

## KONFEKSİYONDA DİJİTAL NUMUNE İLE FİZİKSEL NUMUNE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Derya TATMAN<sup>1</sup>, Ali Serkan SOYDAN<sup>2</sup>, Buse GÜMÜŞ<sup>3</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışma ile hazır giyim işletmelerinde uygulanmakta olan, geleneksel numune üretim yöntemi ile dijital iş akışının kullanıldığı sanal numune üretim yönteminin verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Çalışma hazır giyim sektöründe hem geleneksel hem de dijital numune üretim yöntemlerini kullanan bir tekstil firmasında uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen dört farklı model geleneksel ve dijital üretim süreçleri kullanılarak eş zamanlı üretilmiş, elde edilen veriler verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştırılmıştır.

**Bulgular:** Çalışmada seçilen dört model için yapılan karşılaştırmada %80 oranında maliyetlerden tasarruf sağlandığı görülmüştür. Geleneksel numune üretiminde belirgin miktarda pastal kâğıdı, yan ürün ve kumaş sarfiyatı oluşurken; dijital numune üretiminde, kâğıt, yardımcı malzeme kullanılmamış, kumaş ise fiziksel testler için çok az miktarda kullanılmıştır.

**Özgünlük:** Dijital iş akışı ile ilgili daha çok ölçülendirme ve gerçekliğe uygunluk yönünden çalışmalar mevcuttur. Ancak, dijital numune üretim süreci ile geleneksel numune üretim süreçlerinin verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştırıldığı çalışmalara rastlanmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Konfeksiyonda Verimlilik, Numunede Dijital İş Akışı, Örne Konfeksiyonu, Sürdürülebilirlik, 3D Moda Tasarım.

**JEL Kodları:** C88, D24, M15, L67, Q56.

## COMPARISON OF DIGITAL SAMPLE AND PHYSICAL SAMPLE PRODUCTION PROCESSES IN APPAREL IN TERMS OF PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY

### ABSTRACT

**Purpose:** This study aims to compare the traditional sample production method and the virtual sample production method, which uses digital workflow in terms of efficiency and sustainability.

**Methodology:** The study was conducted practically in a textile company that uses traditional and digital sample production methods in the ready-to-wear industry. The four different models have been produced simultaneously using conventional and digital production processes, and obtained data have been compared regarding efficiency and sustainability.

**Findings:** The comparison made for the four models selected in the study reveals that 80% cost savings were achieved with digital sample production. While a significant amount of marker paper, by-product, and the fabric is consumed in traditional sample production, never used paper and auxiliary materials in digital samples, and used a minimum amount of fabric for testing. It is thought that the spread of the digital workflow will contribute to the increase companies' efficiency.

**Originality:** There are studies on the digital workflow in terms of more dimensioning and conformity to reality. However, no studies compare the digital sample production process and traditional sample production processes in terms of efficiency and sustainability.

**Keywords:** Productivity in Apparel, Digital Workflow in the Sample, Knitting Apparel, Sustainability, 3D Fashion Design.

**JEL Codes:** C88, D24, M15, L67, Q56.

<sup>1</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Moda Tasarımı Programı, Denizli, Türkiye, dtatman@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8498-2512.

<sup>2</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye, assoydan@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2398-3305 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

<sup>3</sup> Tekstil Y. Müh., İzmir, Türkiye, busegumus90@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2137-694X.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tekstil işletmelerinin uluslararası pazarda rekabet edebilmeleri üretim süreçlerinin her aşamasında verimliliği artırmalarıyla mümkün olacaktır. Ancak bunu yaparken sürdürülebilir üretim unsurlarını da göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) Yaşayan Gezegen Raporu'nda (2020) "işlerin her zamanki gibi yürütüldüğü durumda" 2030 yılında insanlığın, yıllık talebini karşılamak için, iki gezegene ihtiyaç duyulacağı belirtilmektedir (Dünya Doğayı Koruma Vakfı, 2021).

