0.45	0.45	0.71
Detaylandırma/Akıcılık	0.67	0.83	0.6	0.63	0.78	0.67	0.29
Orjinallik/Akıcılık	0	0	0	0.13	0	0	0

Tablo 3 incelendiğinde gruptaki tüm üyelerin ürettikleri toplam çözüm önerilerini ifade eden akıcılık unsurunda en fazla dokuz çözüm (beşinci ve altıncı grup), en az beş çözüm (üçüncü grup) üretilebildiği anlaşılmaktadır. Grup içinde üretilen fikirlerin her birinin birbirinden farklı çözümler olma durumunu belirten esneklik puanları incelendiğinde en fazla beş çözümde (yedinci grup) farklılaşma sağlanabildiği tespit edilmiştir. En az ise iki farklı çözüm (ikinci grup) üretilebildiği belirlenmiştir. Ürettikleri çözümlerin ne oranda esnek olduğu bakımından karşılaştırma yapıldığında da en yüksek %80 (0,80) gibi bir oranda üçüncü grubun, en düşük %37 (0,37) oranında dördüncü grubun çözüm üretebildiği tespit edilmiştir.

**Tablo 4.** Öğretmen adaylarının çözümlerinin içeriğine dair bulgular

Grup	Çözümlerin İçeriği	Grup	Çözümlerin İçeriği
1	✓ Sensör + Kap: 3	5	✓ Kap+ Sensör: 1
	✓ Şişe + Kap: 1		✓ Depo+ Kap+ Sensör: 2
	✓ Sensör + Depo + Kap: 1		✓ Atık Su Depolama +Su Arıtma+ Kap+ Sensör: 1
	✓ Yağmur Suyu + Arıtma Sistemi: 1		✓ Şebeke Suyu + Su Kabı + Sensör: 1
			✓ Damacana+ Su Kabı+ Sensör: 1
			✓ Yağmur suyu Deposu + Kap+ Sensör: 1
			✓ Kap+ Depo+ Miknatslı Pedal: 1

2	✓ Depo + Kap + Sensör: 2	6	✓ Arıtma Sistemi + Depo + Sensör + Kap: 1
	✓ Kap + Sensör: 1		✓ Mavi Kapak Toplama+ Depo+ Sensör+ Kap: 1
	✓ Şebeke suyu + Kap + Pedal: 1		✓ Kap + Sensör: 1
	✓ Depo + Çek valf: 1		✓ Kap + Pedal: 1
	✓ Depo + Çek valf + Kapak: 1		✓ Depo + Buton + Kap: 1
			✓ Depo + Pedal + Kap: 1
3	✓ Yağmur suyu+ Arıtma sistemi:2	7	✓ Depo + Sensör + Kap: 1
	✓ Kap+Sensör:1		✓ Paskal Prensibi + Kap: 1
	✓ Kap: 1		✓ Yay + Paskal Prensibi + Kap:1
	✓ Depo + Kap: 1		✓ Metal+ Elektrik direği + Tıpa:1
			✓ Kap: 1
			✓ Kap + hareketli kapak:1
4	✓ Depo + Kap: 2	Çözümlerin içeriği tasarım çözümlerinde kullandıkları unsurları yansıtmaktadır. Aynı unsurları içeren çözüm sayısı karşısında belirtilmiştir.	✓ Depo + Kap:1
	✓ Depo + Bileşik Kap: 1		✓ Kap + hareketli kapak:1
	✓ Çeşme + Kap: 1		✓ Depo + Kap:1
	✓ Yağmur Suyu + Arıtma Sistemi + Depo + Kap: 1		✓ Şebeke Suyu + Kap: 1
	✓ Ağaç + Depo + Kap: 1		
	✓ Park Sulama Sistemi+ Sabit Park Yeri Su Kapları: 1		

Tablo 4’te sunulan içerikler incelendiğinde; örneğin yedinci grupta ortaya konulan yedi çözüm önerisinin Pascal prensibi (f=1), yay-Pascal prensibi (f=1), metal aksam-elektrik direği ile bağlantı-tıpa (f=1), sadece büyük bir kap (f=1), kap-hareketli kapak (f=1), depo-kap (f=1), çeşme-kap (f=1) gibi bileşenlerin kullanımına dayandığı tespit edilmiştir. Bu çözüm önerilerinden esneklik puanlaması yaparken Pascal prensibine dayalı çözümler için bir esneklik, metal aksam ve elektrik direğinin kullanıldığı çözüm için bir, kap ve kap-hareketli kapağın kullanıldığı çözümler için bir, depo-kap çözümü için bir ve şebeke suyu-kap için bir olmak üzere beş esneklik puanı verilmiştir. Bu araştırmanın amacı gruplar arasında karşılaştırma yapmaktan ziyade bir mühendislik tasarım görevinde ne kadar farklı çözüm üretebildikleri çözümlerinin ne ölçüde birbirinden farklılık gösterdiği olduğundan grupları birbirleri ile karşılaştırarak değerlendirmekten ziyade grupların kendi içinde ürettikleri çözümlerin birbirlerinden ne derece farklı olduğuna odaklanılmıştır.

