

## Mühendislik Öğrencilerinin Teknik Çizim Sürelerinin Farklılaşmasına Sebep Olan Faktörler Üzerine Keşifsel Bir Araştırma

*An Exploratory Research on the Factors that Cause Engineering Students' Technical Drawing Times to Differ*

İdris KARAGÖZ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Yalova Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümü, 77200, Yalova, Türkiye

### Öz

Bu araştırma, mühendis adaylarının aldıkları mesleki dersler ve kullanabildikleri 3D CAD programlarıyla teknik çizim tamamlama süreleri ve CAD kütüphanesi kullanımının çeşitli değişkenlere göre nasıl değiştiğini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma mühendislik fakültesi, polimer malzeme mühendisliği ana bilim dalında öğrenim gören ve kolayda örnekleme yolu ile seçilen toplam 60 mühendis adayı üzerinde yürütülmüştür. Çalışma keşifsel bir araştırma tasarımına sahiptir. Öğrencilerin teknik çizim sürelerinin aldıkları mesleki dersler, CAD kütüphanesi kullanımı, kullanabildikleri 3D CAD programları, cinsiyete göre incelenmiştir. Öğrenciler tarafından, üç farklı zorluk seviyesindeki parçalar SolidWorks yazılımında modellenmiş ve çizim süreleri kayıt altına alınmıştır. Sonrasında çizilen parçaların, çok sayıda önceden çizilmiş parçanın karışık şekilde yer aldığı online CAD kütüphanesi ve offline CAD kütüphanesi üzerinden indirilmesi istenmiştir. Öğrencilerin almış oldukları mesleki dersler, öğrenci cinsiyeti ve kullandığı tasarım programları, öğrencilerin çizim tamamlama sürelerine bağlı olarak karşılaştırılmış ve Kruskal-Wallis testi ve Mann Whitney U testi ile belirlenmiştir. Çizim tamamlama süresinin alınan ders sayısı ve bilinen tasarım programları ile ilişkili olduğu, mühendislik becerileri gelişmiş öğrencilerin çizim tamamlama sürelerinin de benzer şekilde geliştiği tespit edilmiştir. Farklı geometrilere sahip parçaların algılanması ve tasarımda bir sonraki adımın planlanması üzerinde mesleki derslerin etkili olduğu gözlemlenmiştir. Cinsiyet açısından veriler incelendiğinde, kız ve erkek öğrencilerin çizim tamamlama süreleri arasında belirgin bir fark olmadığı, mühendislik bilgisi aynı ya da benzer olan öğrenciler arasında çizim tamamlama sürelerinin de benzer olduğu bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** CAD kütüphanesi, mühendislik, mühendislik öğrencileri, tasarım, çizim tamamlama süresi, CAD yazılımları.

### Abstract

The study was conducted on a total of 60 engineer candidates studying at Polymer Materials Engineering Department in Yalova University and the interviewees were determined based on convenience sampling. In this study, the results were analysed using exploratory research design: taking into consideration vocational courses, 3D CAD programs and gender criteria, the students were divided into three groups of 20 people (medium, good and expert) using proportional stratified (stratified) sampling. During the research, primarily the candidates modelled parts by using SolidWorks software according to three different difficulty levels and their drawing times were recorded. Afterwards, the drawn parts were requested to be downloaded from the online CAD library and offline CAD library, which contains many pre-drawn parts. At final stage, the change of the drawing completion time based on the courses, the gender and the design programs were determined by Kruskal-Wallis test and Mann Whitney U test. It was determined that the drawing completion time was related to the number of courses taken and known design programs, and the drawing completion time of students with advanced engineering skills developed similarly. It has been observed that vocational courses were effective on the perception of parts with different geometries and planning the next step in design. When the data were examined in terms of gender, it was found that there was no significant difference between the drawing completion time of male and female students, and that the drawing completion times were similar between students with the same engineering knowledge.

**Keywords:** CAD library, engineering, engineering students, design, drawing completion time, CAD software.

## I. GİRİŞ

90'lı yılların mühendislik ve üretim endüstrisinin en önemli teknolojilerden biri 3D CAD' dir [1,2]. Günümüzde farklı sektörler için çok çeşitli tasarım olanağı sunan CAD programları, kullanılmaya başlandığı yıllardan itibaren yeni ürünlerin tasarlanmasında ve daha fazla pazar payı elde etmelerinde firmalara rekabet avantajı sağlamıştır [3-5]. Özellikle son yıllarda yeni tasarımların ve inovasyonların ticarileşme hızını arttırmak amacıyla 3D CAD programları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [3,6]. Ekonomik gelişme hızının artırılması, firmaların rekabet gücü elde etmesi, inovasyon yoluyla ekonomik büyümenin teşvik edilmesi gibi amaçlarla, Avrupa Birliği "Horizon 2020 Programı", ABD ise 2011 yılında başkan Obama' nın açıkladığı "Amerikan İnovasyon Stratejisi" kapsamında yenilikçi projeleri destekleyen birçok faaliyette bulunmaktadır [6]. Son yıllarda yazılım teknolojileri

ve CAD yazılımlarındaki gelişmelere paralel olarak, tasarımların birbiri ile ilişkilendirilmesi, eski tasarımlardaki bazı parçaların yeni tasarımlarda kullanılması, tasarım geçmişi ve güncellemelerinin takibi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır [7-11]. Bu amaçla yapılan çalışmalardan biri de CAD kütüphanelerinin oluşturulmasıdır [2,8,12-14]. 90' lı yıllardan günümüze CAD kütüphanelerinin oluşturulmasıyla ilgili çalışmaların yapıldığı ve patentlerin alındığı bilinmektedir [15,16].

CAD kütüphaneleri, ürün ya da kalıp tasarımında daha önceden çizilmiş standart parçaların kullanılmasıyla çizim sürecini hızlandıran, tasarımcıya yardımcı olan bir veri tabanıdır [2,8,12,17]. İçerisinde hazır halde, standart ya da kütüphaneyi oluşturan firmaya ait ürünler içermektedir [15,16,18]. Bu kütüphaneler, bir ara yüz CAD programında ürünlerin tek tek çizilmesiyle oluşturulabileceği gibi, bir modelin çizilmesi ve bir programlama dili yardımıyla bu modele bağlı olarak değişen ölçülere göre yeni parçaların oluşturulması şeklinde de hazırlanabilmektedir [2,7,14,19]. Referans model üzerinde yapılan değişiklikler, programlama dilleri ve parametreler sayesinde türetilmiş diğer ürünlerde de otomatik olarak güncellenmektedir [20]. CAD kütüphanesi hazırlandıktan sonra parçalar, internet üzerinden online ve internet erişimi olmayan ortamlarda ise offline CD şeklinde kullanıcıların erişimine sunulmaktadır [16,17,21]. Hazırlanmış ürünler 2D çizim ya da 3D model olarak farklı formatlarda, tasarım yapılan CAD programına aktararak kullanılabilir [5,8,19]. Kullanıcılar CAD kütüphanelerini özelleştirilebilmekte, kelime ya da görselle tasarımda kullanacağı ürünlerle ilgili olarak kütüphane içinde arama yapabilmektedir [7,14]. Günümüzde pek çok firma ve bilgisayar destekli tasarım programlarının çoğunda CAD kütüphaneleri mevcuttur [2,8,14]. CAD kütüphaneleri oluşturma ve sunma hizmeti veren firmalar, tasarladıkları yüzlerce firmaya ait CAD kütüphanelerini server sistemlerinde tutmakta ve bu kütüphaneleri ücretli ya da ücretsiz olarak tasarımcılara/kullanıcılara sunmaktadır [15,16]. CAD kütüphaneleri, özellikle küçük ve orta büyüklükteki işletmeler için sürdürülebilir tasarımın yapılmasına, tasarım sürecinin hızlandırılmasına, maliyetlerin azaltılmasına ve işletmenin rekabet avantajı elde etmesine çok büyük bir katkı sunmaktadır [4,5,13,14]. Benzer şekilde farklı sektörlerde ve farklı uygulamalara yönelik CAD kütüphaneleri de mevcuttur [8,9,12,22].