İklim değişikliğinin etkilerini daha da belirgin yaşamaya başladığımız son yıllarda, kıt kaynakların verimli kullanılmasının önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır (Duman Altan ve Sağbaş, 2020). Tekstil ürünlerinin ön terbiye ve boyama süreçlerinde suyun yoğun bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Orhon ve diğerleri, 2006). Son yıllarda süper kritik karbondioksit ile susuz boyama üzerine çalışmalar ağırlık kazanmıştır (Odabaşoğlu ve diğerleri, 2013). Hemen hemen bütün uluslararası hazır giyim markaları internet sayfalarında sürdürülebilirlik sekmesi altında çevreye olan duyarlılıklarını ve sürdürülebilirliğe yaptıkları katkıları paylaşmaktadır. Kullanılmayan kıyafetlerin geri dönüştürülmek üzere toplanması, kıyafetlerin satın alınmayıp kiralanması yöntemi çevre duyarlılığına örnek olarak verilebilir (Hennes ve Mauritz, 2021; Inditex, 2021). Türkiye'deki tekstil hazır giyim üreticileri de üretimlerini Küresel Geri Dönüşüm Standardı (Global Recycle Standard-GRS), Organik İçerik Standardı (Organic Content Standard-OCS), Küresel Organik Tekstil Standardı (Global Organic Textile Standard-GOTS) vb. belgelendirme standartlarını sağlayacak şekilde yapılandırmaktadır (Control Union, 2021). Belgelendirme süreçleri ekolojik açıdan sürdürülebilirliğe katkı sağlarken, artan enerji maliyetleri işletmelerin enerji yönetimi ilkeleri belirlemesini (Palamutcu, 2010) ve verimliliklerini artırmaya yönelik çalışmalar yapmasını (Çalık, 2021) zorunlu hale getirmiştir.

Verimlilik, genel anlamıyla üretim araçlarının ekonomik etkinliklerinin bir bütün olarak ölçülmesi olarak tanımlanabilir (Güner ve Yücel, 2014). Dolayısıyla üretim sürecinde yapılacak her türlü iyileştirme verimliliğe olumlu yönde katkı sağlayacaktır (Güner, 2005). Hazır giyim sektöründe ürün maliyetinin yarısına yakını kumaş maliyeti oluşturmaktadır. Bu nedenle kumaş ve diğer ham maddelerin kullanımı verimliliği doğrudan etkilemektedir (Baykal ve Göçer, 2012). Numune üretiminde, kaynak kullanımının en aza indirilerek üretimde yüksek verim oranını sağlamak öncelikli amaç olmalıdır. Düşük adetlerde ve farklı varyasyonlarda yapılan numunelerde kullanılmak üzere gerekli olan kumaş ve aksesuarlar mevcut stoktan kullanılabilirdiği gibi çoğunlukla yeniden üretilme gereksinimini gündeme getirmektedir. Hazırlanan kumaş ve yan ürünler sadece numuneye özgü olup olası fire ve kayıplar için sipariş miktarından daha fazla miktarda yapılması gerekebilmektedir. Bu durum verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından işletmeyi olumsuz etkilemektedir.

Teknolojik gelişmelerle birlikte bir diğer seçenek olan dijital numune; avatar (sanal manken), 2D kalıplar, tekstil malzemeleri ve yan ürünlerinin 3D moda tasarım programında bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır. Sanal dikim ve giydirmeye çalışması sonrası render ve animasyon işlemleri yapılmaktadır (Makryniotis, 2015: 8). Dijital numunede kullanılan kalıplar ve malzemeler geleneksel numune üretim yönteminde kullanılanlar ile aynıdır. Ayrıca dijital numunede manken ölçüleri ürün ölçü tablosuna göre tanımlandığı için üretilen numune geleneksel numune ile birebir uyum sağlamaktadır. Günümüzde dijital numune üretimi yaygınlaşmaktadır. Ortaya çıkan atık, hesaplanan birim maliyetler fiziksel numune ile dijital numune arasında verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından ciddi farklılıklar olduğunu düşündürmektedir. Piyasada dijital numune üretimi için çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. Çalışmada dijital numune üretimi Browzwear- VStitcher yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada dört ayrı ürün için dijital ortamda hazırlanan sanal numunelerin; süre ve maliyet bakımından verimlilik karşılaştırması yapılmış; ayrıca numune hazırlık süreçleri atık oluşmaması yönüyle de karşılaştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Balkan (2019), çalışmasında konfeksiyon sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın kapasite düşüş nedenlerini verimlilik parametreleri üzerinden incelemiş, mali verileri değerlendirerek sorunun çözümüne ulaşmayı amaçlamıştır. Yöntem olarak RAMSAY verimlilik modelleme sisteminin kullanıldığı çalışmada, işletmenin mali verileri kullanılarak, dönemsel verimlilik, toplam faktör verimliliği, sermaye verimliliği gibi analizler yapılmıştır.

