

Research Article

Received: date:22.09.2024
Accepted: date:24.11.2024
Published: date:31.12.2024

Mühendislik Tasarım Becerileri Algı Testinin Geliştirilmesi (MüTasBAT)

Suat Türkoğuz¹, Kübranur Sarı^{2*}

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir Türkiye; suat.turkoguz@gmail.com

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir Türkiye 2; kubranursarii@gmail.com

Orcid: 0000-0002-7850-2305¹ Orcid: 0000-0003-0372-033X²

*Correspondence: kubranursarii@gmail.com

Öz: Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerine yönelik becerilerini değerlendirebilmek amacıyla "Mühendislik Tasarım Becerileri Algı Testi" (MüTasBAT) geliştirilmiştir. Araştırma, tarama modeli çerçevesinde gerçekleştirilmiş ve İzmir'deki Bilim ve Sanat Eğitim Merkezlerinde (Bilsem) eğitim gören 7. sınıf öğrencileri üzerinde yürütülmüştür. Ölçeğin geliştirilme süreci, kapsamlı bir literatür taraması ve uzman görüşleri ile desteklenmiştir. İlk olarak, mühendislik tasarım becerilerine ilişkin araştırmalar incelenmiş ve teorik modeller değerlendirilmiştir. Ardından, Moazzen, Miller, Wild, Jackson ve Hadwin (2014) üniversite öğrencilerine yönelik "Engineering Design Survey" ölçeğinin tasarım-beceri maddeleri, ortaokul 7. sınıf öğrencilerine uygun hale getirilerek "Mühendislik Tasarım Becerileri Algı Testi (MüTasBAT)" olarak yeniden geliştirilmiştir. Geliştirilen test için alan uzmanlarının görüşlerine başvurularak testin kapsam geçerliliği sağlanmıştır. Yapı geçerliliğini test etmek amacıyla faktör analizi uygulanmış ve bu analiz sonucunda testin dört faktörlü bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu faktörler sırasıyla "Kuluçka Tasarım Geliştirme Becerileri", "Yenilikçi Tasarım Geliştirme Becerileri", "Tasarım Değerlendirme Becerileri" ve "Tasarımı Sunma ve Raporlama Becerileri" olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin güvenilirlik analizi, Cronbach alfa güvenilirlik katsayısı kullanılarak yapılmış ve testin genelinde yüksek bir iç tutarlılık elde edilmiştir. Bu da testin güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın mühendislik tasarım geliştirmelerinin değerlendirilmesine yönelik literatüre önemli bir katkı sağlaması beklenilmektedir.

Anahtar kelimeler: beceri, mühendislik tasarım, test geliştirme

Development of Engineering Design Skills Perception Test (EnDeSPT)

Abstract: This study aimed to develop the "Engineering Design Skills Perception Test" (EnDeSPT) that evaluating by the engineering design process skills of middle school students. The study was carried out within the framework of the survey research and was conducted on 7th grade students attending at Science and Art Education Centers in Izmir. The development process of the test was supported by a comprehensive literature review and expert opinions. First, studies related to engineering design skills were examined, and theoretical models were evaluated. Subsequently, the design-skill items of the 'Engineering Design Survey' scale developed by Moazzen, Miller, Wild, Jackson, and Hadwin (2014) for university students were adapted for 7th grade secondary school students and re-developed as the 'Engineering Design Skills Perception Test' (EnDeSPT). To ensure the content validity of the developed test, opinions from field experts were consulted. To test the structural validity, factor analysis was conducted, and as a result of this analysis, it was determined that the test has a four-factor structure. These factors were named "Incubation Design Development Skills", "Innovative Design Development Skills", "Design Evaluation Skills" and "Design Presentation and Reporting Skills" respectively. The reliability analysis of the test was conducted using the Cronbach's alpha reliability coefficient, and high internal consistency was achieved throughout the test. This indicates that the test is a reliable measurement tool. It is expected that this study will make a significant contribution to the literature on the evaluation of engineering design developments.

Keywords: skill, engineering design, test development

1. Giriş

21. yüzyılda bilginin hızla ilerlemesi ile birlikte küreselleşen dünyaya uyum sağlamak giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu nedenle ülkelerin, bilgi ve teknoloji üretme kapasitesine sahip, toplumsal olayları analiz edebilen ve günümüzün değişen koşullarına uyum sağlayabilen bireylere olan ihtiyacı gittikçe artmaktadır. Özellikle toplumda ve iş dünyasında etkili olabilmek için üretken bireyler yetiştirmek hedeflenmektedir. Dolayısıyla birçok ülke son yıllarda özellikle fen ve matematik eğitiminde yenilikçi yaklaşımlar ve yöntemler geliştirmeye yönelmektedir [1]. Kelley ve Knowles (2016), yenilikçi yaklaşımların mühendislik tasarımı eğitimine entegrasyonunun önemini vurgularken, fen ve matematik eğitimindeki bu ilerlemelerin mühendislik ile bütünleşmesinin öğrenci başarısını artırdığını belirtmektedir [2]. Bu noktada yenilikçi yaklaşımların mühendislik tasarımı eğitiminin de önemli bir parçası haline geldiği söylenebilir. Böylece yenilikçi yaklaşımlar yoluyla mühendislik tasarımı eğitiminin kalitesi artırılarak, öğrencilerin modern teknolojilere ve uygulamalara uyum sağlamaları desteklenebilmektedir.

Son yıllarda eğitim sistemlerinde yapılan yeniliklerle mühendislik tasarım becerilerinin önemi giderek artmaktadır. Özellikle STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) eğitimine yapılan vurguyla birlikte, bu beceriler, öğrencilere yalnızca teorik bilgi vermekle kalmayıp aynı zamanda onların problem çözme, yaratıcı düşünme gibi yeteneklerini de geliştirmeyi hedeflemektedir [3]. Mühendislik tasarım becerileri ile STEM eğitimi arasındaki ilişki, eğitimde bütünsel ve uygulamalı bir yaklaşımın temelini oluşturmaktadır. Temel eğitimde mühendislik eğitiminin ana bileşenleri olarak kabul edilen mühendislik tasarımı ve mühendislik düşüncesi, STEM disiplinleri arasında önemli bağlantılar oluşturarak yalnızca mühendislik ile sınırlı kalmamaktadır ([4, 5, 6]). Mühendislik tasarım süreci, STEM disiplinlerinin bütünleşmiş bir şekilde kullanıldığı bir çerçevedir. Bu süreçte, bilimsel bilgi ve teknoloji mühendislik yöntemleri aracılığıyla gerçek dünya problemlerini çözmek için bir araya getirilir. Nitekim, Next Generation Science Standards [NGSS], bilimin yanı sıra mühendislikten temel uygulamaları ve kavramları da içerir ve bilimin ve mühendislik eğitiminin birbiriyle ilişkili doğasını vurgulamaktadır [7]. Bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiğin entegre edilmesiyle oluşturulan STEM eğitimi, 21. yüzyıl müfredatının merkezinde yer alan disiplinler arası öğrenme uygulamalarının bir örneği olarak karşımıza çıkmaktadır [8]. Mühendislik tasarım süreci, STEM disiplinleri arasında entegre bir köprü kurarak, öğrencilerin bilimsel ve matematiksel kavramları mühendislik ve teknoloji bağlamında nasıl kullanabileceklerini göstermektedir. Bu bağlamda, mühendislik tasarımı, STEM eğitiminin etkili ve kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayarak, öğrencilerin hem teorik hem de pratik bilgilerini birleştiren bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Mühendislik tasarım süreçleri STEM disiplinleri arasında önemli temel bağlantılar sağlamakta ve öğrencilerin birden fazla fikrin, yaklaşımın ve aracın birden fazla çözümü içeren karmaşık problemlere nasıl uygulanabileceğini anlamalarını sağlamaktadır [9]. Bu süreç, teorik bilgilerin pratik uygulamalarla pekişmesini sağlayarak, öğrencilerin daha derin ve anlamlı bir öğrenme deneyimi yaşamalarını desteklemektedir.