Öğretmen adaylarının çözüm önerileri yazı ve çizimler ile anlaşılabilir olarak ifade edebilmeleri çerçevesinde yaratıcılığın detaylandırma unsuru bakımından incelendiğinde en çok beşinci grubun yedi çözümünü detaylandırabildiği görülmektedir. En az ise yedinci grup iki çözümünü detaylandırabilmiştir. Ancak üretebildikleri toplam çözüm önerilerinin (akıcılık) ne kadarını detaylandırabildiklerine bakıldığında en çok ikinci grubun %83 (0.83) oranında altı fikrinin beşini detaylandırabildiği görülmektedir.

Orijinallik unsuru bakımından öğretmen adaylarının genel olarak birbiri ile benzer çözümlere odaklandıkları sadece bir orijinal çözüm olduğu tespit edilmiştir. Orijinal olarak değerlendirilen çözüm önerisi Tablo 4'te sunulan içeriklerden dördüncü grup için park sulama sisteminden gelecek olan suların sabit park yeri su kaplarında birikmesi sonucu hem geri dönüşümün kullanılması hem de sürdürülebilir çözüm önerisi olması ve diğer gruplar tarafından benzer bir önerinin yapılmaması (istatistiksel seyreklik) nedeniyle orijinal olarak kabul edilmiştir. Bunun dışındaki diğer fikirler tüm gruplarca farklı şekillerde önerildiği için orijinal olarak değerlendirilmemiştir.

### ***Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Olası Çözümlerinin Karar Verme Unsurları Bakımından İncelenmesine Yönelik Bulgular***

Öğretmen adaylarının çözüm önerileri kriter ve kısıtlamalara uygunluk bakımından ele alındığında ikinci grupta Ö8, beşinci grupta Ö20 ve yedinci grupta Ö27'nin tüm kriterlere uygun çözüm önerisi geliştirebildiği tespit edilmiştir. Grup kararlarında ise sadece dördüncü grubun kararının tüm kriter ve kısıtlamalara uygun olduğu görülmektedir. Üçüncü grubun üyelerinden hiçbirinin tüm kriter ve kısıtlamalara uygun bir çözüm önerisi geliştirmemiş olmasına karşın grup kararının tüm kriter ve kısıtlamalara uygun olması her bir grup üyesinin çözümünün olumlu yanlarına yönelik değerlendirmeler yapabildiklerini göstermektedir. Özellikle ikinci, beşinci ve yedinci grupta tüm kriter ve kısıtlamalara uygun birer çözüm olmasına karşın grup kararlarına bu durumun yansımadağı anlaşılmaktadır. Tablo 5 incelendiğinde öğretmen adaylarının çözüm önerilerinde en çok tasarımın korunaklı ve hava koşullarına dayanıklı olması ile ilgili kriteri sağlayamadıkları anlaşılmaktadır. Tasarımın yüksekliği, genişliği ve hacminin ayarlanması gibi kriterlere öğretmen adaylarının tamamına yakınının çözümlerinde yer verdiği tespit edilmiştir. Yine bütçe ve basit malzemelerin kullanılması kriterine de öğretmen adaylarının büyük bir kısmının çözüm önerilerinde yer verdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 5'teki grup kararları incelendiğinde en çok üçüncü grubun tüm kriter ve kısıtlamalara (f=10) uygun çözüm geliştirebildiği, ardından beşinci ve altıncı grubun (f=9) birer kriter dışında tüm kriter ve kısıtlamaları dikkate alan çözüm geliştirebildikleri, birinci, dördüncü ve sekizinci grubun (f=8) iki kriter dışındaki kriter ve kısıtlamalara çözümlerinde yer verdikleri, son olarak ikinci grubun ise (f=7) çözüm önerilerinde üç kriter ve kısıtlamaya yer vermedikleri anlaşılmaktadır.

**Tablo 5.** Öğretmen adaylarının olası çözümleri ve en uygun çözüm kararlarının kriter ve kısıtlamalara uygunluğuna yönelik bulgular

GRUPLAR	Grup Üyeleri	Kriter/Kısıtlamalar										Kriter/Kısıtlamalar												
		Yükseklik	Genişlik	Hacim	Su takviyesi	Suya dayanıklılık	Taşnabilirlik	Hava Koş. Uyg.	Bütçe	Basit Malzeme	Korunaklı Olması	GRUPLAR	Grup Üyeleri	Yükseklik	Genişlik	Hacim	Su takviyesi	Suya dayanıklılık	Taşnabilirlik	Hava Koş. Uyg.	Bütçe	Basit Malzeme	Korunaklı Olması	
1. GRUP	Ö1	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	5. GRUP	Ö17	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
	Ö1	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-		Ö17	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
	Ö1	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		Ö18	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	
	Ö2	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+		Ö18	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	
	Ö3	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-		Ö19	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	
	Ö3	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-		Ö19	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	
	Ö4	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-		Ö20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	1.GK	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		Ö21	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
2. GRUP	Ö5	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	6. GRUP	Ö21	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Ö6	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-		2.GK	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
	Ö7	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-		Ö22	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	
	Ö7	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-		Ö22	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	
	Ö8	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		Ö23	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
	Ö8	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		Ö23	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	
	Ö8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		Ö23	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
	2.GK	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-		Ö24	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	
3. GRUP	Ö9	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	7. GRUP	Ö24	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	
	Ö10	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-		Ö25	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	
	Ö10	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-		Ö25	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	
	Ö11	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		6.GK	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	
	Ö12	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-		Ö26	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
	3.GK	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		Ö27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	4. GRUP	Ö13	+	+	+	+	+	+	-	+	+		-	Ö27	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
		Ö13	+	+	+	+	+	-	-	+	+		-	Ö28	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Ö14		+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	Ö29	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		
Ö14		+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	Ö30	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		
Ö15		+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	Ö30	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		
Ö15		+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	7. GK	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		
Ö16	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	Ö: Öğretmen Adayı GK: Grup Kararı													
Ö16	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-														
4.GK	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+														