Subhashini ve Varghese (2021) uygulamalı çalışmalarında konfeksiyon sektöründe iş ve zaman etüdünün etkin kullanılması ve çalışanların teşvik primleriyle motive edilmesi ile verimliliğin arttığını saptamışlardır. Slović ve diğerleri (2016) bir Sırp konfeksiyon işletmesinde 5 yıl süren çalışmalarında, firmanın çalışanlara üretim kârından pay vermesi ve bu durumu sürekli iyileştirmelerle desteklemesi halinde üretimin istatistiksel olarak arttığını ortaya koymuşlardır. Gambhir ve Sharma (2015) Hindistan'daki 160 adet büyük ve küçük ölçekli tekstil işletmelerinin verimlilik yeterliliğini incelemiştir. Malmquist verimlilik indeksi

hesaplamasının kullanıldığı makalede; teknolojinin değişimi ve ölçek verimliliği, firmaların verimliliğini etkileyen iki temel unsur olarak belirtilmiştir. Rehman ve diğerleri (2019) üretimde aksaklıklar yaşayan bir konfeksiyon işletmesinde iş kıyafeti üretimi sürecinde dengeli malzeme akışı ve iş-zaman etüdünü uygulayarak hazır giyim üretiminde verimliliği artırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır.

Küçük ve Güner (2015), çalışmalarında ihracat yapan bir hazır giyim işletmesinin ürün siparişinden, ürünün dikilip paketlenmesine kadar olan tüm süreçleri zaman bazında incelemiştir. Çalışmada siparişe yönelik Ağ Planı-CPM (Critical Path Method) oluşturulmuş ve sayısal olarak değerlendirilmiştir. Verimlilik kaybını önlemek, diğer bir deyişle verimi artırmak için; numune kalıplarının bilgisayar ortamında oluşturulması, üretimin günlük ve haftalık olarak sürekli takip edilmesi ve hat dengelemelerinin yapılması önerilmiştir. Morshed ve Palash (2014) araştırmalarında konfeksiyon üretim sürecinde katma değeri olmayan operasyonları çıkartarak hat dengeleme yöntemiyle iş yükünün tüm üretim bandına eşit dağıtılması ve verimliliğin artırılması yönünde çalışmışlardır. Benzer şekilde Bappy ve diğerleri (2019), hat dengeleme yöntemi ile üretim bandı verimliliğini ve iş gücü verimliliğini artırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Shumon ve diğerleri (2010), bir hazır giyim işletmesinde seri üretimde bant sisteminde geleneksel ve dengeli yerleşim modelinin uygulandığı bant sistemlerinde üretimde verimlilik iyileştirme üzerine çalışmışlardır. Paşayev (2010), konfeksiyon ürünlerinde maliyetlerin neredeyse %50'sini kumaş giderlerinin oluşturduğunu, kumaş giderlerinin de yaklaşık %25'ini kumaş kayıplarının oluşturduğunu belirtmiştir. Bu doğrultuda optimum pastal yerleşim planının oluşturulması konusunda uygulamalı çalışma yapmıştır.

Bilgiç ve Baykal (2017), yaptıkları çalışmada örme konfeksiyonu için hazırlanmış birbirinden farklı sayı ve şekilde 6 model kalıbı, 3 farklı endeki 4 farklı kumaş türüne uygulanmıştır. Pastal kesim yerleşimi için Gemini NestEXPERT programının kullanıldığı çalışmada pastal çiziminin fire miktarını etkileyebilecek parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmada ikinci kalite ürün maliyeti bağımlı değişken olarak belirlenmişken model, kumaş en ve kumaş türleri bağımsız değişkenler olarak belirlenmiş ve aralarındaki ilişki istatistiksel olarak analiz edilerek yorumlanmıştır. Baykal ve Göçer (2012), çalışmalarında konfeksiyonda maliyetlerinin yarısının kumaş maliyetleri olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada, farklı kumaş türleri ile farklı modellerin çalışılması sırasında verimlilik ve kalite oranları değerlendirilmiştir. Mridha ve diğerleri (2020), Bangladeş'te faaliyet gösteren bir hazır giyim üreticisinde 5S modelini uygulayarak en fazla verimlilik ve en az kayıp ile üretimde iyileştirme süreci ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Kapuria ve diğerleri (2017), çalışmalarında, Bangladeş'teki bir hazır giyim sektöründe verimlilik artışını sağlamak amacıyla; dikiş kusurlarının temel nedenlerini belirlemiş ve Kaizen (Sürekli iyileştirme) sistemi aracılığıyla kusurları azaltarak sürekli iyileştirme yapmışlardır. Güner ve Yücel (2014), bir hazır giyim işletmesinde, bir kadın elbisesinin üretiminde verimliliği artırıcı metotlar belirlenmiş, uygulanan metotların ardından elde edilen sonuçlar analiz edilerek yorumlanmıştır.

Tanvir ve Ahmed (2013), Bangladeş'te hazır giyim sektörünü incelemişlerdir. İş etüdünün hazır giyim üretiminde verimliliği artırmada önemli bir etken olduğunu vurgulamışlar, çalışmalarında bu alandaki literatürden derleme yapmışlardır. Kanat ve Güner (2007) çalışmalarında tekstil ve hazır giyim işletmelerinde uygulanmakta olan verimlilik ölçüm yöntemlerini sunmuşlardır. Lin ve diğerleri (1994) konfeksiyon sektöründe verimlilik ve üretim konulu derleme çalışma yapmıştır.