Eğitimde mühendislik tasarımının yeri, öğrencilerin teoriyi pratiğe dökme yeteneklerini geliştirmelerinde önemli bir rol oynamaktadır. Böylece öğrencilerin karmaşık problemleri daha düzenli ve etkili çözmelerini sağlamaktadır. Mühendislik tasarım süreci, problem tanımlama, çözüm geliştirme, prototip oluşturma, test etme ve iyileştirme aşamalarını içermektedir [10]. Bu aşamalar, öğrencilerin yaratıcı ve yenilikçi düşünme becerilerini geliştirmede önemli bir rol oynamakta ve aynı zamanda gerçek dünya problemlerine etkili çözümler üretme yeteneklerini artırmaktadır [11]. Bu bağlamda, mühendislik tasarım süreci, STEM eğitiminde uygulamalı bir araç olarak işlev görmektedir.

Eğitim süreçlerinde mühendislik tasarım becerilerinin öğrencilere kazandırılması, onların teorik bilgilerini pratiğe dönüştürmelerine ve yenilikçi projeler geliştirmelerine olanak tanımaktadır [12]. Bu süreç, öğrencilere fen derslerine gerçek dünya problemlerini çözmelerine yardımcı olacak süreçler sağlamayı amaçlamaktadır. Mühendislik tasarımına dayalı fen eğitimi, öğrencilerin mühendislik tasarım sürecinde karşılaştıkları problemleri çözebilmek için beyin fırtınası yapmalarını, eleştirel düşüncelerini ve iletişim kurmalarını gerektirerek 21. yüzyıl becerilerini geliştirmektedir [13]. Bu becerilerin öğrencilere kazandırılması, onların yalnızca mühendislik alanında değil, aynı zamanda farklı disiplinlerde de yaratıcı ve yenilikçi çözümler geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Örneğin, öğrenciler mühendislik tasarım süreci aracılığıyla karmaşık problemlere çözüm bulma yeteneklerini geliştirmektedirler. Bu sayede hem teorik bilgilerini pratiğe dönüştürmede hem de gerçek dünya problemleri çözmeye yenilikçi projeler oluşturabilmektedirler [14]. Ayrıca, bu süreç öğrencilerin iş birliği yapma ve takım içinde etkili bir şekilde çalışma becerilerini

güçlendirmektedir. Çünkü mühendislik problemleri genellikle disiplinler arası bir yaklaşım gerektirmektedir [15]. Bu disiplinler arası yaklaşım, aynı zamanda problem çözme sürecinde esneklik ve yaratıcılık geliştirerek öğrencileri gelecekteki kariyerlerine hazırlayan önemli yetkinlikler sunabilmektedir. Mühendislik tasarım becerilerinin eğitim süreçlerine entegrasyonu, öğrencilere 21. yüzyıl iş gücü gereksinimlerine uygun yetkinlikler kazandırmakla birlikte onların hayat boyu öğrenme kapasitelerini de artırmaktadır. Dolayısıyla, mühendislik tasarım becerilerinin kapsamlı bir şekilde eğitim müfredatına dahil edilmesi, öğrencilerin sadece akademik başarılarını değil, aynı zamanda profesyonel ve kişisel gelişimlerini de desteklediği ve böylece onları dinamik ve hızla değişen bir iş gücü piyasasına daha iyi hazırlamış olduğu söylenebilir. Bu bağlamda, mühendislik tasarım eğitiminin öğrenciler için sunduğu geniş kapsamlı uygulama fırsatları ve problem çözme stratejileri iş gücü piyasasında rekabet avantajı sağlama ve onların sürekli değişen teknolojik ve sosyal koşullara uyum sağlama yeteneklerini artırması beklenmektedir.

Mühendislik tasarım eğitimi, öğrencilere yaratıcılıklarını kullanarak çeşitli problemlere çözüm bulma ve estetik açıdan kabul edilebilir çözümler geliştirme yetenekleri kazandırmayı amaçlayan bir eğitim alanıdır. Aynı zamanda mühendislik tasarım temelli öğretim bir tasarım süreci olmakla birlikte karşılaşılan problemleri tanımlamada, probleme dair alternatif çözümlerden en etkili çözümler üretmede iş birliğine yönelik bir çalışma süreci olarak tanımlanmaktadır [16, 17]. Dolayısıyla mühendislik tasarım eğitiminin amacının işlevsel ve estetik çözümler geliştirme becerisinin yanı sıra öğrencilere karşılaştıkları problemlerin çözümünde 21. yüzyıl becerilerinden biri olan inovasyon yetisinin kazandırılması olduğu söylenebilir. Kewalramani, Palaiologou ve Dardanou (2020) mühendislik tasarımının 21.yüzyıl becerilerini geliştirdiği, bir mühendis gibi düşünmeyi sağladığı, yaratıcı ve araştırma eğiliminin arttığı gerekçesiyle öğrenci eğitimine daha çok entegre edilmesinin faydalı olacağını belirtmiştir [18]. Bu nedenle, mühendislik tasarım becerileri, disiplinler arası yaklaşımlarla öğretim programlarına entegre edilmekte ve öğrencilerin geleceğin mühendisleri ve tasarımcıları olarak yetiştirilmeleri hedeflenmektedir.

Eğitim bilimleri alanındaki yeni araştırmalar ve pedagojik yaklaşımlar, daha etkili öğretim yöntemleri ve beceri gelişimi için önerilerde bulunmaktadır. Bu bilgiler ışığında programlar güncellenmektedir. Bu öğretim programları, öğrencilerin problem çözme, yaratıcı düşünme ve yenilikçi yaklaşımlar geliştirme becerilerini artırarak, onları geleceğin mühendisleri ve bilim insanları olmaya hazırlamayı amaçlamaktadır. Nitekim bu amaç doğrultusunda 21. yüzyıl fen eğitiminin odak noktasının mühendislik tasarım ve inovasyon becerilerinin geliştirilmesi olduğu görülmektedir. Türkiye’de 2006-2007 öğretim yılından itibaren fen öğretim programına ortaokul altı, yedi ve sekizinci sınıflarda zorunlu ders olarak ‘Teknoloji ve Tasarım’ dersi eklenmiştir. Daha sonraki yıllarda 2017 fen bilimleri dersi öğretim programında, mühendisliğe ‘Fen ve Mühendislik Uygulamaları’ başlığı altında yer verilmiştir [19]. Ayrıca 2018 yılında güncellenen program ile mühendislik ve tasarım sürecine ‘Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Uygulamaları’ olarak ünitelerin tamamını kapsayacak şekilde yer verildiği görülmektedir [10]. Buradan yola çıkıldığında fen öğretim programında mühendislik tasarım temelli eğitimin yer alması 21. yüzyıl becerilerinin öğrencilere kazandırılma çalışmalarının tasarım odaklı olduğu somut olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda geleneksel fen eğitimine teknoloji ve mühendisliğin entegrasyonu ile disiplinler arası anlayışın benimsendiği ortaya çıkmaktadır. Bu entegrasyon, fen, teknoloji ve sanatın bir arada değerlendirildiği bir eğitim yaklaşımını teşvik ederken, mühendislik becerilerinin öğretim programlarında yer almasını sağlamaktadır. Mühendislik becerilerinin bu bağlamda eğitim müfredatına dâhil edilmesiyle birlikte, öğrencilerin bu alanlardaki becerilerini etkili bir şekilde değerlendirebileceğimiz ölçüklere duyulan ihtiyaç da artmıştır. Böylece, mühendislik ve teknoloji alanlarındaki yetkinliklerin sistematik bir şekilde ölçülmesi, öğrencilerin disiplinler arası becerilerini ve uygulama kapasitelerini daha iyi anlayabilmemize olanak tanımaktadır. Bu noktada alan yazın tarandığında 7.sınıflar için Fen, Mühendislik ve Girişimcilik Becerileri Değerlendirme Ölçeği [21], 4-5-6-7. ve 8. Sınıf Öğrencileri için Mühendislik Bilgi Düzeyi Ölçeği [22], 8.sınıflar için ısı transferi ve termal enerji konusuna ilişkin fen bilimlerinde mühendislik tasarımı ve kavramsal değişim [23] incelenmiş ve söz konusu ölçekler geliştirilmiştir. Konuya ilişkin çalışmalar incelendiğinde, mühendislik başlığı altında farklı beceri alanları için ölçek olmasına rağmen tasarım beceri alanına yönelik bir ölçek ile karşılaşılmamıştır. Alan yazında mühendislik tasarım becerilerinin kavramsal yapısının karmaşık ve belirsiz olduğu göz önüne alındığında, geliştirilen test sayesinde bu belirsizliğin nispeten ortadan kaldırılacağı söylenebilir. Bu nedenle bu çalışmanın alan yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, Bilim ve Sanat Eğitim Merkezlerindeki

(BİLSEM) 7. sınıf öğrencileri üzerinde gerçekleştirilerek mühendislik tasarım becerilerini değerlendirmek ve bu becerilerin geliştirilmesine yönelik etkili bir ölçüm aracı sağlamaktır. Bu yaş grubunun daha önce mühendislik tasarımı konusunda bir deneyime sahip olması, çalışma sonuçlarının bu alandaki eğitim uygulamalarına ışık tutmasını ve öğretim stratejilerinin geliştirilmesini desteklemesini amaçlamaktadır.