Grupların tek tek kararlarının kriter ve kısıtlamalara uygunluğunun incelenmesinin yanı sıra grubun nihai kararında belirleyici rolü olan kriter ve kısıtlamalar da incelenmiştir. Buna göre, birinci grubun üyelerinden Ö2'nin çözümünün 10 kriterden dokuzunu karşılıyor olmasına karşın grup kararında sekiz kritere uygun bir çözümün tercih edildiği anlaşılmaktadır. Zira grubun bütçeden ödün vermediği bunun yerine korunaklı olması ve hava koşullarına uygunluk

kriterlerinden ödün verdiği anlaşılmaktadır. İkinci grubun kararı kriter ve kısıtlamalara uygunluk bakımından incelendiğinde grup üyelerinden Ö8'in tüm kriterlere uygun bir çözümü olmasına karşın grubun kararında bütçe ve basit malzemelerden yapılması kısıtlamaları ile korunaklı olması kriterinden ödün verdiği tespit edilmiştir. Üçüncü grubun kararının tüm kriterlere uygun olduğu anlaşılmaktadır. Zira grup üyelerinden hiç kimsenin tüm kriter ve kısıtlamalara uygun çözüm önerisi olmamasına karşın grup üyelerinin her birinin çözümündeki uygun yönlerin birleştirildiği bir grup kararı belirledikleri tespit edilmiştir. Dördüncü grubun kararında bütçe ve basit malzemelerden yapılması kısıtlamalarından ödün verildiği kriterlerin ise tamamına uygun çözüm önerisinin tercih edildiği anlaşılmaktadır. Dördüncü grubun üyeleri özelinde incelendiğinde öğretmen adaylarının en fazla sekiz kriter ve kısıtlamayı esas alan çözüm önerisi geliştirdikleri görülmektedir. Beşinci grubun kararında tasarımın korunaklı olması kriterinden ödün verildiği ancak diğer kriter ve kısıtlamaları esas alan çözüm önerisinin tercih edildiği anlaşılmaktadır. Grup üyelerinden Ö20'nin çözümü tüm kriter ve kısıtlamalara uygun olarak değerlendirilmiştir. Ancak grubun kararında bu çözüm önerisini tercih etmediği anlaşılmaktadır. Altıncı grubun kararında hava koşullarına uygunluk dışında diğer kriter ve kısıtlamalara uygun çözüme karar verildiği bu kriterden ödün verildiği anlaşılmaktadır. Grup üyelerinin çözüm önerileri incelendiğinde de tüm kriterlere uygun bir çözümün ortaya konulmadığı anlaşılmaktadır. Yedinci grubun kararı incelendiğinde de grup üyelerinden Ö27'nin tüm kriter ve kısıtlamalara uygun bir önerisi olmasına karşın grubun kararında hava koşullarına uygunluk ve korunaklı olması kriterlerinden ödün verdiği tespit edilmiştir.

#### ***Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Olası Çözümlerinin Yaratıcılık ve Karar Verme Unsurları Bakımından Karşılaştırmalı İncelenmesine Yönelik Bulgular***