Hazır giyim sektöründe sürdürülebilirliğe ilişkin çalışmalar incelendiğinde; Tanvir ve Ahmed (2013), hazır giyim üretimi yapan bir işletmede, ilk seferde uygun kalitede üreterek, süreç performansını iyileştirme, kaynakların doğru kullanımı, varyasyonları azaltma ve süreç çıktısının tutarlı kalitesini koruyarak verimliliği artırma, atıkları azaltma yönünde araştırma yapmışlardır. Eser ve diğerleri (2016), tekstil ve hazır giyim sektöründe sürdürülebilirlik üzerine incelemeler yapmışlar, sektörde geri dönüşüm ve atık yönetimi konusunda dünya genelinden örneklemeler yapmışlardır. Mothilal ve Prakash (2018), çalışmalarında konfeksiyon sektöründe, yalın üretim yöntemini uygulayarak atık oranını ve üretim süresini azaltmayı ve üretimde kalite ile verimliliği artırmayı sağlamayı hedeflemişlerdir.

Literatürde verimlilik modelleme sistemi çalışmaları, verimlilik indeksi hesaplamaları, iş ve zaman etütleri, yalın üretim teknikleri, hat dengelemeleri, konfeksiyonda pastal fire hesaplamaları, geri dönüşüm ve atık yönetimi gibi çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Ayrıca, dijital iş akışı ile ilgili daha çok ölçülendirme ve gerçekliğe uygunluk yönünden çalışmalar mevcut olup dijital numune üretim süreci ile geleneksel numune üretim süreçlerinin üretim süresi, işçilik, kumaş ve sarf malzeme maliyetleri açısından karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Araştırmanın bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### 3. YÖNTEM

Çalışma Ege Bölgesi'nde faaliyet gösteren yıllık 20 milyon parça üretim kapasitesi olan büyük ölçekli bir hazır giyim işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Firma müşteri taleplerine göre; geleneksel hazır giyim

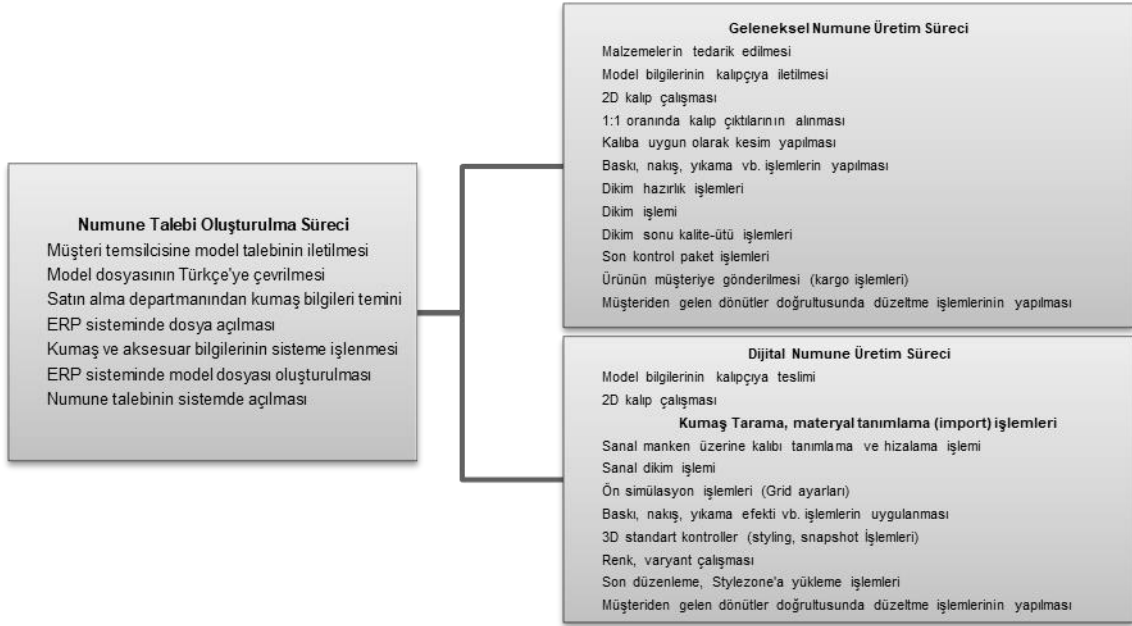
Üretim tekniklerinin yanı sıra son yıllarda adını sıkça duymaya başladığımız dijital numune hazırlama tekniklerini eş zamanlı kullanabilmektedir. Geleneksel numune ve dijital numuneler için hazırlanan model kalıpları aynı süreçte oluşturulmaktadır. Süreçler bu aşamadan sonra ikiye ayrılmaktadır (Şekil 1). Model kalıpları dijital ortamda hazırlandıktan sonra geleneksel numune üretiminde kullanılacak olan tüm ana ve yardımcı malzemeler için tedarik süreci başlatılmıştır. Ardından model teknik detaylarına uyularak kesim ve dikim işlemleri gerçekleştirilmiş ve bu aşamalar esnasında harcanan süreler etüt yöntemi kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Ayrıca modeller için kullanılan tüm ana ve yardımcı malzeme miktarları ve maliyetleri belirlenmiştir.

Dijital numune üretim aşamasında ise model kalıpları hazırlandıktan sonra, kullanılacak olan ana ve yardımcı malzemelerin yazılıma aktarım işlemi gerçekleştirilmiştir. Modellerin sanal dikim işlemi gerçekleştirildikten sonra sanal manken üzerinde giydirme ve düzenleme işlemleri yapılmıştır. Bu aşamalar esnasında harcanan süreler etüt yöntemi kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Ayrıca kumaşların sisteme aktarılması için kullanılan tüm ana ve yardımcı malzeme miktarları ve maliyetleri belirlenmiştir.

Geleneksel ve dijital numune üretim süreçlerinde görev alan personel sayıları ve birim işçilik maliyetleri karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde geleneksel ve dijital numune üretim süreçlerinde harcanan üretim süreleri ve malzeme maliyetleri de karşılaştırılmıştır.

İşletmede uygulanmakta olan numune hazırlama iş akış süreçleri Şekil 1’de görülmektedir. Müşteri temsilcisine model talebinin iletilmesi ile başlayan süreç her iki yöntem için de ortak olup talebin iş takip sisteminde açılması ve model kalıplarının hazırlanmasından sonra geleneksel ve dijital olarak ikiye ayrılmaktadır.

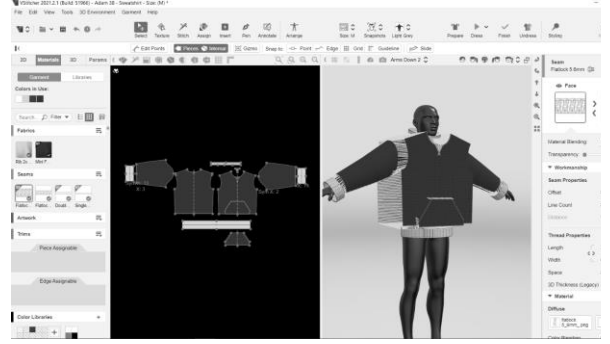
Geleneksel üretim süreci ve dijital üretim sürecine ait görseller Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 1. Geleneksel ve dijital numune üretim süreçleri



a) Geleneksel üretim



b) Dijital numune üretimi

Şekil 2. Geleneksel üretim ve dijital numune üretim görselleri

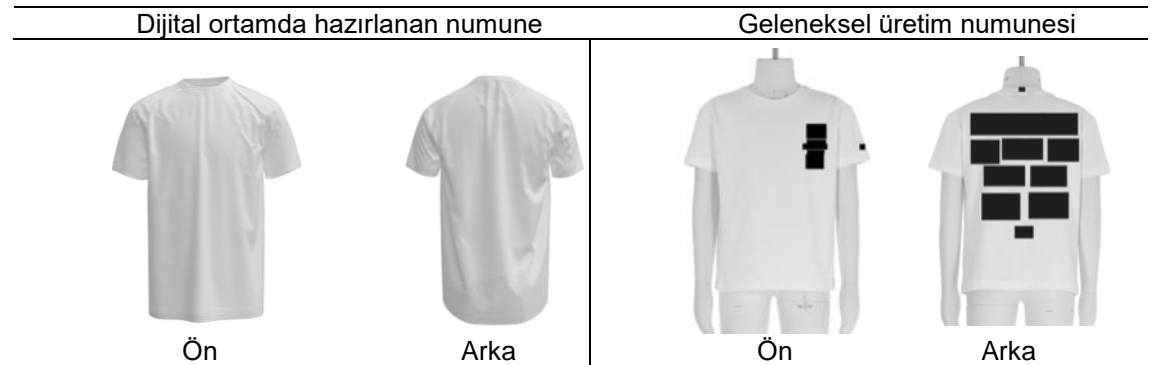
### 3.1. Modeller

Çalışma için belirlenen dört model; kumaş eni, kumaş gramajı, örgü türü, ürün grubu ve kalıp açısından farklılık gösterdiği için tercih edilmiştir.



Şekil 3. Model 1 polo yaka tişört

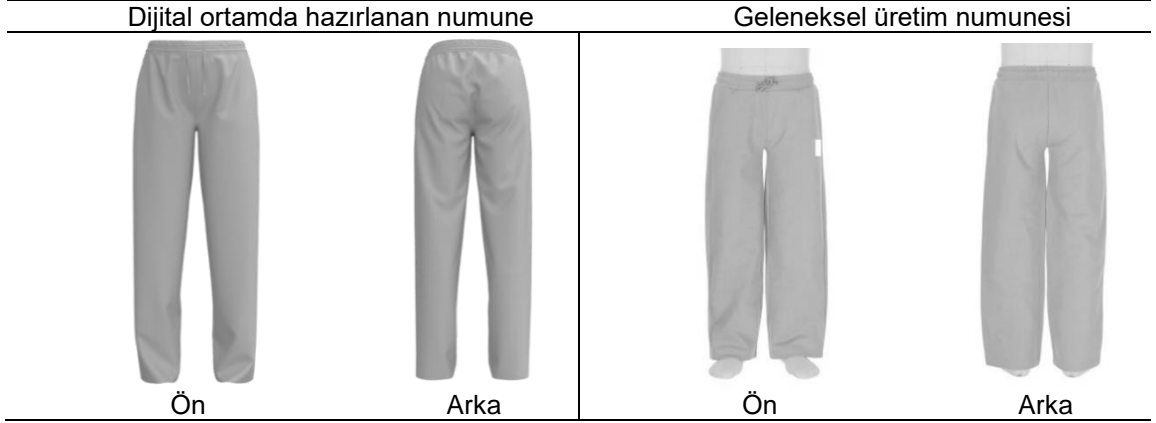
Şekil 3'te model 1: Polo yaka tişörte ait görseller bulunmaktadır. Sol tarafta (ön ve arka) dijital ortamda hazırlanan numune görseline ait fotoğraflar yer alırken, sağ tarafta geleneksel üretim numunesine ait fotoğraflar yer almaktadır. Model üzerinde baskı bulunmaktadır. Firmanın gizlilik ilkesi gereğince baskı kısımları geleneksel numune üretiminde kapatılmış, 3D tasarımda ise bu alanlar gizlenmiştir. İlgili modelden geleneksel yöntemle 4 farklı renkte ve her renkten 2'şer adet üretim yapılmıştır. Her renkten birer adet müşteriye gönderilmiş, diğer numuneler firmanın üretim politikası gereği arşivlenmiştir. Dijital ortamda ise 4 renk varyasyonu oluşturulmuştur.



Şekil 4. Model 2 çocuk tişörtü

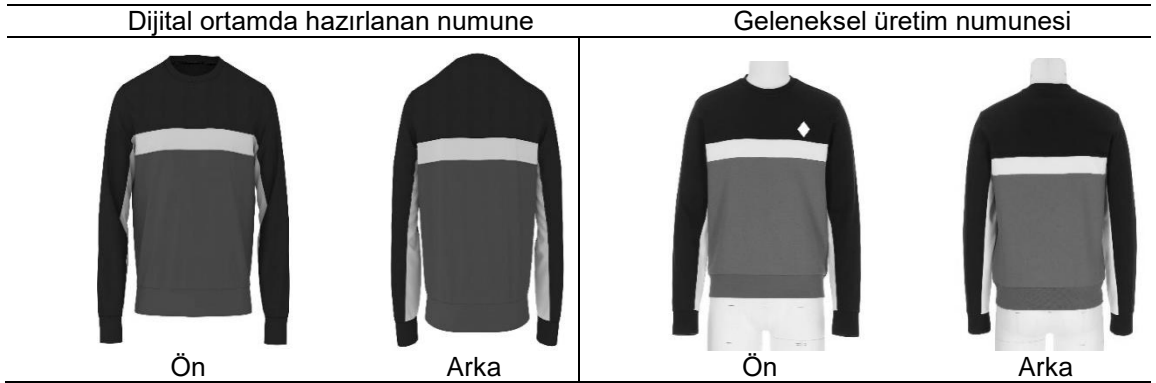
Şekil 4'te model 2 çocuk tişörtüne ait görseller bulunmaktadır. Sol tarafta (ön ve arka) dijital ortamda hazırlanan numune görseline ait fotoğraflar yer alırken, sağ tarafta geleneksel üretim numunesine ait fotoğraflar yer almaktadır. Model üzerinde baskı ve nakış bulunmaktadır. Firmanın gizlilik ilkesi gereğince baskı ve nakış kısımları geleneksel numune üretiminde kapatılmış, 3D tasarımda ise bu alanlar gizlenmiştir.