1. Materyal ve Yöntem

2.1. Desen

Araştırmada betimsel araştırma modellerinden birisi olan tarama yöntemi kullanılmıştır. Tarama modeli, büyük örneklem kapsamında yürütülen ve bir grubun görüş, beceri gibi niteliklerini belirlemek için verilerin toplanmasını amaçlayan desendir [24, 25]. Benzer şekilde Creswell (2014) tarama modelini katılımcıların genelindeki eğilim ve algılarının nicel olarak betimlenmesini, bunun sonucunda birtakım çıkarımlar yapmayı sağlamak olarak ele almaktadır [26]. Tarama araştırmaları genellikle geniş bir kitleden bilgi toplanarak kullanılmaktadır. Bu desende araştırma konusu olduğu şekliyle hiçbir değişime neden olmadan tasvir edilir. Bu bağlamda araştırmada Bilim ve Sanat Eğitim Merkezlerinde (BİLSEM) öğrenim gören 7.sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım becerilerinden faydalanılarak test geliştirilmesi amaçlandığı için tarama deseni kullanılmıştır.

2.2. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evreni, İzmir ili Konak ve Bornova ilçelerindeki Bilim ve Sanat Eğitim Merkezlerinde (BİLSEM) öğrenim gören 7. sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Bu kurumlarda eğitim alan öğrenciler, yaratıcı problem çözme, inovatif düşünme ve disiplinler arası ilişkilendirme gibi becerileri kazanmak amacıyla yoğun bir eğitim programına dahil olmaktadır. Bu bağlamda, mühendislik tasarım becerileri ölçeğinin geliştirilmesinde, tasarım becerisi gelişimine odaklanmış bir eğitim programına dâhil olan öğrencilerden veri toplanması, ölçeğin geçerlilik ve güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Tasarım etkinlikleri deneyimine sahip öğrencilere yönelik bu çalışma, 110 öğrenciyle gerçekleştirilmiş, 101 geçerli form değerlendirmeye alınmıştır. Bu öğrencilerin 56'sı kız, 45'i ise erkektir. Araştırmanın katılımcıları, seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden amaçsal örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Amaçsal örnekleme, çalışma amacına göre araştırmacının bireysel yargısına bağlı örneklemin seçilmesidir [27]. Amaçlı bir şekilde seçilen örneklem, çalışmanın amacına bağlı olarak incelenen konu açısından zengin bilgiler verebilecek niteliktedir. Amaçlı örnekleme incelenen konu ya da olguya ilişkin önemli bilgi kaynaklarına ulaşmada araştırmacıya yardımcı olmakla birlikte araştırılan durumların derinlemesine incelenmesine imkân tanımaktadır [28]. Bu bağlamda araştırmanın katılımcılarını, İzmir ilinde yer alan Bilim ve Sanat Eğitim Merkezlerinde tasarım sürecine dahil olan 7. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Bu araştırmada, ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım süreçlerine yönelik becerileri değerlendirildiği için çalışma ortaokul düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Mühendislik tasarım becerileri hem soyut düşünme yetilerini hem de somut uygulama becerilerini kapsayan bir yapıya sahiptir. Ortaokul dönemi, öğrencilerin analitik düşünme, yaratıcılık ve problem çözme gibi üst düzey bilişsel becerilerini geliştirmeye başladıkları bir dönemdir. Bu nedenle, 7. sınıf öğrencilerinin seçilmesinin temel amacı, bu yaş grubunun mühendislik ve tasarım kavramlarına ilgi duymaya ve bu becerileri geliştirmeye yönelik yeterli bilişsel olgunluğa ulaşmış olmalarıdır. Dolayısıyla, mühendislik tasarım becerilerinin algılanması ve değerlendirilmesi için uygun bir yaş grubu olarak tercih edilmiştir.

2.3. Veri toplama araçları

2.3.1. Mühendislik Tasarım Becerileri Algı Ölçeği (MüTasBAT)

Araştırmada veri toplama aracı, Moazzen, Miller, Wild, Jackson ve Hadwin (2014) [29] tarafından 'Engineering Design Survey' adıyla üniversite öğrencilerine yönelik geliştirilen ölçme aracının tasarım-beceri boyutu maddeleri dikkate alınarak Mühendislik Tasarım Becerileri Ölçeği (MüTasBAT) adında araştırmacı tarafından ortaokul 7. Sınıf öğrencileri için yeniden geliştirilmiştir (Ek-A). Bu testin geliştirilmesi için öncelikle literatür taraması yapılmış ve özellikle tasarım etkinlikleri yapan ortaokul 7. sınıf BİLSEM öğrencilerinin duygu ve düşünceleri görüşme yoluyla dikkate alınmıştır. Ölçeğin geliştirilmesi aşamasında sırasıyla, literatür taraması, madde havuzunun oluşturulması, uzman görüşlerinin alınması, pilot çalışma, testin geçerlik-güvenirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Moazzen, Miller, Wild, Jackson ve Hadwin (2014) [29] tarafından 'Engineering Design Survey' adıyla üniversite öğrencilerine yönelik geliştirilen ölçeğin tasarım-beceri kapsamında yer alan ölçek maddeleri ortaokul

öğrencilerinin seviyesine uygun olacak şekilde beceri algısı biçiminde ifade edilmiştir. Böylelikle 62 maddelik madde havuzu oluşturulmuştur. Ölçeğin taslak formunda yer alan maddelerin ölçülmek istenilen amaca uygunluğu ile ilgili olarak eğitim bilimleri alanında uzman olan 5 kişinin görüşü alınmıştır. Uzman görüşleri için 'Uygundur', 'Uygun değildir', 'Düzeltilmeli' ve 'Önerim' şeklinde dört maddeli bir form oluşturulmuştur. Uzmanlardan gelen görüşler doğrultusunda bazı maddeler düzenlemeye gidilmiştir. Maddeler yazılırken ölçülmek istenen özelliğe ilişkin doğru cevap verildiğine ilişkin tutarlılık sağlamak amacıyla olumlu ve olumsuz maddeler oluşturulmasına ve maddelerin anlaşılabilir olmasına özen gösterilmiştir. Ölçekte cevaplanması istenilen maddeler için 'Hiç katılmıyorum (1)', 'Katılmıyorum (2)', 'Orta düzeyde katılıyorum (3)', 'Katılıyorum (4)' ve 'Tamamen katılıyorum (5)' ifadeleri şeklinde beşli likert tipinde hazırlanmıştır. Değerlendirme aşamasında ise olumsuz maddeler üzerinde bu puanlama ters şekilde yapılmıştır.

Ölçeğin geçerlilik ve güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla, 62 maddelik taslak bir test, 12 kişilik bir ön görüşme ile elde edilen geri bildirimler doğrultusunda hazırlanmıştır. Ardından, tasarım deneyimlerine sahip 101 ortaokul 7. sınıf BİLSEM öğrencisine uygulanmıştır. Ön görüşmelerde, test maddelerinin anlaşılabilirliği ve uygulama sürecindeki etkinliği hakkında geri bildirim alınmıştır. Katılımcıların "prototip" ve "malîyet" gibi terimlerde anlamada zorluk yaşadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen geri bildirimler doğrultusunda, maddelerde dil ve ifade netleştirilmiş ve tekrarlı cümleler düzeltilmiştir.

BİLSEM'den elde edilen veriler, testin yapı geçerliğini test etmek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) ile değerlendirilmiştir. Bu analizler, mühendislik tasarım beceri algılarını ölçmeye yönelik geliştirilen testin geçerli ve güvenilir olduğunu ortaya koymuştur. Analizler sonucunda, test 29 maddeye indirgenmiş ve dört alt boyut halinde yapılandırılmıştır: Kuluçka Tasarım Geliştirme Becerileri, Yenilikçi Tasarım Geliştirme Becerileri, Tasarım Değerlendirme Becerileri ve Tasarımı Sunma ve Raporlama Becerileri. Nihayetinde, testin 29 maddelik 4 faktörlü yapısının son hali belirlenmiştir.

2.4. Verilerin analizi

Ölçeğin yapı geçerliğinin sağlanması için öncelikle SPSS programı kullanılarak Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) yapılmış, ardından AMOS programı kullanılarak Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, öncelikle elde edilen verilerin faktör analizine uygun olup olmadığının belirlenmesi için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett küresellik testi uygulanmıştır. Hazırlanan ve katılımcılara uygulanan testin güvenilirlik çalışması için tüm teste ve alt boyutlara ait Cronbach alfa katsayıları hesaplanmıştır.

2. Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde açıklayıcı faktör analizi, doğrulayıcı faktör analizi ve güvenilirliğe yönelik bulgular sunulmuştur.

62 maddelik teste açıklayıcı faktör analizi yapılmıştır. Bu analiz, benzer konulara sahip maddeleri bir araya getirerek, maddeler arasındaki ilişkileri belirlemiş ve yorumlamayı kolaylaştırmıştır. Faktör analizi çalışmalarının ilk adımında, test uygulamasından elde edilen veriler Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett's testleri ile test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen değerler Tablo 1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 1. Mühendislik tasarım becerileri algı testinin faktör ve madde analizi sonuçları

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Örnekleme Yeterliliği	0,805	
	Ki-Kare Değeri	1231,246
Bartlett'in Küresellik Testi	Serbestlik derecesi	406
	p	0,000

Ölçme aracına faktör analizi yapıldığında KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) değerinin 0,805 ve Bartlett küresellik testinin anlamlı [$\chi^2=1231,246$ ($p < 0,000$)] olarak gözlenmiştir. Bu sonuca göre testteki maddelerden elde edilen verilerin faktör analizi için uygun olduğu ve değişkenlerin gruplandırılarak azaltılabileceği ortaya çıkmıştır. Ölçme aracına Maximum Likelihood tahminlemesi ve Equamax dik döndürme tekniği uygulanmış ve faktör yükleri 0,40 altında olan maddeler ihmal edilerek test yapısı incelenmiştir. Analiz sonucunda testin 29 madde içeren 4 alt faktörde toplanmış olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi 29 maddeden oluşan dört alt faktörlü nihaî bir test geliştirilmiştir.

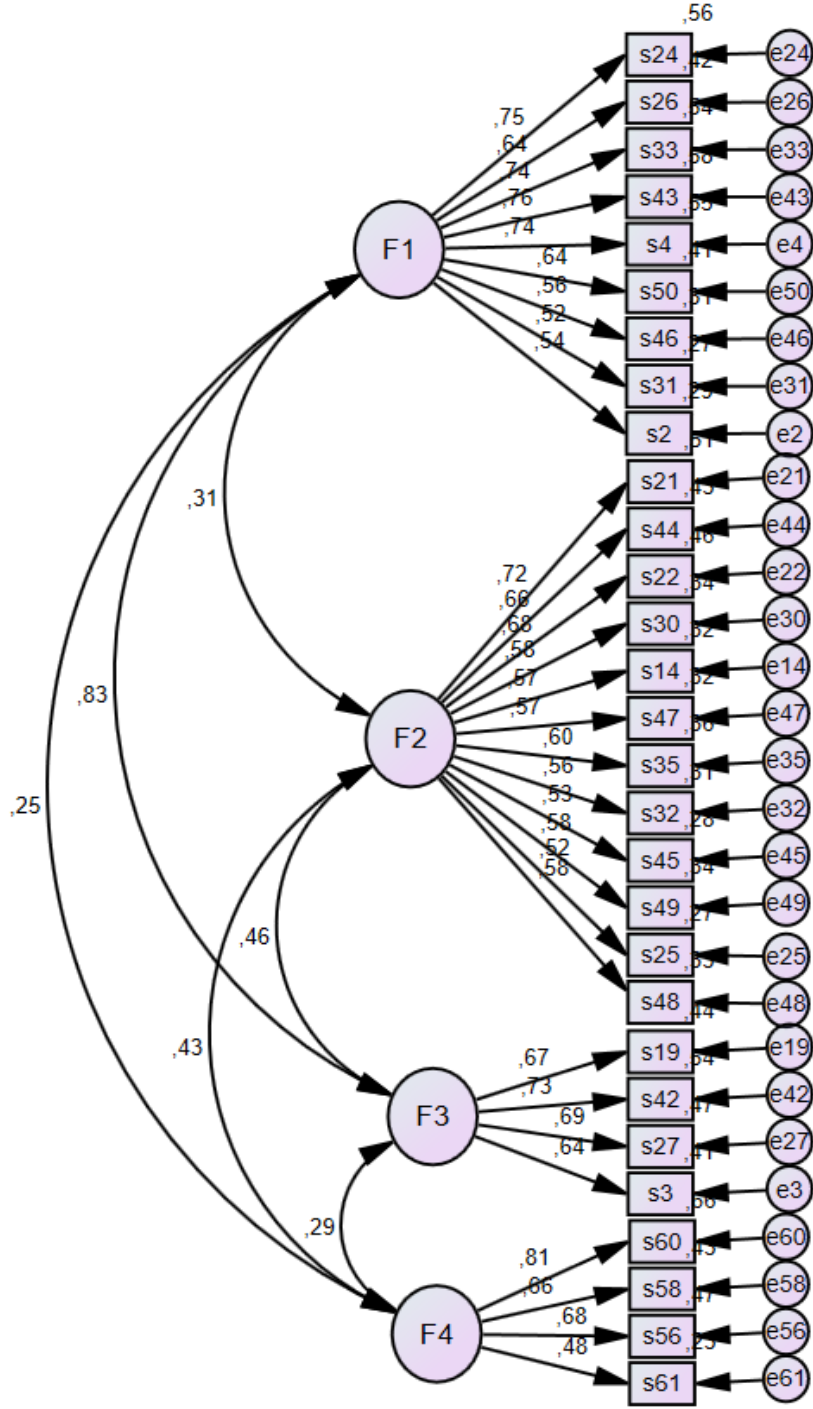
Tablo 2. Mühendislik tasarım becerileri algı testinin faktör ve madde analizi sonuçları

Madde No	1.Faktör yükü	2. Faktör yükü	3. Faktör yükü	4. Faktör yükü
s24	0,688			
s26	0,657			
s33	0,652			
s43	0,644		0,411	
s4	0,624			
s50	0,586			
s46	0,576			
s31	0,514			
s2	0,501			
s21		0,719		
s44		0,673		
s22		0,567	0,381	
s30		0,552		
s14		0,532		
s47		0,531		
s35		0,529		
s32		0,528		
s45		0,520		
s49		0,505		
s25		0,488		
s48		0,477		
s19			0,679	
s42	0,423		0,589	
s27	0,364		0,586	
s3			0,460	
s60				0,778
s58				0,712
s56				0,653
s61				0,431

Faktörlerde yer alan maddelerin faktör yüklerinin 0,40 değerinden yüksek olması, bu maddelerin güçlü bir faktör yapısı sağladığına yönelik bir kanıt olabilir. Birinci faktör içinde yer alan maddeler; öğrencilerin tasarım geliştirme sürecinde problem üzerinde bir süre ön çalışma yapma, fikir sunma ve problem çözümlerini bir anlamda kuluçkaya yatırdıkları süreç belirlenme çalışılmıştır. Dolayısıyla birinci faktör “Kuluçka tasarım geliştirme becerileri” şeklinde adlandırılmıştır. Birinci faktör 9 maddeden oluşmaktadır. İkinci faktörde yer alan maddeler incelendiğinde, öğrencilerin yaratıcı karar ve çözüm ile alternatif çözüm üretme, çözümlerini revize etme gibi ifadeler yer aldığından ikinci faktör “Yenilikçi tasarım geliştirme becerileri” biçiminde adlandırılmıştır. İkinci faktör 12 maddeden oluşmaktadır. Üçüncü faktördeki maddelerde ise değerlendirme kriterleri oluşturma ve değişkenleri ölçme gibi ifadeler yer almaktadır. Bu nedenle üçüncü faktör “Tasarım değerlendirme becerileri” şeklinde adlandırılmıştır. Üçüncü faktör 4 maddeden oluşmaktadır. Dördüncü faktör kapsamındaki maddeler incelendiğinde öğrencilerin tasarımlarını açıklama ve sunmalarını içeren ifadeler yer aldığından dördüncü faktör “Tasarımı sunma ve raporlama becerileri” olarak adlandırılmıştır. Dördüncü faktör 4 maddeden oluşmaktadır.

Çalışmada açımlayıcı faktör analizi sonucunda geliştirilen MüTasBAT'nün dört faktörlü yapısı için 101 öğrenciye uygulama yapılmıştır. Elde edilen veriler üzerinden doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Oluşan doğrulayıcı faktör analiz modeli Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1'de tüm alt faktörler arasında korelasyon değeri verilmektedir.



Figür 1. Tüm alt faktörler arası korelasyon değeri

Yapılan doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen bulgulara göre $\chi^2/df = 1,182$, $GFI = 0,797$ ve $RMSEA = 0,043$ değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca, MüTasBAT’de alt faktörler arasında ve her bir faktörün kendi içindeki maddeler arasında yüksek korelasyonlar gözlemlenmiştir. Şekilde yer verilen değerlere göre alt boyutlar arasındaki ilişkinin 0,25 ile 0,83 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durum, testin iç tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar maximum likelihood yöntemiyle gerçekleştirilen faktör analizinden elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 1’de maddelerin alt boyutlarla olan ilişkileri gösterilmiş olup, elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu bulguların ardından, maddelerin alt boyutlarla olan ilişkilerini daha ayrıntılı incelemek amacıyla, parametrelerin regresyon tahminlerine ilişkin gösterimler Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Faktörlere karşılık gelen regresyon ağırlıkları

			Estimate (Tahmin)	S.E. (Standart Hata)	C.R. (Kritik Oran)	p
s24	<---	F1	1,000			
s26	<---	F1	,792	,126	6,303	***
s33	<---	F1	,980	,135	7,263	***
s43	<---	F1	,993	,132	7,498	***
s4	<---	F1	,886	,122	7,295	***
s50	<---	F1	,810	,130	6,221	***
s46	<---	F1	,684	,127	5,385	***
s31	<---	F1	,706	,141	4,992	***
s2	<---	F1	,570	,110	5,192	***
s21	<---	F2	1,000			
s44	<---	F2	,911	,149	6,133	***
s22	<---	F2	,996	,158	6,304	***
s30	<---	F2	,836	,154	5,446	***
s14	<---	F2	,778	,147	5,288	***
s47	<---	F2	,743	,141	5,283	***
s35	<---	F2	,899	,161	5,597	***
s32	<---	F2	,694	,133	5,221	***
s45	<---	F2	,738	,150	4,909	***
s49	<---	F2	,885	,163	5,427	***
s25	<---	F2	,748	,155	4,816	***
s48	<---	F2	,744	,139	5,371	***
s19	<---	F3	1,000			
s42	<---	F3	1,040	,172	6,061	***
s27	<---	F3	,923	,160	5,779	***
s3	<---	F3	,854	,157	5,444	***
s60	<---	F4	1,000			
s58	<---	F4	,805	,141	5,703	***
s56	<---	F4	,848	,144	5,871	***
s61	<---	F4	,578	,136	4,243	***

Faktörlere karşılık gelen maddelerin regresyon katsayı ağırlıkları Tablo 3'te verilmiştir. Elde edilen bilgilere göre ilk faktör için en anlamlı madde s43 sorusudur "*Sınıfta verilen mühendislik projesinin problem durumuna göre istenen tasarımı yapabilirim.*" ve istatistiksel anlamlılık tüm maddeler tarafından sağlanmıştır. İkinci faktörde en önemli maddenin s22 "*Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken tasarımıyla ilgili sıra dışı olan yaratıcı fikirleri önemsemem.*" olduğu görülürken; üçüncü faktör için s42 "*Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlarla ilgili meydana getirilen ürünü test edebilirim.*"; dördüncü faktör için s56 "*Mühendislik proje tasarımlarının sunum raporunu etkili bir dille anlatımda zorlanabilirim.*" sırasıyla ilgili faktörlerin en önemli maddeleridir.

MüTasBAT için faktör analizi yapıldıktan sonra maddelerin güvenilirlik testleri yapılmıştır. Test sonucu Cronbach Alpha değeri $\alpha = 0.895$ olarak bulunmuştur. Ölçekteki her bir faktörün güvenilirlikleri hesaplanmıştır. Faktörlerin güvenilirlik katsayı sonuçlarından elde edilen bulgular Tablo 4'te yansıtılmıştır.

Tablo 4. Faktörlerin Cronbach's Alpha Değeri

Faktör numarası	Faktör Adı	Cronbach's Alpha
1	Kuluçka tasarım geliştirme becerileri	0,871
2	Yenilikçi tasarım geliştirme becerileri	0,867
3	Tasarım değerlendirme becerileri	0,776
4	Tasarımı sunma ve raporlama becerileri	0,746

Tablo 4'te görüldüğü üzere "*Kuluçka tasarım geliştirme becerileri*" faktörünün Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı $\alpha = 0,871$ 'dir. "*Yenilikçi tasarım geliştirme becerileri*" faktörünün Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı $\alpha = 0,867$ 'dir. "*Tasarım değerlendirme becerileri*" faktörünün Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı $\alpha = 0,776$ 'dır. "*Tasarımı sunma ve raporlama becerileri*" faktörünün Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı $\alpha = 0,746$ 'dır. Görüldüğü üzere her bir faktörün güvenilirliği oldukça yüksek değerleri içermektedir.

3. Sonuç ve Tartışma

MüTasBAT'ın faktör analizinin uygunluğu testlerinden sonra 62 maddelik bu teste faktör analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, test 4 ana faktör etrafında gruplanmış ve 29 maddeye indirilmiştir. Bu durum, testin daha öz ve geçerli hale gelmesini sağlayabilir. Faktör analizi sonuçları, çıkarılan maddelerin fazla tekrar içerdiği veya test maddelerinin bazıları için yetersiz anlam netliği ya da öğrencilerin cümleleri tam olarak anlamadığı anlamına gelebilir. Bu, testin belirlenen faktörlerin kapsamını doğru bir şekilde yansıttığını gösterir. Sonuçlar, testin geçerliliği hakkında olumlu bir işaret olabilir.

Bu çalışmada faktör analizi sonucunda belirlenen birinci faktör, öğrencilerin tasarım geliştirme sürecinde problem üzerinde ön çalışma yapma, fikir sunma ve problem çözümlerini kuluçka sürecine yatırma becerilerini kapsamaktadır. Bu becerilerin bir araya gelmesi, öğrencilerin yaratıcı düşünme ve yenilikçi çözümler üretme kapasitelerini artırdığı için eğitimde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle kuluçka aşaması, yaratıcı düşünme süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Wallas (1926) ve Ludwig (1989), yaratıcı süreçlerde kuluçkanın rolünü vurgularken, Yeşilyurt (2020) da kuluçka aşamasının yaratıcı düşünme sürecinde kritik bir rol oynadığını belirtmektedir [30, 31, 32]. Literatürde, kuluçka döneminin yaratıcı süreçlerdeki önemi vurgulanmıştır [33, 34, 35]. Dolayısıyla birinci faktör "Kuluçka tasarım geliştirme becerileri" şeklinde adlandırılmıştır. Kuluçka dönemi, tasarımcının bilinçli olarak bilgi toplama etkinlikleriyle düşüncelerini şekillendirdiği, ancak bu bilgilerin bilinç dışında yeniden düzenlendiği ve çözüm üretmeye katkı sağladığı bir süreçtir [36, 37]. Bu dönemde bireylerin bilinçdışı devreye giren düşünceler, yeni fikirlerin ve çözümlerin ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır. Bu durumda MüTasBAT alt faktörlerinden biri olan kuluçka tasarım becerileri, yaratıcı düşüncenin önemli bir aşaması olan kuluçka dönemiyle yakından ilişkilidir. Li, Zhang, Zhang ve Luo (2022) kuluçka dönemine ilişkin araştırmaların, yalnızca yaratıcı süreçlerin gizemini açığa çıkarmakla kalmayıp, aynı zamanda bu süreçlerin uygulamalı alanlarda kullanımını teşvik ettiğini belirtmektedir [38]. Bu bağlamda, kuluçka tasarım becerilerinin mühendislik problemlerine yenilikçi ve etkili çözümler geliştirme yeteneğini desteklediği ve yaratıcı sürecin mühendislik uygulamalarında nasıl hayata geçirilebileceği ortaya konulmaktadır. Birinci faktörün "Kuluçka Tasarım Geliştirme Becerileri" olarak adlandırılması, öğrencilerin bu süreci ne kadar iyi yönettiklerini ve bu süreçteki çeşitli becerilerini detaylı bir şekilde ölçmeye olanak tanımaktadır. Bu faktörün 9 maddeden oluşması, bu becerinin karmaşıklığını ve çeşitliliğini yansıtmaktadır.

Bu çalışmada faktör analizi sonucunda belirlenen ikinci faktör, öğrencilerin yaratıcı kararlar alma, alternatif çözümler üretme ve çözümlerini revize etme becerilerini kapsamaktadır. Bu becerilerin, öğrencilerin yenilikçi düşünme ve problem çözme kapasitelerini artırdığı için, bu faktör "Yenilikçi tasarım geliştirme becerileri" olarak adlandırılmıştır. İkinci faktör 12 maddeden oluşmaktadır. Mühendislik tasarımı, mühendislerin belirli sınırlamalar ve gereksinimler çerçevesinde sorunları çözmeye ve bu sorunlara yönelik çözümler geliştirme sürecidir [39]. Bu süreç, mühendislerin karşılaştıkları problemlere yaratıcı ve yenilikçi çözümler bulmalarını gerektirir. Khaerudin, Hendrilia, Dewi, Erwin ve Al-Amin (2023) çalışmalarında, problem çözme becerilerinin tasarım alanındaki bireyler için vazgeçilmez olduğu ve bu becerilerin öğrencilerin yaratıcı düşünme yeteneklerini geliştirerek yenilikçi tasarım çözümleri üretmelerine olanak tanıdığı vurgulanmaktadır [40]. Benzer şekilde, Pusca ve Northwood (2018), tasarım düşüncesinin çok yönlü bir problem çözme süreci sunduğunu, bunun öğrencilerin karmaşık problemleri daha iyi kavramalarına yardımcı olduğunu ve problemleri yenilikçi yollarla çözmek için tasarım ilkelerinin gerekliliğini ortaya koyduğunu belirtmektedir [41]. Yenilikçi tasarım geliştirme becerileri, öğrencilerin problem çözme sürecinde aktif olmalarını, karmaşık durumlarla karşılaştıklarında alternatif çözümler üretebilmelerini ve bu çözümleri etkili şekilde uygulayabilmelerini sağlamaktadır. Bu beceriler, mühendislik ve tasarım disiplinlerinde, hızlı değişim ve yenilik gerektiren ortamlarda başarı için kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, yenilikçi tasarım geliştirme becerileri, hızlı bilimsel ilerlemeler ve teknolojik keşiflerle desteklenerek mühendislerin yaratıcı ve analitik yeteneklerini ön plana çıkarır, bu da rekabetçi ortamlarda yeni ürünler geliştirilmesine olanak tanır [42]. Sonuç olarak, öğrencilerin problem çözme, yaratıcı kararlar alabilme ve alternatif çözümler üretebilme yetenekleri, yenilikçi tasarım sürecinin temel bileşenlerindedir ve tasarım sürecinde öngörülemeyen zorluklarla başa çıkmada kritik bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada faktör analizi sonucunda belirlenen üçüncü faktör, öğrencilerin değerlendirme kriterleri oluşturma ve değişkenleri ölçme becerilerini kapsamaktadır. Bu becerilerin, öğrencilerin tasarım süreçlerinde objektif ve sistematik değerlendirmeler yapabilmeleri açısından kritik öneme sahip olduğu görülmektedir. Bu

nedenle üçüncü faktör "Tasarım değerlendirme becerileri" şeklinde adlandırılmıştır. Üçüncü faktör 4 maddeden oluşmaktadır. Mühendislik tasarımı, belirli hedeflere ulaşan ve kısıtlamalara uyan ürünlerin sistematik bir şekilde üretilmesi ve bu süreçte yapılan değerlendirmelerin önemli olduğu bir süreçtir [43]. Öğrencilerin tasarım süreçlerinde objektif kriterler oluşturabilme ve bu kriterlere göre değerlendirme yapabilme yetenekleri, başarılı bir mühendislik tasarımı için temel bileşenlerdendir. Dym, Agogino, Eris, Frey ve Leifer (2005) çalışmalarında öğrencilerin tasarımlarını objektif bir şekilde değerlendirebilmeleri için gerekli kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterler doğrultusunda tasarımın analiz edilmesi gerektiği vurgulamışlardır [14]. Benzer şekilde, Hynes (2009), tasarım sürecinde çözümü test etme ve değerlendirme adımlarının, taslak ürünlerin veya prototiplerin iyileştirilmesi için önemli bir rol oynadığını ifade etmiştir [44]. Mühendislik tasarım sürecinde tasarım değerlendirme becerisi, öğrencilerin tasarım süreçlerini daha bilinçli bir şekilde ele almalarına olanak tanır. Ayrıca, öğretmenlerin öğrencileri bu yönde yönlendirmesi, prototiplerin değerlendirilmesi ve yeniden tasarlanması süreçlerini destekleyerek öğrenme sürecini daha etkili hale getirebilir. Bu bağlamda, tasarım değerlendirme becerileri, öğrencilerin tasarım odaklı düşünme yaklaşımını kazanmaları açısından temel bir odak noktası olarak ele alınmalıdır.

Bu çalışmada faktör analizi sonucunda belirlenen dördüncü faktör, öğrencilerin tasarımlarını açıklama ve sunma yeteneklerini kapsamaktadır. Bu beceriler, öğrencilerin tasarımlarını etkili bir şekilde iletişim kurabilme ve sonuçları sistematik bir şekilde raporlama yeteneklerini ifade etmektedir. Bu nedenle, dördüncü faktör "Tasarımı Sunma ve Raporlama Becerileri" olarak adlandırılmıştır. Bu faktör, 4 maddeden oluşmaktadır. Bu bulgular, mühendislik eğitimcilerinin öğrencilerin tasarım sunma ve raporlama becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak yöntemler geliştirmeleri gerektiğini göstermektedir. Bazı araştırmalar, etkili iletişim ve raporlama becerilerinin mühendislik kariyerinde başarının önemli bir göstergesi olduğunu ortaya koymaktadır [45]. Bu nedenle, mühendislik süreçlerinde iletişim ve raporlama becerilerinin geliştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Ürün geliştirme süreçlerinin STEM proje döngüsü ve mühendislik aşamalarına uygun olarak planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Temel hedef, 21. yüzyıl becerilerinin gelişimini desteklemek olduğundan, mühendislik süreçlerinde raporlama ve sunma aşamaları kritik bir öneme sahiptir [46]. Genel anlamda bakıldığında MüTasBAT'nün tüm alt faktörleri, tasarım sürecinin anlaşılabilirliğini artırması ve tasarımların şeffaf bir şekilde iletilmesini sağlaması umulmaktadır. Bu dört faktör, mühendislik eğitiminde öğrencilerin hem teknik hem de iletişim becerilerini geliştirmelerine yönelik bütünsel bir yaklaşım sunması beklenmektedir.

MüTasBAT için faktör analizi yapıldıktan sonra maddelerin güvenirlik testleri yapılmıştır. Test sonucu Cronbach Alpha değeri $\alpha = 0.895$ olarak bulunmuştur. MüTasBAT'nün tüm alt faktörler arasında, alt faktörlerin kendi aralarında yüksek korelasyona sahip olması ve testteki maddelerin buldukları faktör içinde yüksek korelasyonlara sahip olması testin iç tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, içerik geçerliliği, uzman görüşleriyle desteklenmiş ve testin kapsamının yeterli olduğu doğrulanmıştır. Bu sonuçlar, testin hem güvenilir hem de geçerli olduğunu ve araştırma bağlamında güvenle kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Bu özellikler, testin elde ettiği verilerin hem tutarlı hem de doğru olduğunu ve bu verilerin bilimsel analizlerde sağlam bir temel oluşturduğunu söylemek mümkündür.

4. Öneriler

Çalışma, 7. sınıf öğrencileriyle sınırlı olduğundan, sonuçların genellenebilirliğini artırmak için testin araştırmalarda farklı ortaokul seviyelerinde (örneğin, 5., 6. ve 8. sınıf) ve çeşitli öğrenci gruplarında (örneğin, genel eğitim sınıfları, özel yetenek sınıfları) uygulanması önerilebilir.

Ölçeğin kullanımı ile mühendislik tasarım becerilerinin eğitimde daha etkin bir şekilde değerlendirilmesi sağlanabilir. Sonuçlar, öğrencilerin hangi tasarım aşamalarında daha fazla desteğe ihtiyaç duyduklarını belirlemede öğretmenlere yol gösterebilir. Bu, eğitim programlarının tasarımında ve mühendislik odaklı derslerin içeriğinin geliştirilmesinde kullanılabilir.

Çalışmada geliştirilen test (MüTasBAT), 7. sınıf öğrencilerinin mühendislik tasarım becerilerini geliştirmede hangi alanlarda daha fazla uygulamaya ve geri bildirim ihtiyacı duyduklarını belirlemek için kullanılabilir. Özellikle, "Yenilikçi Tasarım Geliştirme" ve "Tasarımı Sunma ve Raporlama" gibi faktörlerde belirlenen eksiklikler, öğrencilere sunulacak ek etkinliklerle giderilebilir.

MüTasBAT'ın, öğretmenlerin mühendislik tasarım süreçlerini nasıl öğrettiklerini değerlendirmek için bir araç olarak kullanılması önerilebilir. Bu bağlamda, öğretmenlerin eğitim programlarında ölçüğe dayalı beceri geliştirme etkinliklerine yer verilmesi sağlanabilir.

Ölçeğin, fen, matematik ve sanat gibi farklı disiplinlerle entegre edilen mühendislik tasarım süreçlerinde uygulanması önerilebilir. Bu, mühendislik tasarımının disiplinler arası eğitime katkısını anlamaya yardımcı olabilir.

Çalışmanın sonuçları, mühendislik tasarım becerilerini geliştiren eğitim müfredatının iyileştirilmesine yönelik öneriler sunabilir. Özellikle BİLSEM öğrencilerine yönelik mühendislik eğitimi programlarının daha hedefe yönelik bir şekilde geliştirilmesi sağlanabilir.

MüTasBAT'ın takım çalışmaları ve proje tabanlı öğrenme ortamlarında uygulanabilmesi için öğrencilerin takımdaki etkileşimlerini ölçmeye yönelik bir 'Mühendislik Takım Becerileri Ölçeği' geliştirilmesi önerilmektedir. Bu tür bir ölçek, takım çalışmalarında öğrencilerin iş birliği, iletişim ve problem çözme becerilerinin değerlendirilmesine olanak tanıyabilir. Bu sayede, öğrencilerin bireysel ve grup içi mühendislik tasarım becerilerindeki farklılıklar karşılaştırılabilir.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, S.T. ve K.S.; metodoloji, K.S.; yazılım, S.T. ve K.S.; doğrulama, S.T.; biçimsel analiz, S.T.; soruşturma, S.T.; kaynaklar, K.S.; veri iyileştirme, A.A.; yazı- orijinal taslak hazırlama, A.A., S.T. ve K.S.; yazma-gözden geçirme ve düzenleme, S.T. ve K.S.; görselleştirme, S.T. ve K.S. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okudu ve kabul etti.

Finansman: Bu araştırma dışarıdan fon almadı.

Çıkar çatışmaları: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Bilgilendirme: Bu makale, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Öğretmenliği Bilim Alanında 'Bilim ve Sanat Entegrasyonunda Leonardo Etkisi: Mühendislik Tasarım Becerileri ile Yaratıcılıklarının İncelenmesi' adlı doktora tezinin verilerinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Şahin, F. (2022). *7. sınıf fen bilimleri dersi hücre ve bölünmeler ünitesinde learningapps uygulaması kullanımının öğrencilerin başarı ve derse yönelik tutumlarına etkisi*. Fen Bilimleri Enstitüsü. (Yayımlanmamış Doktora tezi)
- [2] Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- [3] Schweingruber, H., Pearson, G., & Honey, M. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- [4] Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM roadmap: A framework for integration* (pp. 23–37). London: Taylor & Francis
- [5] Lucas, B., Claxton, G., & Hanson, J. (2014). Thinking Like an Engineer: Implications for the education system. <http://www.raeng.org.uk/news/news-releases/2014/may/do-you-think-like-an-engineer>
- [6] Next Generation Science Standards [NGSS] (USA, 2014). <http://www.nextgenscience.org/> OECD (2013). *PISA 2012 assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. OECD Publishing (<http://www.oecdilibrary.org/content/book/9789264190511-en>).
- [7] English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. DOI 10.1186/s40594-016-0036-1
- [8] Beers, S. (2011). 21st century skills: Preparing students for their future. https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf
- [9] Purzer, S., Hathaway Goldstein, M., Adams, R., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(9), doi:10.1186/s40594-015-0019-7.
- [10] Wendell, K. B. (2008). The theoretical and empirical basis for design-based science instruction for children. *Unpublished Qualifying Paper, Tufts University*
- [11] Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). Engineering Design Processes: A Comparison of Students and Expert Practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359-379.
- [12] Yıldız Aslan, Ö. (2024). *Mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin 5. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, mühendislik ve mühendis algılarına etkisinin incelenmesi*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans tezi)
- [13] Başpınar, P., Çakıroğlu, J., & Karahan, E. (2024). The effect of engineering design-based science instruction on 6th-grade students' astronomy understandings. *Science Insights Education Frontiers*, 24(1):3835-3857. DOI: 10.15354/sief.24.or628
- [14] Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- [15] National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.

- [16] Ercan, S. & Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 9(1), 128-164.
- [17] Öznlü, Ö., & Çepni, S. (2023). Türkiye’de Mühendislik Tasarım Temelli Öğretim İle İlgili Fen Eğitimi Alanında Yapılan Çalışmaların Tematik Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (56), 890-910.
- [18] Kewalramani, S., Palaiologou, I., & Dardanou, M. (2020). Children’s engineering design thinking processes: the magic of the ROBOTS and the power of BLOCKS (electronics). *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(3), Article em1830. <https://doi.org/10.29333/ejmste/113247>
- [19] MEB. (2017). İlköğretim kurumları fen bilimleri dersi öğretim programı. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- [20] MEB. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Temel Eğitim Genel Müdürlüğü. Taslak Program
- [21] Özlüceci, M., & Kayacan, K. (2023). Fen, mühendislik ve girişimcilik becerileri değerlendirme ölçeği: geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. *Millî eğitim dergisi*, 493-512.
- [22] Aydın, G., Saka, M., & Guzey, S. (2018). 4-5-6-7. ve 8. Sınıf Öğrencileri İçin Mühendislik Bilgi Düzeyi Ölçeği. *İlköğretim Online*, 17(2).
- [23] Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887.
- [24] Büyükoztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. & Demirel, F. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.
- [25] Fraenkel R.J. & Wallen E.N. (2006). *How to Design and Evaluate Research in Education*. McGraw-Hill, New York.
- [26] Creswell, J. W. (2014). *Nitel, nicel ve karma yöntem yaklaşımları araştırma deseni* (Çev. Ed. S. B. Demir). Ankara: Eğiten Kitap.
- [27] Yıldız, S. (2017). Sosyal bilimlerde örnekleme sorunu: nicel ve nitel paradigmalardan örnekleme kuramına bütüncül bir bakış. *Kesit Akademi Dergisi*, (11), 421-442.
- [28] Patton, M. Q. (2018). *Nitel araştırma ve değerlendirme yöntemleri*. (M. Bürün ve S.B. Demir, Çev. Ed.). Ankara: Pegem Akademi.
- [29] Moazzen, I., Miller, M., Wild, P., Jackson, L., & Hadwin, A. (2014). Engineering design survey. *Canadian Engineering Education Association (CEE14) Conference, Canmore*. Doi: <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.5892>.
- [30] Wallas, G. (1926). *The Art Of Thought*. New York, NY: Harcourt Brace
- [31] Ludwig, A. M. (1989). *The Price of Greatness: Resolving the Creativity and Madness Controversy*. New York: Guilford Press.
- [32] Yeşilyurt, E. (2020). Yaratıcılık ve yaratıcı düşünme: Tüm boyut ve paydaşlarıyla kapsayıcı bir derleme çalışması. *OPUS International Journal of Society Researches*, 15(25), 3874-3915. DOI: 10.26466/opus.662721
- [33] Tsenn, J., Atilola, O., McAdams, D. A., & Linsey, J. S. (2014). The effects of time and incubation on design concept generation. *Design Studies*, 35(5), 500-526.
- [34] Yalçın, M. M. (2021). *Öğretimde yaratıcılık ölçeği’nin geçerlik-güvenirlik çalışması ve okul öncesi öğretmenlerinin 48-72 aylar arasındaki çocukların yaratıcılıklarını destekleme durumlarının farklı değişkenler açısından incelenmesi* (Master’s thesis, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- [35] Gilhooly, K. J., Georgiou, G., & Devery, U. (2013). Incubation and creativity: Do something different. *Thinking & Reasoning*, 19(2), 137-149. <https://doi.org/10.1080/13546783.2012.749812>
- [36] Smith, S. M., & Blankenship, S. E. (1991). Incubation and the persistence of fixation in problem solving. *The American journal of psychology*, 61-87. <https://doi.org/10.2307/1422851>
- [37] Sio, U. N., & Ormerod, T. C. (2009). Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 135(1), 94-120. <https://doi.org/10.1037/a0014212> PMID: 19210055
- [38] Li, Z., Zhang, Z., Zhang, Y., & Luo, J. (2022). 创造性思维的酝酿效应 [Yaratıcı düşüncenin kuluçka etkisi]. *Psikolojik Bilimdeki Gelişmeler*, 30(2), 291-307. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2022.00291>
- [39] Ayverdi, L. (2018). *Özel yetenekli öğrencilerin fen eğitiminde teknoloji, mühendislik ve matematiğin kullanımı: FeTeMM yaklaşımı*. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı (Yayımlanmamış Doktora tezi)
- [40] Khaerudin, K., Hendrilia, Y. ., Ayu Pawestri Kusuma Dewi, R. ., Erwin, E., & Amin, A.-. (2023). Innovative Approaches To Research Skill Development Frameworks For Evaluating Problem-Solving Skills In Design Projects In Indonesian Higher Education. *Indonesian Journal of Education (INJOE)*, 3(3), 582-598. Retrieved from <https://injoe.org/index.php/INJOE/article/view/90>
- [41] Pusca, D., & Northwood, D. O. (2018). Design thinking and its application to problem solving. *Global Journal of Engineering Education*, 20(1), 48-53. <http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/vol20no1/06-Pusca-D.pdf>
- [42] Haik, Y., Şahin, T. M., & Sivaloganathan, S. (2011). *Engineering design process*. Stamford: Cengage Learning.
- [43] Jin, S. H., Song, K. I., Shin, D. H., & Shin, S. (2015). A performance-based evaluation rubric for assessing and enhancing engineering design skills in introductory engineering design courses. *International Journal of Engineering Education*, 31(4), 1007-1020.
- [44] Hynes, M. M. (2009). *Teaching middle-school engineering: An investigation of teachers' subject matter and pedagogical content knowledge*. (Unpublished Doctoral Dissertation, Tufts University)
- [45] Miller, R. L., & McFarlane, D. A. (2009). Improving engineering student presentation skills through an integrated curriculum approach. *Journal of Engineering Education*, 98(1), 83-92.
- [46] Coşkun, V. ve Özkaya, A. (2020). Öğretmen eğitiminde mühendislik odaklı disiplinlerarası iş birliğine dayalı STEM uygulaması ve ders izlencesi. *İhlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 327-361. <https://doi.org/10.47479/ihed.823328>

Ek A

Mühendislik Tasarım Süreci Becerileri Ölçeği

TEST MADDELERİ	1	2	3	4	5
1. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken etkili teknikler kullanarak özgün tasarım fikirleri üretebilirim.	1	2	3	4	5

2. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla beyin fırtınası yaparak tasarımlar üretebilirim.	1	2	3	4	5
3. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlar arasından uygun olan birisini eldeki bilgi ve verilerle seçebilirim.	1	2	3	4	5
4. Sınıfta verilen mühendislik projesinin problem durumuna göre istenen tasarımı yapabilirim.	1	2	3	4	5
5. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken tasarımın amacına ulaşması için gerekli koşulları tanımlayabilirim.	1	2	3	4	5
6. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlarla ilgili ön deneme sonuçlarına bağlı olarak tasarımlarda değişikliğe gidebilirim.	1	2	3	4	5
7. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken beklenmeyen durumlar ortaya çıktığında tasarımla ilgili yeni ölçülebilir değişkenler belirleyebilirim.	1	2	3	4	5
8. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen her tasarımın çevreye olası etkisini tahmin edebilirim.	1	2	3	4	5
9. Sınıfta verilen mühendislik projesinin problem durumundan yapılacak tasarımın amacını belirleyebilirim.	1	2	3	4	5
10. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken tasarımla ilgili karşılaşılan sorunlara alternatif çözümler üretmede zorlanabilirim.	1	2	3	4	5
11. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken beklenmeyen durumlar ortaya çıktığında tasarımdaki sorunu tekrardan revize etmede zorlanabilirim.	1	2	3	4	5
12. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken tasarımla ilgili sıra dışı olan yaratıcı fikirleri önemsemem.	1	2	3	4	5
13. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen her tasarımın topluma olası yansımalarını tahmin etmede zorlanabilirim.	1	2	3	4	5
14. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken tasarımla ilgili ihtiyaç duyulan bilgi kaynaklarına (kitap, dergi, kütüphane vs) nasıl ulaşılacağını bilemeyebilirim.	1	2	3	4	5
15. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlarla ilgili yine de yeni bilgiler toplamaya devam etmede zorlanabilirim.	1	2	3	4	5
16. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımları detaylandırarak geliştiremeyebilirim.	1	2	3	4	5
17. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlar arasından uygun olanlardan birisini ihtiyaç analizi yaparak seçmede zorlanabilirim.	1	2	3	4	5
18. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken beklenmeyen durumlar ortaya çıktığında tasarımın amacını yeniden revize edemeyebilirim.	1	2	3	4	5
19. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlarla ilgili yine de yeni kavram ve fikirler üretmeye devam edemem.	1	2	3	4	5
20. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlarla ilgili grubun değişen kararlarına uymak istemem.	1	2	3	4	5
21. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken kendimce bireysel olarak tasarımlar geliştiremeyebilirim.	1	2	3	4	5
22. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken tasarımla ilgili olarak mühendis, bilim insanı vs. gibi deneyimli kişilerden bilgi edinebilirim.	1	2	3	4	5
23. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlarla ilgili meydana getirilen ürünü test edebilirim.	1	2	3	4	5
24. Sınıfta verilen mühendislik projesini gerçekleştirirken grupla geliştirilen tasarımlar için değerlendirme kriterleri oluşturabilirim.	1	2	3	4	5
25. Sınıfta verilen mühendislik projesinin problem durumundan yapılacak tasarımla ilgili hangi değişkenlerin ölçülmesi gerektiğini belirleyebilirim.	1	2	3	4	5
26. Mühendislik proje tasarımlarının raporunu dinleyicilerin seviyesine göre açıklamakta zorlanabilirim.	1	2	3	4	5
27. Mühendislik proje tasarımlarının raporunu genellikle çizim veya şekillerle anlatmayı tercih etmem.	1	2	3	4	5
28. Mühendislik proje tasarımlarının sunum raporunu belirli kısa bir zaman diliminde dinleyicilere aktaramayabilirim.	1	2	3	4	5
29. Mühendislik proje tasarımlarının sunum raporunu etkili bir dille anlatımda zorlanabilirim.	1	2	3	4	5