

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI

**TEKSTİL YÜZEYLERİNİN 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ İLE
BİRLEŞİMİ VE YENİ UYGULAMA ÖNERİLERİ**

HALE AVCI YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
DOÇ. DR. KEZBAN SÖNMEZ

ANTALYA-2021



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANASANAT DALI

**TEKSTİL YÜZEYLERİNİN 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ İLE
BİRLEŞİMİ VE YENİ UYGULAMA ÖNERİLERİ**

Hale AVCI YILMAZ
20185307006

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
DOÇ. DR. KEZBAN SÖNMEZ

ANTALYA-2021



T. C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürlüğü



BİLİMSEL ETİK SAYFASI

Bu tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

18/08/2021

Öğrencinin

Adı ve Soyadı

Hale AVCI YILMAZ

TEŞEKKÜR

İlim ve aklı manevi miras bırakan Atatürk'ün izinde, ondan bize kalanları korumayı ve ileriye taşımayı ilke edindim. İlham aldığım, hayranlık duyduğum ustalara, eğitimcilere, sanatçılara baktığımda gelişimin hızlı ve kolay bir süreç olmadığını görebiliyorum. Bu nedenle hiçbir çalışmamı örneklerine rastlamış olduğum üzere kolayca ve hızlıca ortaya çıkaramadım. Bazı zamanlarda verdiğim emek ve gösterdiğim özveriyi gereksiz hesaplar uğruna görmezden gelen kişilerle karşılaştım. Ancak bunun yanında ailemin ve öğretmenlerimin gurur duyduğu başarılar da elde ettim.

Etik, disiplinli, özverili ve paylaşımcı çalışmaların/çalışanların uzun vadede de olsa başarılı çıktılar elde edeceğine inanıyorum. Bu inancımı örnek davranışlarıyla, samimi ve gönülden ilgisi, sevgisi ve yönlendirmeleri ile pekiştiren, çok kıymetli danışmanım sayın Doç. Dr. Kezban Sönmez'e teşekkürlerimi borç bilirim. Çalışmama yapmış olduğu katkıları ve tüm emekleri ve sabrı için minnettarım.

Saygılarımla...



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürlüğü



Öğrencinin	Adı Soyadı	Hale AVCI YILMAZ
	Numarası	20185307006
	Anasanat Dalı	Sanat ve Tasarım
	Danışmanı	Doç. Dr. Kezban SÖNMEZ
Tezin Adı		TEKSTİL YÜZEYLERİNİN 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ İLE BİRLEŞİMİ VE YENİ UYGULAMA ÖNERİLERİ

ÖZ

Endüstri devriminden günümüze kadar geçen sürede insanlığın üretim biçiminde, yaşam tarzında ve sanat anlayışında köklü dönüşümler gerçekleşmiştir. Sanayinin gelişimi ile değişen üretim anlayışı, kitleselleşmeye yönelirken tasarım anlayışını da beraberinde yönlendirmiştir. Tasarım ve kitlesel üretim arasındaki uygulama problemlerini çözmek amacıyla yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda, iplik bükme makinesi, dokuma makinesi, silindir (rulo) baskı makinesi keşfedilmiş ve her biri tekstil tasarımında dönüm noktası olmuştur. Endüstri üretimi öncesinde, el emeği yoğun tekstil tasarım ve ürünleri ağırlıkla “zanaat” olarak değerlendirilmektedir. Ancak sonrasında, tekstil üretimi bir sanat ve tasarım alanına dönüşerek deneysel çalışmaların yapılabilmesine olanak sağlamış, farklı disiplinler ile etkileşim göstermiştir. Günümüzde tekstil tasarımı, 21. yüzyılın çığır açan teknolojik gelişmeleri ile boyut değiştirmiş, elektronik ortama aktarılmasıyla beraber tasarım süreci ve kavramları yeniden tanımlanmıştır. Sanatsal ve deneysel çalışmalar

ise çoğalarak geniş bir alana yayılmıştır. İçinde bulunduğumuz yüzyılda devrim niteliği taşıyan başka bir gelişme ise 3 boyutlu baskı (3B baskı) teknolojileridir. “Endüstri 4” olarak nitelendirilen yeni dönemde yer alan bu teknoloji, hızla ilerleyerek farklı alanlardaki üretim süreçlerini derinden etkilemektedir. Tekstil üretim ve tasarım süreçlerini de kapsayan etki, sanatçı ve tasarımcının keşfetmesi gereken yeni bir alan oluşturmaktadır. Bugün evlerde yer almaya başlayan ve bireysel amaçlarla kullanılan 3B yazıcı teknolojilerinin bilgisayarlar ya da telefonlar kadar yaygın olacağını tahmin etmek güç değildir. Tasarımcı ise, ürünün geniş kitlelere ulaşması amacı ile “yenilikçi olma”, “rekabet etme” gibi önceliklere sahiptir. Bu sebeple 3B baskı teknolojilerine dair bilgiyi tasarımı ve üretim sürecine dahil etmek durumunda olacaktır. Konu üzerinde yapılacak tüm araştırmalar ise tasarımcının izleyeceği yolda öngörüyle arttırıcı nitelikte olacaktır.

3 boyutlu yazıcıların çıktısı olarak moda ve tekstil tasarım alanında yapılmış heykelsi giysi formları, ayakkabı, çanta vb. ürünlerin örnekleri fazlaca görülmektedir. Ancak giyimde kullanılabilen filamentler açısından gerilme mukavemetinin az olması henüz yakın zamanda aşılmış bir özelliktir. Bunun yanında renklendirme, tuşe, nefes alma, gözeneksiz yapılarda gerilme mukavemetinin azlığı gibi sınırlılıkları bulunmaktadır. Prototip çıktıların sınırlılıklarını aşacak, tekstil, moda ve sanatsal çerçevelerde kullanım alanını arttıracak ve yeni öneriler ortaya koyabilecek araştırmaların önemi göz ardı edilemez. Bu araştırma tek başına prototip çıktısını değil, 3B baskının tekstil yüzeyleri ve baskıları ile ilişkisini ele alarak yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarını irdelemektedir. Böylece çalışma ile tekstil alanında birbirinin alternatifi olabilecek yöntemler ve bu tekniklerin senteziyle oluşabilecek yeni yüzey tasarımlarının ortaya konması hedeflenerek yön gösterici olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri, Endüstri 4.0, Moda, Tasarım, Tekstil, 3D, 21. yy

Hale Avcı YILMAZ

Antalya-2021



T.R.
AKDENİZ UNIVERSITY
Institute of Fine Arts



Student	Name Surname	Hale AVCI YILMAZ
	Number	20185307006
	Department	Art and Design
	Advisor	Doc. Dr. Kezban SÖNMEZ
Thesis Name		COMBINATION OF TEXTILE SURFACE WITH 3D PRINTING TECHNOLOGIES AND NEW APPLICATION EXAMPLES

ABSTRACT

In the period from the industrial revolution to the present, radical transformations have taken place in the way of production, lifestyle and understanding of art. While the understanding of production, which has changed with the development of the industry, has led to massification, it has also guided the understanding of design. As a result of various researches carried out to solve the application problems between design and mass production, yarn spinning machine, weaving machine, cylinder (roll) printing machine were discovered and each of them became a turning point in textile design. Prior to industrial production, handicraft-intensive textile designs and products are predominantly considered as “crafts”. However, later on, textile production turned into an art and design field, allowing experimental studies to be carried out and interacting with different disciplines. Today, textile design has changed dimensions with the groundbreaking technological developments of the 21st century, and the design process and concepts have been

redefined with its transfer to the electronic environment. Artistic and experimental studies, on the other hand, multiplied and spread over a wide area. Another revolutionary development in the current century is 3D printing (3D printing) technologies. This technology, which was at the forefront of the period described as "Industry 4", is advancing rapidly and deeply affecting the production processes in different fields. The impact, which includes textile production and design processes, creates a new field that artists and designers should explore. It is not difficult to predict that 3d printing technologies, which have started to enter homes and are used for individual purposes, will be as common as computers or phones. The designer, on the other hand, has priorities such as "being innovative" and "competing" in order for the product to reach large masses. For this reason, it will not be able to stay away from 3D printing technologies. All research on the subject will increase the prediction of how the designer should follow.

Sculptural clothing jerseys, shoes, bags, etc., made in the field of fashion and textile design as the output of 3D printers examples of products are abundant. However, in terms of filaments that can be used in clothing, the low tensile strength is a feature that has only recently been overcome. In addition low tensile strength in non-porous structures, there are limitations such as coloring, touch, breathing. The importance of researches that will overcome the limitations of prototype outputs, increase the area of use in textile, fashion and artistic frameworks and reveal new proposals cannot be ignored. This thesis examines the results of experimental studies by considering the relationship of 3D printing with textile surfaces and prints, not the prototype output alone. Thus, it is aimed to reveal and guide the methods that can be alternative to each other in the field of textile and the new surface designs that can be formed by the synthesis of these techniques.

Keywords: Industry, Industry 4.0, Fashion, Design, Textile, 3D, 21st century

İÇ KAPAK.....	
BİLİMSEL ETİK SAYFASI.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. Bölüm: Giriş.....	1
2. Bölüm: Endüstri Devriminin Tanımı ve Oluşum Nedenleri.....	2
2.1. Endüstri Devriminde Değişim ve Gelişim.....	3
2.2. Endüstriyel Toplumda Sanat ve Tasarım	4
2.3. Gelecekte Üretim Biçimi “Endüstri 4”	5
2.4. Hızlı Prototipleme Sistemleri (Rapid Prototyping Systems)	7
2.5. 3B Teknolojisinin Kullanım Alanları.....	8
3. Bölüm: Tekstil Yüzeylerinin 3b Yazıcı Teknolojileri ile Birleşimi.....	13
3.1. Tekstil Yüzeylerinin 3B Baskısı.....	14
3.2. Tekstil Yüzeyleri Üzerine 3B Baskı	16
4. 3b Teknolojisi İle Tekstil Yüzeyleri Üzerinde DeneySEL Çalışmalar.....	20
4.1. Doğal Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı.....	22
4.2. Karışım Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı.....	27
4.3. Suni Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı.....	29
5. Pla Filamenti İle 3b Baskı Üzerine Desenlendirme Denemeleri.....	37
SONUÇ.....	40
KAYNAKÇA.....	47
GÖRSEL KAYNAKÇA.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

RP: Hızlı Prototipleme (Rapid Prototyping)

3D: 3 Dimensional

3B: 3 Boyutlu

Dr.: Doktor

Vb.: Ve Benzeri

Vd.: Ve Diğerleri

SLS: Tozun CO2 Lazer ile Sinterlenmesi

FDM: Ektrüzyonla Yığma Tekniği

°C : Derece

‘ : Dakika

“ : Saniye

% : Yüzde

Yy.: Yüzyıl

PLA: Polilaktik Asit

TPE: Termoplastik Elastomer

TPU: Termoplastik Poliüretan

TPS: Termoplastik Stirenik Elastomer

1. Giriş

Tekstil, giyim ve moda endüstrisi ilk dokuma makinesinin keşfinden; lazer kesim, 3 boyutlu yazıcı gibi en ileri teknolojilerin bu alanlarda kullanımına kadar erişen uzun bir süreçten geçmiştir. Teknoloji ve sanayii alanındaki gelişmeler sanatçıyı, tasarımcıyı, sanatsal ve endüstriyel tüm tasarım süreçlerini etkileyen güçlü faktörlerdir. Bu devinim içerisinde 3B prototip çıktıların sınırlılıklarını aşacak, tekstil, moda ve sanatsal çerçevelerde kullanım alanını arttıracak ve yeni öneriler ortaya koyabilecek araştırmaların önemi göz ardı edilemez. Bu nedenle çalışmanın amacı günümüzdeki gelişmelerin bir parçası olan 3B teknolojisinin tekstil yüzey tasarımı üzerindeki etkilerini, tekstil yüzeylerinde 3B yazıcı çıktıların ve tekstil baskılarını kullanarak gerçekleştirilebilecek alternatif yöntemleri ve bu tekniklerin senteziyle oluşabilecek yeni yüzey tasarımlarını ortaya koymaktır.

Araştırma sırasında öncelikle kitaplar, süreli yayınlar, tezler vb. incelenerek konu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve kavramsal çerçeve oluşturulmuştur. Sonraki aşamada ham madde, ısı, yüzey ve baskı tekniği değişkenleri gözlenerek deneysel çalışmalar yapılmıştır ve araştırmada nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Kumaş, deri, keçe vb. üzerinde 3B baskı ve tekstil baskılarının beraber kullanım olanakları araştırılmıştır. Cevaplanması beklenen bazı sorular aşağıdaki gibidir.

3B baskı ile tekstil üretim sürecini etkileyecek yeni baskı yöntemleri geliştirilebilir mi?

Tekstil baskı teknikleri hızlı prototipleme çıktılarının üzerine uygulanabilir mi?

3B baskının tekstil yüzeyi üzerine tutunmasında tekstil baskı yöntemlerinin etkisi nedir?

3B baskı teknolojileri tekstil baskısı, tekstil sanatçısı ve baskı tasarımcısını nasıl etkiler?

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin, izlenen yöntem ile hızlı prototiplemenin ergonomi problemine alternatif çözümler önerilip önerilemeyeceğini ortaya koyduğu, 3B baskının tekstil baskı üretim sürecini, tekstil sanatçısı ve baskı tasarımcısını etkileyebileceği durumlar konusunda aydınlatıcı nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Oluşturulan çerçeve ve elde edilen bilgilerin ışığında 3B teknolojisinin tekstil ve giyim tasarım alanındaki güçlü ve zayıf yönleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın başından sonuna kadar geniş bir bakış açısı sağlamak adına birbirini tetikleyen kuvvetli değişimlerin temeli olan 1. endüstri devrimi, toplum ve sanat yapısı ele alınmış, 21. yüzyıla varan “Endüstri 4.0” ün etkisinden bahsedilmiş ve özellikle onun itici gücü 3B teknolojisi kullanılarak yapılmış tekstil yüzeylerine yönelik çalışmalara yer verilmiştir.

2. Endüstri Devriminin Tanımı ve Oluşum Nedenleri

21. yüzyıla kadar kendi içerisinde üç büyük değişim geçirdiği bilinen Endüstri Devrimi kavram olarak 1774 yıllarına kadar uzanmaktadır (Deane, 1965, s. 19) ve 225 yıl sonra günümüzde, dördüncü endüstri devriminin tanımlarını genişleten çalışmaların sürdürüldüğü görülmektedir. Yapılacak en genel tanımda sanayi devrimi, insan ihtiyaçlarının karşılanması için doğanın bir kaynak, bir hammadde olarak kullanılması, dönüştürülmesi, işlenmesi ve sonucunda doğada bulunmayan çıktılar elde edilmesidir (Ercan, 2011).

Sanayi devrimiyle birlikte topraktan ayrılan insan sadece toprağı işlemekle kalmayıp, doğadan elde edilen maddeleri de işlemeye başlamıştır. İnsanlık tarihinde önemli bir yeri olan bu başlangıcın sebepleri ise geliştirilen dört farklı teori ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Sosyal değişim teorisi; devrimden önce kontrol atındaki üretim ve gelir dağılımının, işçi-işveren ilişkileri beraberinde değişen sosyal yapı içerisinde, rekabetçi ve resmi bir piyasaya dönüştüğünü söylemekte ve bu konu üzerinde şekillenmektedir.

Endüstriyel organizasyon teorisi; işçileri bünyesi altında toplayıp bir anlamda onları eğiterek üretimi gerçekleştiren, denetleyen ve yöneten değirmenlerin, demiryolu vb. firmaların ve büyük perakende firmalarının ortaya çıkışı üzerinde durmaktadır. Bazı savunucularına göre devrim, fabrika sisteminin doğuşuyla direk ilişkili iken bazılarına göre yeni geliştirilen makinelerin doğru oranda büyümesi, böylece pazarın dengesizliklerini gidermesi önemli bir yere sahiptir.

Makroiktisat teorisi; gelirin ve iş gücünün artması, genel yatırım oranı gibi toplam değişkenlerin etkisine dikkat çekmektedir. Niceliksel araştırmaya uygunluğu

sebebiyle iktisat tarihçilerinin desteğini almış ancak iktisadi büyümenin endüstri devrimi sırasında söylendiği kadar büyük olmadığını gösteren kanıtların artmasıyla eleştirilere de maruz kalmıştır.

Teknolojik değişim teorisi; teknik gelişmelerin yanı sıra, yeniliklerin, işlenmiş ürünlerin ve tüketici ürünlerinin yaratılmasını da içeren teknolojik ilerleme anlayışının diğer tüm etkenlerden daha üstün olduğunu kabul eder ve bu görüşe göre ekonomi, toprak egemenliğinden teknolojik gelişim egemenliğine dönüşen bir karaktere bürünmüştür (Bülbül, 2008, s. 31-38).

2.1. Endüstri Devriminde Değişim ve Gelişim

18. yüzyılın ikinci yarısında, ilk kez, İngiltere'nin dokuma sanayiinde görülen üretimde makine kullanımı bir dizi ekonomik, teknolojik, toplumsal yenilikleri beraberinde getirerek toplumun radikal bir biçimde değişmesini sağlamıştır. İlk olarak John Kay tarafından geliştirilen özel mekik (1733), ardından James Heagraves'in geliştirdiği iplik bükme makinesi (1764), Thomas Bell'in silindir baskı makinesi (1783) ve Samuel Crompton'ın icadı dokuma makinesi (1785) ile kumaş üretimi ciddi oranda artmıştır. Bu gelişmelerin yanı sıra fabrika sistemi ortaya çıkmıştır ve bunun işin örgütlenmesinde temel biçim haline gelmesi yine ilk olarak dokuma sanayiinde gerçekleşmiştir. İyi kalitede demir elde etmek için yapılan çalışmalar sayesinde demir sanayii gelişirken, James Watt'ın buhar makinesi ile enerji alanında oluşan yenilik, endüstriyel gelişime yüksek bir ivme kazandırmıştır. Bu ivmeyle beraber artan üretimin pazara ulaşması ve devamlılığı adına gereken hammadde akışının sağlanması, demiryolu ağının gelişimini desteklemiştir. Birbirini tetikleyen sektörler ise süreç içerisinde elektrik, lastik, gıda, petrol vb. sanayilerin oluşumunda etkili olmuşlardır.

İngiltere'den sonra Belçika ve Fransa gibi Avrupa ülkelerinin takip ettiği gelişimler, ekonomik gücün evrimine, işçi sınıfının oluşumuna ve böylelikle siyasal yapının da dönüşüme sebep olmuştur. Bir yanda sanayi devrimiyle artan ekonomik ve maddi olanaklar yer alırken, diğer yanda 16 saate varan çalışma süreleri, düşük ücretler, çocuk işçilerin çalıştırılması, sağlıksız çalışma koşulları ve sosyal güvenlik yoksunluk yer almıştır. Bu dönemde burjuva liberalizmi önemli bir siyasal ideoloji olarak ortaya çıkmıştır (Eriş, ve diğerleri, 1986).

2.2. Endüstriyel Toplumda Sanat ve Tasarım

Günümüzde ve geçtiğimiz çağlarda endüstri, toplumun geliştiricisi, kurtarıcısı olarak görülse de yukarıda örneklendirdiğimiz üzere olumlu ve olumsuz etkilerin birlikteliği görülmektedir. Endüstrinin gereksinimlerine göre şekillenen şehirler ve insanlık, otomatik bir düzen içerisinde üretmeye devam etmiştir. Bu düzen içerisinde “standartlaştırılan” ürün zamanla kişilikten yoksun bulunmaya başlamış ve bunun bir sonucu olarak el işine ve orijinal esere duyulan özlem, sanayii gelişen ülkelerde ortak bir nokta olarak gözlenmiştir. Makina imalatı ile elde edilen endüstri ürünü ne kadar parlak ve düz ise, tepki göstermek ve özlemi duyulanı gidermek adına sanatçı, eserinde aynı oranda el izine ve ilkel formlara yer vermiştir. Endüstriyel düzenin içinde yorulan toplum kaçış noktaları arayarak, yaz dönemlerini daha ilkel bir şekilde, şehirden uzak alanlarda geçirme eğilimi göstermiştir. Yine aynı toplum hızla yayılan ve sonrasında aynı hızda itibarsızlaşan ortak zevkler geliştirmeye başlamıştır. Böyle bir toplum içerisinde çalışmalarını gerçekleştiren sanatçı, objeyi terk etmeye başlamış, kendi iç dünyasına dönerek biçim ve renk arayışları gerçekleştirmiştir. Bu arayışlar sırasında önceden tasarlanmayan yeni sentezlerin, üslupların ve hatta sanat akımlarının ortaya çıktığı bilinmektedir (Turani, 2007, s. 550-554).

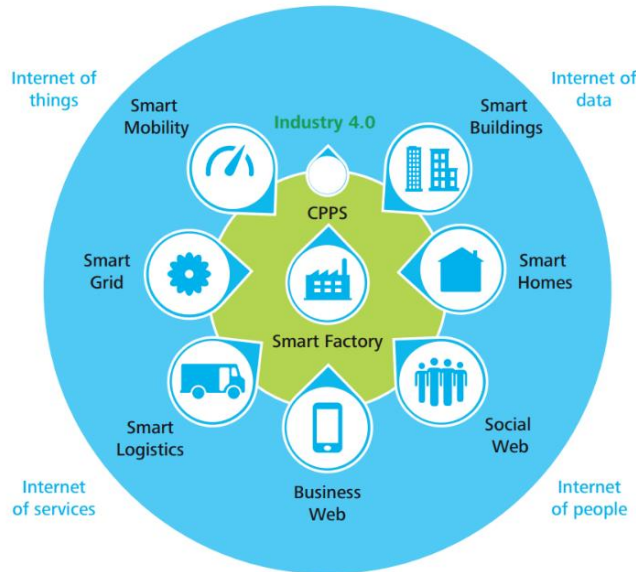
21. yüzyılın başına gelindiğinde hızla gelişmeye devam eden endüstrinin sonucu olarak, plastik sanatlarda biçim parçalama eğilimi ortaya çıkmıştır. Bu hareketi “Parçalayarak yok etme içgüdüğü, yaşanmamış bir hayatın tepkisidir” diyerek yorumlayan Erich Fromm, toplumun ve kaçınılmaz olarak sanatçının içinde bulunduğu huzursuz ortamı işaret etmiştir (Turani, 2007, s. 555).

Bugün endüstrinin dördüncü evriminin tanımları ve tasarımı yapılmaktadır. Teknolojik avantajlar çoğalmış, geleceğin üretim anlayışına ve toplum yapısına dair teoriler çeşitlenmiştir. Her ne kadar avantajları yanında dezavantajları olduğu bilinse de endüstriyel değişime ayak uyduramamış toplumların, güçsüz ekonomi ve dolayısıyla düşük yaşam standartlarına sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle dördüncü sanayi devrimini ve ilerleyen yıllarda hayatımızda ciddi bir yer edinecek teknolojileri tanımak önemli bir noktadadır.

2.3. Gelecekte Üretim Biçimi “Endüstri 4.0”

İnsanlık tarihinde, ağırlıklı üretim biçimi olan tarımdan uzaklaşma süreci ele alınacak olursa, karşımıza dört başlık çıkmaktadır. Bunlar sırasıyla üretimin makineleştiği ilk sanayi devrimi, özellikle elektriğin keşfiyle beraber ciddi teknolojik yeniliklerin yaşandığı ikinci sanayi devrimi, bilgisayarın ve internetin keşfi ile başlayan üçüncü dijital devrim ve tanımları son yıllarda yapılmaya başlanan siber devrim olarak adlandırılabilir. Bu bilgilere göre endüstri her yüzyılda bir önemli değişimler göstermiştir. İçinde bulunduğumuz dönem ise yeni bir devrime ilerleyen sürecinin tam ortasında yer almaktadır. Nisan 2011’de düzenlenen Hannover Fuarında ilk defa konuşulmaya başlanan “Endüstri 4.0”, uzaktan takip edilebilen, öğrenebilen, birbiri ile iletişim kurabilen yani “akıllı” teknolojiye sahip otomasyon sistemleri olarak tanımlanabilir. 2011’deki bu fuardan sonra Almanya çalışmalarına destek vermiş, Bosch’un ve Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi’nin öncülüğünde “Endüstri 4.0” raporu hazırlanarak 2013 yılındaki fuarda sunulmuştur. Endüstri 4.0 denildiğinde iletişim kurabilen cihazlar (yani nesnelerin interneti), akıllı sensörler-okuyucular, insansız araçlar ve makinelerden bahsedilmektedir. (Görsel-1) Tüm bu akıllı robot, okuyucu makine vb. sayesinde gerçek zamanlı veri üretilip paylaşılabilecek ve elde edilen verilerin yönetimi ile üretim hızlanacak, kapasitesi artacak, olası arızalar önceden tespit edilebilecektir (Özdoğan, 2017, s. 40-42).

Chart 2. The industry 4.0 environment²

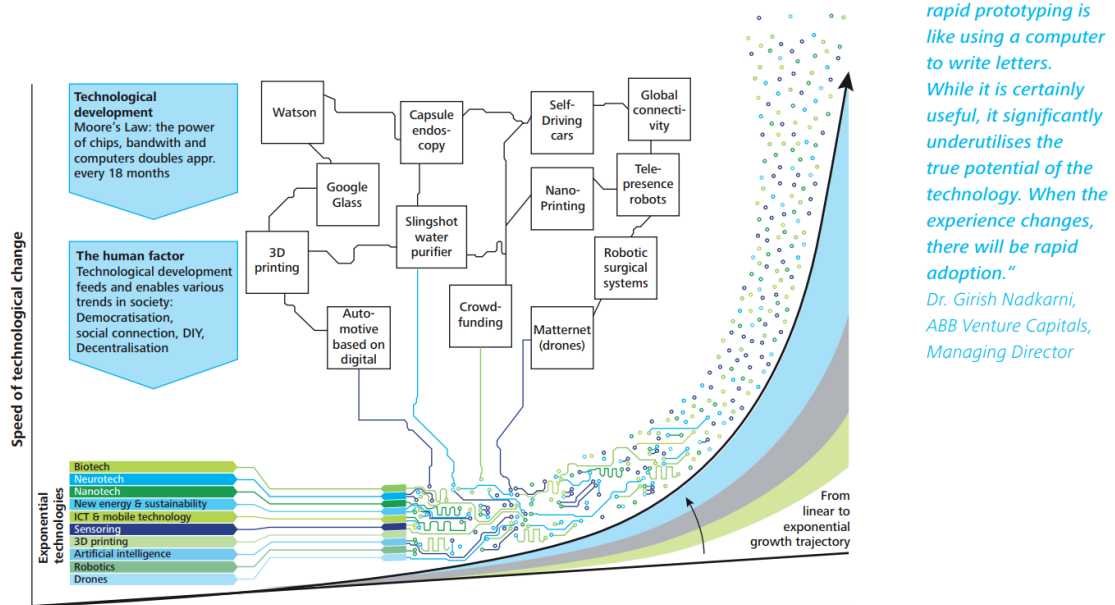


Görsel-1: Endüstri 4.0’ı çevreleyen çalışma alanları, Deloitte, Industry 4.0, 2014 (Erişim tarihi: 05.04.2019)

Endüstrinin dönüşümünde anahtar rol oynayan teknolojiler arasında 3B yazıcılar, nanoteknoloji, küresel bağlantı (büyük bulut), dijital tabanlı otomotivler, robotlar, uzaktan kontrollü hava araçları (drone vb.) yer almaktadır. Bahsedilen teknolojilerin ilk keşfi 20-30 yıl öncesine dayanmaktadır ancak henüz yakın bir zaman içerisinde endüstriyel kullanıma uygun hale gelmişlerdir. Endüstrideki kullanım alanları yaygınlaştığında ise birçok iş alanında ciddi değişimlerin olacağı öngörülmektedir (Görsel-2). Özellikle modern teknoloji ile bütünleşen firmalardaki

Exponentially growing technologies will be the key to the transformation to industry 4.0 (see Chart 3).

Chart 3. Exponential technologies³



Görsel-2: Endüstri 4.0 Üstel Teknolojileri, Deloitte, Industry 4.0, 2014 (Erişim tarihi: 05.04.2019)

çalışanların tanıtma ve uygulama, veri analizi gibi niteliklerinin olması gerekecektir. Konuyla ilgili, 140'a yakın ülkede farklı sektörler için danışmanlık hizmeti veren Deloitte'in İsviçre'de yaptığı araştırmaya göre; araştırmaya katılan firmalardan %4 ü Endüstri 4.0 dönüşümde ihtiyaç duyacakları nitelikli çalışanlara sahip olduğunu söylerken, %80 i sadece belirli alanlarda yeterli olduklarını, %16 ise gerekli becerilerin yeteri kadar bulunmadığını belirtmiştir (Deloitte, 2014). Çağımızın en gelişmiş endüstrisine sahip ülkelerden birinde yapılan bu araştırmaya göre nitelikli çalışan sayısının yeterli seviyede olmadığı ortadadır. Niteliksel anlamda Türkiye

endüstrisi için düşünüldüğünde, bu oranların daha düşük olacağını söylemek zor değildir. O. Özdoğan’a göre ise; “Hayatımızla bütünleştirilmek istenen teknolojilerden anlayan ve uzmanlaşmış insan açığı bulunmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi bir ülkede ilerledikçe bu açık daha fazla hissedilecektir ve bu tarz uzmanlık açıklarını engellemek için öncü çalışmalar yapılması gerekmektedir. Kimi ülkeler bu açığı kendi üretimlerini kullanan mühendislerle kapatmaktayken kimi ülkeler yeni teknolojileri tedarik ederek, kullanımı sırasında öğrenmekte ve eğitimler almaktadır: ancak nasıl olursa olsun bu açığın kapatılması ve dördüncü sanayi devrimine bilgili, konusunda uzman ve kendini geliştirmiş bireylerle girilmesi gerekmektedir.”

Dördüncü sanayi devrimine yönelik dönüşümü hızlandıracak teknolojiler arasında ilk sıralarda yer alan 3B yazıcılar, yukarıda konusu geçtiği üzere tanınması ve araştırılması gereken önemli bir noktadadır. Hem bireysel hem de endüstriyel alanlarda kullanımına şimdiden oldukça sık rastlanmaktadır. Toplumun giderek daha fazla benimsediği bu teknolojinin sanat ve tasarım alanlarında da etkileri görülmektedir. Bu bağlamda çalışmanın devamında hızlı prototipleme sistemleri olarak tanımlanan 3B yazıcı teknolojilerinden bahsedilmiş, tekstil ve moda alanına ağırlık verilerek kullanım alanları örneklendirilmiş, son olarak tekstil yüzeyleri ile ilişkili güncel ve deneysel çalışmaların sonuçları paylaşılmıştır.

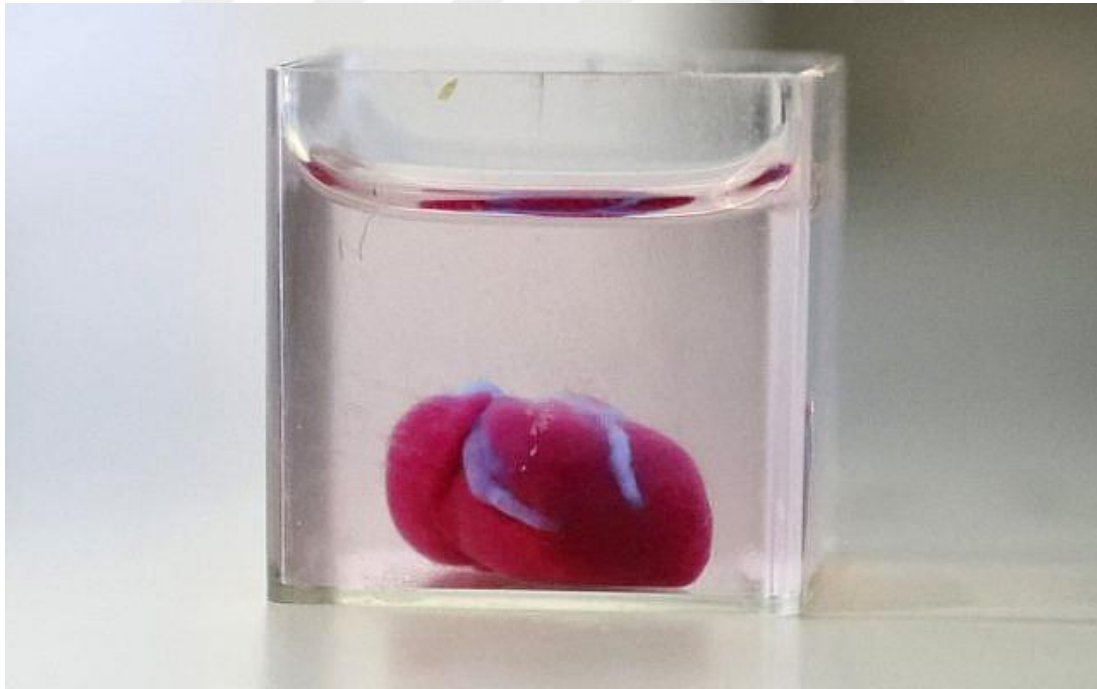
2.4. Hızlı Prototipleme Sistemleri (Rapid Prototyping Systems)

“3B yazıcılar, lazer ya da mürekkep püskürtmeli bir yazıcı mantığıyla çalışan ve “katkısız üretim” (additive manufacturing) olarak tanımlanan katman temelli bir yapıda, ürünleri dijital ortamdan üç boyutlu katı bir nesneye dönüştüren yeniçağın üretim araçlarıdır” (Berman, 2012, s. 156). 3B yazıcıların standart üretim yöntemlerine göre daha fazla zaman gereksinimi vardır. Bunun yanında çoklu aşamaları azaltmak, zorlu üretimleri kolaylaştırmak gibi avantajları bulunmaktadır. Hızlı Prototipleme Sistemleri (Rapid Prototyping Systems) olarak adlandırılan 3B yazıcı sistemleri, çıktıları oluşturan malzemenin katı, sıvı ya da toz bazlı olmasına göre sınıflandırılmaktadır (Chua, Leong, & Lim, 2003, s. 19). Yapılan araştırmalarda günümüzde en çok tercih edilen ve yaygın olarak kullanılan 10 farklı hızlı prototipleme sistemi tespit edilerek avantaj ve dezavantajları bildirilmiştir. Bu sistemlerden ikisi polimer yapıda olan ve (poliamid, polipropilen, polistren vb.)

tekstil üretiminde de yer alan hammaddeleri kullanmaktadır. SLS (tozun CO2 lazer ile sinterlenmesi) ve FDM (ektrüzyonla yığma tekniği) sistemi olarak adlandırılan sistemlerden FDM teknolojisi ulaşımı en kolay ve ofis ortamında kullanıma en uygun RP Raporit Prototipeng) sistemleridir (Çelik, Karakoç, Çakır, & Duysak, 2013, s. 66).

2.5. 3B Teknolojisinin Kullanım Alanları

3B yazıcılar bilgisayardan girilen komut vasıtasıyla ile akla gelen en küçük formdan en büyüğüne kadar üç boyutlu çıktılar oluşturabilmektedir. Ulaşılabilir RP sistemlerinin yanı sıra, firmalar ya da kuruluşlar kendi amaçları / yatırımları doğrultusunda 3B yazıcı teknolojilerini geliştirmektedirler. Bu da farklı sektörlerde her an yeni bir teknik, uygulama ve keşfin kapısını açmaktadır. Örneğin 3B yazıcı ile oluşturulmuş insan vücuduna uyumlu ilk organ çalışması, 2016 yılında Dr. A. Atala öncülüğünde gerçekleşmiştir (Atala, ve diğerleri, 2016). Üç yıl gibi kısa bir süre sonra günümüzde, tıp merkezinin 3B baskı ile tedavi yöntemleri geliştirerek doku ve organ nakli yaptıkları görülmektedir (Fraga & Moynihan, 2018) .



Görsel-3: İnsan dokusu ile basılmış ilk 3B kalp, Matthieussent, D. 2019, www.timesofisrael.com (Erişim tarihi: 04.05.2021)

Görsel-3'te yer alan görsel The Times of Israel, Cnn, Euronews gibi haber kanallarının 15 Nisan 2019'da bildirdiği üzere; Tel Aviv Üniversitesi'nde insan dokusu ile baskısı gerçekleştirilmiş, kan damarları, vertikül ve odacıklara sahip ilk 3B kalbe aittir. 3B yazıcıların kuvvetle etkilediği diğer bir sektör ise yapı ve inşaat sektörüdür. 2014 yılında Çin'deki bir firma geri dönüştürülmüş malzemeler ile 24 saat içinde 10 evin 3B baskısını gerçekleştirmeyi başarmıştır (Levy, 2014). 2018 yılına geldiğimizde ise sosyal sorumluluk projesi altında, her biri 4.000\$ maliyetle, 24 saatten daha kısa sürede oluşturulmuş 3B baskılı beton evler karşımıza çıkmaktadır (Kuchinskas, 2018).



Görsel-4: New Story firmasının yaklaşık 6.500\$ maliyetle tamamladığı 3B baskılı beton ev, Kuchinskas, S. 2018, www.autodesk.com (Erişim tarihi: 04.23.2019)

Otomotiv sektörü incelendiğinde ilk elektrikli 3B otomobilin baskısı 2014 yılında gerçekleştirilirken (Davis, 2014), bir ilk olarak 2019'da Çin'in elektrikli 3B araç ticareti yapmaya başlayacağı bildirilmiştir (Shanghai, 2019) .



Görsel-5: İlk 3B baskı araç, Davis, J. 2014, www.theguardian.com (Erişim tarihi 04 15, 2019)



Görsel-6: Shanghai, H. W., 2019 usa.chinadaily.com.cn (Erişim tarihi 04 19, 2019)

3B teknolojisine tıp, otomotiv, medikal, mimari, havacılık gibi başlıca sektörlerde büyük yatırımlar yapıldığı yukarıdaki örneklerle pekiştirildiği üzere görülmektedir. Her geçen gün farklı alanlarda yer edinen bu teknolojinin Endüstri 4.0 dönüşümünde en büyük itici güç olduğu düşünülmektedir (Özdoğan, 2017, s. 88-91). Yaşanan gelişmeler, değişimin başındaki üretim biçimi sadece endüstriyel açıdan değil kaçınılmaz olarak sanat ve tasarım üzerinde de etkili olmuştur. Tasarım süreç ve özelliklerinin yeni teknolojilerle beraber farklılaştığı ve sanatçının yeni üretim biçimi ve toplum karşısındaki duruşunun değiştiği, bundan 220 yıl önceki ilk sanayileşme sürecinde de gözlenmektedir. 3B teknolojisinin sanat ve tasarım üzerindeki etkileri moda ve giyim tasarım alanında örneklendirilir ise; Iris Van Herpen 2011 yılında bu teknolojiyi kullanarak ilk couture koleksiyonlardan birini gerçekleştirmiştir (Borelli-Persson, 2011). 2019 yılı incelendiğinde prototip çıktıların moda sektöründe yer almaya devam ettiği görülmektedir. Örneğin her yıl Metropolitan Müzesi'nin düzenlediği ünlü bağış gecesi Met Gala'da fotoğraflanan, tasarımcı Zac Posen'ın gül formundan yola çıktığı 3B kostümü Görsel-8 de yer almaktadır (Safronova, 2019).



Görsel-7: 3B baskı ilk couture koleksiyon, Borelli-Persson, L, 04.07.2011, www.vogue.com (Erişim tarihi: 05 04, 2019)



Görsel-8: 3B baskı kostüm, Safronova, V. 2019, www.nytimes.com, (Erişim tarihi: 05 09, 2019)

Yukarıdaki görsellerden de anlaşıldığı üzere ergonomi problemleri olan, örneğin otururken ya da sırt ergonomisinde konforsuz bir hal alabilecek heykelsi formlardır. Moda endüstrisinde şov amaçlı kostüm tasarımlarına yer verilebilse de giyim tasarımı adına aynını söylemek mümkün değildir. Bu nedenle 3B yazıcıların prototip oluşturmak için kullandığı filament yapıları geliştirilmiş ve esneklik mukavemeti yükseltilmiştir (Peleg, 2015). Görsel-9 ve 10 da Danit Peleg'in bahsedilen esnek yapıda filamentleri kullanarak oluşturduğu hazır giyim koleksiyonunda yer alan bir tasarımın detayları görülmektedir.



Görsel-9 & Görsel-10: Esnek filament kullanılan 3B baskı giyim koleksiyonu, Peleg, D. 2016, www.danitpeleg.com (Erişim tarihi: 04.05.2021)

3B teknolojisinin ayakkabı sektöründe özellikle taban tasarımında kullanılmasına sıkça rastlanılmaktadır. Nike 2014 yılında futbol ayakkabıları için geliştirdiği taban tasarımında 3B teknolojisine yer vermiştir. Tasarımın maksimum hıza ulaşma, hızlı yön değiştirme ve yere tutunma özelliklerinde daha güçlü olduğu bildirilmiştir (Nike, 2014).

Yine aynı firma 2019'da ilk 3B baskılı performans tekstilini gerçekleştirdiğini duyurmuştur. Flyprint olarak adlandırılan bu tekstil yüzeyinde normal tekstillerden farklı olarak, atkı ve çözümlerde bulunan sürtünme direncinin olmadığı, ara

bağlantıların eklenebilmesi sayesinde daha güçlü bir malzeme olduğu bildirilmiştir (Nike, 2019).



Görsel-11: 3B baskı spor ayakkabı tabanı, Nike, 2014
www.news.nike.com, (Erişim Tarihi: 05 08, 2019)



Görsel-12: 3B baskı ayakkabı tekstili, 2014, www.news.nike.com (Erişim tarihi: 05.08.2019)

Kişiselleştirilmiş ürünler ya da couture koleksiyonların yanında, 3B baskı teknolojisinin tekstil endüstrisinin üretim ve tasarım süreçlerinde kullanımı üzerine çalışmalar da sürdürülmektedir. Devam eden iki başlığın altında bu alanlara katkı sağlayan çalışmalar ele alınmıştır.

3. Tekstil Yüzeylerinin 3B Yazıcı Teknolojileri ile Birleşimi

Bir tekstil üretim süreci olarak 3B baskının standart üretime oranla daha az aşaması bulunmaktadır. En zorlu formlar iş gücü gerekmeden elde edilebilmektedir. Dolayısıyla kişiselleştirilmiş ürünlerin çıktısı tüm zamanlardan daha hızlı ve pratik olmaktadır. Daha önce bahsedildiği üzere kullanılan filament malzemenin esneklik mukavemetinde de önemli bir gelişim kaydedilmiştir.

Yukarıdaki kazanım ve ilerlemelerin sonucu olarak 3B baskı teknolojisi tekstil ve moda alanında giderek hızlanan bir ivmeye sahiptir. Gridlogics'in 2014'te hazırladığı bir raporda 3B baskı alanında sahip olunan patentler sektör dağılımına göre listelenmiştir (Gridlogics, 2014). Tablo-1'e baktığımızda mühendislik, mekanik, otomotiv gibi temel sektörlerden hemen sonra giyim sektörünün yer aldığı görülmektedir.

Application Area	Search Query	Results
Aerospace	(FT) contains (aerospace* or aeronautic* or rocket* or spacecraft*)	93
Aircraft	(FT) contains (aircraft* or aviation* or helicopter* or "fighter jet" or helicopter* or aeroplane* or airplane*)	92
Automobiles	(FT) contains (automotive* or car or cars or (auto* w/2 part*) or vehicle* or automobile* or motorcar* or autocar* or "steering wheel*" or pedals)	264
Clothing	(FT) contains (cloth* or dress or apparel* or fabric or fabrics or shirt* or t-shirt* or garment*)	234
Construction	(FT) contains ("contour craft*" or "d shape" or D-Shape or "building* print*" or roof* or Diorama or walling or flooring)	16
Defense	(FT) contains (military* or missile* or firearm* or rifle* or pistol* or weapon* or navy* or naval* or army)	48
Food Industry	(FT) contains (food* or pizza* or candy or candies or chocolate* or sweet* or "canned ham" or "meat slices" or "cooked meat" or pastr* or soup* or ice-cream* or fruit* or vegetable* or confection* or foodstuff*) and not "Food and Drug Administration"	111
Furniture	(FT) contains furniture*	25
Jewellery	(FT) contains (jewel* or ornament* or brooch or necklace* or earring* or bracelet* or pendant* or cufflink*)	81
Mechanical	(FT) contains (plug or plugs or gasket* or seal or hinges or bumper* or isolator-fastner* or spacer* or "shock absorber*")	281
Medical	(FT) contains (medic* or pharma* or healthcare* or "health-care*" or cosmetic* or "health care" or orthopedic* or orthopaedic* or capsule* or pills or bandage* or MRI or "magnetic resonance imaging" or radiolog* or ultrasound*)	175
PCB	(FT) contains (((printed* or etched*) w/2 board*) or PCB* or PWB* or "printed circuit assembly*" or PCA or PCBA or "printed board*")	275
Phones	(FT) contains (((mobile* or cell* or hand*) w/3 phone*) or ((wireless* or handheld*) w/2 device*) or phone* or telephone* or handset* or "personal digital assistant*" or smartphone* or pager* or cellphone* or PDA)	163
Prosthesis	(FT) contains (prosthetic* or prosthesis*)	143
Robotics	(FT) contains (robot* or (artificial w/2 intelligen*) or android* or cyborg* or humanoid*)	117
Scaffolding	(FT) contains (scaffold* or nano-scaffold* or nanoscaffold*)	82
Shoes	(FT) contains (shoe* or footwear* or boot)	52
Television	(FT) contains (television* or TV or (set* w/2 box*))	61
Tissue Engineering	(FT) contains ("3D Organ" or "Tissue Print*" or "tissue engineer*" or "tissue-engineer*" or "regenerative medic*" or bone* or cartilage or "blood vessels" or bladder* or skin* or muscle* or jaw* or "organ print*" or (bio w/2 print*) or ear or kidney* or liver* or (medic* w/2 implant*) or teeth* or dental* or	528

Tablo-1: 3D Baskı Teknolojileri Öngörü Raporu, Gridlogics, 2014, www.patentinsightpro.com (Erişim tarihi: 05. 04. 2019)

3.1. Tekstil Yüzeylerinin 3B Baskısı

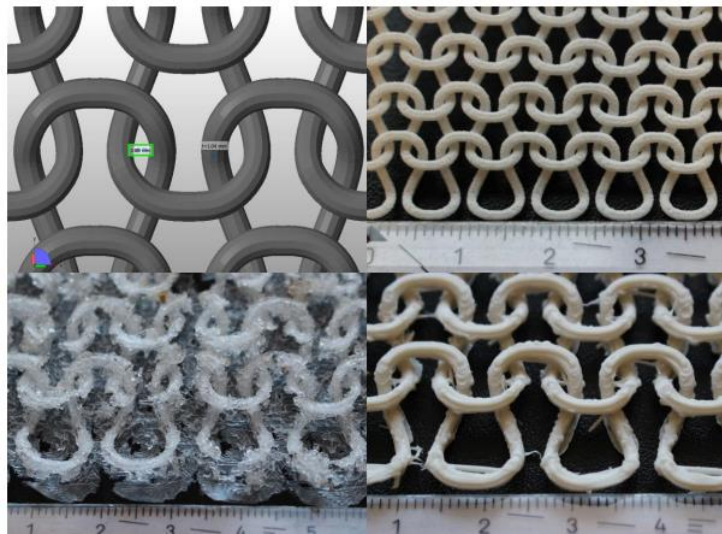
Tekstil tabanlı yapıların prototip baskısını gerçekleştirmiş çalışmaların genel olarak amacı tekstilde kullanılan dokuma, örme ya da dokusuz yüzeylerin yerine alternatif olabilecek tekstil yüzeylerini araştırmaktır.

2014 yılında Lussenburg, vd. 3B baskılı tekstil yüzeyleri kullanarak giyilebilir giysi tasarımları gerçekleştirmiş ve araştırmanın sonucunda 3B baskıda kullanılan filamentin yırtılma direncinin, bunun yanında yumuşaklığının iyileştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Lussenburg, vd., 2014)



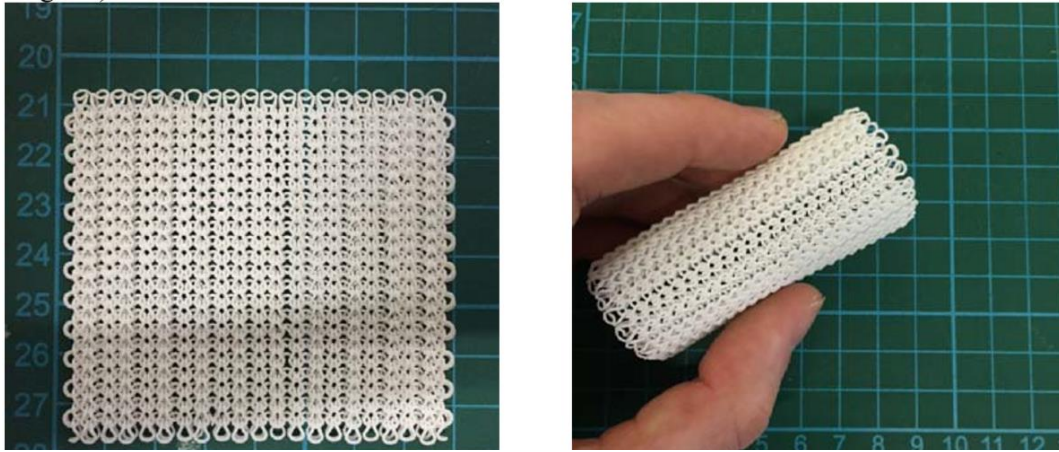
Görsel-13: Lussenburg, N. vd. (2014). Designing with 3D Printed Textiles, *International Conference on Additive Technologies*, www.researchgate.com.

Melnikova vd. (2014) tek yüzü atkı örmesinin SLS ve FDM teknolojileri ile prototip baskısını alarak, FDM baskılarında iki farklı polimer materyal ile yapılan deneysel çalışma sonuçlarını karşılaştırmışlardır (Melnikova, vd., 2014).



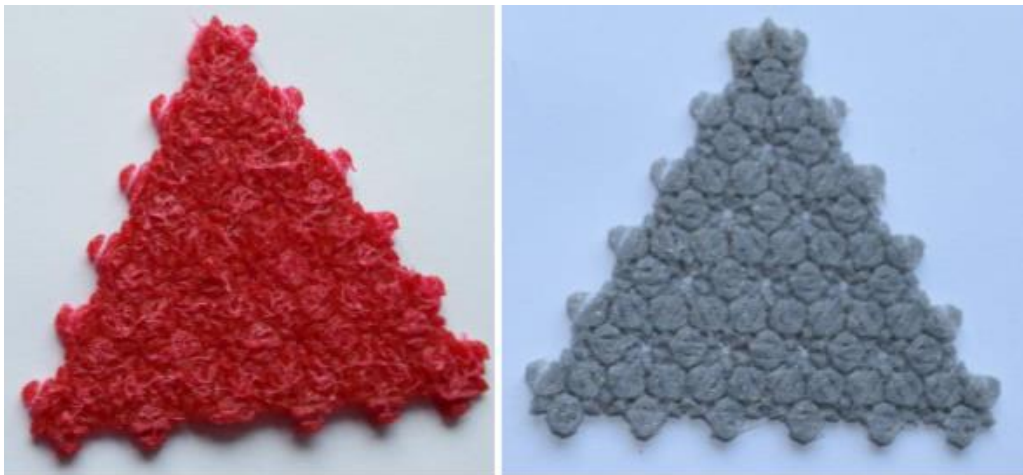
Görsel-14: R. Melnikova, A. E. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer material. *IOP Conf. Series*

Beecroft, Esnek yapıya sahip tekstil formunun 3B yazıcılar ile elde edilebilirliğini görmek istemiş ve atkı örmeesi ile oluşturulan tekstil yapısını SLS teknolojisini kullanarak prototiplemiştir. Aynı atkı örme yüzeyini farklı kalınlıklarda deneyerek, esneklik ve mukavemetlerini karşılaştırmış ve elde edilen yüzeylerin teknik tekstil uygulamalarında kullanılabileceğini ancak yumuşaklığı arttırmak için farklı ham maddeler ile yapılacak araştırmaların gerektiğini belirtmiştir (Beecroft, 2016).



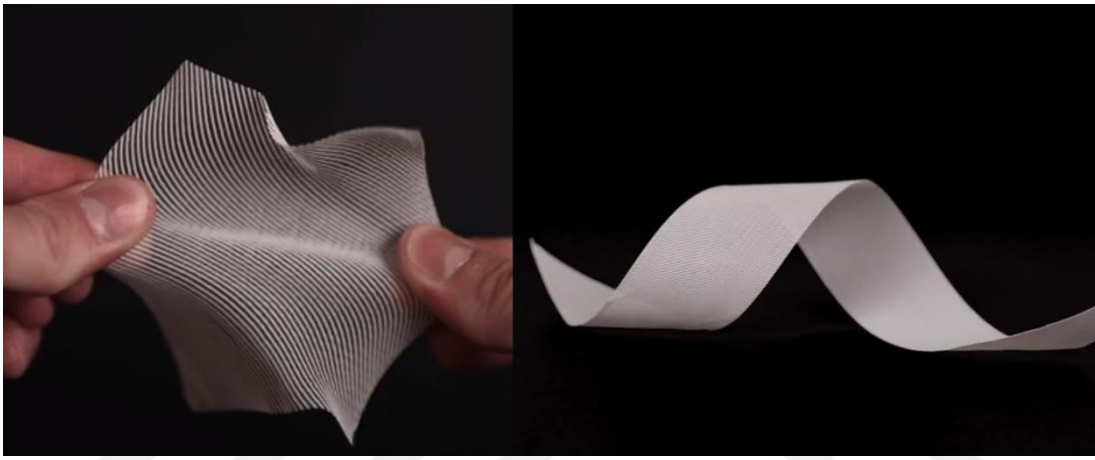
Görsel-15: Beecroft, M. (2016). 3D Printing of Weft Knitted Textile Based Structures by Selective Laser Sintering of Nylon Powder. *IOP Conference Series*

Lehmann, Ehrmann, Finsterbusch (2017) esnek tekstil yüzeylerini 3B yazıcılar ile elde etmek istemişler ve bunu yaparken farklı markalardan temin edilen aynı yapıdaki hammaddeleri kullanarak sonuçları esneklik ve dayanıklılık açısından karşılaştırmışlardır (Lehmann, Ehrmann, & Finsterbusch, 2017).



Görsel-16: A. Lehmann, A. E. (2017). Optimization of 3D Printing with Flexible Materials. *International Textile Conference*

Massachusetts Teknoloji Üniversitesi'nden Jack Forman aslında bir 3B yazdırma kusuru olarak görülen fazla ve az ekstrüde etme durumunu kontrollü bir şekilde tekrar etme yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem ile “yarı tekstil” diye adlandırarak örgü jarse kumaşa benzettikleri, esnek ve yumuşak olabilen, tül benzeri ince bir yüzey baskısı elde etmiştir. Forman kendi tekniği ile uzun bir bandaj, karışık desenli dantel ve esnek ve iletken formda abajur uygulamaları yapmıştır. Özel bir yazılım ya da pahalı cihazlar gerekmeden uygulanabilecek bu yöntemin yaygın kullanım ve ulaşılabilirlik açısından önemli olduğunu belirtmiştir. (Ham, 2020)



Görsel-17: Ham, B. ,2020, Massachusetts Institute of Technology. (www.news.mit.edu, erişim tarihi:13.06.2021)

3.2. Tekstil Yüzeyleri Üzerine 3B Baskı

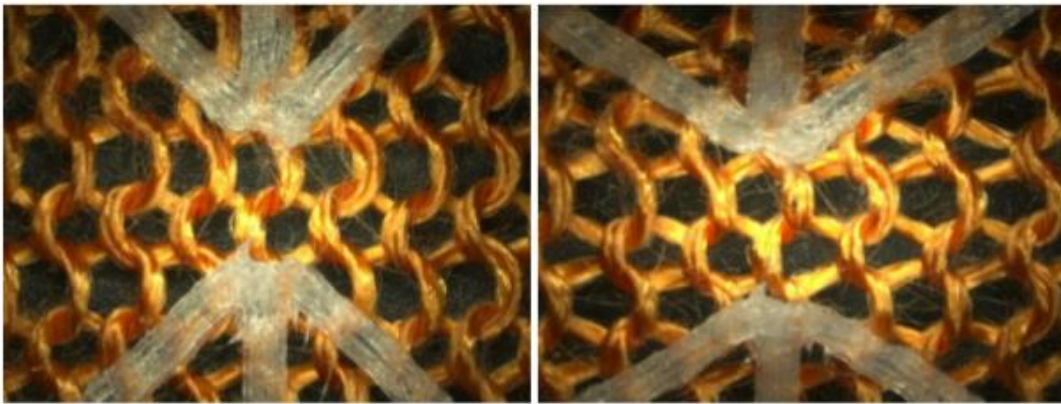
Hızlı prototipleme sistemleri ile yapılan araştırmalara göre; tekstil tabanlı yapıların prototip baskısı sağlanmış ve 3 boyutlu baskı formları bazı tekstil yüzeyleri ile birleştirilmiştir. Bu konuda son yapılan araştırmadan başlayarak kronolojik bir sıralama ile bu araştırmaları inceleyecek olursak;

Sabantina,, Kinzel, Ehrmann¹ ve Finsterbusch (2015) saf 3B baskılı ürünlerin mekanik görünümleri ve özellikle düşük gerilme mukavemeti nedeniyle, 3B formların tekstil yüzeylerine birleştirilmesi üzerinde durmuşlar ve polyester kumaşlara tutunmanın başarılı olduğunu vurgulamışlardır (Sabantina, vd., 2015).



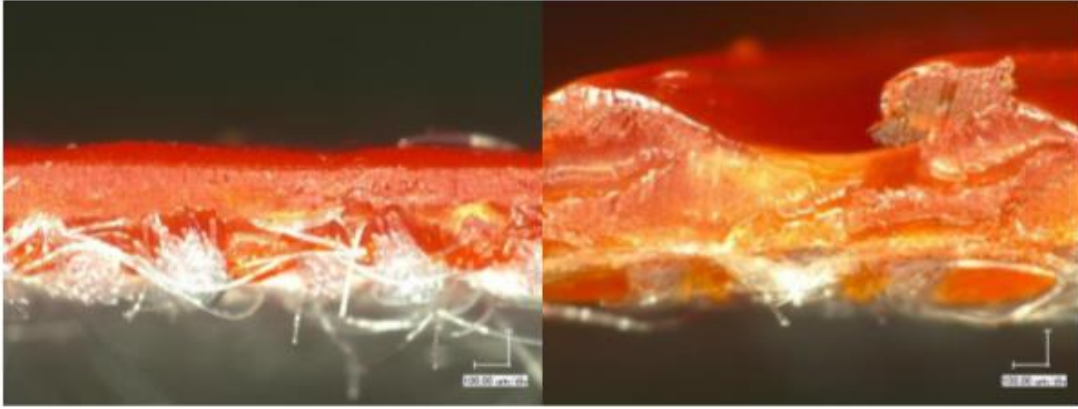
Görsel-18: Sabantina L., K. K. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures – mechanical and geometrical properties of multi-material systems. Global Conference on Polymer and Composite Materials

Grimmelsmann, Meissner ve Ehrmann, 3B baskıyı geleneksel örme kumaş üzerine uygulamış ve örme yapısında yer alan gözeneklerin izotropik olarak genişleyip genişlemeyeceğini test etmişlerdir. Yardımcı 3B baskı formlarının uygulanması sonucunda örme kumaşın en boy oranında yüksek miktarda değişim gözlenmediği ve gözeneklerin yapısının önemli ölçüde değişmediğini bildirmişlerdir (Grimmelsmann, Meissner, & Ehrmann, 2016).



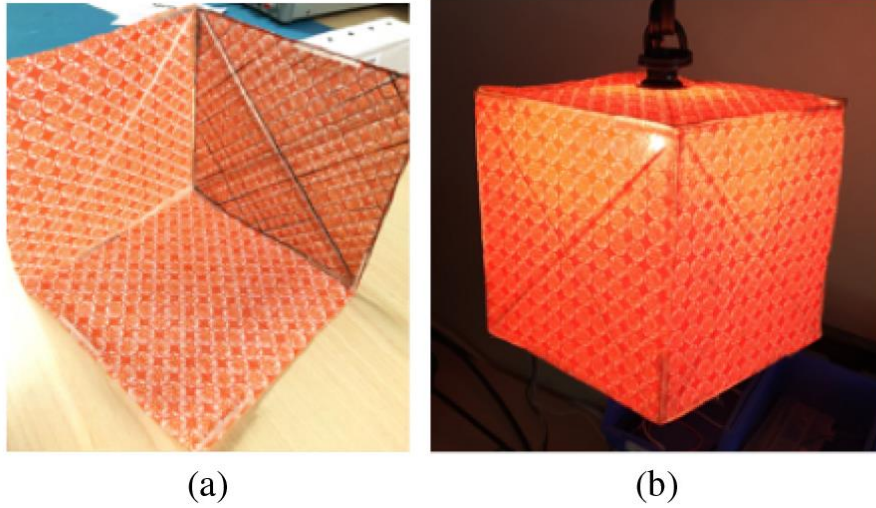
Görsel-19: N. Grimmelsmann, H. M. (2016). 3D printed auxetic forms on knitted fabrics for adjustable permeability and mechanical properties. Global Conference on Polymer and Composite Materials

Spahiu, Grimmelsmann, Ehrmann, Piperi ve Shehi polyester dokuma kumaşlar üzerinde 3B yazıcıda baskı yatağındaki sıcaklık farklarının tutunma üzerindeki etkisini gözlemlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar üzerinden yüksek sıcaklık ile tutunma oranının arttığını vurgulamışlardır (Spahiu, vd., 2017).



Görsel-20: T. Spahiu, N. G. (2017). Effect of 3D printing on textile fabric. International Conference “Engineering and Entrepreneurship”

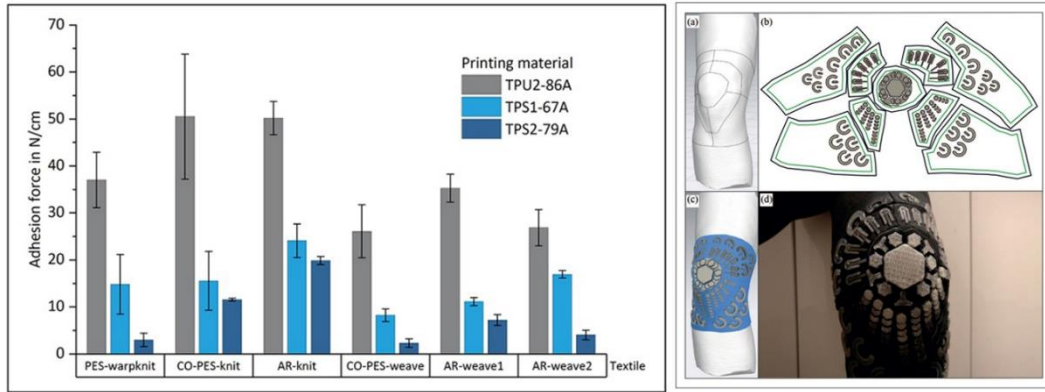
Rivera, Moukperian, Ashbrook, Mankoff ve Hudson hızlı prototiplemede kullanılan çıktı maddelerinin (ABS ve PLA) yapışma kuvvetlerini, elyaf karışımlarından oluşan aynı tekstil yüzeyleri üzerinde ölçmüş ve bu verileri kullanarak tekstil yüzeyleri ve 3B baskıyı birleştirecek teknik ve strüktür önerileri yapmışlardır (Rivera, vd., 2017).



Görsel-21: M. L. Rivera, M. M. (2017). Stretching the Bounds of 3D Printing. Conference on Human Factors in Computing Systems

Korger vd. spor giyim ve iş elbiselerinde sıklıkla kullanılan dokuma ve örme tekstiller üzerine TPU (thermoplastic polyurethane) ve TPS filamentleri ile baskılar alarak yapışma kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçların içerisinde

uygulamaya en uygun parametre ile tasarladıkları sırt ve diz koruyucu gibi önerilerin baskısını gerçekleştirmişlerdir (Korger, vd., 2020).



Görsel-22: Korger, vd. (2020). Testing thermoplastic elastomers selected as flexible three-dimensional printing materials for functional garment and technical textile applications.

İtalya merkezli 3B yazıcı üreticisi olan Wasp firması Co-de-It ve digifabTURING iş birliği ile Grasshopper yazılımı kullanarak yeni teknikler keşfetmek için bir atölye çalışması gerçekleştirmiştir. Workshopta, tabakaya gerilmiş esnek tekstillerden faydalanarak üzerine uyguladıkları 3B baskı ile oluşturdukları yeni formlar elde etmişlerdir (Lazzari, 2021).



Görsel -23: Lazzari, G. (2021, May 26). WASP. (www.3dwasp.com, erişim tarihi: 13 Haziran 2021)

4. 3B Teknolojisi ile Tekstil Yüzeyleri Üzerine Deneysel Çalışmalar

FDM (ektrüzyonla yığma tekniği) sistemlerinin altında yer alan Ultimaker2+ 3B yazıcısı ile 2.85 mm çapında yerli üretim Porima Beyaz PLA filamentini kullanılarak denemeler yapılmıştır. Denemeler hava akımı olmayan oda sıcaklığındaki ortamda gerçekleştirilirken aynı zamanda her aşamanın video kaydı alınmıştır. Çalışma yürütülürken doğal, sentetik, selülozik ve karışım elyaflar içeren, giyim üretiminde sıkça kullanılan tekstil yüzeylerine yer verilmiştir. Farklı elyaf içeren yüzeylerin yanı sıra özdeş elyaflar ile üretilmiş ancak doku ve üretim tekniği açısından ayırım gösteren tekstiller karşılaştırılmıştır. Filamentin hangi şartlarda tekstillere tutunduğu, elyaf içeriklerine ve yüzey farklılıklarına göre sonuçların değişip değişmediği gözlemlenmiştir. Baskılar gerçekleştirilirken tabla ve nozzle sıcaklığı gibi değişkenler sonuçların netliği açısından sabit tutulmuştur. Böylece belirli değerler sağlandığında filamentin yüzeylere tutunma performansını neden sonuç ilişkisi ile açıklayabilen nicelikler gözlemlenebilmiştir. Çalışmanın deneysel uygulama ve yıkama testi aşamalarında nicel yöntem izlenirken, elde edilen sonuçlar toplum, tasarımcı, giyim üretimi açısından ele alınarak yorumlanmış, filamentin yüzeyden ayrılma kuvveti değerlendirilirken nitel değerlendirme yöntemine başvurulmuştur. Yukarıda bahsedilen sıcaklık sabitini belirlemek için gerçekleştirilen birkaç ön çalışmaya aşağıda yer verilmiştir.

Araştırmacılar PLA filamentin sentetik elyafa tutunma sağladığını belirtmiştir. Bu nedenle %100 polyester saten dokuma kumaşa ilk olarak yazıcının standart ayarları ile baskı alınmıştır. Bu ayarlar;

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 210 °C

Baskı Tabakası: 60 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

şeklinde. Birinci denemede tabla ayarı nozzle başlığın kumaşa hafif temas etmesi sağlanacak şekilde yapılmıştır. Baskı kolayca tamamlanarak işlem süresince nozzle başlığında herhangi bir tıkanma gerçekleşmemiştir. Ancak baskı sonucunda

filamentin kumaştan kolayca ayrıldığı gözlemlenmiştir. İkinci denemede nozzle başlığı ve tabla arasında kumaşın kuvvetlice sıkışması sağlanmış ve tabla üzerinde yeteri kadar gerilmeyen kumaşın başlık temas ettikçe hareket ederek filament akışına ve baskının düzgün ilerlemesine engel olduğu görülmüştür. Üçüncü uygulamada kumaşın tabla üzerinde mümkün olan maksimum gerginliği sağlanmış, ardından ikinci uygulamadaki gibi nozzle başlığı ile kuvvetli sıkışma sağlayacak tabla ayarı yapılmıştır. Yazdırma sorunsuz ilerlemiş ve çıktı düzgün bir şekilde elde edilmiştir ancak ilk uygulamadaki gibi çıktı kumaş yüzeyinden kolayca ayrılmıştır. Dördüncü denemede tabla sıcaklığı 90 °C ye yükseltilerek üçüncü aşama ile aynı şartlar sağlanmış ve daha iyi bir tutunma ile karşılaşılmıştır. Isı ile tutunma arasında doğru orantı gözlemlendiğinden hem nozzle başlığı hem de tabla ısısı yükseltilerek son denemeye geçilmiştir. Bu aşamada tabla sıcaklığı 110 °C nozzle başlığı 250 °C ye ayarlanmıştır. Diğer ön çalışmalardan farklı olarak tablanın belirtilen sıcaklığa ulaşması için gereken süre boyunca tekstil yüzeyi tabla üzerinde tutulmuş ve ısının tekstile aktarılması sağlanmıştır. Baskı sonunda düzgün bir form ile alınan çıktı %100 polyester saten dokuma kumaş üzerine güçlü bir şekilde tutunmuş el ile kuvvet uygulandığında ise yüzeyden ayrılmamıştır. Bu sonuca göre daha sonra tekstil yüzeyleri üzerinde yapılacak tüm denemelerin yazıcı değerleri;

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 250 °C

Baskı Tabakası: 110 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

şeklinde sabitlenmiştir. Ayrıca tüm yüzeyler ısınma süresi boyunca tabla üzerinde tutulmuştur.

Her bir çıktıya el ile ters yönde kuvvet uygulanarak yüzeyden kolayca ayrılıp ayrılmadığı izlenmiştir. Baskı denemelerinin ardından M.E.B'in belirlemiş olduğu temel haslık testleri içerisinde yer alan yıkama testinin birinci koşuluna göre; 40 °C de 30 dakika süre ile sabun çözeltisi kullanılarak yıkamalar yapılmıştır. Yıkama sırasında tüm baskılı yüzeyler %100 pamuk bir refakat bezi içerisine yerleştirilmiş, her bir döngüden sonra doğal kurumaya bırakılmış ve toplam 15 döngü

tamamlanmıştır. Döngüler sonunda filamentin kumaşa tutunmasında ya da formunda değişiklik olup olmadığı gözlemlenmiştir. Bu işlemin ardından baskıya yeniden ters yönde kuvvet uygulanmış ancak şiddeti olabildiğince arttırılarak tutunmanın gücü anlaşılmaya çalışılmıştır.

4.1. Doğal Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı

Aşağıdaki değer sabitlerinde gerçekleştirilen tüm denemelerde tekstil yüzeyleri ısınma süresi boyunca baskı tablası üzerinde yer almıştır.

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 250 °C

Baskı Tablası: 110 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

Yüzey-1 %100 Pamuk, müslin, dokuma kumaş: Seyrek dokunan gözenekli yapıdaki kumaşa PLA filamenti güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının temel formu rahatça oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti arttırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Baskının yüzeye zarar vererek güçte olsa kumaştan ayrıldığı görülmüştür.



Görsel-24: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra

Yüzey-2 %100 Pamuk, havlu, dokuma kumaş: Sık dokunan havlı yapıdaki kumaşa PLA filamenti güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu, havlara temas eden akışkan filamentin yön değiştirmesinden dolayı istenen düzgünlükte olmamış ancak baskı devam ettikçe form iyileşmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı havlar sebebi ile zaman zaman engellenmiş yarı süreklilik göstermiştir. Bazı havlarda renk değişimi ve yanma oluşmuştur.



Görsel-25: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra. Başlığın kumaş ile teması bittikten sonra filament akışkanlığı sürekliliğini korumuştur. Baskı el ile ters yönde kuvvet uygulandığından yüzeyden ayrılmamıştır. 15 döngülük yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Çıktı oldukça güç şekilde ve havları beraberinde sökerek yüzeyden ayrılmıştır.

Yüzey-3 %100 Pamuk, gabardin, dokuma kumaş: Sık dokunan düz yapıdaki kumaşa PLA filamenti güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kumaşın yetersiz gerginliğinden dolayı istenen düzgünlükte olmamış ancak yazdırma ilerleyince form düzelmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Yazdırma sonunda baskıya el ile ters yönde kuvvet uyguladığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. İlk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Çıktı güçlükle zemine zarar vererek yüzeyden ayrılmıştır.



Görsel-26: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-4 %100 Keten, dokuma kumaş: Orta sıklıkta bez ayağı dokunmuş düz yüzeyli kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin yer yer gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda baskının kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Akabinde yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, güç de olsa filament kumaşa zarar vererek yüzeyden ayrılmıştır.



Görsel-27: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra

Yüzey-5 %100 Jüt, dokuma kumaş: Sert elyaf ile seyrek dokunan gözenekli yapıdaki kumaşa PLA orta güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın jüt ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı ancak kuvveti artınca jüt yüzeyindeki tüylü yapıyı sökerek

ayrıldığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Baskının jüt liflerini kopararak orta güçlükte kumaştan ayrıldığı görülmüştür.



Görsel-28: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra

Yüzey-6 %100 ipek, dokuma kumaş: %100 ipek, dokuma kumaş. Seyrek dokunan gözenekli yapıdaki Ödemiş ipeğine filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin yer yer gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, orta güçlükte filament kumaşa yıpratılarak yüzeyden ayrılmıştır.



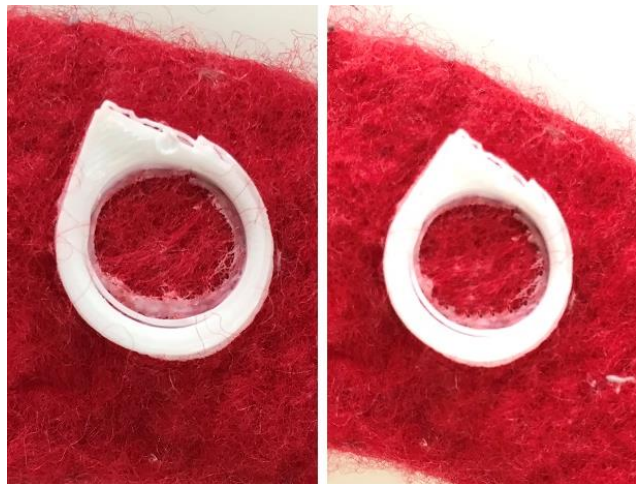
Görsel-29: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra



Görsel-30: İslak keçe üzerine baskı ve yıkama sonrası (soldan sağa)

istenilen düzgünlükte olmamış, filament akışkanlığı pürüzlü yapı sebebi ile zaman zaman engellenerek yarı süreklilik göstermiştir. Ancak baskı devam ettikçe form iyileşmiştir. Baskı sonrasında çıktıya el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı gözlemlenmiştir. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış fakat yüzeyden ayrılmamıştır.

Yüzey-7b: %100 Yün, iğneli keçe kumaş: 3B baskı uygularken ıslak keçe ve iğneli keçe arasında tutunma, dayanıklılık vb. farkların olup olmadığını test etmek amacıyla uygulanmıştır. İğneli keçe ıslak keçe kadar grift yapıda olmadığından kumaş gergin olsa da başlığın ilk temas ettiği yüzeyler hareket etmiştir. Bu nedenle ıslak keçeden farklı olarak nozzle başlığın yüzeye teması sırasında filament akışkanlığı görece daha az süreklilik göstermiş ve çıktının taban formu daha dağınık oluşmuştur. Baskı sonrası tutunma ıslak keçe kadar güçlüdür ve çıktıya ters yönde kuvvet



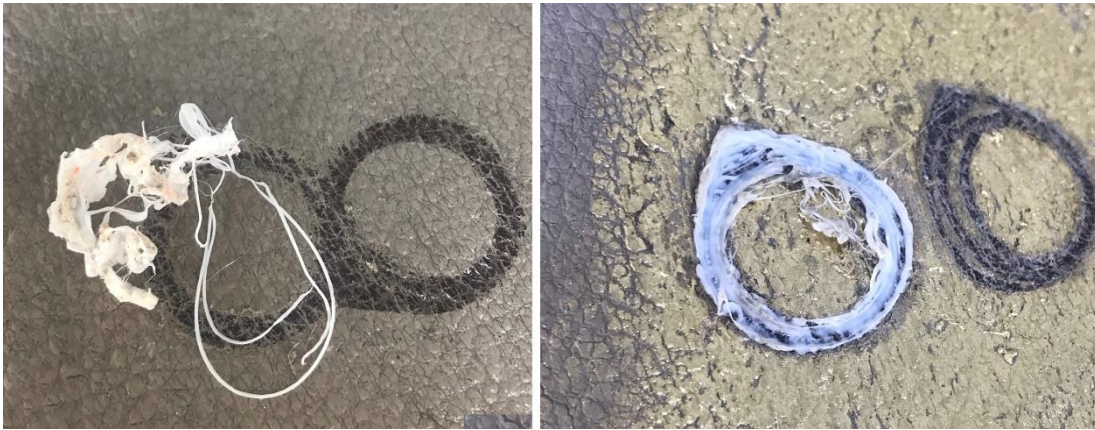
Görsel-31: İğneli keçe baskı sonrası ve yıkama sonrası (soldan sağa)

Yüzey-7 %100 Yün, ıslak keçe kumaş: %100 Yün, ıslak keçe kumaş. Dokusuz tekstiller altında yer alan yumuşak, tüylü ve pürüzlü yapıdaki kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu, yumuşak yüzeye temas eden

başlığın kumaşın içine göçmesi, pürüzlü ve tüylü yapı sebebi ile

uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış fakat yüzeyden ayrılmamıştır.

Yüzey-8 Dana derisi: Dokusuz yüzeyler altında yer alan gerçek deriye PLA tutunma sağlamamıştır. Nozzle başlığın yüzeyle teması sırasında güçlü bir yanık kokusu oluşmuş ve zemin deforme olmuştur. Filament akışkanlığı süreklilik göstermiş ve baskı istenen düzgünlükte tamamlanmıştır. El ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskı yüzeyden kolayca ayrılmıştır. Baskı süreci ve tutunmaya etkisini görmek için deriye varak baskı losyonu sürülmüş, aynı şartlar ile üzerine yeniden 3B baskı denenmiştir. Varak losyonu filamentin deriye temasında ittirici bir etki yaratmış ve düzensiz birikmelere sebep olmuştur. Baskının taban formu oluşmadığı ve filament akışkanlığı yer yer durduğundan çıktı tamamlanamamıştır. Deri üzerine losyon sürülüp varak uygulama yapıldıktan sonra da gerçekleştirilen denemede sonuç değişmemiştir. Isı dolayısıyla nozzle varığı eriterek alttaki losyona ulaşmış ve PLA dağıldığından baskıya sağlıklı şekilde devam edilememiştir.



Görsel-32: Dana deri üzerine varak losyonu uyguladıktan sonra ve varak baskı uyguladıktan sonra 3B baskı denemeleri (soldan sağa)

4.2. Karışım Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı

Yüzey-9 %60 Pamuk %40 polyester, penye kumaş: Esnek yapıdaki ince düz örgü kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu oluşurken kumaş esnekliğinden dolayı hafif bozulmalar oluşmuş, nozzle

başlığın kumaş ile temasında PLA akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin yer yer gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. Akabinde yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, kuvvet mümkün olduğunca arttırılsa da filament yüzeyden ayrılmamıştır.



Görsel-33: Soldan sağa baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ön yüz.

Yüzey-10 %98 Pamuk %2 elastan, denim kumaş: Esnek yapıdaki kalın dokuma kumaşa Filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu istenen düzgünlükte oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama ve doğal kuruma sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmış, filament güç de olsa kumaşa zarar vererek yüzeyden ayrılmıştır.



Görsel-34: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uygulandıktan sonra

Yüzey-11 %60 Pamuk %40 polyester, havlu kumaş: Çift tarafı havlı yapıdaki örme kumaşın polyester ve pamuk ağırlıklı olan her iki yüzüne de PLA filamenti güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu, havlara temas eden akışkan filamentin yön değiştirmesinden dolayı istenen düzgünlükte olmamış ancak baskı devam ettikçe form iyileşmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı havlar sebebi ile zaman zaman engellenmiş yarı süreklilik göstermiştir. Kumaşın polyester yüzünde daha belirgin olmakla birlikte her iki yüzde de havların bir kısmında renk değişimi oluşmuştur. Başlığın kumaş ile teması bittikten sonra filament akışkanlığı sürekliliğini korumuştur. Yıkama testi sonunda her iki yüzde de filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış fakat yüzeyden ayıramamıştır.



Görsel-35: Soldan sağa baskı sonrası ve yıkama sonrası polyester yüz, baskı sonrası ve yıkama sonrası pamuk yüz.

4.3. Suni Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı

Yüzey-12 %100 poliamid, organze kumaş: Oldukça ince dokunmuş düz ve parlak yapıdaki kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu oluşurken kumaş inceliğinden ve ısıdan dolayı zemin yer yer deforme olmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında PLA akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı ve bazı bölgelerde yırtılma olduğu görülmüştür. El ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskı yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama ve doğal kuruma sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Ardından

mümkün olduğunca şiddeti arttırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve kumaşın yırtıldığı görülmüştür.



Görsel-36: Soldan sağa baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-13 %80 poliamid, %20 elastan örme kumaş: Spor giyim ve plaj giyiminde sıkça kullanılan esnek ve pürüzsüz yapıdaki kumaşa PLA güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu rahatça olmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı istenen formda tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Poliamid içerikli dokuma organze kumaşa göre tutunmanın daha etkili olduğu gözlenmiştir. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında değişiklik görülmemiştir. Akabinde mümkün olduğunca şiddeti arttırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Kumaş filamente yapışık kalmış ancak çıktı formunun çevresinden, yırtılarak ayrılmıştır.



Görsel-36: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-14 %100 Polyester, şifon kumaş: İnce iplik ile sık dokunmuş düz kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında değişiklik görülmemiştir. Akabinde yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, orta güçlkle filament kumaştan ayrılmıştır.



Görsel-37: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-15 %100 Polyester, saten kumaş. İnce iplik ile sık dokunmuş düz kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında değişiklik olmamıştır. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve filament güçlükle yüzeyden ayrılmış ve kumaşa zarar vermiştir.



Görsel-38: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-16 %100 Polyester, süet görünümlü dokuma kumaş: Hafif tüylendirilmiş sık dokunma kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Baskı aynı içerikli polyester saten kumaşa oranla yüzeye daha etkili tutunmuştur. Yıkama sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Ardından mümkün olduğunca şiddeti arttırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve güçlkle yüzeyden ayrılmıştır.



Görsel-39: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-17 %100 Polyester, keçe kumaş: Dokusuz tekstiller altında yer alan suni keçe kumaşa filament güçlü tutunmuş ve diğer %100 polyester içerikli havsız kumaşlara göre daha etkili olmuştur. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Çıktı alınan form doğal keçe kumaşlara oranla oldukça düzgün oluşmuştur. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Ardından mümkün olduğunca şiddeti arttırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve filament grift haldeki keçe liflerini birbirinden sökerek güçlkle yüzeyden ayrılmıştır.



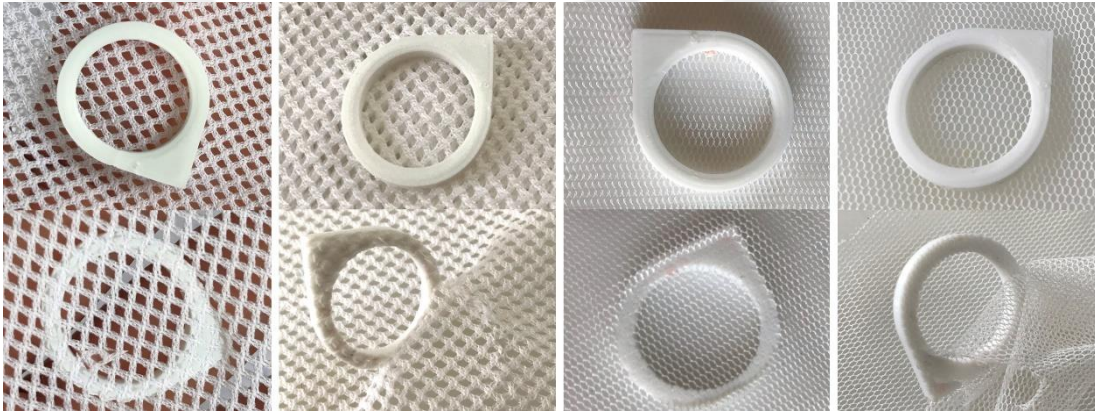
Görsel-40: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-18 %90 Polyester, %10 likra kadife örme kumaş: Havlı yapıdaki esnek suni kadife kumaşa PLA oldukça güçlü tutunmuş ve polyester içerikli tekstillerin içerisinde en etkili tutunmayı sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu esnek yüzeyden dolayı istenen düzgünlükte oluşmamış ancak sorunsuz ilerlemiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet mümkün olduğunda arttırılarak uygulanmış ve filament yüzeyden ayrılmamıştır.



Görsel-41: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası

Yüzey-19 %95 Polyester, %5 likra tül ve file kumaş: Elyaf içerikleri aynı benzer yapıdaki iki kumaşa gözenekli ve ince yapının sonucu nasıl etkilediğini test etmek için baskı yapılmıştır. İki yüzeye de filament güçlü tutunmuş, çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Her iki tekstilde nozzle başlığın yüzey ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Yıkama testi sonunda filamentin file ve tül kumaşa tutunmasında değişiklik olmamıştır. Baskılara yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulandığında filament file kumaşa oranla tül kumaştan daha kolay ve zemini yırtarak ayrılmıştır.



Görsel-42: Soldan sağa file kumaş baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra. Tül kumaş yıkama sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-20 %65 Polyester, %35 viskon dokuma kumaş: Sık bez ayağı dokumuş pürüzsüz yüzeyli kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve filament gözeneklerden geçerek kumaşın arka yüzüne çok seyrek halde ulaşmıştır. El ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamış ve yıkama testi sonunda baskının tutunmasında değişiklik olmamıştır. Akabinde mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Çıktı kumaştan orta güçlkle ayrılmıştır.



Görsel-43: Soldan sağa baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra

Yüzey-21 %100 Viskon bez ayağı dokuma kumaş: Sık dokunmuş ince kumaşa PLA filamentı güçlü tutunmuştur. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonrasında baskının yüzeye tutunmasında değişiklik gözlenmemiştir. Ardından mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve zemine zarar vererek güçlükle yüzeyden ayrılmıştır.



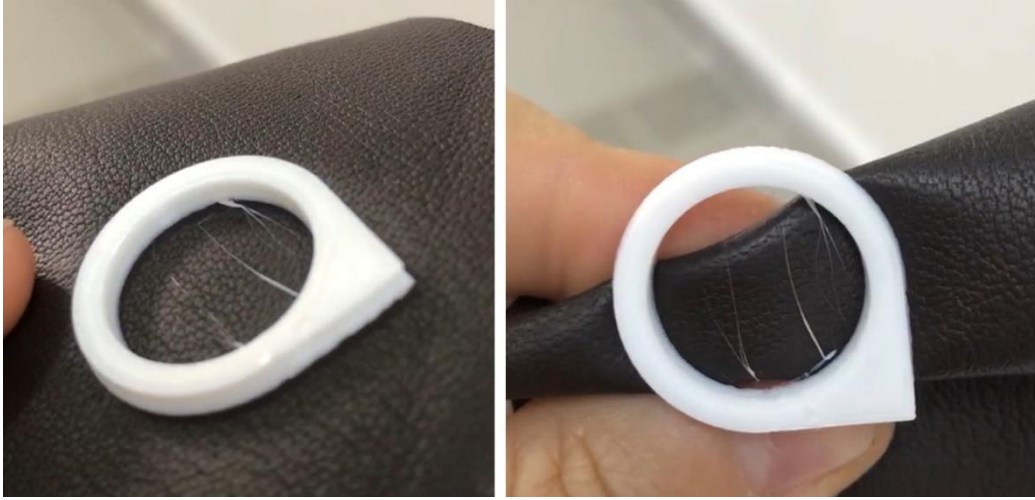
Görsel-44: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra

Yüzey-22 %100 Akrilik fantezi iplik ile örgü pelüş kumaş: Esnek yapıdaki ince ve uzun havlı kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu havlar sebebi ile istenen düzgünlükte olmamış ancak baskı ilerledikçe formu düzelmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı yarı süreklilik göstermiştir ileriki aşamalarda sürekliliğini korumuştur. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet mümkün olduğunda arttırılarak uygulanmış ve filament yüzeyden ayrılamamıştır.



Görsel-45: Soldan sağa baskı sonrası ve yıkama sonrası

Yüzey-23 %100 polivinil klorür suni deri kumaş: Dokusuz yüzeyler altında yer alan suni deri kumaşa PLA tutunma sağlamamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu istenen düzgünlükte olmuş ve nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Sorunsuz şekilde tamamlanan baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulandığında filament yüzeyden kolayca ayrılmıştır. Baskı süreci ve tutunmaya etkisini görmek için deriye varak baskı losyonu sürülmüş, aynı şartlar ile üzerine yeniden 3B baskı denenmiştir. Varak losyonu filamentin deriye temasında ittirici bir etki yaratmış ve düzensiz birikmelere sebep olmuştur.



Görsel-46: Suni deri üzerine baskı sonrası

5. PLA Filamenti ile 3B Baskı üzerine Desenlendirme Denemeleri

Son yıllarda 3B baskıda kullanılan filament çeşitliliği artmıştır. Neredeyse her renk filamentle ulaşmak mümkündür. Ancak çok renkli çıktılar ya da desenlendirme yapabilmek için baskı bittikten sonra müdahale gerektirir. Aşağıda detaylandırılan denemeler 3B baskının bir tekstil aksesuarı ya da baskısı olarak kullanılması halinde nasıl desenlendirilip renklendirilebileceği sorusuna cevap aramak için gerçekleştirilmiştir.

UV Baskı (Ultraviyole): UV Baskı, mürekkeplerin ya da verniklerin ultraviyole ışınları kullanılarak kurutulması ve polimerize olmasını sağlayan araçlarla yapılan baskı çeşididir. (Kipphan, 2014, s. 173) Cam, ahşap, seramik, taş, pleksi gibi sert yüzeyler üzerine baskı almak için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Olympos Uv Flatbed 6090 dijital baskı makinesi ile PLA flamenti üzerine denenen UV baskı ile istenen netlikte ve canlılıkta desenler elde edilebilmiştir. 0-8 mm arasında yükseklik farklarında, altta yer alan tabana paralel yüzeylerde de UV baskının etkili olduğu görülmüştür. Düşey eksendeki yüzeyler ise filament renginde kalmış baskı bu alanlara etki etmemiştir. 15 yıkama ve doğal kuruma döngüsü sonunda özellikle açık renkli alanlarda bir miktar solma görülmüştür. Solma çok kuvvetli değildir ancak baskıda kullanılan boyar madde kalitesinin ya da makine teknolojisinin yıkama testi sonucu değiştirebilecek etkenler olduğu belirtilmelidir.



Görsel-47: PLA filamenti üzerine UV baskı sonrası soldan sağa, yatay eksen üst görünüm, düşey eksen, yıkama sonrası.

Süblime (Kağıttan Transfer) Baskı: Transfer baskılar desenin kağıt gibi bir ara transfer aracı ile yüzeye aktarılması ile sağlanmaktadır. Elde edilmek istenen desen ve renkler ilk olarak bir yazıcı vasıtasıyla kağıt üzerine çıkarılır ardından ısı ve pres yolu ile açık renkli ve suni elyaf içerikli yüzeye (polyester vb.) aktarılır (Uygur & Yüksel, 2013, s. 16). Kağıttan transfer baskılar günümüzde ev tipi yazıcılar ile alınabilen baskılar ile oldukça yaygın kullanıma ulaşmıştır. Bu tip yazıcıdan çıktı alınan tranfer kağıdındaki desen numune pres makinesi kullanılarak filament yüzeyine aktarılmaya çalışılmıştır. 150 °C, 10 saniye pres yapılarak elde edilen baskı diğer denemeler içerisinde en başarılı olanıdır fakat istenen kaliteden oldukça uzaktır. 90°C, 15 saniye preste filament baskı kabul etmemiştir. 120 °C, 20 saniye pres ile baskı kağıdı soyulmuş ve düzgün sonuç alınamamıştır. 180 °C, 10 saniyede süblime kağıdının soyulma oranı artmıştır.



Görsel-48: PLA filamenti üzerine kağıttan transfer baskı. Soldan sağa 150 °C 10", 120 °C 20", 180 °C 10"

Varak Baskı: Varak solüsyonu yardımı ile varak kağıdının yüzeye transferi şeklinde gerçekleştirilen baskı çeşididir. Transfer baskının farklı bir hali denilebilir. Varak solüsyonu ve kağıtları hazır halde online ve yerel marketlerde çokça bulunmaktadır. PLA ile alınan çıktı üzerine varak solüsyonu uygulandıktan sonra 20 dakika beklenmiş ve ardından varak kağıdı transferi yapılmıştır. Yüzeyin solüsyonu kumaş gibi absorbe etme özelliği olmadığından solüsyonun daha kalın ve ince biriken yerlerinde varak kağıdının aktarılma oranı değişerek yer yer boşluklar oluşmuştur. Yıkama testinin birinci döngüsünde varak kağıdının birikerek topaklara dönüştüğü görülmüştür.



Görsel-49: PLA filamenti üzerine varak baskı. Soldan sağa yıkama öncesi ve yıkama sonrası

Sonuç

FDM teknolojisi ile baskı alan Ultimaker2+ 3B yazıcısında 2.8 mm PLA filamenti kullanılarak;

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 210 °C

Baskı Tabakası: 110 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

sabitlerinde tekstil ve moda üretiminde sıkça yer alan farklı yüzeylere ya da elyaf içeriklerine sahip tekstiller üzerine baskılar alınmıştır. PLA filamentinin bu yüzeyler üzerine yapışma gücünü test etmek ve tekstil üretimine uygunluğunu ortaya koymak için yıkama testi yapılmış ve ters yönde kuvvet uygulanarak gözlemler gerçekleştirilmiştir. Bunlara göre;

Doğal elyaflar ile üretilmiş tekstillerin içerisinde en güçlü tutunma dokusuz yüzey olan %100 yün keçe üzerinde gerçekleşmiştir. Jüt, keten, pamuk, ipek elyaflar ile dokunmuş benzer yapıdaki kumaşlardan pamuklu yüzeye filamentin daha iyi tutunduğu gözlenmiştir. Bununla beraber baskı %100 pamuk içerikli havlu kumaşa bez ayağı dokunmuş %100 pamuk kumaşa göre çok daha etkili tutunma sağlamıştır. Yüksek ısıdaki nozzle başlığından çıkan akışkan PLA filamenti gözenekli yapı ile temas ettiğinde yer yer gözeneklerden geçerek arka yüze ulaşmış ve tekrar kendi ile birleşerek tutunmayı sağlamlaştırmıştır. Çıktıya ters yönde kuvvet uygulandığında bu tür kumaşlardan ayırmak için daha çok güç sarf etmek gerekmiştir. Dolayısıyla pamuk müslin beze alınan baskının pamuk gabardin kumaştan daha iyi sonuç verdiğini söylemek yerinde olacaktır. 15 döngülük yıkama ve kuruma testinin sonunda doğal elyaf ile üretilmiş tekstillerde sonuç değişmemiş baskılar yüzeye tutunmaya devam etmiştir.

Karışım elyaf içerikli tekstiller başlığında yer alan %60 pamuk %40 polyester havluya %100 pamuk havlu kumaşa oranla filament çok daha iyi yapışmıştır. Ters yönde kuvvet uygulandığında polyester içeren havludan baskı ayrılamazken pamuk içerikli olandan güç de olsa ayrılması mümkün olmuştur.

Sentetik elyaflar ile üretilmiş kumaşlar içerisinde en güçlü tutunma havlı yapıdaki kadife ve pelüş kumaş üzerinde gerçekleşmiştir. Ardından sırasıyla polyester keçe, poliamid ağırlıklı örme kumaş ve organze kumaş gelmektedir. Tüm yüzeyler ele alındığında hem doğal hem de suni elyaf içerikli tekstiller içerisinde en kuvvetli tutunma havlı dokuya sahip tekstiller ve keçe yüzeyler üzerinde olmuştur. Bu da elyaf içeriğinden bağımsız olarak yüksek sıcaklıktaki PLA filamentinin girift, çok düz olmayan yüzeylere daha güçlü tutunduğunu göstermektedir. Aynı bağlamda denemeler sonucunda dokuma kumaşlara oranla örme kumaşlar üzerinde filament yapışma kuvvetinin daha güçlü olduğu görülmüştür. Örneğin %60 pamuk %40 polyester karışımlı penye kumaşın kuvvet direnci %100 polyester saten ya da şifon kumaştan oldukça yüksektir. Suni ya da doğal yün keçe üzerine ise filament yine dokuma kumaşlara oranla daha güçlü tutunmuştur.

PLA üzerine yapılan baskı ile desenlendirme denemelerinde UV baskı hem renk kalitesi hem desen netliği hem de suya dayanıklılığı açısından kullanıma uygun bir alternatif oluşturmuştur. İleriki çalışmalarda UV baskı ile desenlendirilmiş 3B prototipleri kullanılarak önerilecek tasarım ve uygulamalar alana katkı sağlayacaktır. Varak baskı yıkama gerektirmeyen uygulamalar için önerilebilecekken, filament yüzeyine yapılan süblime baskının olumlu sonuç vermediği, daha ileri teknoloji, kaliteli boyarmadde ya da tekstil üretiminde kullanılan cihazlar ile deneysel çalışmalara açık olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada yapılan deneysel uğraşlar kumaş içeriği, türü, yıkama haslığı, kuvvet direnci birlikte listelenmek istendiğinde aşağıdaki tablo ortaya çıkmıştır. Kuvvet direnci 15 döngülük yıkama testine tabi olan yüzeylere sonrasında uygulanan ters yönde kuvvet göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Buna göre filamentin yüzeyden ayrılma hali kolay, zor, çok zor ve ayrılmadı olarak belirtilmiştir. Yıkama haslığı ise her yıkama sonunda filamentin yüzeye tutunmayı bırakıp bırakmadığına göre ölçümlenmiş, 15 döngü sonunda tutunmada herhangi bir değişiklik yoksa en fazla 10 puan olarak derecelendirilmiştir. (Filamentin yapışma sağlamadığı yüzeyler yıkama testine girmemiş ve tabloda değer girilmemiştir.)

Kumaş Türü	Kumaş İçeriği	Yıkama Haslığı	Kolay Ayrıldı	Zor Ayrıldı	Çok Zor Ayrıldı	Ayrılmadı
Müslin Dokuma (Yüzey-1)	%100 Pamuk	10			✓	
Çift Taraflı Havlu Dokuma (Yüzey-2)	%100 Pamuk	10			✓	
Gabardin Dokuma (Yüzey-3)	%100 Pamuk	10		✓		
İtalyan Keten, Dokuma (Yüzey-4)	%100 Keten	10			✓	
Bez Ayağı Dokuma, Jüt Bezi (Yüzey-5)	%100 Jüt	10		✓		
Dokuma, Ödemiş İpeği (Yüzey-6)	%100 İpek	10		✓		
İğneli & Islak Keçe Yüzey (Yüzey-7)	%100 Yün	10				✓
Dana deri (Yüzey-8)	Gerçek Deri	-				
Düz Örmeye Penye (Yüzey-9)	%60 Pamuk %40 Polyester	10				✓
Denim Dokuma (Yüzey-10)	%98 Pamuk %2 Elastan	10		✓		
Çift Taraflı Havlu, Örmeye (Yüzey-11)	%60 Pamuk %40 Polyester	10				✓
Organze, Bez Ayağı Dokuma, (Yüzey-12)	%100 Poliamid	10			✓	
İnterlok Örmeye (Yüzey-13)	%80 Poliamid %20 Elastan	10			✓	
Şifon, Dokuma (Yüzey-14)	%100 Polyester	10	✓			
Saten Dokuma (Yüzey-15)	%100 Polyester	10		✓		
Süet Görünümlü Bez Ayağı Dokuma (Yüzey-16)	%100 Polyester	10				
Keçe (Yüzey-17)	%100 Polyester	10			✓	
Kadife Örmeye (Yüzey-18)	%90 Polyester %10 Likra	10				✓

Tül & File (Yüzey-19)	%95 Polyester %5 Likra	10	✓			
Bez Ayağı Dokuma (Yüzey-20)	%65 Polyester %35 Viskon	10		✓		
Bez Ayağı Dokuma (Yüzey-21)	%100 Viskon	10	✓			
Pelüş, Örme (Yüzey-22)	%100 Akrilik	10				✓
Suni Deri (Yüzey-23)	%100 Polivinil Klorür	-	✓			

3B yazıcılar ile basılan tekstil tabanlı prototipler, dokuma, örme veya dokusuz tekstiller için iş gücü gerektirmeyen alternatifler sunmaktadır. Ancak elde edilen yüzeyler kullanılan filament malzemenin yapısına göre farklı sonuçlar vermekte, yumuşaklık tuşesi, esneklik ve yırtılma mukavemetinin azlığı gibi olumsuz nitelikler sergileyebilmektedir. Gerilme mukavemeti güçlendirilmiş filamentler ile giyilebilir, esnek ve ergonomik tasarımlar yapılabilir. Bu da bize 3B teknolojinin yaygın biçimde endüstri adaptasyonunun sağlanması durumunda üretim ve tasarım sürecinde meydana gelebilecek radikal değişimleri işaret etmektedir. Fakat giyim endüstrisinde esneklik, dayanıklılık, ergonomi, giyilebilirlik gibi özelliklerin dışında, kullanılan materyalin ısı ve nem absorbesinin, hava geçirgenliğinin olup olmadığı da akla ilk gelen sorulardandır. Bu durumda doğal ya da karışım tekstil elyafların 3B baskısının sağlanıp sağlanamayacağı ayrı bir merak konusudur. Konu üzerinde yapılacak araştırmalar olumlu ya da olumsuz sonuç verebilir ancak bugün nem absorbesi, hava geçirgenliği gibi problemlere 3B baskı ve tekstil yüzeylerinin birlikteliği cevap verebilmektedir. Bu noktadan hareketle çalışmada 3B çıktılar tekstillere yardımcı eleman, baskı ya da bezgi unsuru olarak değerlendirilmektedir.



Yapılan önceki çalışmalarda PLA filamentinin suni içerikli yüzeylere daha iyi tutunma sağladığı belirtilmiş olsa da

Görsel-49: Enjeksiyon baskı örneği. (ekspresbaski.com.tr, erişim tarihi: 02.07.2021)

(Sabantina, Kinzel, Ehrmann, & Finsterbusch, 2015) bu çalışmada görülmüştür ki filament doğal elyaflar ile üretilmiş havlı ve girift yapıdaki tekstillere düz yüzeye sahip suni içerikli tekstillerden daha iyi tutunmaktadır. Bu noktada üzerinde çalışılacak tekstil seçilirken içeriğinin yanında yüzey özelliğinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yıkama testlerinin neticesinde, tutunması süreklilik gösteren yüzeyler üzerine 3B baskı uygulanarak tekstil baskısı ve aksesuarlarına alternatif oluşturulabileceği düşünülmektedir. Örneğin giyim üretiminde enjeksiyon, kauçuk ya da yüksek baskı olarak bilinen (Görsel 45), spor giyim ürünlerinde ve aksesuarlarda sıkça kullanılan baskı çeşidi kalıp ve hammadde açısından diğer tekstil baskılarından maliyetlidir. Tekstil yüzeylerine alınan 3B baskının enjeksiyon baskı yerine geçebileceği, böylece seri üretim gerektirmeden daha az iş gücü ve maliyet ile özellikle orta ve küçük ölçekli firmalarda üretim sürecini etkileyebileceği öngörülmektedir. Koleksiyon sürecinde gerçekleştirilen numune üretimleri baskı kalıbı aşaması gerekmeyeceğinden çok daha hızlı şekilde koleksiyona dahil edilebilecektir. Elbette tasarımcının bu süreçte 3B baskı sistemleri ve aracı programları daha yakından tanınması gerekecektir. Öte yandan kadın giyiminde ve aksesuarlarında sıkça kullanılan boncuk, yıldız, piramit gibi aksesuarların formlarını şimdiye kadar tekstil baskıları ile elde etmenin mümkün olmadığı, ancak bu tür aksesuarların dikimi yerine ürün ya da kumaş üzerine direk 3B baskı alınabileceği ve UV baskı ile desenlendirilebileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda bu çalışmaların üretim sürecinde tasarımın kişiselleştirilebilmesine olanak sağlayacağı, teknolojinin yaygınlaşması, bireylerin kendi baskı tasarımlarını uygulaması gibi fırsatları da beraberinde getireceği beklenmektedir. Çalışmada PLA filamentinin yeterlilikleri test edilmiştir ancak yeni teknolojiler, farklı filamentler ile yapılacak hazır giyim ve tekstil baskılarına yönelik araştırmalar yön gösterici olacaktır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak ürünler üzerine uygulanabilecek birkaç 3B baskı uygulamasına aşağıda yer verilmiştir. Uygulamalar tişörtün üzerine basılmış bir amblemi, pamuk gabardinden dikilmiş bir çantanın üzerine yazı baskısını ve bir şapkanın koruyucu kenarına basılmış sembolü içermektedir. Günlük hayatımızda ve satın alınan ürünlerde sıklıkla karşımıza çıkan tekstil uygulamaları özellikle seçilip 3B ile kişiselleştirilebilir alternatifleri gösterilmeye çalışılmıştır.



Görsel-50: Pamuk penye tişört üzerine PLA filamenti ile 3B Batman logo baskı.



Görsel-51: Pamuk gabardin çanta üzerine PLA filamenti ile 3 boyutlu yazı uygulaması.



Görsel-52: Süet görünümlü şapka koruyucu kenarına PLA filamenti ile sekiz kollu yıldız baskısı.

Moda ve giyim endüstrisinde olduğu gibi birçok ana sektörde yer edinen 3B teknolojisi, tasarımın “yenilikçi” olması beklendiğinden dolayı özellikle tasarımcıların tanınması ve üzerinde çalışmalar yapması gereken bir alan oluşturmaktadır. Örneğin Chanel’ in kuruluşundaki başarılı yükselişi, Iris Van Herpen’ in günümüzde adından sıkça söz ettirmesi toplumsal ve evrensel dinamikler karşısında tasarımlarına başarılı bir şekilde “yenilikçi” yaklaşımlar yükleyebilmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu örnekleri endüstriyel, bireysel, sanatsal alanlarda fazlaca çoğaltmak mümkündür. Dolayısıyla prototip baskının sınırlarını aşacak ve kullanım alanını genişletecek çalışmalar literatüre katkı sağlamakla kalmayıp sanatçı, tasarımcı ve endüstriye yön gösterici nitelikte olacaktır. Yapılan çalışmanın 3B baskı uygulanarak sanatsal, endüstriyel tekstil baskı ve aksesuarlarına yardımcı ya da alternatif olabilecek yöntemlerin geliştirilmesinde aydınlatıcı olması beklenmektedir.

Kaynakça

- Atala, A., Kang, H., Lee, S. J., Ko, I. K., Kengla, C., & Yoo, J. J. (2016, February 15). *Nature Biotechnology*. 04 06, 2019 tarihinde www.nature.com:https://www.nature.com/articles/nbt.3413 adresinden alındı
- Beecroft, M. (2016). 3D Printing of Weft Knitted Textile Based Structures by Selective Laser Sintering of Nylon Powder. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 137, s. 1-7. Hangzhou: IOP.
- Berman, B. (2012). 3-D Printing: The New Industrial Revolution. *Business Horizons*, 155-162.
- Borelli-Persson, L. (2011, 07 04). *Vogue Runway*. 05 04, 2019 tarihinde www.vogue.com:https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2011-couture/iris-van-herpen adresinden alındı
- Bülbül, Y. (2008). *Teknonomi*. İstanbul: Kültür ve Turizm Bakanlığı.
- Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2003). *Rapid Prototyping: Principles and Applications*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, C., & Duysak, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları. *DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(3), 53-70.
- Davis, J. (2014, 12 09). *The Guardian*. (The Guardian) 04 15, 2019 tarihinde www.theguardian.com:https://www.theguardian.com/technology/2014/dec/09/3d-printed-electric-car adresinden alındı
- Deane, P. (1965). *The First Industrial Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Deloitte, C. S. (2014, 10 24). *Industry 4.0, Challenges and Solutions*. 05 04, 2019 tarihinde www2.deloitte.com:https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf adresinden alındı
- Ercan, F. (2011). *Toplumlar ve Ekonomiler*. İstanbul: Bağlam .
- Eriş, A., Fidan, A. F., Gülbahar, H., Kökden, U., Uğur, V., Vardal, S., . . . Yıldırım, A. (1986). *Cem Büyük Ansiklopedi*. *Cem Büyük Ansiklopedi*. İstanbul, Turkey: Cem Ansiklopedik Yayınlar A.Ş.
- Fraga, A. I., & Moynihan, R. (2018, 01 9). *Business Insider*. (Business Insider) 04 26, 2019 tarihinde www.businessinsider.com:https://www.businessinsider.com/this-3d-printer-could-make-new-organs-for-transplant-patients-2018-10?r=UK adresinden alındı

- Gridlogics. (2014, 02 05). *3D Printing Technology Insight Report*. 05 04, 2019 tarihinde [www.patentinsightpro.com: https://www.patentinsightpro.com/techreports/0214/Tech%20Insight%20Report%20-%203D%20Printing.pdf](https://www.patentinsightpro.com/techreports/0214/Tech%20Insight%20Report%20-%203D%20Printing.pdf) adresinden alındı
- Grimmelsmann, N., Meissner, H., & Ehrmann, A. (2016). 3D printed auxetic forms on knitted fabrics for adjustable permeability and mechanical properties. *Global Conference on Polymer and Composite Materials*. 137, s. 1-8. Hangzhou: IOP.
- Ham, B. (2020, Ekim 26). *Massachusetts Institute of Technology*. news.mit.edu: <https://news.mit.edu/2020/defextiles-leveraging-3d-printer-defect-to-create-quasi-textiles-1020> adresinden alındı
- Kipphan, H. (2014). *Handbook of Printing Media Technologies and Production Methods*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Korger, M., Glogowsky, A., Sanduloff, S., Steinem, C., Huysman, S., Horn, B., . . . Rabe, M. (2020). Testing thermoplastic elastomers selected as flexible three-dimensional printing materials for functional garment and technical textile applications. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 1-10.
- Kuchinskas, S. (2018, 10 23). *Redshift by Autodesk*. (Autodesk) 04 23, 2019 tarihinde [www.autodesk.com: https://www.autodesk.com/redshift/concrete-printed-house/](https://www.autodesk.com/redshift/concrete-printed-house/) adresinden alındı
- Lazzari, G. (2021, May 26). *WASP*. June 13, 2021 tarihinde [www.3dwasp.com: https://www.3dwasp.com/en/3d-printing-on-textile/](https://www.3dwasp.com/en/3d-printing-on-textile/) adresinden alındı
- Lehmann, A., Ehrmann, A., & Finsterbusch, K. (2017). Optimization of 3D Printing with Flexible Materials. *International Textile Conference* (s. -). Stuttgart: ResearchGate.
- Levy, K. (2014, 04 14). *Business Insider*. (Business Insider) 05 02, 2019 tarihinde [www.businessinsider.com: https://www.businessinsider.com/a-chinese-company-3d-printed-10-houses-in-a-day-2014-4](https://www.businessinsider.com/a-chinese-company-3d-printed-10-houses-in-a-day-2014-4) adresinden alındı
- Lussenburg, K., Velden, N. V., Doubrovski, Z., Geraedts, J., & Karana, E. (2014). Designing with 3D Printed Textiles, A case study of Material Driven Design. *International Conference on Additive Technologies*. Vienna: www.researchgate.com.
- Melnikova, R., Ehrmann, A., & Finsterbusch, K. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer material. *IOP Conf. Series: Global Conference on Polymer and Composite Materials* (s. 1-6). IOP Publishing.

- Nike. (2014, 02 26). *Nike News*. 05 08, 2019 tarihinde www.news.nike.com:https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle adresinden alındı
- Nike. (2019, 04 17). *Nike News*. 04 21, 2019 tarihinde www.news.nike.com:https://news.nike.com/news/nike-flyprint-3d-printed-textile adresinden alındı
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık.
- Peleg, D. (2015, 11). *Ted Ideas Worth Spreading*. 05 02, 2019 tarihinde www.ted.com:https://www.ted.com/talks/danit_peleg_forget_shopping_soon_you_ll_download_your_new_clothes?language=tr#t-216175 adresinden alındı
- Rivera, M. L., Moukperian, M., Ashbrook, D., Mankoff, J., & Hudson, S. E. (2017). Stretching the Bounds of 3D Printing. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (s. 497-508). Colorado: The ACM Digital Library, Association for Computing Machinery.
- Sabantina, L., Kinzel, K., Ehrmann, A., & Finsterbusch, K. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures – mechanical and geometrical properties of multi-material systems. *Global Conference on Polymer and Composite Materials* (s. 1-5). Mönchengladbach: IOP Publishing.
- Safronova, V. (2019, 05 06). *New york Times Fashion*. 05 09, 2019 tarihinde www.nytimes.com:https://www.nytimes.com/2019/05/06/fashion/met-gala-jourdan-dunn-zac-posen.html adresinden alındı
- Shanghai, H. W. (2019, 04 15). *ChinaDaily*. (China Daily) 04 19, 2019 tarihinde usa.chinadaily.com.cn:https://usa.chinadaily.com.cn/a/201904/15/WS5cb3dda3a3104842260b62af.html adresinden alındı
- Spahiu, T., Grimmelsmann, N., Ehrmann, A., Piperi, E., & Shehi, E. (2017). Effect of 3D printing on textile fabric. *International Conference "Engineering and Entrepreneurship" ICEE. I*. Tiran: ResearchGate.
- Turani, A. (2007). *Dünya Sanat Tarihi*. İstanbul: Remzi Kitapevi.
- Uygur, A., & Yüksel, D. (2013). *Tekstil Baskı Stilleri*. İstanbul: Bayko Matbaa ve Yayıncılık Hizmetleri San. Tic. Ltd. Şti.

Görsel Kaynakça

- Görsel-1** / Deloitte, C. S. (2014, 10 24). *Industry 4.0, Challenges and Solutions*. 05 04, 2019 tarihinde www2.deloitte.com:www2.deloitte.com

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> adresinden alındı

Görsel-2 / Deloitte, C. S. (2014, 10 24). *Industry 4.0, Challenges and Solutions*. 05 04, 2019 tarihinde [www2.deloitte.com: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf) adresinden alındı.

Görsel-3 / Matthieussent, D. (2019, 04 15). *The Times of Israel*. (Times of Israel) 04 05, 2021 tarihinde <https://www.timesofisrael.com/israeli-scientists-unveil-worlds-first-3d-printed-heart-with-human-tissue/> adresinden alındı

Görsel-4 / Kuchinskas, S. (2018, 10 23). *Redshift by Autodesk*. (Autodesk) 04 23, 2019 tarihinde [www.autodesk.com: https://www.autodesk.com/redshift/concrete-printed-house/](https://www.autodesk.com/redshift/concrete-printed-house/) adresinden alındı

Görsel-5 / Davis, J. (2014, 12 09). *The Guardian*. (The Guardian) 04 15, 2019 tarihinde [www.theguardian.com: https://www.theguardian.com/technology/2014/dec/09/3d-printed-electric-car](https://www.theguardian.com/technology/2014/dec/09/3d-printed-electric-car) adresinden alındı

Görsel-6 / Shanghai, H. W. (2019, 04 15). *ChinaDaily*. (China Daily) 04 19, 2019 tarihinde [usa.chinadaily.com.cn: http://usa.chinadaily.com.cn/a/201904/15/WS5cb3dda3a3104842260b62af.html](http://usa.chinadaily.com.cn/a/201904/15/WS5cb3dda3a3104842260b62af.html) adresinden alındı

Görsel-7 / Borelli-Persson, L. (2011, 07 04). *Vogue Runway*. 05 04, 2019 tarihinde [www.vogue.com: https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2011-couture/iris-van-herpen](https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2011-couture/iris-van-herpen) adresinden alındı

Görsel-8 / Safronova, V. (2019, 05 06). *New york Times Fashion*. 05 09, 2019 tarihinde [www.nytimes.com: https://www.nytimes.com/2019/05/06/fashion/met-gala-jourdan-dunn-zac-posen.html](https://www.nytimes.com/2019/05/06/fashion/met-gala-jourdan-dunn-zac-posen.html) adresinden alındı

Görsel-9 / Peleg, D. (2016) 04 05, 2021 tarihinde [www.danitpeleg.com: https://danitpeleg.com/the-birth-of-venus/](https://danitpeleg.com/the-birth-of-venus/) adresinden alındı.

Görsel-10 / Peleg, D. (2016) 04 05, 2021 tarihinde [www.danitpeleg.com: https://danitpeleg.com/the-birth-of-venus/](https://danitpeleg.com/the-birth-of-venus/) adresinden alındı.

Görsel-11 / Nike. (2014, 02 26). *Nike News*. 05 08, 2019 tarihinde [www.news.nike.com: https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle](https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle) adresinden alındı

- Görsel-12** / Nike. (2014, 02 26). *Nike News*. 05 08, 2019 tarihinde [www.news.nike.com: https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle](https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle) adresinden alındı
- Görsel-13** / Kirsten Lussenburg, N. v. (2014). Designing with 3D Printed Textiles, A case study of Material Driven Design. *International Conference on Additive Technologies*. Vienna: www.researchgate.com.
- Görsel-14** / R. Melnikova, A. E. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer material. *IOP Conf. Series: Global Conference on Polymer and Composite Materials* (s. 1-6). IOP Publishing.
- Görsel-15** / Beecroft, M. (2016). 3D Printing of Weft Knitted Textile Based Structures by Selective Laser Sintering of Nylon Powder. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 137, s. 1-7. Hangzhou: IOP.
- Görsel-16** / A. Lehmann, A. E. (2017). Optimization of 3D Printing with Flexible Materials. *International Textile Conference* (s. -). Stuttgart: ResearchGate.
- Görsel-17** / Ham, B. (2020, Ekim 26). *Massachusetts Institute of Technology*. [news.mit.edu: https://news.mit.edu/2020/defextiles-leveraging-3d-printer-defect-to-create-quasi-textiles-1020](https://news.mit.edu/2020/defextiles-leveraging-3d-printer-defect-to-create-quasi-textiles-1020) adresinden alındı.
- Görsel-18** / Sabantina L., K. K. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures – mechanical and geometrical properties of multi-material systems. *Global Conference on Polymer and Composite Materials* (s. 1-5). Mönchengladbach: IOP Publishing.
- Görsel-19** / N. Grimmelsmann, H. M. (2016). 3D printed auxetic forms on knitted fabrics for adjustable permeability and mechanical properties. *Global Conference on Polymer and Composite Materials*. 137, s. 1-8. Hangzhou: IOP.
- Görsel-20** / T. Spahiu, N. G. (2017). Effect of 3D printing on textile fabric. *International Conference "Engineering and Entrepreneurship" ICEE. I*. Tiran: ResearchGate.
- Görsel-21** / M. L. Rivera, M. M. (2017). Stretching the Bounds of 3D Printing. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (s. 497-508). Colorado: The ACM Digital Library, Association for Computing Machinery.
- Görsel-22** / Korger, M., vd. (2020). Testing thermoplastic elastomers selected as flexible three-dimensional printing materials for functional garment and technical textile applications. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 1-10.

Görsel-23 / Lazzari, G. (2021, May 26). WASP. June 13, 2021 tarihinde [www.3dwasp.com:](https://www.3dwasp.com/en/3d-printing-on-textile/) <https://www.3dwasp.com/en/3d-printing-on-textile/> adresinden alındı

Görsel-49 / Ekspres Baskı, 02.07.2021 tarihinde [www.ekspresbaski.com:](https://ekspresbaski.com.tr/hizmetlerimiz/enjeksiyon-baski/) <https://ekspresbaski.com.tr/hizmetlerimiz/enjeksiyon-baski/> adresinden alındı

Tablo-1 / (2014, 02 05). *3D Printing Technology Insight Report*. 05 04, 2019 tarihinde [www.patentinsightpro.com:](https://www.patentinsightpro.com/techreports/0214/Tech%20Insight%20Report%20-%203D%20Printing.pdf) <https://www.patentinsightpro.com/techreports/0214/Tech%20Insight%20Report%20-%203D%20Printing.pdf> adresinden alındı







T. C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürlüğü



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Hale AVCI YILMAZ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	

İletişim Bilgileri

Telefon	
e-posta	
Adres:	

Eğitim Bilgileri

Lise	
Lisans	
Yüksek Lisans	

Kariyer Bilgileri*

İş Deneyimi	
Kurs-Sertifika	
Aldığı Ödüller	
Üyelikler	-
İlgi Alanları	-
Referanslar	-

İmza