Geleneksel üretimde 3 adet numune üretilmiştir. Dijital numune ekranda oluşturulmuştur. Fiziksel numunelerin 2 tanesi müşteriye gönderilmiş diğer 1 numune firmanın üretim politikası gereği arşivlenmiştir.



Şekil 5. Model 3 çocuk pantolon

Şekil 5'te model 3 çocuk pantolonuna ait görseller yer almaktadır. Sol tarafta (ön ve arka) dijital ortamda hazırlanan numune görseline ait fotoğraflar yer alırken, sağ tarafta geleneksel üretim numunesine ait fotoğraflar yer almaktadır. Model üzerinde nakış bulunmaktadır. Firmanın gizlilik ilkesi gereğince nakış kısımları geleneksel numune üretiminde kapatılmış, 3D tasarımda ise bu alanlar gizlenmiştir. Geleneksel üretimde 3 adet numune üretilmiştir. Dijital numune ekranda oluşturulmuştur. Fiziksel numunenin 2 tanesi müşteriye gönderilmiş diğer 1 numune firmanın üretim politikası gereği arşivlenmiştir.



Şekil 6. Model 4 sweatshirt

Şekil 6'da model 4 sweatshirt görselleri yer almaktadır. Sol tarafta (ön ve arka) dijital ortamda hazırlanan numune görseline ait fotoğraflar yer alırken, sağ tarafta geleneksel üretim numunesine ait fotoğraflar yer almaktadır. Model üzerinde nakış bulunmaktadır. Firmanın gizlilik ilkesi gereğince nakış kısımları geleneksel numune üretiminde kapatılmış, 3D tasarımda ise bu alanlar gizlenmiştir. Geleneksel üretimde 7 adet numune üretilmiştir. Dijital numune ekranda oluşturulmuştur. Fiziksel numunenin 3 tanesi müşteriye gönderilmiş diğer 4 numune birden fazla ürünü düzeltme veya yeniden sipariş alma durumları göz önüne alınarak arşivlenmiştir.

### 3.2. Kumaş Özellikleri

Modellerin temel parçalarını oluşturan ana kumaş ve garni kumaş olarak ifade edilen yardımcı kumaşlar; içerik, kumaş cinsi, gramaj bilgisi ve kumaş renk bilgileri Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

**Tablo 1. Kumaş özellikleri**

| <i>Kumaş Bilgileri</i>             | <i>Model 1</i>                | <i>Model 2</i>                  | <i>Model 3</i>                             | <i>Model 4</i>   |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--|
| Ana kumaş içeriği                  | %100 BCI pamuk <sup>4</sup>   | %100 Organik pamuk <sup>5</sup> | %100 <i>Preconsumer</i> pamuk <sup>6</sup> | Siyah %57 Polyester %43 Pamuk, Kırmızı %50 Pamuk %50 Polyester, Beyaz %57 Polyester %43 Pamuk  |
| Kumaş cinsi                        | Pike (Tek toplama)            | Süprem                          | 3 İplik Futter (Astarlı jarse)             | İnterlok   |
| En-Gramaj (cm - g/m <sup>2</sup> ) | 205 cm - 180 g/m <sup>2</sup> | 195 cm - 190 g/m <sup>2</sup>   | 200 cm - 340 g/m <sup>2</sup>              | 185 cm - 320 g/m <sup>2</sup>  |
| Renk                               | Mavi, Pembe, Sarı, Yeşil      | Beyaz                           | Gri  | Siyah, Kırmızı, Beyaz  |
| Garni kumaş içeriği                | %100 BCI Pamuk                | %100 Organik Pamuk              | %100 <i>Recycle</i> Pamuk <sup>7</sup>     | Kırmızı 2x1 Ribana %50 Pamuk %50 Polyester, Siyah 2x1 Ribana %58 Pamuk %40 Polyester %2 Elastan, Kırmızı Süprem %60 Pamuk %40 Polyester.           |
| Kumaş cinsi                        | 1x1 Ribana (Triko)            | 2x1 Ribana                      | Süprem                                     | Süprem, 2x1 Ribana   |
| En-Gramaj (cm - g/m <sup>2</sup> ) | -                             | 125 cm - 290 g/m <sup>2</sup>   | 180 cm - 180 g/m <sup>2</sup>              | Kırmızı 2x1 Ribana 190 cm - 410 g/m <sup>2</sup> , Siyah 2x1 Ribana 195 cm - 420 g/m <sup>2</sup> , Kırmızı Süprem 185 cm - 155 g/m <sup>2</sup> . |
| Renk                               | Mavi, Pembe, Sarı, Yeşil      | Beyaz                           | Gri  | Siyah, Kırmızı, Beyaz  |

Tablo 1'e göre ana kumaş içeriklerinde sırasıyla, model 1 için %100 BCI pamuk, model 2 için %100 organik pamuk, model 3 için %100 *preconsumer* pamuk ve model 4 için çeşitli oranlarda pamuk-polyester karışımı kullanılmıştır. Model 1, model 2 ve model 3 ana kumaşı tek olan ürünlerdir. Model 4 ise farklı özellik ve renklerden oluşan kumaşlardan üretilmiştir. Yardımcı kumaş içeriklerinde ise model 1 için %100 BCI pamuk, model 2 için %100 organik pamuk, model 3 için %100 *recycle* pamuk ve model 4 için çeşitli oranlarda pamuk-polyester karışımı kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Kalıp hazırlama

Geleneksel numune üretim süreci ile dijital numune üretim süreçleri kalıp hazırlığı aşamasında beraber ilerlemektedir. Kalıplar hazır giyim işletmelerinde 2D yazılımlarda hazırlanmaktadır.

Tablo 2'de bu süreçle ilgili veriler yer almaktadır. Ölçülen işlem süreleri tablolarda saat, dakika, saniye (saat: dakika: saniye) cinsinden belirtilmiştir. Bu aşamadan sonra geleneksel numune üretiminde pastal planı hazırlanarak çıktısı alınmaktadır. Bu nedenle pastal kâğıdı sarfiyatı oluşmakta ve bu iş için modelist yardımcısı görev almaktadır.

**Tablo 2. 2D kalıp hazırlama süreci verileri**

| <i>Kalıp verileri</i>      | <i>Model 1</i>    |                | <i>Model 2</i>    |                | <i>Model 3</i>    |                | <i>Model 4</i>    |                |
|----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
|                            | <i>Geleneksel</i> | <i>Dijital</i> | <i>Geleneksel</i> | <i>Dijital</i> | <i>Geleneksel</i> | <i>Dijital</i> | <i>Geleneksel</i> | <i>Dijital</i> |
| Kalıp işlem süresi         | 03:00:00          | 03:00:00       | 01:30:00          | 01:30:00       | 03:00:00          | 03:00:00       | 04:00:00          | 04:00:00       |
| Kullanılan kâğıt miktarı   | 0,13 kg           | -              | 0,031 kg          | -              | 0,029 kg          | -              | 0,16 kg           | -              |
| Görev alan personel sayısı | 2                 | 1              | 2                 | 1              | 2                 | 1              | 2                 | 1              |

<sup>4</sup> Better Cotton Initiative (BCI): Üreticinin gerekli eğitimi almasını sağlayarak, zirai ilaç kullanımı, su kaynaklarının etkin kullanımı, toprağın sürekli iyileştirilerek iyi tarım uygulamalarını sağlamayı ve çiftçinin refah seviyesini artırmayı benimseyen dünyada sürdürülebilirlik standartları belirlemiş bir kurumdur (Better Cotton, 2021).

<sup>5</sup> Organik pamuk (Günaydin ve diğerleri, 2019).

<sup>6</sup> Preconsumer pamuk: İşletme ortamında, henüz üretim aşamasındayken, toplanan iplik ve kumaş artıklarından elde edilen pamuğa verilen isimdir (Cotton Incorporated, 2021).

<sup>7</sup> Recycle pamuk: Son kullanıcıdan toplanan kumaşların geri dönüşümüyle elde edilen pamuğa verilen isimdir.

Tablo 2'ye göre geleneksel numune sürecinde 2 personel (1 kalıpçı, 1 çıktılar hazırlayan modelist yardımcısı) çalışırken, dijital numune üretiminde sadece kalıp hazırlama aşamasında 1 kalıpçı görev almakta, hazırlanan kalıpları 3D yazılıma göndermektedir. Dijital numune üretiminde kâğıt sarfiyatı olmamaktadır.

## 4.2. Geleneksel Numune Üretim Süreci

### 4.2.1. Kesim Süreci ve Kumaş Sarfiyatı Verileri

Geleneksel numune üretim sürecinde tedarik edilen kumaş verileri ve fire miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Geleneksel üretim kesim aşaması verileri**

| Kesim verileri                  | Model-1                                   | Model-2                        | Model-3                           | Model-4  |
|---------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------------|--|
| Kesim işlem süresi              | 0:30:00                                   | 0:45:00                        | 0:30:00                           | 0:30:00  |
| Tedarik edilen kumaş miktarı    | Toplam 6 kg pike 16 adet 1x1 triko ribana | Süprem 1 kg 2x1 ribana 0,05 kg | 3 iplik Futter 2 kg süprem 0,2 kg | Siyah interlok 3,2 kg, Siyah 2x1 ribana 0,35 kg, Kırmızı süprem 0,25 kg, