

ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI TASARIMI: GELENEKSEL VE YENİ İMALAT YÖNTEMLERİ İÇİN YAPILAN TASARIMLAR VE KARŞILAŞTIRILMASI

LAPTOP STAND DESIGN: DESIGNS FOR
TRADITIONAL AND NEW MANUFACTURING
METHODS AND COMPARISON

Yazarlar (Authors): Cemile Şanlıer , H. Rıza Börklü , Cengiz Eldem 

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Şanlıer C., Börklü H.R., Eldem C. "Dizüstü Bilgisayar Sehpaası Tasarımı: Geleneksel Ve Yeni İmalat Yöntemleri İçin Yapılan Tasarımlar Ve Karşılaştırılması Seramik Obje Üretiminde Üç Boyutlu Yazıcı Kullanımı" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 5(1): 65-75, (2021).

DOI: 10.46519/ij3dptdi.836004

Araştırma Makale/ Research Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI TASARIMI: GELENEKSEL VE YENİ İMALAT YÖNTEMLERİ İÇİN YAPILAN TASARIMLAR VE KARŞILAŞTIRILMASI

Cemile Şanlıer ^a, H. Rıza Börklü ^a, Cengiz Eldem ^a

^a Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

* Sorumlu Yazar: cemilesanlier@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 04.12.2020; Düzeltme/Revised: 15.02.2021; Kabul/Accepted: 22.04.2021)

ÖZ

Geleneksel talaşlı imalat yöntemleri ham veya yarı mamul parça üzerinden malzeme eksiltme esasına dayanır. Normalde operatör sevk ve idaresi altında çalışan bu tür tezgâhlar zamanla yarı otomatik veya tam otomatik bir karakter kazanmışlardır. Son zamanlarda geliştirilen, tamamen farklı çalışma prensiplerine dayanan ve 'Eklemeli İmalat (Eİ) olarak adlandırılan yöntem ise ince tabakalar şeklinde malzeme yığılma ile parça oluşturulmasına dayanmaktadır. Eİ, zaman alıcı ve pahalı bir yöntem olmakla birlikte daha karmaşık ve imali zor parçalar inşa edilebilmektedir. Ayrıca bu yeni imalat yöntemleri ile birlikte tasarım ve CAD'da devrim niteliğinde bazı yaklaşımlar da doğmuştur. Bunlardan Topoloji optimizasyonu ve Üretken tasarım ön plana çıkan tasarım araçları olup tasarım seçenekleri oluşturmak için kullanılmıştır. Bu çalışmada evlerde sık kullanılan yeni bir dizüstü bilgisayar sehpasının geleneksel yöntemle ve Eİ ile üretimi için tasarımlar yapılmıştır. Geleneksel imalat yöntemi ile üretilen bir tasarım, topoloji optimizasyonu ve üretken tasarım yöntemleri ile oluşturulan iki tasarım olmak üzere üç farklı tasarım, malzeme kullanımı, ağırlık, üretim maliyeti gibi bazı parametrelere göre karşılaştırılmış ve eklemeli imalat ile kullanılacak olan üretken tasarımın belirlenen parametreler açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Üretim. Eklemeli İmalat. Topolojik Optimizasyon. Üretken Tasarım. Dizüstü Bilgisayar Sehpaası.

LAPTOP STAND DESIGN: DESIGNS FOR TRADITIONAL AND NEW MANUFACTURING METHODS AND COMPARISON

ABSTRACT

Traditional machining methods are based on material reduction from raw or semi-finished parts. Normally, these types of CNC machine, which are operated under the management and administration of the operator, have gradually gained a semi-automatic or fully automatic character. Additive Manufacturing (AM), which has been developed recently is based on the creation of parts by adding material in the form of layers. Although AM is a time consuming and expensive method, more complex and difficult to manufacture parts can be built. With these new manufacturing methods, some revolutionary approaches in design and CAD have also been born. Topology optimization and Generative design are the most prominent approaches and have been used to create design options. In this research, designs were made for the production of a new laptop stand, using traditional method and AM. These three different designs (two designs created with topology optimization and generative design method and one design created traditional manufacturing) obtained were compared according to parameters such as material usage, weight, production cost. Generative design to be used with additive manufacturing gave better results in terms of determined parameters.

Keywords: Machining Methods. Addictive Manufacturing. Topology Optimization. Generative Design. Laptop Stand.