Chang ve ark. [6] öğrencilerin sahip olduğu yeteneklere göre 3D CAD uygulamalarının öğrencilerin tasarım yaratıcılığı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, farklı öğretim stratejileri uygulanmasının öğrencilerin yenilikçi tasarım yeteneklerini geliştirmede çok önemli olduğunu ve öğrencilerin mesleki bilgilerinin pekiştirilmesiyle 3D tasarımların daha hızlı ve bilinçli olarak yapıldığını belirtmişlerdir. Alghazzawi yaptığı çalışmada, CAD/CAM yazılımlarının günümüzde hala pahalı

teknolojiler olduğu ve yüksek eğitimli personel gerektirdiği sonucuna varmıştır [23]. Eltaief ve ark. [24] özellikle projede ya da firmada çalışan tasarımcı değiştiğinde, tasarımdaki tutarlılığın ve sürekliliğin sağlanması, tasarımla ilgili verilerin çalışanlar arasında aktarılması gibi konularda CAD yazılımlarının/kütüphanelerinin zaman ve maliyet tasarrufu sağladığı ve hataları azalttığını tespit etmişlerdir. Liu ve ark. [8] 3D kütüphanelerinin, mevcut tasarımların yeniden kullanılmasıyla, modelleme işleminin kolaylaştığı, verimliliğin arttığı, kalıp tasarımında tasarımcının ihtiyacını karşıladığını belirtmişlerdir.

Kim ve ark. [2] kalıp tasarımında 3D CAD kütüphanesi ve standart kalıp elemanları kullanımının maliyet ve zaman tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir. Lupinetti ve ark. [5] tarafından CAD montaj modüllerine yönelik yaklaşım ve sistemlerin son durumları analiz edilmiştir. Araştırmacılara göre, mevcut ürünlerle ve geçmişteki tasarımlarla ilgili önceki bilgilere erişilmesi, ürün kullanım süresinin etkinliğini arttırmakta ve bu da firmaların rekabet gücünü geliştirmektedir. Az parçadan oluşan montaj bileşenleri için, CAD kütüphanesine benzer sistemlerin önemsenmediği, ancak çok sayıda bileşenden oluşan montajlı parçalarda bunun kritik bir rol oynayabileceği ifade edilmiştir. Muraleedharan ve ark. [7] tasarım sürecinde, mühendislerin zamanının %60' ının ürün aramakla geçtiği belirtilmiştir. Gunn, yeni bir tasarım yapılırken, mevcut tasarımlar üzerinde %40' a kadar yapılacak değişikliklerle yeni bir tasarımın yapılabileceğini [10], Ulmann [11] yeni ürün geliştirme sürecinde mevcut bilginin kullanımının maliyetleri %35-%75 arasında azalttığını ifade etmiştir.

Chan ve ark. [12] CAD kütüphanesine benzer bir 3D CAD yazılımını kullanarak enjeksiyon kalıbı tasarlamışlardır. Araştırmacılar kalıp tasarımında CAD/CAM sistemlerinin birbirine entegre edilmesinin, işletmenin rekabet avantajı elde etmesinde, tasarım ve üretim süreçlerinin kısaltılmasında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Collins&King [13] bu durumu CAD programlarının iş ve performans üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, CAD programlarının hem tasarımcı ve teknik ressamlar arasındaki ilişkiyi hem de çalışma grupları arasındaki ilişkiyi geliştirerek tasarımlardan yüksek performans elde edilmesini sağlama şeklinde açıklamışlardır. Wei&Yuanjun [14] CAD kütüphanelerinde model arama yapılması, tasarlanmış parçaların tekrar kullanılarak tasarım süresinin ve maliyetlerin azaltılması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. CAD modellerinde sınıflandırmaların yapılmasının yeni ürün geliştirme maliyetlerini önemli oranda azalttığı, verimliliği ve tasarımlarda standart ürün kullanımını arttırdığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

CAD kütüphaneleri ile ilgili çalışmaların daha çok parça ve kalıp tasarımı [2,8,12,14,17], CAD kütüphanesi kullanımının hata oranları [5,24] ve

maliyetler [2,13,14] üzerindeki etkisinin belirlenmesi üzerine yapıldığı görülmüştür. Tasarım süresi üzerinde, tasarımcının sahip olduğu uzmanlık ve bilgi birikiminin yanında pek çok diğer faktörün etkili olduğu bilinmektedir [25]. Tasarımcının sahip olduğu özellikleri dikkate alan ve bunların tasarım süresi, online ya da offline CAD kütüphanesi kullanma süreleri üzerindeki farklılıklarını inceleyen çalışmalar sınırlıdır [6]. Bu nedenle yapılan bu çalışmanın alana katkı sağlayacağı, mühendis adaylarının aldığı mesleki dersler ve kullanabildikleri (eğitimi aldıkları) 3D CAD program sayısının, teknik çizim tamamlama süresi, CAD kütüphanesi kullanım düzeyleri ve bunlara etki eden faktörlerin incelenmesinin geleceğin mühendis adaylarına ve kalıp ve parça tasarımcılarına ışık tutacağı düşünülmektedir. Plastik sektörü ülkemizin öncü sektörlerinden biridir. Plastiklerin enjeksiyon [26,27] ve döküm [3] yöntemlerle kalıplanması, plastiklerin kaynakla birleştirilmesi [28-30] vb. konularda optimizasyon ve maliyeti azaltıcı çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmalar araştırılan konu hakkında yol gösterici olmaktan uzaktır. Araştırmacılar tarafından CAD kütüphaneleri benzeri sistemlerin ölçeklenebilirliğinin ve verimliliğinin belirlenmesi gerektiği, ürün geliştirme süreci için bunun önemli olduğu ifade edilmiştir [2,4,5]. Ancak literatürde parça ve kalıp tasarımı, CAD kütüphanesi kullanımı ile ilgili çalışmalar oldukça az sayıda ve sınırlıdır. Endüstride, araştırmacılar tarafından ifade edilen çalışmaların ticari kaygılar, şirket politikaları vb. nedeniyle büyük ölçekli kullanıcılarla yapılması ve tasarım konusunda çalışan mühendislerin bir araya getirilmesi oldukça zordur. Bu nedenle, çalışmadaki örneklem grubuna, plastik malzemeler konusunda bilgi sahibi, ilgili mesleki derslerini almış, farklı tasarım programlarına ait eğitimlerin verildiği Polimer Malzeme Mühendisi adayları alınmıştır. Fakültede mevcut diğer mühendislik bölümlerinde tasarım tabanlı derslerin SolidWorks üzerinden tek bir programla öğretilmesi, araştırmanın zaman ve katılımcı kısıtlamaları nedeniyle Polimer Malzeme Mühendisliği bölümü öğrencileri ile sınırlı kalması en önemli sınırlılığdır. Bu durum araştırma sonuçlarının genellenmesine engel teşkil etmektedir. Ancak mühendis adayları arasında böyle bir çalışmanın yapılması, tasarımcının sahip olduğu bilgi birikiminin, tasarım süresi ve CAD kütüphanesi kullanmadaki farklılıkların belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Araştırmanın literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Literatür incelemelerinde CAD kütüphaneleri ile ilgili çalışmaların daha çok parça ve kalıp tasarımı [2,8,12,14,17], CAD kütüphanesi kullanımının hata oranları [5,24] ve maliyetler [2,13,14] üzerindeki etkisinin belirlenmesi üzerinde yapıldığı görülmüştür. Tasarımcı yetkinliği ve parça zorluğuna göre; offline ve online CAD kütüphanesi kullanım etkinliği üzerine yeterli çalışmaların yapılmadığı gözlemlenmiştir [6]. Araştırmacılar tarafından CAD kütüphaneleri benzeri sistemlerin ölçeklenebilirliğinin ve verimliliğinin

belirlenmesi gerektiği, ürün geliştirme süreci için bunun önemli olduğu ifade edilmiştir [2,4,5]. Bu çalışmanın amacı; mühendislik fakültesinde öğrenim gören öğrencilerin farklı seviyelerdeki çizimleri tamamlama sürelerinin cinsiyet, aldıkları mesleki dersler ve kullanabildikleri CAD programlarına göre nasıl farklılaştığının, online ve offline CAD kütüphanesi çizim bulma ve indirme süreleri ile ne derece ilişkili olduğunun araştırılmasıdır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Araştırmanın Modeli

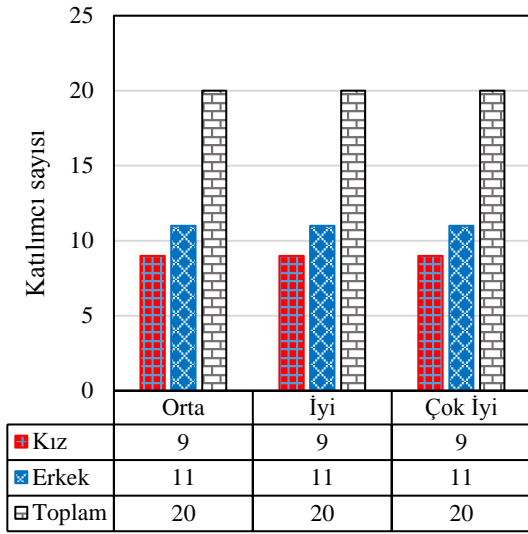
Araştırmada, keşifsel bir araştırma modeli kullanılmıştır. Çalışmada, kontrol değişkenleri bakımından aynı değere sahip katılımcılar, gruplarda kendi içerisinde eşleştirilmiştir. Çalışmada, oluşturulan üç farklı grup üzerinden mühendis adaylarının teknik çizim tamamlama ve CAD kütüphanesi kullanma sürelerinin çeşitli değişkenlere göre değişip değişmediği araştırılmıştır.

### 2.2. Katılımcılar

Araştırmada, Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Polimer Malzeme Mühendisliği Bölümünde 2018-2019 eğitim öğretim yılında 3. ve 4. sınıfta okuyan öğrenciler araştırma grubu olarak belirlenmiştir. Etik kurul kararı gerektirmeyen ancak veri kullanım izni gerektiren bu çalışma için Polimer Malzeme Mühendisliği Bölüm Başkanlığından veri kullanım izni alındı. Kolayda örnekleme, ana kütle içerisinde seçilecek örnek kesimin araştırmacının yargılarınca belirlendiği, verilerin ana kütlede en kolay, hızlı ve ekonomik şekilde toplandığı tesadüfi olmayan örnekleme yöntemidir [31]. Bu yüzden bu araştırmada, öğrenciler öğrenim gördükleri sınıf ve dönem, aldıkları mesleki dersler ve bu derslerden aldıkları notlar, eğitimi aldıkları 3D CAD programları ve cinsiyet göz önünde bulundurularak kolayda örnekleme yolu ile seçildi. Belirlenen bu kriterlere göre eşleştirilen öğrenciler, mesleki derslerden aldıkları notlar ve 3D CAD programları ile yaptıkları uygulamalardan aldıkları notlara göre, aynı değere sahip 20 kişiden oluşan, orta, iyi ve çok iyi şeklinde üç gruba ayrılmıştır. Katılımcıların %45' i (n=27 Kişi) kız ve %55' i (n=33 Kişi) erkektir. Katılımcıların gruplara ve cinsiyete göre dağılımı Şekil 1' de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Orta, iyi ve çok iyi olmak üzere her bir grup için çalışmalar ayrı gruplar halinde farklı zamanlarda yapıldı. Katılımcılar mühendislik fakültesi tasarım laboratuvarında bulunan bilgisayarlara rastgele dağıtıldı. Tasarım öncesinde katılımcılara çalışma ile ilgili olarak gerekli bilgiler verildi. Her bir katılımcıya tasarlayacakları parçaların perspektif resimleri dağıtıldı. Her bir parça tasarımı öncesinde katılımcıların tasarımı planlaması amacıyla modellemeye başlamadan önce resim üzerinde düşünceleri için bir dakika süre verildi. Sonrasında başla komutu ile aynı anda çizime başlandı ve çizim

süreleri kronometre ile kayıt altına alındı.



Şekil 1. Katılımcı gruplarının cinsiyete göre dağılımı

### 2.3. Bağımsız Değişkenler

Bu çalışmada, öğretim stratejisi bağımsız bir değişken olarak kabul edilmiştir. Gruplardaki öğrenciler, ilgili sınıfların ders programlarının gerektirdiği tüm dersleri almıştır. Gruplarda öğrencilerin kullanabildikleri CAD/CAM programlarının ve almış oldukları mesleki derslerin sayısı birbirinden farklıdır. Farklı gruplarda yer alan öğrencilerin, kullanabildiği CAD/CAM yazılımlarının ve aldığı mesleki derslerin öğrencinin çizim tamamlama süresi, online ve offline CAD kütüphanesi kullanımı üzerindeki farklılıkların ölçülmesi hedeflenmiştir. Her bir grupta yer alan öğrencilerin kullanabildikleri CAD yazılımları ve almış

oldukları mesleki derslere ait bilgiler Tablo 1’ de verilmiştir.

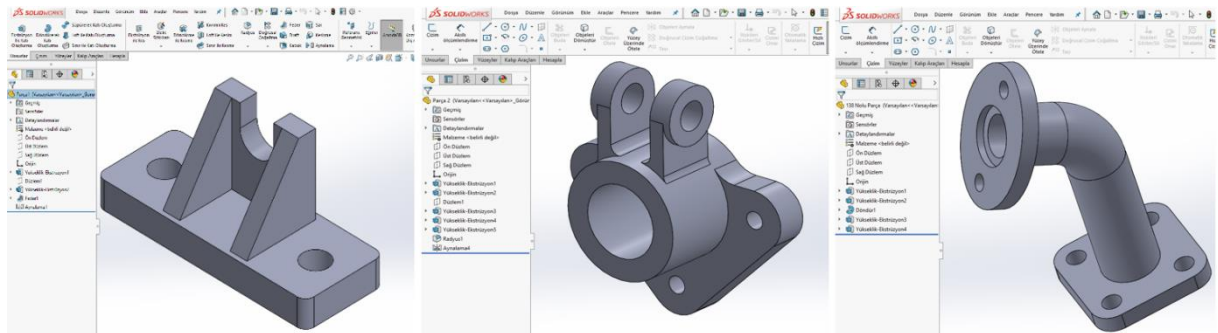
Öğrencilerden ilk aşamada; sırasıyla Şekil 2’ de yer alan üç parçayı SolidWorks yazılımında modellemeleri istendi. Öğrenciler tarafından her bir parça ayrı olacak şekilde part ortamında modellendi. Modellenen parça bittikten sonra tüm öğrenciler çizimi tamamlayınca kadar diğer öğrenciler bekledi. Daha sonra hep beraber diğer parçanın modellenmesine geçildi. Tüm süreç boyunca bu tekrar edildi. Öğrencilerin çizime başlama ve bitiş süreleri kronometre ile kontrol altına alındı ve çizim esnasında öğrenci bilgisayarları “NetSupport School” isimli yazılım yardımıyla eğitimci bilgisayarı tarafından kontrol edildi.

İkinci aşamada öğrencilerden, ürünü bulut tabanlı depolama sistemleri üzerinden oluşturulan ve giriş bilgileri öğrencilerle paylaşılan içerisinde farklı çizimlerinde yer aldığı online CAD kütüphanesinden indirmeleri istendi. Aramaya başlama ve CAD dosyasının bilgisayara indirilmesine kadar olan süreç kronometre ile kontrol altına alındı. Üçüncü aşamada öğrencilerden, offline CAD kütüphanesi mantığıyla server (eğitici bilgisayarı) üzerine yüklenen kütüphaneden parçayı bulmaları ve kendi bilgisayarlarına indirmeleri istendi. Benzer şekilde servera bağlanma ve CAD dosyasının bilgisayara indirilmesine kadar olan süreç kronometre ile kontrol altına alındı. Elde edilen ölçüm sonuçları, Kruskal-Wallis testi ve Mann Whitney U testi ile değerlendirilerek öğrencilerin online ve offline CAD kütüphanesi kullanıma süreleri incelendi. Elde edilen veriler kullanılarak, kız ve erkek öğrencilerin çizim tamamlama süreleri arasındaki farklılıklar incelendi.

Tablo 1. Cad/CAM yazılımları ve mesleki derslere göre öğrencilerin gruplandırılması

Grup	CAD/CAM Yazılımları			Mesleki Dersler				
	AutoCad	SolidWorks	CATIA	TR <sup>a</sup>	Tİ <sup>b</sup>	PPT <sup>c</sup>	BDT <sup>d</sup>	KT <sup>e</sup>
Orta	+	+	-	+	+	-	-	-
İyi	+	+	+	+	+	+	+	-
Çok İyi	+	+	+	+	+	+	+	+

<sup>a</sup>Teknik Resim, <sup>b</sup>Temel İşlemler ve Makine Proses, <sup>c</sup>Plastik Parça Tasarımı ve Müh. Uyg., <sup>d</sup>Bilg. Destekli Tasarım, <sup>e</sup>Kalıp Tasarım ve Üretimi



Şekil 2. Öğrencilerin modellediği parçalara ait ekran görüntüleri

İkinci aşamada öğrencilerden, ürünü bulut tabanlı depolama sistemleri üzerinden oluşturulan ve giriş bilgileri öğrencilerle paylaşılan içerisinde farklı çizimlerinde yer aldığı online CAD kütüphanesinden indirmeleri istendi. Aramaya başlama ve CAD dosyasının bilgisayara indirilmesine kadar olan süreç kronometre ile kontrol altına alındı. Üçüncü aşamada öğrencilerden, offline CAD kütüphanesi mantığıyla server (eğitici bilgisayarı) üzerine yüklenen kütüphaneden parçayı bulmaları ve kendi bilgisayarlarına indirmeleri istendi. Benzer şekilde servera bağlanma ve CAD dosyasının bilgisayara indirilmesine kadar olan süreç kronometre ile kontrol altına alındı. Elde edilen ölçüm sonuçları, Kruskal-Wallis testi ve Mann Whitney U testi ile değerlendirilerek öğrencilerin online ve offline CAD kütüphanesi kullanıma süreleri incelendi. Elde edilen veriler kullanılarak, kız ve erkek öğrencilerin çizim tamamlama süreleri arasındaki farklılıklar incelendi.

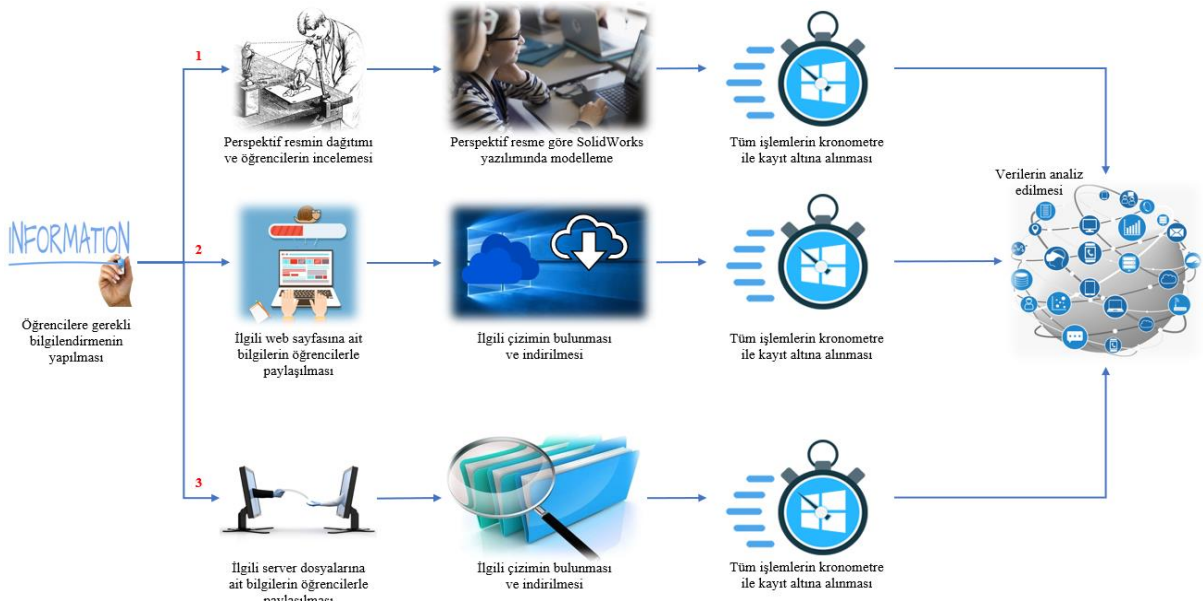
#### 2.4. Değerlendirme ve Tasarım Prosedürü

Şekil 2' de SolidWorks ekran görüntüsü verilen parçalar, modellemede kullanılan komut sayısı, bütünleşik komut kullanımı, ürün ağacının yapısı, parça geometrisi, katı modeli oluşturmak için kullanılan unsurlar, katı model oluşturma sırası dikkate alınarak basit, orta ve zor tasarım şeklinde sınıflandırıldı. Her bir parçanın tamamlanmasından sonra, 100 tam puan

üzerinden yapılan modelleme, çizim tamamlama süresi, çizimde izlenen tasarım mantığı, komut kullanma sırası, yapılan işlemin doğruluğu, ürün ağacının yapısı değerlendirilerek her öğrencinin yaptığı tasarımlar puanlandı. Öğrencilere ait tasarım süreleri, online ve offline CAD kütüphanesinden parçayı indirme süreleri, öğrencinin kullanabildiği CAD yazılımları ve almış olduğu mesleki derslere ve öğrenci cinsiyetine göre başarı değerlendirmeleri ve analizler yapıldı. Öğrencilerin çizim tamamlama süreleri ve CAD Kütüphanelerinden çizim bulma ve indirme süreleri arasındaki farklılıklar belirlendi. Çalışma tasarımı Şekil 3' te şematik olarak gösterilmiştir.

#### 2.5. Verilerin Analizi

Araştırma verilerinin analizinde yüzde, aritmetik ortalama, Pearson korelasyon, Mann Whitney U Test, Kruskal-Wallis Testi kullanılmış ve SPSS-16.0 istatistik programından yararlanılmıştır. Katılımcıların online ve offline CAD kütüphanesi kullanma sürelerinin farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için T-testi; kullanılan CAD yazılımları ve çizim süreleri arasındaki farklılıklar Mann Whitney U Testi; alınan mesleki dersler ve çizim süreleri arasındaki farklılıklar Kruskal-Wallis Testi, cinsiyete göre çizim tamamlama süreleri arasında farklılıklar olup olmadığını belirlemek amacıyla Mann Whitney U Testi yapılmıştır.



Şekil 3. Çalışma tasarımı ve işlemlerin şematik gösterimi

### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Çizimlerin Zorluk Seviyesi ve Tamamlama Süreleri

Kolay, orta ve zor olmak üzere üç farklı zorluk seviyesindeki çizimlerin, öğrencilerin hangi sürelerde tamamladıkları ölçümlenmiş ve tanımlayıcı istatistikler Tablo 2' de sunulmuştur. Beklendiği gibi çizimlerin zorlaşmasıyla birlikte çizimlerin tamamlanma süreleri artmaktadır. Genel olarak farklı özelliklere sahip

tasarımlarda süreler farklılaşmakta ve tasarımdaki geometrik hatlara bağlı olarak süreler artmaktadır [25]. Aynı geometrileri çalışan/çizen öğrencilerin, geometri farklılaştığında daha yavaş çizim yapmaları beklenen bir durumdur. CAD programlarının öğretildiği derslerde uygulama kısmına daha fazla ağırlık verilmesi, farklı geometrilerin bir bütünlük içinde uygulama da kullanılması, öğrenciler için zor parçalarda çizim sürelerini daha da kısaltabilir.

**Tablo 2.** Üç farklı zorluk seviyesi için çizimlerin tamamlanma süreleri

Parça zorluk seviyesi	Kişi Sayısı	Min. (Saniye)	Max. (Saniye)	Ortalama (Saniye)	Standard Sapma
Kolay	60	80	196	131,58	42,96
Orta	60	165	307	232,27	52,04
Zor	60	440	1034	723,53	230,31

### 3.2. Online CAD Kütüphanesi ve Offline CAD Kütüphanesi Kullanımı

Araştırma soruları kapsamında cevap aranın diğer bir soru, tüm katılımcıların online CAD kütüphanesi kullanma süreleri ile offline CAD kütüphanesi kullanma sürelerinin farklılaşıp farklılaşmadığıdır. Bu amaçla öğrencilerin online ve offline CAD kütüphanelerinde çizim bulma ve indirme süreleri karşılaştırılmıştır. Yapılan İlişkili-Örneklem T Testi sonucunda öğrencilerin offline kütüphanede çizim bulma ve indirme sürelerinin, online CAD kütüphanesinden çizimi bulma ve indirme sürelerinden anlamlı şekilde farklılaştığı ( $p<0,01$ ) ve varyansların homojen bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Tablo 3' te sunulan ortalama değerler

incelendiğinde öğrencilerin çizimleri offline olarak bulmaları için harcadıkları zamanın online CAD kütüphanesinden çizim bulup indirme zamanlarının neredeyse yarısı olduğu (Ort. offline= 56,367; Ort. online=104,633) görülmüştür. Online CAD kütüphanesindeki dosya sayıları, dosyalama ve gruplandırma sistemi, internet altyapısı ve indirme hızı bu kütüphanelerin verimi üzerinde oldukça etkilidir. Diğer yandan firmalarda offline CAD kütüphanesi şeklinde, sürekli kullanılan parçaların bir tasarım klasöründe kolay ulaşılabilen bir yerde tutulması, çoklu parçalardan oluşan tasarımlarda tasarım sürelerinin kısaltılmasında etkili olacaktır. Bu etki Tablo 3' te net bir şekilde görülmektedir.

**Tablo 3.** Online ve offline CAD kütüphanesi indirme sürelerine dair tanımlayıcı istatistiksel ve bağımlı örneklem T testi sonucu

Çizim bulma ve indirme süresi	Ortalama (s)	Kişi Sayısı	Std. Sapma	Ort. Std. Hata	t	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık düzeyi
Offline CAD kütüphanesi	56,37	60	10,69	1,38			
Online CAD kütüphanesi	104,63	60	4,48	,58	-47,54	59	,00

### 3.3. Korelasyon Analizi Sonuçları

Analiz sürecinde bir sonraki aşamada; çizim tamamlama sürelerinin hangi faktörler ile ilişkili olduğu araştırılmıştır. Bu kapsamda ilk aşamada, çizim sürelerinin offline CAD ve online CAD kütüphanesinden çizim indirme süreleri ile Tablo 4' te verilen Pearson korelasyon katsayıları kolay, orta ve zor parçaların çizim süreleri ile ve offline CAD ve online CAD kütüphanesi parça indirme süreleri arasında güçlü pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Buna göre CAD kütüphaneleri parça indirme süresi arttıkça, parça çizim süreleri de artmaktadır. Benzer dosyalar içerisinde, karmaşık

geometrilerin algılanması ve dosyanın bulunmasını daha da zorlaşmaktadır. Bu durum üzerinde algıda seçicilik etkili olmaktadır. Özellikle online CAD kütüphanelerinde, parça geometrilerine bağlı olarak arama seçeneklerinin eklenmesi, aranan parçaların daha kolay bir şekilde bulunmasını sağlayacaktır. Tasarımlarında farklı firmalara ait ürünleri online CAD kütüphanelerinden indirerek kullanan tasarımcılar ilgili web sayfalarında geçirmiş oldukları süreyi azaltarak, daha verimli bir tasarım zamanına kavuşacaklardır. Tasarım sürelerinin azalması ile ilgili ürünlerin maliyetlerini önemli oranda etkileyecektir [32].

**Tablo 4.** Korelasyon analizi sonuçları

Parça zorluk seviyesi	Offline CAD Kütüphanesi Süre (dakika)	Online CAD Kütüphanesi Süre (dakika)
Parça çizim süresi (S), Seviye: Basit	,88**	,78**
Parça çizim süresi (S), Seviye: Orta	,88**	,80**
Parça çizim süresi (S), Seviye: Zor	,89**	,78**



### 3.4. Kullanılan CAD Yazılımları ve Çizim Süreleri

Çizim sürelerinin kullanılan (hâkim olunan veya eğitimi alınan CAD yazılımı) sayısına göre farklılaşp farklılaşmadığı incelenmiştir. Öğrenciler tarafından kullanılan yazılımların oranları Tablo 5’ de verilmiştir. Özellikle lisans öğrenimi boyunca farklı bilgisayar yazılımlarını kullanan/kullanacak öğrenciler için ders planlarının oluşturulmasında, kolaydan zora birbirini tamamlayıcı yazılım programlarının birbirini takip eden dönemlere ayrılması, ilgili yazılımları öğrenme ve kullanma kolaylığını arttıracaktır.

Öğrencilerin tamamı çizim yazılımlarından AutoCAD ve SolidWorks’ u kullanırken, yalnızca %33’ ünün CATIA kullandığı dikkat çekmektedir. Diğer bir ifade ile öğrencilerin tamamı en az iki çizim programı kullanırken, yalnızca %33’ ü üçüncü bir program

kullanmayı bilmektedir. Üçüncü programın kullanılıp kullanılmama durumuna göre çizim sürelerine dair ortalamalar ve süreler arasında farkın sınındığı Mann Whitney U Test sonuçları Tablo 6’ da sunulmuştur.

Test sonuçları, diğer tasarım programlara ek olarak CATIA yazılımını da kullanan öğrencilerin çizim sürelerinin kullanmayanlardan anlamlı şekilde daha kısa olduğunu ( $p<0,01$ ) göstermiştir. Bu durum, az sayıda tasarım programı kullanan kişilere oranla daha fazla sayıda tasarım programını kullanan kişilerde tasarım yetkinliğinin gelişmesi ve daha iyi bir bakış açısının oluşmasından kaynaklanmış olabilir. Benzer şekilde kullanılan programın özelliklerini ve kullanıcıya kolaylık sağlayacak modülleri bilmekte tasarımın daha hızlı geliştirilmesine katkı sağlayabilir [33].

**Tablo 5.** Öğrencilerin eğitimini aldıkları programlara ait istatistiksel veriler

CAD Yazılımı	Kullanan öğrencilerin oranı (%)	Kullanmayan öğrencilerin oranı (%)
AutoCad	100	0
SolidWorks	100	0
CATIA	33	67

**Tablo 6.** CATIA kullanma durumuna göre çizimlerin tamamlanma süreleri ve Mann Whitney U Test sonuçları

Parça zorluk seviyesi	CATIA kullandı mı?	N	Ortalama	Std. Sapma	Anlamlılık düzeyi
Parça çizim süresi (s), Seviye: Basit	Evet	40	103,28	17,87	,00
	Hayır	20	188,20	3,82	
Parça çizim süresi (s), Seviye: Orta	Evet	40	198,00	21,73	,00
	Hayır	20	300,80	4,87	
Parça çizim süresi (s), Seviye: Zor	Evet	40	573,95	106,60	,00
	Hayır	20	1022,70	8,32	

### 3.5. Alınan Mesleki Dersler ve Çizim Süreleri

Öğrenci çizim süreleri ile aldıkları ders sayıları arasında bir farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Buna göre öğrencilerin %33’ ünün iki, %33’ ünün dört, %33’ ünün ise toplam beş mesleki eğitim dersi (mühendislik temel dersleri) aldıkları görülmüştür. Tablo 7’ de öğrencilerin almış olduğu dersler ve ortalamalarına dair tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Farklı zorluk seviyesindeki çizimlerin farklı sayılarda mesleki eğitim dersi alan öğrenciler tarafından ne sürede tamamlandığını gösterir tanımlayıcı istatistiksel veriler Tablo 8’ de sunulmuştur. Gruplar arasındaki süre farklarının anlamlı olup olmadığını test etmek için Kruskal-Wallis Testi uygulanmıştır. Tablo 8’ de özetlenen sonuçlar farklı zorluk seviyelerindeki çizimlerin tamamlanma sürelerinin alınan mesleki ders sayısına göre anlamlı farklılık gösterdiğini ( $p<0,01$ ), nispeten daha fazla sayıda ders alan öğrencilerin

çizimlerini çok daha kısa sürelerde tamamladıklarına işaret etmektedir. Öğrencilerin daha fazla mesleki ders alması, çizim tamamlama sürelerini kısaltmakta [34] ve farklı programları kullanma becerisi kazanan öğrenciler tasarımda, bir sonraki tasarım adımını daha hızlı bir şekilde planlayabilmektedir [6].

### 3.6. Cinsiyete Göre Çizim Süreleri

Öğrenci çizim tamamlama sürelerinin, öğrenci cinsiyetlerine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Tablo 9’ da özetlenen Mann Whitney U Testi sonuçları farklı zorluk düzeylerindeki çizimlerin tamamlanma sürelerinin kız ve erkek öğrenciler için çok benzer seyrettiği ve anlamlı bir farkın bulunmadığını göstermiştir. Çizim tamamlama süresi açısından kız ve erkek öğrenciler arasında belirgin bir fark yoktur. Bilgisayar programları kullanma açısından kız ve erkek öğrenciler arasında belirgin bir fark olmadığı bilinmektedir [35].

**Tablo 7.** Alınan mesleki derslere ait istatistiksel veriler

Mesleki Ders Adı	Alanlar (%)	Almayanlar (%)
Teknik Resim ve Bilgisayar Uygulamaları	100	0
Temel İşlemler ve Makine Proses	100	0
Bilgisayar Destekli Tasarım	33	67
Plastik Parça tasarımı ve Mühendislik Uygulamaları	67	33
Kalıp Tasarım ve Üretimi	33	67

**Tablo 8.** Alınan mesleki ders sayısına göre çizimlerin tamamlanma süreleri ve Kruskal-Wallis Testi sonuçları

Parça zorluk seviyesi	Alınan ders sayısı	N	Ortalama	Std. Sapma	Anlamlılık düzeyi
Parça çizim süresi (S), Seviye: Basit	2	20	188,20	3,82	,00
	4	20	120,60	3,84	
	5	20	85,95	2,95	
	Toplam	60	11,58	42,96	
Parça çizim süresi (S), Seviye: Orta	2	20	300,80	4,87	,00
	4	20	218,85	3,69	
	5	20	177,15	6,35	
	Toplam	60	232,27	52,04	
Parça çizim süresi (S), Seviye: Zor	2	20	1022,70	8,32	,00
	4	20	677,55	22,14	
	5	20	470,35	15,48	
	Toplam	60	723,53	230,31	

**Tablo 9.** Cinsiyete göre farklı zorluklardaki çizimlerin tamamlanma süreleri ve Mann Whitney U Testi sonuçları

Parça zorluk seviyesi	Cinsiyet	N	Ortalama	Std. Sapma	Anlamlılık düzeyi
Parça çizim süresi (S), Seviye: Basit	Kız	27	131,52	43,30	0,96
	Erkek	33	131,64	43,35	
Parça çizim süresi (S), Seviye: Orta	Kız	27	231,48	52,78	0,76
	Erkek	33	232,91	52,23	
Parça çizim süresi (S), Seviye: Zor	Kız	27	721,44	234,24	0,77
	Erkek	33	725,24	230,67	

### III. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Polimer Malzeme Mühendisliği'nde öğrenim gören mühendis adaylarının, SolidWorks programında çizim tamamlama süreleri, online ve offline CAD kütüphanesi kullanma süreleri arasındaki farklılıklar, Kruskal-Wallis testi ve Mann Whitney U testi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

1. Çizimlerin zorluk derecesinin artmasıyla, öğrencilerin çizim tamamlama süreleri de artmıştır. 3D CAD programlarının öğretildiği derslerin uygulama kısmı için ders sayılarının artırılması, öğrenciler için farklı geometrilere sahip parçaların çiziminde daha fazla pratik imkânı sağlanması ve programların daha kolay öğrenilmesi açısından olumlu olacaktır. Özellikle uygulama ağırlıklı derslerde, bir parçayı modellemeye başlamadan önce, eğitmen ve

öğrencilerin birlikte çizim analizi yapmaları ve modellemenin daha kısa sürede nasıl tamamlanacağı ile ilgili, çizimde ve tasarım programında nelere dikkat etmeleri gerektiğine ilişkin çalışmaların niteliği ve sayısı artırılması önerilmektedir. Bu sayede öğrencilerin uygulama ağırlıklı derslerde aktif katılımı daha fazla olacaktır.

2. Gruplar arasında online ve offline CAD kütüphanesi kullanma süreleri farklılaşmaktadır. Daha fazla sayıda mesleki ders alan ve 3D CAD programı kullanan öğrencilerin hem online hem de offline CAD kütüphanesinden çizimi bulup indirmeleri daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Tasarım tabanlı derslerini, mesleki derslerle pekiştiren öğrencilerin mühendislik bakış açısının geliştiği, sürekli benzer işleri yapan öğrencilerin ise; kendilerinden beklenileni daha kolay algılayabildikleri gözlemlenmiştir. Özellikle



- tasarım/uygulama tabanlı eğitim verilen bölümlerde, mesleki derslerle birlikte mühendislik eğitiminin pekiştirilmesi, ilgili bölüm amaçları ile verilen derslerden (eğitim-öğretimden) istenilen çıktıların elde edilmesi açısından önerilmektedir.
3. Tüm gruplar için, öğrencilerin online CAD kütüphanesi (Ort. online=104,63) ve offline CAD kütüphanesinden (Ort. online=56,37) çizim bulma ve indirme sürelerinin ortalamasına bakıldığında, offline CAD kütüphanesinden çizim bulma ve indirme işleminin daha hızlı gerçekleştirildiği görülmektedir. İnternet altyapısı, CAD dosyalarını dosyalama ve gruplandırma sistemleri, indirme hızı gibi parametrelerin bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Bu durum çok parçadan oluşan tasarımlarda maliyeti arttırıcı bir unsur olacaktır. Tasarım sürelerinin kısaltılması ve parçalara daha kolay erişimin sağlanması açısından, online CAD kütüphanelerine ek olarak, şirket içerisindeki ağda offline CAD kütüphanesi şeklinde sürekli kullanılan dosyaların depolanması ve ürünlerin gruplandırılması önerilmektedir. Bu sayede CAD kütüphanelerinin kullanıldığı tasarımlarda, tasarım sürelerinin kısaltılması ve standart parçaların kullanılmasıyla tasarım maliyetlerin azaltılması sağlanabilir.
  4. Karmaşık geometrilere sahip parçaların öğrenciler tarafından modelleme esnasında algılanması, basit parçalara oranla daha da zorlaşmaktadır. Bu durum çizim tamamlama sürelerini de arttırmaktadır. Benzer şekilde karmaşık geometrilere sahip parçaların CAD kütüphaneleri içerisinde aranması ve indirilmesi de daha uzun sürelerde gerçekleşmektedir. Bu nedenle CAD kütüphaneleri yazılımlarında arama seçenekleri içerisinde geometri ile arama yapma seçeneğinin de eklenmesi, parçaların daha kısa sürelerde bulunabilmesi açısından önerilmektedir.
  5. Az sayıda 3D CAD tasarım programı kullanan öğrencilere oranla, daha fazla sayıda 3D CAD tasarım programı kullanan öğrenciler çizimlerini daha kısa sürede tamamlamışlardır. Birden fazla tasarım programı kullanabilmek öğrencilerin tasarıma olan yatkınlığını arttırdığı ve bakış açısını geliştirdiği düşünülmektedir. Farklı tasarım programlarının eğitimlerinin verildiği mühendislik bölümlerinde, programların sistematik bir şekilde kolaydan zora doğru (önce 2D sonra 3D) olacak şekilde dönem planlarına eklenmesi, aynı dönem içerisinde benzer tabanlı en fazla bir tasarım programının öğretilmesi, öğrenci başarısının yükseltilmesi ve istenilen çıktılarının elde edilmesi açısından önerilmektedir.
  6. Nispeten daha fazla sayıda mesleki ders alan öğrenciler, diğer öğrencilere oranla çizimlerini çok daha kısa sürelerde tamamlamışlardır. Alınan mesleki derslerin fazlalığı, temel üretim yöntemlerinin bilinmesi modellenen parça geometrisinin algılanmasını kolaylaştırmakta ve öğrenci bir sonraki tasarım adımını daha kolay planlayabilmektedir. Tasarım programlarının yönelik eğitimlerin verildiği mühendislik bölümlerinde, bu eğitimlerin uygun içerikteki mesleki derslerle birlikte desteklenmesi ve konuların senkronize şekilde ilerlemesi önerilmektedir. Bu sayede öğrencilerde hem üretim mantığı hem de tasarım mantığı daha kolay yerleşecek ve bölüm amaçları ile uyumlu ders çıktıları elde edilebilecektir.
  7. Cinsiyetin çizim tamamlama süreleri açısından belirgin bir önemi yoktur. Aynı grupta yer alan kız ve erkek öğrenciler arasında çizim tamamlama süreleri açısından belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Dolayısıyla; tasarımcı arayışı içerisinde olan firmaların verdiği iş ilanlarında cinsiyet belirtmeleri ve erkek öğrencilerin kız öğrencilere oranla daha başarılı olduğu düşüncesi geçersizdir. Tasarımcı aranıyor ilanlarında cinsiyet belirtilmemesi, kadınların iş hayatında daha fazla desteklenmesi ve önyargıların kırılması açısından önerilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Yazar, etik kurul kararı gerektirmeyen ancak veri kullanım izni gerektiren bu çalışma için, gerekli izinleri sağlayan ve çalışmada kullanılan verileri yazarla paylaşan Polimer Malzeme Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve 2020/F/001 nolu proje ile çalışmaya verdiği destek nedeniyle Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

- [1] Toriya, H., Chiyokura, H. (2012). 3D CAD: Principles and Applications, Springer Publishing Company, USA.
- [2] Kim, C.W., Park, C.H., Lee, S.S. (2007). An Automated Design System of Press Die Components Using 3-D CAD Library, Computational Science and Its Applications, O. Gervasi and M.Gavrilova (Eds.), Part II, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, s. 961-974.
- [3] Karagöz, İ. (2018). Bilgisayar Destekli Programlar Kullanılarak Hazırlanmış Döküm Kalıbı ve Ürün Tasarımının Polimer Kompozit Malzemedен Üretilmesi, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 346-352. doi: 10.31202/ecjse.378957
- [4] Mikolajczyk, T., Malinowski, T., Moldovan, L., Fuwen, H., Pacakowski, T., Ciobanu, I. (2019). CAD CAM System for Manufacturing Innovative Hybrid Design Using 3D Printing, *Procedia*

- Manufacturing*, 32, 22-28.
- [5] Lupinetti, K., Pernot, J.P., Monti, M., Giannini, F. (2019). Content-based CAD assembly model retrieval: Survey and future challenges, *Computer-Aided Design*, <https://doi.org/10.1016/j.cad.2019.03.005>
- [6] Chang, Y.S., Chien, Y.H., Lin, H.C., Chen, M.Y., Hsieh, H.H. (2016). Effects of 3D CAD Applications on the design creativity of students with different representational abilities, *Computers in Human Behavior*, 65, 107-113.
- [7] Muraleedharan, L.P., Kannan, S.S., Muthuganapathy, R., Autoencoder-based part clustering for part-in-whole retrieval of CAD models, *Computers & Graphics*, <https://doi.org/10.1016/j.cag.2019.03.016>
- [8] Liu, W., Zhou, X., Niu, Q., Ni, Y. (2014). A convenient part library based on SolidWorks platform, *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, 8(12), 1941-1944.
- [9] Park, S.C., Sukthakar, R., Mummert, L., Satyanarayanan, M., Zheng, B. (2007). Optimization of reference library used in content-based medical image retrieval scheme, *Medical Physics*, 34,11, 4331-4339.
- [10] Gunn, G.T. (1982). The Mechanization of Design and Manufacturing, *Scientific American*, 247(3), 114-131.
- [11] Ullman, D.G. (2010). The Mechanical Design Process, 4th ed., McGraw-Hill Companies Inc., USA, s. 4-7.
- [12] Chan, W.M., Yan, L., Xiang, W., Cheok, B.T. (2003). A 3D CAD knowledge-based assisted injection mould design system, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 22, 387-395.
- [13] Wei, L., Yuanjun H. (2008). Representation and retrieval of 3D CAD models in part library, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 36, 950-958.
- [14] Collins, P.D., King, D.C. (1998). Implications of computer-aided design for work and performance, *The Journal of Applied Behavioral Science*, 24(2), 173-190.
- [15] Minagawa, E. (1998). Preparation system for automatically preparing and processing a CAD library model. US Patent 5,754, 842.
- [16] Duncan, S.A., McKee, L.J. (2004). Multi-discipline universal CAD library. US Patent US 6, 721, 614 B2.
- [17] Shin, Y., Han, S.H., Bae, D.H. (2000). Integration of heterogeneous CAD databases using STEP and the Internet, *Decision Support Systems*, 28, 365-379.
- [18] Ma, Y.S., Tor, S.B., Britton, G.A. (2003) The development of a standard component library for plastic injection mould design using an object-oriented approach, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 22, 611-618.
- [19] Ma, Y.S., Britton, G.A., Tor, S.B., Jin, L.Y. (2007). Associative assembly desing features: concept, implementation and application, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 32, 434-444.
- [20] Qamhiyah, A.Z. (1998). A Strategy fort he construction of customized design libraries for CAD, *Computer-Aided Design*, 30(11), 897-904.
- [21] Bedeka, A.K., Lin, C.Y. (2018). CAD\_based robot path planning and simulation using OPEN CASCADE, *Procedia Computer Science*, 2018, 133, 779-785.
- [22] Myung, S., Han, S. (2001). Knowledge-based parametric design of mechanical products based on configuration design method, *Expert Systems with Applications*, 2001, 21, 99-107.
- [23] Alghazzawi, T.F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation, *Journal of Prosthodontic Research*, 60(2), 72-84.
- [24] Eltaief, A., Louhichi, B., Remy, S. (2018). Associations management and change propagation in the CAD assembly, *Computers in Industry*, 98, 134-144.
- [25] Higashi, T., Kanai, H. (2018). Impact of practice effect on each difficulty of cutting skill, NordiCHI '18: Proceedings of the 10th Nordic Conference on Human-Computer Interaction, September s. 904-909. <https://doi.org/10.1145/3240167.3240236v>
- [26] Karagöz, I. (2021). An effect of mold surface temperature on final product properties in the injection molding of high-density polyethylene materials, *Polym. Bull.*, 78(5), 2627-2644. <https://doi.org/10.1007/s00289-020-03231-2>
- [27] Karagöz, İ., Tuna, Ö. (2021). Effect of melt temperature on product properties of injection-molded high-density polyethylene, *Polym. Bull.* <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03695-w>
- [28] Karagöz İ., Öksüz, M. (2018). Microstructures occurring in the joined thermoplastics sheets with friction stir welding, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(2), 503-515.
- [29] Karagöz İ., Öksüz, M. (2016). Termoplastiklerin Sürtünme Karıştırma Kaynağı İle Birleştirilmesinde Kullanılan Yöntemler, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(ÖS 1), 1-27.
- [30] Karagöz İ. (2014). Termoplastiklerin sürtünme karıştırma kaynak özellikleri. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [31] Haşiloğlu, S.B., Baran, T., Aydın, O. (2015). Pazarlama araştırmalarındaki potansiyel problemlere yönelik bir araştırma: kolayda örnekleme ve sıklık ifadedeli ölçek maddeleri, *Pamukkale İşletme ve Bilişim Yönetimi Dergisi*, 2(1), 19-28.
- [32] Battaia, O., Dolgui, A., Guschinsky, N. (2020). Optimal cost design of flow lines with reconfigurable machines for batch production, *International Journal of Production Research*, 58(10), 2937-2952.

- 
- <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1716092>
- [33] Tao, J., Li, L., Yu, S. (2018). An innovative eco-design approach based on integration of LCA, CAD/CAE and optimization tools, and its implementation perspectives, *Journal of Cleaner Production*, 187, 839-851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.213>
- [34] Costley, J., Lange, C. (2017). The mediating effects of Germane cognitive load on the relationship between instructional design and students' future behavioral intention, *The Electronic Journal of e-Learning*, 15(2), 174-187.
- [35] Chen, Y.T., Liou, S., Chen, L.F. (2019). The relationship among gender, cognitive styles, learning strategies, and learning performance in the flipped classroom, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(4-5), 395-403. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1543082>