Araştırmanın üçüncü alt problemi olan öğretmen adaylarının mühendislik tasarım sürecinde sergiledikleri yaratıcılık ile karar verme unsurlarının karşılaştırılmasına ilişkin Tablo 3 ve Tablo 5'teki veriler birlikte incelendiğinde hem yaratıcılık hem de karar verme alanlarında grupların benzer şekilde sıralandığı anlaşılmaktadır. İkinci grup hem karar verme (7/10) hem de esneklik/akıcılık oranında (0.33) en düşük performansı sergileyen grup olurken 3. Grup hem karar verme (10/10) hem de esneklik/akıcılık oranında (0.8) en yüksek performansı sergileyen grup olmuştur. Başka bir ifadeyle ikinci grubun tasarım kararı 10 kriter ve kısıtlamadan 7'sini karşılarken diğer gruplara göre en az kriteri karşılayabilen çözüme karar verdikleri tespit edilmiştir. Yaratıcılık bakımından değerlendirildiğinde de ürettikleri fikir sayısı ve fikirlerinin çeşitliliği bakımından (esneklik puanının akıcılığa oranı) yine en düşük performansın sergilendiği tespit edilmiştir. Üçüncü grup ise en uygun kararlarında tüm kriter ve kısıtlamaları karşılayan bir çözüme karar vermiştir. Üstelik bireysel olarak bakıldığında üçüncü grubun üyelerinin hiçbiri tüm kriter ve kısıtlamaları karşılayan çözüm üretmemiştir. Ancak grup kararlarında ürettikleri çözümleri karşılaştırarak tüm kriterleri ve kısıtlamaları karşılayan karar verebildikleri tespit edilmiştir. Üçüncü grubun olası çözümleri yaratıcılık bakımından değerlendirildiğinde de üçüncü grubun çözüm sayısı bakımından en çok çözümü üreten grup olmamasına karşın en özgün fikir üreten grup olduğu (esneklik puanının akıcılığa oranı) belirlenmiştir. Diğer grupların karar verme ve yaratıcılık unsurları arasında katılımcı sayısının azlığı ve araştırmanın paradigması sebebiyle ilişkiyi ele alan bir veri toplanmamıştır. Bu sebeple aynı sıralamada bir artış/azalış söz konusu olmasa da derinlemesine inceleme fırsatının

olduğu bu çalışmada karar verme ve yaratıcılık unsurlarının birbirini beslediği belirlenmiştir. Nitekim daha farklı fikirler üretebilmek daha iyi karar verebilmeyi desteklemiştir.

### **Tartışma ve Sonuç**

Bu araştırmada fen bilimleri öğretmen adaylarının mühendislik tasarım etkinliğindeki karar verme ve yaratıcılık becerilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Otuz öğretmen adayının bir mühendislik tasarım etkinliği doğrultusunda geliştirdiği çözümler yaratıcılık ve bu çözümler arasından en uygun olanının seçilme durumu ise karar verme bakımından incelenmiştir. Yaratıcılık bakımından incelenen çözümlerde öğretmen adaylarından oluşan grupların biri dışında hiçbirinin orijinal bir çözüm ortaya koyamadığı, grupların kendi içlerinde geliştirdikleri çözümlerin farklılaşmasının (esnekliğinin) tüm çözüm sayılarına (akıcılık) oranı incelendiğinde iki grup hariç diğer grupların çözümlerinin en az yarısı ya da daha fazlasının aynı fikirler etrafında şekillendiği (esnek çözümler olmadığı) ve yeni fikirlerle çözüm üretilmediği, ancak bir grup hariç diğer tüm grupların üretilen çözümlerin en az yarısını ya da daha fazlasını detaylandırabildiği belirlenmiştir. Yazarların aynı etkinliği kullanarak (Canlar Susuz Kalmasın) yirmi dört ortaokul öğrencisine mühendislik tasarımı yaptırdıkları bir diğer araştırma (Bozkurt Altanve Tan, 2021) ile sonuçlar karşılaştırıldığında ortaokul öğrencilerinin akıcılık, esneklik ve detaylandırma unsurlarının her birinde bu çalışmadaki öğretmen adaylarına oranla daha iyi performans sergiledikleri, orijinallik unsuru bakımından sonuçlar incelendiğinde ise ortaokul öğrencilerinden oluşan grupların hiç orijinal çözüm üretememişken öğretmen adaylarından oluşan gruplardan yalnızca birinin orijinal çözüm ürettiği gözlemlenmektedir. Aynı tasarım etkinliği kullanılarak farklı yaş grupları ile yapılan bu iki çalışma bulgularının karşılaştırılması sonucu yaratıcılık alanında uzun yıllardır tartışılan “yaratıcılık yaşla azalır mı” sorusu gündeme gelmektedir. Kim (2011) “Torrance Yaratıcı Düşünme Testi” kullanarak yaptığı çalışmada akıcılığın ve detaylandırmanın altıncı sınıftan başlayarak yetişkinlik boyunca anlamlı bir şekilde düştüğünü ve orijinalliğin altıncı sınıftan itibaren düşmeye başladığını, ancak yetişkinlikte anlamlı olmayan bir artış gözlemlendiğini belirlemiştir. Kim (2011)’in bulguları Bozkurt Altan ve Tan (2021) ile eldeki çalışmanın karşılaştırma bulguları ile paralellik göstermektedir.

Öğretmen adaylarının en uygun olarak belirledikleri çözümler incelendiğinde yalnızca bir grubun tüm kriter ve kısıtlamalara uygun bir çözüme karar verdikleri tespit edilmektedir. Mühendislik tasarım sürecinde “ödün verme” kavramı önemlidir. Seçilen çözümün tüm kriter ve kısıtlamalara uygun olmaması durumunda uygun gerekçeler ile kriter ve kısıtlamalardan ödün vermek mümkündür (Brunsell, 2012; NRC, 2012). Bu sebeple diğer grupların kararlarını sadece ne kadar kriter ve kısıtlamayı karşılıyor oldukları bakımından değerlendirmek uygun olmayacaktır. Ancak grup kararları incelendiğinde grup üyelerinin tüm kriterlere uygun çözüm önermiş olmalarına karşın daha az kriter ve kısıtlamaya uygun çözümü tercih etmeleri karar verme sürecinde bazı aksaklıkların olduğu biçiminde yorumlanabilir. Zira üç grupta benzer durum tespit edilmiştir. Karar verme becerisi mühendislik tasarım süreci için önemli bir beceridir (Chabalengula ve Mumba, 2017; NGSS, 2013; NRC, 2012). Bu araştırmanın sonuçları karar verme becerisinin mühendislik tasarım sürecinde aktif bir şekilde işe koşulmasına duyulan ihtiyaç ortaya koymaktadır. Bu çalışmada öğretmen adaylarının büyük bir kısmının karar verme süreçlerini işe koymakta zorlandıkları tespit edilmiştir. Karar verme



çeşitli organizasyonlar tarafından 21. yüzyılda bireylerin sahip olması gereken önemli bir beceri olarak ele alınmaktadır (21. Yüzyıl Becerilerinin Öğretimi ve Değerlendirmesi Raporu [ATC21S], 2013; Uluslararası Eğitimde Teknoloji Derneği [ISTE], 2007; 21. Yüzyıl Becerileri İçin Ortaklık Raporu, 2013). Mühendislik tasarım etkinliklerinin bir karar verme sürecini takip ederek karar verme becerisini geliştirmenin ve bunu eğitim ortamlarında mümkün kılmanın önemli bir yolu olduğundaki alan yazını bu araştırmanın sonuçları ile örtüşmektedir (Bozkurt Altan vd., 2018; Ercan ve Bozkurt, 2013; Fila ve Purzer, 2013; NRC, 2012).

Bu çalışmada mühendislik tasarım sürecinde yaratıcılık ve karar verme karşılaştırıldığında aralarında benzerlik olduğu gözlemlenmiştir. Öyle ki, yaratıcılık unsurları düşük olan grupların genellikle en uygun çözümün belirlenmesi aşamasında karar verme becerilerine ilişkin de düşük performans sergiledikleri, yaratıcılık unsurları yüksek olan grupların karar verme becerilerini de daha iyi sergiledikleri belirlenmiştir. Alan yazında yaratıcılık ve karar verme becerilerini mühendislik tasarım alanında birlikte inceleyen çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Ayaz ve Sarıkaya (2021) mühendislik tasarım sürecinin öğretmen adaylarının karar verme becerisi ve bilimsel yaratıcılıkları üzerindeki etkisini deneysel bir desenle incelemişler ve deney grubunun karar verme ve bilimsel yaratıcılıklarının (akıcılık, esneklik ve orijinalliğin) mühendislik tasarım süreci sonunda arttığını belirlemişlerdir. Her iki konuyu da inceleyen araştırmaların azlığı nedeniyle ayrıca mühendislik tasarım alanında ayrı ayrı karar verme ve yaratıcılık çalışmaları incelenmiş ve buna göre mühendislik tasarım problemlerinin yaratıcılığı geliştirmek ve sergilemek için uygun bir yapıda olduğu (Bonnardel 2000, Chevalier ve Ivory 2003), yaratıcılığın mühendislik tasarım sürecinde gerekli olan inovasyon için neredeyse bir ön koşul olduğu (Starkey vd., 2016) ve mühendislik tasarım sürecinin karmaşık problem çözme ve yaratıcı düşünme gibi becerilerin gelişiminde kullanılabileceği (Asghar vd., 2012; Bozkurt Altan vd., 2018; Bozkurt Altan ve Tan, 2021; Chao vd., 2017; Goldstein vd., 2018; Hacıoğlu ve Gülhan, 2021) belirlenmiştir. Karar verme ekseninden bakıldığında da örneğin, Chabalengula ve Mumba (2017) kriterlerden ödün vererek neyin en iyi çözüm olduğuna karar vermenin mühendislik tasarım süreci için önemli bir beceri olduğuna dikkat çekmektedir. Ercan (2014) ortaokul öğrencileri ile Bozkurt (2014) ise fen bilimleri öğretmen adayları ile yürüttüğü çalışmada mühendislik tasarım sürecinin karar verme becerilerinin gelişimine katkı sağladığını tespit etmişlerdir. Karar verme becerilerinin mühendislik tasarım süreci ile gelişimine dikkat çeken farklı pek çok çalışmaya da alan yazında rastlamak mümkündür (Ayaz ve Sarıkaya, 2021; Purzer vd., 2015). Bu sebeple bu çalışmada uygulanan mühendislik tasarım etkinliğinde yaratıcılık unsurunu çözümlerine daha fazla yansıtan grupların, en uygun çözümü seçme bakımından daha fazla kriter ve kısıtlamayı karşılayan çözüme karar vermiş olmaları sonucunun alan yazını ile uyumlu olduğu düşünülmektedir.

### Öneriler

Yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki öneriler verilebilir:

1- Yaratıcılık ve karar verme becerilerinin birlikte ele alındığı ve bu iki kavram arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalara alan yazında daha çok yer verilmesi mühendislik tasarım süreci uygulamalarının planlanmasında önem arz edecektir.

2- Mühendislik tasarım sürecinde yaratıcılık unsurlarının farklı yaş grupları için farklı sonuçlara yer verebileceği düşünüldüğünde, ilerideki araştırmalardaki çalışma gruplarının farklı yaş ve demografik özelliklerden seçilmesi alan yazına katkı sağlayacaktır.

3- Bu çalışmanın sınırlarından biri olarak verilerin yalnızca tek bir etkinlik üzerinden toplanması gösterilebilir. Bu nedenle boylamsal bir tasarım ile mühendislik tasarım sürecinin sürekli kullanımın yaratıcılık ve karar verme becerileri üzerindeki uzun vadeli etkilerini izlemek üzere planlanan çalışmalar sayıca artırılabilir.

### **Çıkar Beyanı**

Bu çalışmanın yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

### **Etik ile İlgili Hususlar**

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Araştırmanın verileri 2019 yılı öncesinde toplandığı için söz konusu tarihte etik kurul izni zorunluluğu bulunmadığından etik kurul raporu alınmamıştır. Ancak araştırma yürütülen kurumun izni dahilinde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar gönüllülük esası ile araştırmaya dahil olmuşlardır. Elde edilen veriler katılımcıların ismi açıklanmadan sunulmuştur.

### **Kaynakça**

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2), 85-125.

Assessment and Teaching of 21st Century Skills [ATC21S] (2013). Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills* (p. 36). Springer.

Ayaz, E., & Sarıkaya, R. (2021). The effect of engineering design based science teaching on decision making, scientific creativity and design skills of classroom teacher candidates. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 7(4), 309-328. <https://doi.org/10.21891/jeseh.961060>.

Beghetto, R. A. (2007). Ideational code-switching: Walking the talk about supporting student creativity in the classroom. *Roeper Review*, 29(4), 265-270.

Bonnardel, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design. *Knowledge-Based Systems*, 13, 505–513.

Bozkurt, E. (2014). *Mühendislik tasarım temelli fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının karar verme becerisi, bilimsel süreç becerileri ve sürece yönelik algularına etkisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Bozkurt Altan, E., Yamak, H., Kirikkaya, E. B., & Kavak, N. (2018). The use of design-based learning for STEM education and its effectiveness on decision making skills. *Universal Journal of Educational Research*, 6(12), 2888-2906.

Bozkurt Altan, E. (2021). Karar verme becerisi. E. Kabataş Memiş (Ed.) *21. yüzyıl becerileri için fen eğitimi öğrenmeyi derinleştirme* (s.192-209). Pegem Akademi.

Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *Int J Technol Des Educ*, 31, 503–529.

Brunsell, E. (2012) The engineering design process. Brunsell, E. (Ed.) *Integrating engineering+ science in your classroom*. National Science Teacher Association [NSTA] Press.

Cajas, F. 2001. The science/technology interaction: implications for science literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 715–729.

Chabalengula, V. M., & Mumba, F. (2017). Engineering design skills coverage in K-12 engineering program curriculum materials in the USA. *International Journal of Science Education*, 39(16), 2209-2225.

Chao, J., Xie, C., Nourian, S., Chen, G., Bailey, S., Goldstein, M. H., & 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.

Charyton, C. (2014). *Creative engineering design assessment*. Springer.

Chevalier, A., & Ivory, M.Y. (2003). Web site designs: influences of designer's expertise and design constraints. *International Journal of Human–Computer Studies*, 58 (1), 57–87.

Cszikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity-flow and the psychology of discovery and invention*. Harpercollins Publisher.

Denson, C. D. (2015). Developing instrumentation for assessing creativity in engineering design. *Journal of Technology Education*, 27(1), 23–40.

Engineering is Elementary (EİE), 2013. *Here comes the sun: Engineering insulated homes*. Museum of Science.

Ercan, S. (2014). *Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitimi*. Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul

Ercan, S., & Bozkurt, E. (2013). Expectations from engineering applications in science education: decision making skill. *IOSTE Eurasian Regional Symposium & Brokerage event Horizon 2020*, Antalya, TURKEY.

Fila, N. D., & Purzer, S. (2013). The quality of engineering decision-making in student design teams. *120th ASEE Annual Conference & Exposition*, June 23-26, Atlanta, USA.

Fortus, D., Krajcik, J., Dersheimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.

Glesne, C. 2013. *Nitel Araştırmaya Giriş*, Çeviri: Ersoy, A. Anı Yayıncılık.

Goldstein, M. H., Omar, S. A., Purzer, S., & Adams, R. (2018). Comparing two approaches to engineering design in the seventh grade science classroom. *International Journal Engineering Education*, 6(4), 381–397.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444–454.

Guilford, J. P. (1967a). *The Nature of human intelligence*. McGraw-Hill Inc.

Guilford, J. P. (1967b). Creativity: yesterday, today, and tomorrow. *The Journal of Creative Behavior*, 1(1), 3–14.

Hacıoğlu, Y., & Gülhan, F. (2021). The effects of stem education on the students' critical thinking skills and stem perceptions. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 7(2), 139-155.

Hamilton, E., Lesh, R., Lester, F., & Brilleslyper, M. 2008. Model-Eliciting Activities (MEAs) as a bridge between engineering education research and mathematics education research. *Advances in Engineering Education*, 1(2), 1–25.

Hathcock, S. J., Dickerson, D. L., Eckhoff, A., & Katsioloudis, P. (2015). Scaffolding for creative product possibilities in a design-based STEM activity. *Research in Science Education*, 45(5), 727–748.

Hennessey, B. A., & Amabile, T. M. (2010). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 61, 569–598.

Horowitz, R. (1999). Creative problem solving in engineering design. Doctoral dissertation, Tel-Aviv University.

Howard, T., Culley, S., & Dekoninck, E. (2008). Creativity in the engineering design process. *international conference in engineering design*, Cite Des Sciences Et De L'industrie, Paris: France.

Hynes, M. M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., & Hammer, D., Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. *National Center for Engineering and Technology Education*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537364.pdf>

International Society for Technology in Education [ISTE] (2007). *The national educational technology standards and performance indicators for students*. ISTE.

International Technology Education Association [ITEA] (2007). *Standards for technological literacy: content for the study of technology*. Author.

Kaufman, J. C., Plucker, J. A., & Baer, J. (2008). *Essentials of creativity assessment*. Wiley.

Kim, K. H. (2011). The creativity crisis: The decrease in creative thinking scores on the torrance tests of creative thinking. *Creativity Research Journal*, 23(4), 285–295.

Lasky, D., & Yoon, S. A. (2011). Making space for the act of making: creativity in the engineering design classroom. *Science Educator*, 20(1), 34–43.

Lee, C. S., & Kolodner, J. L. (2011). Scaffolding students' development of creative design skills: A curriculum reference model. *Journal of Educational Technology & Society*, 14(1), 3–15.

Mangold, J., & Robinson, S. (2013). The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms. *2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta, Georgia.

Merriam, S. B. (2013). *Qualitative research: a guide to design and implementation. Revised and expanded from qualitative research and case study applications in education* (3rd edition). Jossey-Bass Publishers.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018. *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. Talim ve Terbiye Başkanlığı.

Mentzer, N. (2011). High school engineering and technology education integration through design challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(2), 103–136.

Moore, T.J., Stohlmann, M.S., Wang, H.-H., Tank, K.M., & Roehrig, G.H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. J. Strobel, S. Purzer, & M. Cardella (Ed.), *Engineering in precollege settings: Research into practice*. Sense Publishers.

National Academy of Engineering [NAE]. (2008). *Changing the conversation: messages for improving public understanding of engineering*. National Academies Press.

National Academy of Engineering [NAE] & National Research Council [NRC] (2009). *Engineering in K-12 education understanding the status and improving the prospects*. Edt. Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M. National Academies Press.

National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for k-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academic Press.

Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States. 2013. *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.

Partnership for 21st Century Skills [P21] (2013). *A Report and mile guide for 21st century skills*. Partnership for 21st Century Skills.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14(2015), 47-61.

Punch, K. F. (1998). *Introduction to social research: Quantitative and qualitative approaches*. Sage

Purzer, S., Moore, T., Baker, D., & Berland, L. (2014). *Supporting the implementation of the next generation science standards (NGSS) through research: Engineering*. <https://narst.org/blog/ngss-engineering>.

Purzer, Ş., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 9.

Siew, N. M. (2017). Integrating STEM in an engineering design process: The learning experience of rural secondary school students in an outreach challenge program. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS)*, 2017(6), 128–141.

Starkey, E., Toh, C. A., & Miller, S. R. (2016). Abandoning creativity: The evolution of creative ideas in engineering design course projects. *Design Studies*, 47, 47-72.

Tekmen-Aracı, Y., & Mann, L. (2019). Instructor approaches to creativity in engineering design education. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 233(2), 395–402.

Valjak, F. (2017). Creativity in the engineering design process (Report, UDC 62:65.01:159.954). Research Report. University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering, and naval Architecture. [https://www.fsb.unizg.hr/brodo\\_gradn\\_ja/UZIR-Essay-2017-Valjak.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/brodo_gradn_ja/UZIR-Essay-2017-Valjak.pdf).

Wendell, K. B., Connolly, K. G., Wright, C. G., Jarvin, L., Rogers, C., Barnett, M., & Marulcu, I. (2010). Incorporating engineering design into elementary school science curricula. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 15.958.1-15.958.21. <https://dl.tufts.edu/concern/pdfs/2227n1944>

Yin, R. K. (2002). Case study research: design and methods. Sage Publications.

## **EXTENDED SUMMARY**

### **Problem Statement**

The engineering design process is a process that includes defining the problem, developing possible solutions to reach a solution that meets the criteria and constraints to develop the intended product, selecting the best solution, and testing and evaluating it (International Technology Education Association [ITEA], 2007; National Academy of Engineering [NAE] & NRC, 2009; NRC, 2012). Engineers develop solutions for the problems they face, choose one of those solutions, build and test prototypes, and collect data on whether they work or not (Brunsell, 2012; NRC, 2012). Surely, such a process requires the application of creative thinking and decision-making skills (Bozkurt Altan, Yamak, Kırıkkaya & Kavak, 2018; Ercan & Bozkurt, 2013; Fila & Purzer, 2013; NRC, 2012). In this context, this study aims to determine pre-service science teachers' decision-making and creative thinking skills in engineering design activity.

### **Method**

This research was conducted as a case study, one of the qualitative research methodology designs. The study group of the research consisted of 30 (24 female, 6 male) pre-service teachers attending the science teaching program of a state university in the Black Sea Region. The data were collected within the scope of the engineering design activity named "Don't Let Animals Dehydrate". The activity was carried out based on Brunsell's (2012) recommendations for the engineering design process and the implementation of the design process in classrooms (design-based learning) (NAE & NRC 2009; NRC 2012). The design task is explained as a design that can be used by cats and dogs to meet their drinking needs in a common height and width, limited to a budget of 20 TL, easily accessible, suitable for all harsh weather conditions and hygiene rules, requiring minimal human hand support for refilling. The data of the study consisted of drawings and explanations of the solutions they developed during the development of possible solutions and the determination of the most appropriate solution stages of the design process. The creativity in the solutions developed by the pre-service teachers was analyzed based on divergent thinking concepts (fluency, flexibility, elaboration, and originality) in Guilford's (1967b) theory of the structure of intelligence using descriptive analysis. Furthermore, for the decision-making elements, each solution of the pre-service teachers in each group was analyzed by descriptive analysis according to the criteria and constraints of the design challenge.

### **Findings**

In the fluency factor, it was revealed that a minimum of five solutions (third group) and a maximum of nine solutions (fifth and sixth groups) were produced. When the flexibility scores, were analyzed, it was found that differentiation could be achieved in five solutions (seventh group) at max and two different solutions (second group) were produced at the minimum level. When a comparison was made in terms of the extent to which the solutions, they produced were flexible, it was determined that the third group was able to produce different solutions at a rate of 80% (0.80), while the fourth group was able to produce different solutions at a rate of 37% (0.37).

When the possible solutions were analyzed in terms of conformity with the criteria and constraints, it was found that T8 in the second group, T20 in the fifth group, and T27 in the seventh group were able to develop possible solutions in accordance with all criteria. In group decisions, only the fourth group's decision was following all criteria and constraints. Although none of the members of the third group developed a possible solution that fit all criteria and constraints, the fact that the group decision was in accordance with all criteria and constraints shows that each group member was able to evaluate the positive aspects of their solution. Especially in the second, fifth, and seventh groups, although there was a solution in accordance with all criteria and constraints, it is understood that this situation was not reflected in the group decisions.

When the data in Table 3 and Table 5 are analyzed together regarding the comparison of creativity and decision-making elements of the solutions, it was revealed that the groups were similarly ranked in both creativity and decision-making areas.

### **Discussion**

When the results are compared with another study (Bozkurt Altan & Tan, 2021) in which the authors had twenty-four middle school students design an engineering design using the same activity, middle school students performed better than the pre-service teachers in this study in each of the elements of fluency, flexibility, and elaboration, and when the results are analyzed in terms of the element of originality, while the groups consisting of middle school students could not produce any original solutions, only one of the groups consisting of pre-service teachers produced original solutions. As a result of the comparison of the findings of these two studies conducted with different age groups using the same design activity, the question of "does creativity decrease with age", which has been discussed in the field of creativity for many years, comes to the fore. Kim (2011), found that fluency and elaboration decreased significantly from sixth grade through adulthood, and originality began to decrease from sixth grade, but a non-significant increase was observed in adulthood. The findings of Kim (2011) are in line with the findings of Bozkurt Altan and Tan (2021) and the comparison findings of the present study.

When the solutions determined by the pre-service teachers as the most appropriate are analyzed, only one group decided on a solution that complies with all criteria and constraints. The concept of "compromise" is important in the engineering design process. If the selected solution is not suitable for all criteria and constraints, it is possible to compromise criteria and constraints with appropriate justifications (Brunsell, 2012; NRC, 2012). For this reason, it would not be appropriate to evaluate the decisions of other groups only in terms of how many criteria and constraints they meet. However, when the group decisions are analyzed, it can be interpreted that there are some flaws in the decision-making process when the group members prefer a solution that meets fewer criteria and constraints even though they have proposed a solution that meets all criteria. A similar situation was found in three different groups. Decision-making skill is an important skill for the engineering design process (Chabalengula & Mumba, 2017; NGSS, 2013; NRC, 2012). The results of this study revealed that most of the pre-service teachers had difficulty in applying decision-making skills in the engineering design process.



### **Implications**

Future researchers should consider several implications.

1- Including more studies in the literature in which creativity, decision-making skills and the relationship between these two concepts are examined is important in the planning of engineering design process implementations.

2- Considering that the elements of creativity in the engineering design process may have different results for different age groups, selecting the study groups in future studies from different age and demographic characteristics might contribute to the literature.

3- One of the limitations of this study is that the data was collected only through a single activity. Therefore, with a longitudinal design, the number of studies planned to monitor the long-term effects of continuous use of the engineering design process on creativity and decision-making skills can be increased.