1. GİRİŞ

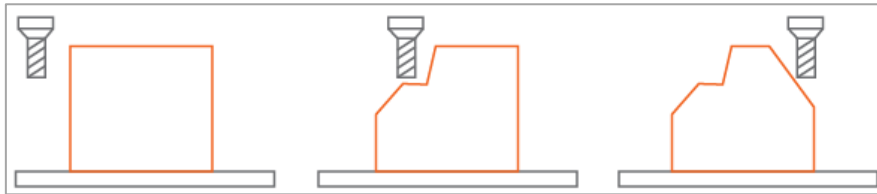
Endüstriyel uygulamalarda geleneksel imalat yöntemleri olarak genelde talaşlı (tornalama, frezeleme, taşlama vb.) ve talaşsız imalat (döküm, preste şekillendirme, sıvama vb.) yöntemleri kullanılır. Ayrıca, son yıllarda basınçlı su jeti, elektro erozyon, lazer, ultrasonik ve plazma ile işleme gibi yeni imalat yöntemleri de kullanılmaktadır [1]. Bu tür yöntemler tasarımıyla belirlenen parça geometrilerine göre bir blok veya ön/kaba şekillendirme üzerinden malzeme eksiltme (talaş kaldırma) esasına dayanır. İnsan ve tezgâh altyapısı, maliyet, uygulanabilir / ulaşılabilir olma vb. nedenlerden ötürü geleneksel imalat yöntemleri daha güncel ve modern yöntemleri ile beraber hala kullanılmaktadır. Seçilen talaşlı imalat yönteminin; zaman, maliyet ve malzeme yanında parça geometrisine bağlı üstün veya zayıf tarafları olabilir. Bu arada son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak 'Eklemeli İmalat (Eİ)' adlı yeni bir imalat yöntemi ortaya çıkmıştır [2]. Genelde üç boyutlu (3B) baskı veya hızlı prototip oluşturma olarak bilinen Eİ, (talaş kaldırma yönteminden farklı olarak) ince tabakalar şeklinde malzeme yığıma ve bunları sıkıca birleştirme esasına dayalı olarak parçaları oluşturur [3]. Burada, tasarım ve imalat bütünleşmesi sayesinde karmaşık, sağlam ve hafif parça tasarım ve imalatı mümkün olabilmektedir. Eİ / hızlı prototip oluşturma işlemini daha etkili kullanmak amacı ile bazı tasarım araçları geliştirilmiştir. Bu araçlardan topoloji optimizasyonu ve üretken tasarım daha az malzeme ile daha rijit ürünler tasarlanmasını sağlamaktadır. Topoloji optimizasyonu fonksiyonel zayıflık olmadan ideal biçimli ve en az malzeme içeren parça tasarlamayı mümkün kılar. Yani burada fonksiyon ve temel geometrik biçim sabit tutularak alternatif tasarım varyantları oluşturulur [4]. Üretken tasarım ise, doğadan ilham alan ve nihai tasarım öncesi parça üzerindeki yükler, kullanılacak malzeme ve imalat yöntemi gibi faktörler belirlenerek bilgisayar ortamında birçok tasarım varyantı elde etmeyi içerir [5]. Bu araçları ile tasarlanan parçalar; malzeme, ağırlık, dayanım, üretim maliyeti gibi faktörlere bağlı değişebilir ve çoğalabilir. Kolay taşınabilir, kullanılabilir, küçük ve işlevsel gibi özelliklere sahip olan dizüstü bilgisayarların kullanımı son yıllarda ve pandemi döneminde daha da artmıştır [6]. Bu çalışma kapsamında, dizüstü bilgisayarlar için özelleştirilmiş bir sehpanın geleneksel ve yeni nesil imalat teknolojileri ile tasarımları gerçekleştirilerek üstün ve eksik tarafları karşılaştırılmıştır.

2. ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak üretim yöntemleri de değiştirmiştir. Bu değişimler sonucu geleneksel üretim yöntemleri yanında ve gittikçe artan bir oranda nesil imalat yöntemleri de endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır.

2.1. Geleneksel Üretim

Talaşlı imalat yöntemleri genelde kesici uç ile iş parçası üzerinden talaş kaldırma (malzeme eksiltme) esasına dayanır (Şekil 1). Burada işlem ham / yarı mamul parça malzemesi üzerine kesici takımın fiziksel teması ve göreceli hareketleri (düzlemsel, doğrusal veya dairesel) sonucu daha ileri düzeyli yarı mamul / son ürün elde edilir [7, 8].

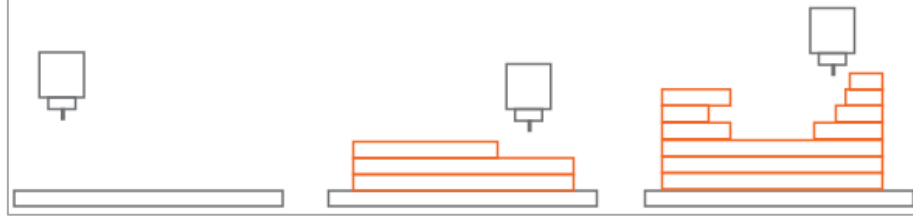


Şekil 1. Geleneksel talaşlı imalat süreci (talaş kaldırma esaslı) [7, 8].

Geleneksel talaş kaldırma sistemleri uzun zamandır kullanıldığı için bu alanda büyük bir bilgi ve tecrübe birikimi vardır. Ayrıca yine bu sistemler önemli bir zaman diliminde yarı veya tam otomatik (bilgisayar kontrollü) kullanılmakta ve böylece daha kaliteli ve üstün işler yapılabilir. Talaşlı imalat ile hassas delikler, vida dişleri ve düzgün yüzeyler elde edilebilse de bu yöntem artık malzeme oluşması, kesici takım aşınması, karmaşık parçaları zor işleme ve uzun zamana ihtiyaç duyulması gibi bazı dezavantajlar içermektedir [9].

2.2. Eklemeli İmalat

Eklemeli imalat geleneksel talaş kaldırma yöntemindeki malzeme eksiltme işleminden farklı olarak ince katmanlar şeklinde malzeme birleşimi (ekleme) ile parça üretilmesini içerir [10]. Burada bir baskı kafası belirli bir şekilde (ergitme, toz serme, kağıt gibi malzeme serme veya püskürtme vb.) malzemeyi baskı tablası üzerine serer ve bunun birleşimi ile parça oluşur (Şekil 2).



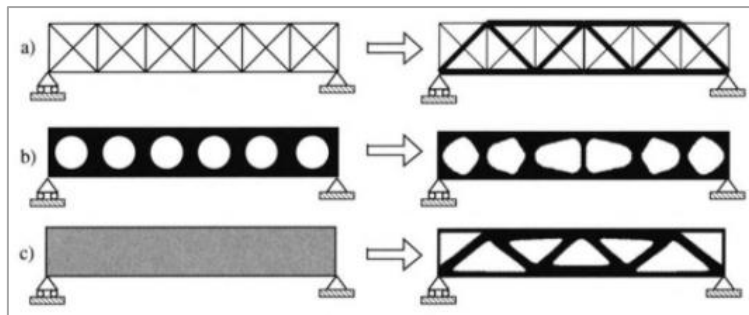
Şekil 2. Eklemeli imalat süreci (malzeme ekleme ile) [8].

Günümüzde ev koşullarında bile kullanılan 3B yazıcılar popüler imalat yöntemlerinden birisi olmuştur. Başta plastik olmak üzere birçok malzeme ile üretim mümkün olsa da 3B yazıcılar farklı malzemeler kullanmakta ve çeşitli çalışma prensipleri içermektedir. Ancak bu yöntem ile seri üretim yapmak henüz mümkün değildir. Talaşlı imalat ile kısa sürede yapılan parçalar 3B yazıcılar ile günlerce sürebilir ama talaşlı imalat için gereken son yüzey işlemi olmadığı için toplamda daha hızlı imalat yapılabilir. Ayrıca karmaşık geometriye sahip parçalar daha kolay ve hızlı yapıldığından bu tür parçalarda eklemeli imalat tercih edilebilmektedir [11].

Eklemeli imalat yöntemi sayesinde parça geometrisindeki serbestlik tasarım açısından önemli bir gelişmedir [12]. Eklemeli imalat yaklaşımını daha etkili kullanmak ve bu yaklaşımın getirdiği esnek tasarım imkanlarını değerlendirmek için geliştirilen ve piyasada mevcut tasarım araçlarından ikisi topoloji optimizasyonu ve üretken tasarım aracıdır [13].

2.2.1. Topoloji optimizasyonu

Yapısal topoloji optimizasyonu, gereksiz malzeme kullanımını önleme ve bunu optimize etme veya yüklerin desteklere en iyi aktarmayı sağlayacak yapıyı oluşturma olarak ifade edilebilir. Böylece tasarım sınırlayıcılarını en iyi şekilde karşılayacak sistem yapısı elde etmeye yardımcı olmada kullanılır [14]. Yeni nesil tasarım araçlarından yapısal optimizasyon; boyut, şekil ve topoloji optimizasyonu olarak üçe ayrılmaktadır [15]. Şekil 3’ te görüldüğü gibi boyut optimizasyonu, ideal yapıya ulaşmak için yapının boyut ve ölçülerinin değiştirilmesi iken; şekil optimizasyonu, yapının dış geometri ve delik yapısını optimize etmeyi içerir. Topoloji optimizasyonu ise parçanın minimum ağırlık maksimum mukavemet ile optimum yapıda oluşturulmasıdır [16].

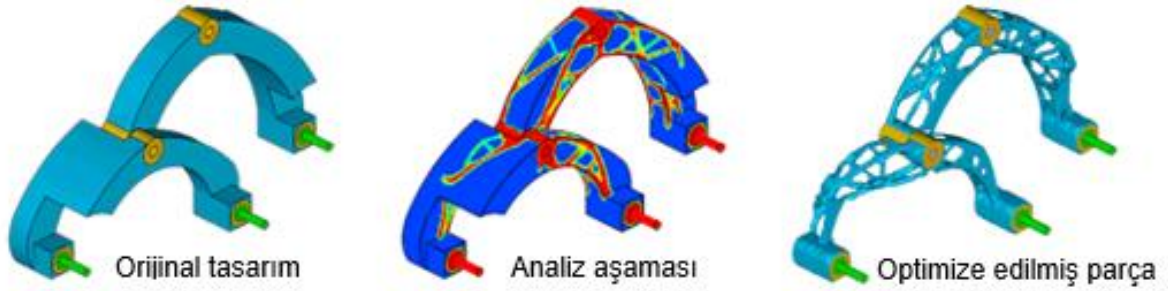


Şekil 3. Optimizasyon çeşitleri: (a) boyut, (b) şekil, (c) topoloji [17].

Topoloji optimizasyonu, belirli bir tasarım alanı içinde en iyi malzeme dağılımını oluşturmayı sağlar [18]. Bu işlem, parça dış boyutlarında bir değişiklik yapmadan ve rijitliği bozmadan bazı bölgelerden malzeme boşaltmaya dayanmaktadır [19]. Böylece parçanın işlevi kaybolmadan geometri ve malzeme dağılımı iyileştirilerek optimum yapı sağlanır. Topoloji optimizasyonu; yeni bir tasarımda süreci daha etkili kullanmak, mukavemeti yüksek tasarımı belirlemek, malzemeyi verimli kullanmak, ağırlığı

azaltmak, ideal yapıyı belirlemek ve mevcut tasarımları güçlendirmek için çok tercih edilir [20]. Bu tercihte ise parça mekanik özellikleri kötüleşmeden ağırlık azaltılması önemli rol oynar [21].

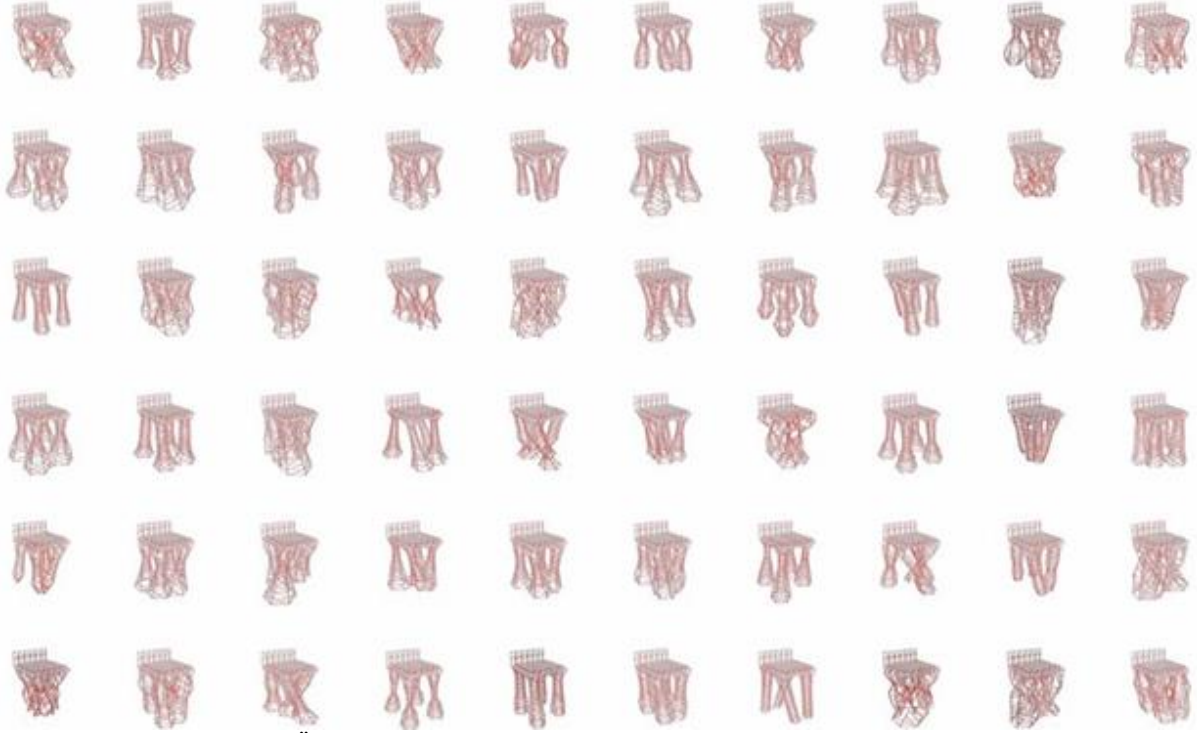
Topoloji optimizasyonu tasarlanan parçaya ait 3B katı model üzerinde optimizasyon yapılacak alanları belirleme ve burada sabit kalacak kısımları (destek ve mafsal noktaları, vida boşlukları vb.) işaretleme ile başlar. Arkasından sınırlar tespit edilip parçaya uygulanacak kuvvetler belirlenir ve uygulanır. Parça için gerekli parametre, sınırlayıcı ve yükler belirlendikten sonra ilgili programda optimizasyon işlemi başlatılır. Analiz süresince mukavemeti düşürmeyen bölgelerden parça eksiltilecek parça tasarımı şekillenir. Bu analiz sonrası oluşan geometri incelenir. Bir çok durumda optimize edilmiş topoloji karmaşık olur ve üretim sınırlayıcıları nedeniyle genelde bunu ya optimizasyon sürecini takiben basitleştirmek ya da tasarım alanını yalnızca üretilebilir geometrilere izin verecek şekilde sınırlandırmak gerekir. Eklemeli imalat, karmaşıklık sorun olmadan parça imalinin mümkün ve ekonomik olmasını sağlar. Tasarlanan bileşen ölçeğine göre bu yapıyı üretim sınırları içerisinde verecek en uygun ağ boyutu önceden zor belirlenir. Geleneksel imalat yöntemlerinde parça karmaşıklık düzeyinin artması maliyeti de artıracığı için genelde aşırı karmaşıklık istenmez. Ancak optimizasyon sonucu oluşan karmaşık yapıların üretimi eklemeli imalat yöntemi ile mümkün olmaktadır [22-23]. Buna rağmen oluşturulan geometri ile istenilen sonuç elde edilmezse sınırlar değiştirilerek analiz tekrarlanır ve hedeflenen geometri elde edilmeye çalışılır. İstenilen geometriye ulaşıldıktan sonra STL uzantılı dosya olarak eklemeli imalat için üretime aktarılır ve diğer gerekli işlemler ve düzenlemeler için kullanılabilir. Ortaya çıkan optimum tasarım, belirlenen işlevi maksimize ederken veya en aza indirirken tüm sınırlayıcıları ideal olarak karşılar [24]. Şekil 4'te bir parçanın topoloji optimizasyonu öncesi, analiz esnası ve sonrası biçimleri görülmektedir.



Şekil 4. Topoloji optimizasyon süreci [25].

2.2.2. Üretken tasarım

Doğayı taklit eden üretken tasarım (Generative Design), tasarımcı tarafından belirlenen hedefler ve sınırlayıcıları karşılamak için yapay zeka tabanlı algoritmalar ve bulut gücü ile tasarım seçenekleri öneren yeni nesil bir tasarım aracıdır [26-28]. Yöntem, parametrik CAD yazılımı içinde tasarımın iskelet yapısını koruyarak ve ön tanımlı parametreleri (malzeme, üretim yöntemi, boyut vb.) verilen sınırlar içinde çözüme ait tüm ihtimalleri hesaplayarak yeni tasarım varyantları oluşturur [29]. Bu işlem sonucu bilgisayar ortamında birçok tasarım varyantı elde edilir (büyük bir tasarım uzayı oluşur). Bu amaçlı örnek bir işlemde sandalye için oluşturulan birçok tasarım varyantları Şekil 5'te görülmektedir. Tekrar eden her yeni işlemde üretken tasarım yazılımı çözümü test ederek öğrenir ve değişiklik uygulayarak yeni varyantlar üretmeye yardımcı olur. Bu süreç genelde normal tasarım sürecinde elde edilmesi mümkün olmayan varyantlar ile sonuçlansa da nihai tasarımlar ihtiyaca uygun olacağından inovatif ve organik formda olurlar. Önerilen bu son varyantlardan geometrik uygulanabilirlik, ağırlık, maliyet, mukavemet gibi parametrelere göre optimum çözüm belirlenir.



Şekil 5. Üretken tasarım ile oluşturulan sandalye tasarımı varyantları [30].

Üretken tasarım, yeni nesil ürün oluşturma şeklini hızla değiştirmektedir. Kavramsal tasarımdan üretime kadar süreçte etkili ve verimli bir yol izleme sağlayan bu yöntem, eşsiz ve daha iyi performanslı ürünler üretmeyi mümkün kılmıştır [29]. Bu yaklaşım, bir tasarımcının kısa zamanda gösteremeyeceği performans ile müşterilere benzersiz, özelleştirilmiş ve doğrulanmış çözümler sunarak tasarım sektörüne yeni bir bakış açısı kazandırmıştır [31]. Yani burada özellikle eklemeli imalat sayesinde yüksek performanslı ve kopyalanamayan, doğal sistemler benzeri karmaşık tasarımlar elde edilebilir [28]. Bu teknoloji; sistemde yer alan parça sayısını ve kullanılan malzemeyi azaltmak, ağırlığı düşürmek, maliyeti azaltmak, parça ve bağlantı dayanımını artırmak ve performansı artırmak gibi karmaşık tasarım ve mühendislik problemlerini çözmektedir [32]. Ayrıca, bulut tabanlı olması sayesinde makine öğrenimi ile geçmiş ve gelecek sürümleri birleştirip daha etkin kullanılabilir olacaktır.

Üretken Tasarım, oluşturulacak yapı için gereklilikler, farklı formlar oluşturulması için bir yol ve kısıtlar ve nihai tasarımın karşılayacağı hedefler olmak üzere üç temel bilgiye dayanır [29]. Burada işlem önce tasarlanacak üründe olması gereken kuralları belirleme ile başlar. Örneğin 'dört ayak üzerinde durabilen ve sırt kısmında desteği bulunan bir sandalye tasarımı' gibi olur. Daha sonra 3B model ile oluşturulan bu tasarım ihtiyacının nasıl elde edilebileceği araştırılır ve belirlenir. Bu aşamada değişmesi istenmeyen alanlar (mesnet noktası, vida, civata boşlukları vb.), farklı çözümün yapılacağı alanlar/ sınırlar ve ürün üzerine uygulanacak yükler belirlenir. Son olarak nihai tasarımın karşılaması istenilen hedefler (üretim yöntemi, malzeme tercihi, alan, hacim vb.) belirlenir. Tüm bu parametrelere göre bulut tabanlı yapay zeka işleme başlar ve olası tasarım varyantlarını belirler. Arkasından bu tasarım varyantları incelenir ve gerekirse parametreler iyileştirilerek optimum olan(lar) belirlenir ve imalata hazır hale getirilir. Bu yaklaşımda organik biçimlerin esas alınması ve elde edilen varyantın görece karmaşık yapıda olması üretim yöntemi olarak eklemeli imalatın tercih edilmesini destekler [33].

3. DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI TASARIMI

Teknolojik gelişmelerin son kullanıcıya hizmet etmesi için geliştirilen yeni ürünlerden birisi de dizüstü bilgisayarlardır. Bunlar, kolay taşıma, çalıştırma ve kullanma gibi nedenlerden, bilgiye genelde her yerde ve mekanda kolay ulaşım sağlayan küçük tip bilgisayarlardır. Donanım, ağırlık ve boyut, taşınabilirlik gibi sebeplerden dolayı masaüstü bilgisayarlara göre daha fazla tercih edilmektedir. Dizüstü bilgisayar kullanımını kolaylaştıracak birçok ticari sehpa piyasada mevcuttur. Ancak, yine de bu amaçlı pratik kullanılabilir yeni bir sehpa ihtiyacı duyulmaktadır.

Yeni bir sehpanın gerekliliği ve bu sehpadan beklentileri ile ilgili dizüstü bilgisayar kullanıcıları ile yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelerde bilgisayar kullanıcılarına, Dizüstü bilgisayar kullanırken yaşadığınız sıkıntılar nelerdir?, Bilgisayarınızı hangi ortamda nasıl kullanmayı istersiniz?, Bilgisayar kullanırken bir destek birimine ihtiyaç duyuyor musunuz?, Cevabınız evet ise bu destek biriminden beklentileriniz nelerdir? gibi sorular yöneltilmiştir. Yapılan araştırma sonucu dizüstü bilgisayarı rahat kullanabilmek için bir destek birimine ihtiyaç duyulduğu ve bu üründen beklentileri de her ortamda kullanabilme, bilgisayar için gerekli ekipmanları depolayabilme ve bilgisayar ısınmasını önlemeyi destekleme olarak belirlenmiştir.

Araştırma ve tasarım süreci sonucu antropometrik veriler esas alınarak koltuk, yatak veya diz üstünde kullanılabilen, harici disk, şarj aleti gibi ekipmanlar da konabilecek ve bilgisayar ısınmasını önleyecek, ergonomik ve pratik bir sehpa tasarlanmıştır. Şekil 6' da CAD ortamında modellenen ve görselleştirilen sehpanın farklı görünüşleri ve kullanım alanı gösterilmektedir.



Şekil 6. Tasarımı yapılan dizüstü bilgisayar sehpası ve kullanım alanı.

3.1. Geleneksel Üretim için Tasarım

Tasarlanan sehpanın geleneksel yöntemlerle üretimi için CNC kesim ve ısı yardımı ile bükme işlemi olmak üzere iki aşamalı bir süreç yürütülmüştür. Bilgisayar ortamında 3B modellemesi yapılan sehpanın teknik çizimleri hazırlanarak geleneksel üretimde sıkça kullanılan üç eksenli freze makinesine aktarılmıştır. Önce 10 mm kalınlığındaki yaklaşık 1 m² akrilik malzeme vakumlu CNC tezgahına yerleştirilmiş ve eksen ayarları yapılarak işleme hazır hale getirilmiştir. Parçaların dış hatları kesilerek işleme başlanmış, 1 adet gövde ve 2 adet destek ayağı olmak üzere 3 parça elde edilmiştir. Gövde üzerindeki havalandırma boşluğunun kesilmesi, gövde ve destek ayaklarının deforme olmadan bükülmesi için ikişer noktadan büküm yarıkları oluşturma şeklinde işleme devam edilmiştir. Kesilen bu parçalar zımpara ile temizlenerek ve talaşlar giderilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Daha sonra ise 3 parçanın bükme işlemi yapılmıştır. Her parça pleksi bükme makinesinde ısı yardımı ile büküm noktalarından 90° bükülmüştür. Parça üzerinde büküm kanalları olmasına rağmen malzeme et kalınlığı fazla olduğu için bükme işlemi zor ve zaman alıcı olmuştur. Bütün aşamalar sonucunda geleneksel üretim yöntemi ile elde edilen sehpa Şekil 7' de görülmektedir.

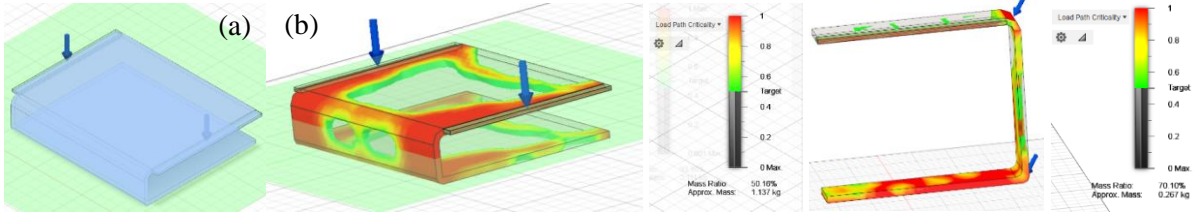


Şekil 7. Geleneksel imalat ile üretilen dizüstü bilgisayar sehpası.

3.2. Eklemeli İmalat ile Tasarım

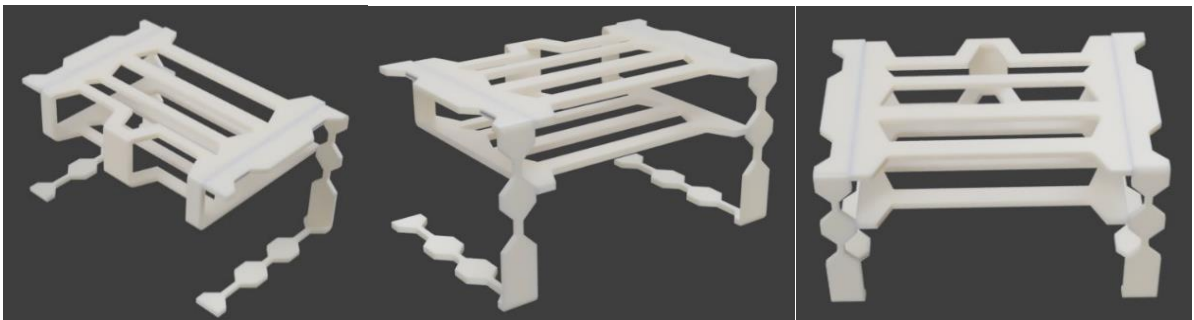
3.2.1. Topoloji Optimizasyonu ile Tasarım

Fusion 360 programı içindeki şekil optimizasyon modülü ile 3B modeli yapılan sehpanın topolojik optimizasyonu yapılmıştır. Önce optimizasyona dahil olmayacak bölgeler, korunacak alanlar ve sınırlayıcılar belirlenmiş, daha sonra parçanın maruz kalacağı yük uygulanmış, eklemeli imalat yöntemi ve malzeme seçilmiştir. Bütün bu işlemler sonucu elde edilen topolojik optimizasyona hazır sehpa görüntüsü Şekil 8(a)' da verilmiştir. Daha sonra topolojik optimizasyon işlemi başlatılmış ve işlem sonucu Şekil 8(b)' de görünen veriler elde edilmiştir. Kırmızı alanlar yapıda yüke maruz kalıp korunması gereken yerleri ifade ederken yeşil alanlar optimizasyon sonucu tasarıma dahil edilmeyecek yerleri belirtmektedir.



Şekil 8. Parça üzerinde belirlenen alanlar ve yükler (a), Optimizasyon sonucu elde edilen veriler (b).

Optimizasyon sonucu Şekil 8(b)' de görülen veriler referans alınarak ve tasarımın amacına uygun olarak ağırlık, güvenilirlik ve malzeme kullanımı parametrelerine göre seçilen dizüstü sehpa tasarımının farklı görünüşleri Şekil 9' da verilmiştir.

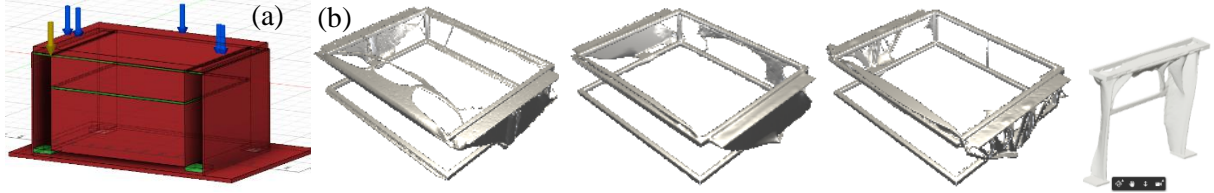


Şekil 9. Optimizasyon sonucu oluşan sehpa tasarımı.

3.2.2. Üretken Tasarım ile Tasarım

Dizüstü bilgisayar sehpasının tasarımı Fusion 360 programının üretken tasarım aracı ile yeniden ele alınmıştır. Önce Şekil 10(a)' da görüldüğü gibi üretken tasarıma dahil edilmeyecek, korunacak alanlar (yeşil renkli) ve çalışma alanını sınırlayan engel geometriler (kırmızı renk) belirlenir. Daha sonra üretim yöntemi olarak eklemeli imalat ve malzeme belirlenerek parçanın maruz kalacağı yük uygulanmış ve işlem başlatılmıştır. Ana gövde ve destek ayakları için iki farklı üretken tasarım işlemi yapılmış olup

yapay zeka sayesinde çok sayıda tasarım varyantı elde edilmiştir (Şekil 10 (b)). Bu varyantlar ağırlık, güvenilirlik ve üretilebilirlik parametrelerine göre değerlendirilmiş ve optimum tasarım çözümünün Şekil 11’ de verilen model olduğu saptanmıştır.



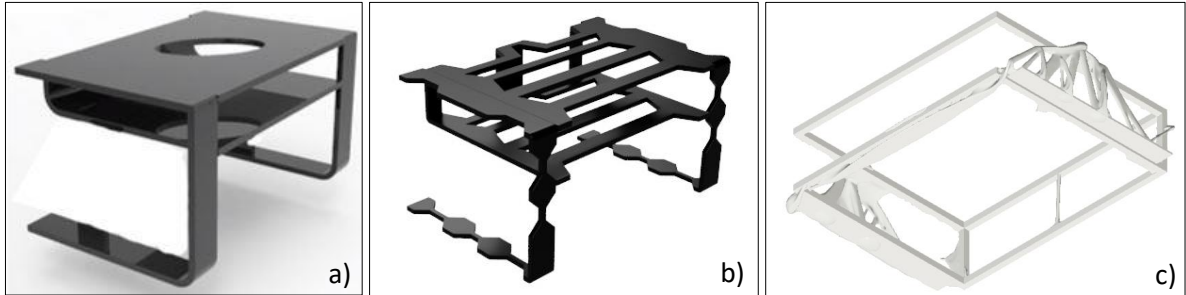
Şekil 10. Parça üzerinde belirtilen sınırlayıcılar ve yükler (a), Elde edilen tasarım varyantları (b).



Şekil 11. İşlem sonucu seçilen optimum sehpa tasarım varyantı.

4. SONUÇ VE KARŞILAŞTIRMA

Bu çalışma kapsamında bir dizüstü bilgisayar sehpasının tasarım ve üretimi için geleneksel üretim ve eklemeli imalat yöntemi kullanılmıştır. Yeni bir sehpa tasarımı için konsept fikirler oluşturulmuş ve uygulanabilir olan tasarım fikri geliştirilerek geleneksel imalat yöntemi ile üretilmiştir. Mevcut tasarım önerisini eklemeli imalat yöntemi ile üretmek ve tasarımı geliştirmek için topoloji optimizasyonu ve üretken tasarım metotları kullanılarak çok sayıda tasarım önerileri oluşturulmuştur. Ağırlık, üretilebilirlik, uygulanabilirlik, güvenilirlik, malzeme kullanımı ve maliyet parametrelerine göre değerlendirilmiş ve toplamda üç farklı sehpa tasarımı belirlenmiştir. Şekil 12’ de üç işlem sonucu elde edilen ve seçilen tasarım önerileri görülmektedir.



Şekil 12. Geleneksel üretim (a), Topoloji optimizasyonu (b) ve Üretken tasarım (c) yaklaşımları ile edilen sehpa tasarım varyantları.

Yapılan işlemler sonucu elde edilen veriler Çizelge 1’de; yöntem, ağırlık, malzeme, maliyet, zaman, kullanıcı tercihi gibi parametrelere göre karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı yaklaşımlar ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

Parametreler	Geleneksel üretim	Topoloji optimizasyonu	Üretken tasarım
Üretim yöntemi	CNC freze / bükme	3 boyutlu yazıcı	3 boyutlu yazıcı
Malzeme	Akrilik	Polyamid (PA 12)	Polyamid (PA 12)
Ağırlık (g)	3764	1796	1116
Kullanılan malzeme / fiyatı	1 m ² levha malzeme- 900 TL	1.75 mm çap PA- 1350 TL	1.75 mm çap PA- 850 TL
İşlem süresi (saat)	4	18	12
Kullanıcı tercihi	Maliyet az/ Ulaşılabilir	Hafif	Kişiselleştirilebilir/ Hafif

Çizelge 1'e göre; geleneksel imalat yöntemlerinin freze ve bükme araçları ile yaklaşık olarak dört saatte akrilik malzemeden üretilen sehpa zımpara ile temizleme gibi ek işlemlere maruz kalmıştır. Ürünü şekillendirme süresinde her ek işlemin toplam süreyi uzattığı görülmektedir. Ürün yaklaşık olarak 4 kilogram olup işlem sırasında %20'lik bir malzeme atığı oluşmuştur. Plaka malzeme tercih edilmesi maliyeti düşürse de atık malzeme uzun vadede maliyeti artırmaktadır. Üreticilerin geleneksel yöntemi tercih etmesinin ana sebebi; mevcut durumda geleneksel üretim araçlarına sahip olması ve bu araçlara aşına olunmasıdır.

Topolojik optimizasyon işlemi ile sehpanın mukavemetini azaltmadan az malzeme ile tasarım önerisi oluşturulmuştur. Polyamid malzemenin (PA 12) 3B yazıcı ile işlenerek sehpanın üretilmesi amaçlanmıştır. Optimizasyon sürecinde işlem parçasının hacminde ve malzeme kullanımında programın izin verdiği aralıklar doğrultusunda eksiltme yapmak mümkündür. Sehpa örneğinde yapay zekanın %50 doluluk önerisi ile süreç başlatılmış ve ürün ağırlığı 1,796 kg'a kadar düşürülmüş ve geleneksel yöntemle göre daha hafif bir ürün elde edilmiştir. 3B yazıcıların ulaşılabilir olan örneklerinin yazım alanının kısıtlı ve düşük olması, ulaşılabilirliğinin az olması gibi sebeplerden dolayı işlem süresi uzun olabilir. Ancak bu yöntemde atık malzeme oluşmaması ve seri üretim bandı gibi maliyet ve zaman gerektiren aşamalara ihtiyaç duyulmaması tercih edilebilirliği artırmaktadır. Topoloji optimizasyonu ile karmaşık geometrilerin oluşturulması ve bu karmaşık yapıların eklemeli imalat ile sorunsuz üretilmesi hem ürün çeşitliliğini desteklemekte hem de müşteri odaklı çalışmasını kolaylaştırmaktadır.

Sehpa tasarımı için kullanılan üretken tasarım yaklaşımında ise 1,116 kg ile en hafif ürün tasarlanmıştır. Bu yaklaşım ile doğaya atıfta bulunan organik tasarım önerileri oluşturulmuş ve yapıların sağlamlığı analiz ile desteklenmiştir. Organik yapıların daha karmaşık geometriler olmasından dolayı yine eklemeli imalat ile üretilmesi ve polyamid malzeme kullanılması uygun görülmüştür. Eklemeli imalat ile sürecin uzun olduğu gözlemlenmiştir. Ancak hem üretim yönteminden hem de üretken tasarım aracının çok sayıda tasarım varyantı sunmasından dolayı kullanıcılar için özel ve yegane ürüne sahip olma duygusu ürünlerin tercih edilirliliğini artırmaktadır.

Sonuç olarak, bir ürünün geleneksel imalat yöntemi ile üretilmesi mevcut durumda geleneksel üretim araçlarının yaygın ve ulaşılabilir olmasından dolayı tercih edilebilir. Ancak teknolojik gelişmeler ile eklemeli imalata da kolay ulaşım zamanla mümkün olmuştur. Bu teknolojinin etkili kullanım araçlarından topoloji optimizasyonu sadece parça eksiltmeye dayandığı için daha hafif ürünlerin tasarımını kolaylaştırmıştır. Üretken tasarım metodu ise algoritması sayesinde hem hafif hem de daha dayanıklı tasarım önerileri vermektedir. Sonuç olarak; üretken tasarım eklemeli imalatın yaygınlaşmaya başlamasından ve daha hafif ürünler oluşturma, kullanıcıya farklı tasarım varyantları sunma, zaman, malzeme ve enerjiden daha fazla tasarruf edilmesinden dolayı daha çok tercih edilecek ve faydalı olabilecek bir tasarım aracıdır. Ayrıca, maliyetin göz ardı edilebildiği ve tüketim çağında özellikle kişiselleştirilebilir ve eşsiz ürüne ulaşılabilirliği kolaylaştırdığı durumlarda ön plana çıkan bir tasarım yaklaşımı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Dedeakayoğulları, H., Kaçal, A., "Eklemeli imalat teknolojileri ve kullanılan talaşlı imalat yöntemleri üzerine yapılan çalışmaların değerlendirilmesi ", İmalat Teknolojileri ve Uygulamaları, Cilt 1, No 1, Sayfa 1-12, 2020.
2. Gao, W., Zhang, Y., Ramanuzan, D., Ramani, K., "The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering", Computer-Aided Design, Vol. 69, Pages: 65- 89, 2015.
3. Conner, B.P., Manogharan G. P., Martoff A. N. ve diğ., "Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services", Additive Manufacturing, Vol. 1, Pages 64-76, 2014.
4. Liu, J., Chen, S., Gaynor, A., Kang, Z., "Current and future trends in topology optimization for additive manufacturing", Structural and Multidisciplinary Optimization, 2018.
5. McKnight, M., "Generative design: What it is? How is it being used? Why it's a game changer", KnE Engineering / The International Conference on Design and Technology, Pages 176-181, 2017.
6. Altuntaş Yılmaz, N., "Yükseköğretim kurumlarında Covid-19 pandemisi sürecinde uygulanan uzaktan eğitim durumu hakkında öğrencilerin tutumlarının araştırılması: Fizyoterapi ve rehabilitasyon bölümü örneği", Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, Sayfa 17, 2020.
7. İnternet: Ünal, R., "İmalat usulleri- Ders notu", <https://rahmiunal.net/dersler/uretim/uretim.html>, Şubat 2, 2021.
8. Tezel, T., Topal, E. S., Kovan, V., "Hibrit imalat: Eklemeli imalat ile talaşlı imalat yöntemlerinin birlikte kullanılabilirliğinin incelenmesi", International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, Vol. 2, Issue 3, Pages 60-65, 2018.
9. İnternet: Kurgan, N., "Alışılmamış imalat yöntemleri- Ders notu", <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/naci.kurgan/71136/14.%20Eklemeli%20C4%B0malat.pdf>, Şubat 2, 2021.
10. Gebisa A. W., Lemu H. G., "A case study on topology optimized design for additive manufacturing", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 276, 012026, Stavanger, 2017.
11. Panchagnula J. S., Simhambhatla S., "Addictive manufacturing of complex shapes through weld-deposition and feature based slicing", Proceedings of the ASME 2015 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Houston, 2015.
12. Gausemeier, J., Echterhoff, N., "Analysis of Promising Industries", Bardehle, K., Thinking ahead the future of Additive Manufacturing, Pages 1-103, University of Paderborn- Direct Manufacturing Research Center (DMRC), Paderborn, 2011.
13. Aktimur, B., Gökpinar, E., "Katmanlı üretimin havacılıktaki uygulamaları", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, Cilt 3, Sayfa 463-469, 2014.
14. Kazakis, G., Kanellopoulos, I., Sotiropoulos, S., D.Lagarosa, N., "Topology optimization aided structural design: Interpretation, computational aspects and 3D printing", Heliyon, Vol.3, Issue 10, e00431, 2017.
15. Zhou, M., Pagalidipti, N., Thomas, H.L., Shyy, Y.K., "An integrated approach to topology, sizing, and shape optimization", Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol. 26, Issue 5, Pages 308–317, 2004.
16. Bendsoe, M. P., Sigmund, O., "Topology optimization: Theory, methods, and applications", Springer, 2003.
17. Poyraz, M., "Bir kamyon şasisinin yapısal optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2004.

18. Sigmund, O., "On the usefulness of non-gradient approaches in topology optimization", *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Vol. 43, Pages 589-596, 2011.
19. Bendsoe M.P., Kikuchi, N. "Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method", *Computational Methods Application Mechanics Engineering*, Vol. 71, Pages 197-24, 1988.
20. Nadir W, Kim Y, Weck O L., "Structural shape optimization considering both performance and manufacturing cost", *10th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference*, New York, 2004.
21. Yaman, U., "Topoloji optimizasyonu yapılmış parçaların 3b yazıcılar ile doğrudan üretilmesi". *GU J Sci, Part C, Cilt 7, Sayı 1, Sayfa 236-244*, 2019.
22. Brackett, D., Ashcroft, I., Hague, R., "Topology optimization for additive manufacturing", *In Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium*, Pages 348- 362, Austin, 2011.
23. Rozvany, G. I. N., "A critical review of established methods of structural topology optimization", *Struct. Multidiscip. Optim.*, Vol. 37, Pages 217–237, 2009.
24. Meisel, N., Gaynor, A., Williams, C., Guest, J., "Multiple-material topology optimization of compliant mechanisms created via polyjet 3d printing", *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 136, Issue 6, 061015, 2014.
25. İnternet: Topoloji optimizasyonu görsel, https://www.quint.co.jp/eng/pro/ots/ots_fnc-tpo.htm, Şubat 2, 2021.
26. Schnitger, M., "An introduction to generative design", *Cadalyst. Longitude Media*, <https://info.cadalyst.com/> (2018), Aralık, 2020.
27. Briard, T., Segonds, F., Zamariola F., "G-DfAM: A methodological proposal of generative design for additive manufacturing in the automotive industry", *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, Vol. 14, Pages 875–886, 2020.
28. Lobos, A., "Applying generative systems to product design", *XXII Generative Art Conference – GA*, Pages 46- 56, Roma, 2019.
29. Krish, S., "A practical generative design method", *Computer-Aided Design*, Vol. 43, Pages 88-100, 2011.
30. İnternet: New Equipment Digest, What generative design is and why its the future of manufacturing, <https://www.newequipment.com/research-and-development/article/22059780/what-generative-design-is-and-why-its-the-future-of-manufacturing>, Şubat 2, 2021.
31. Agkathidis, A., "Generative design: Form-finding techniques in architecture", *Laurence King Publishing*, Pages 10-14, London, 2016.
32. İnternet: Autodesk, Üretken tasarım, <https://www.autodesk.com.tr/solutions/generative-design/education>, Şubat 2, 2021.
33. Wun, J., Qian, X., Yu Wang, M., "Advances in generative design", *Computer-Aided Design*, Vol. 116, 102733, 2019.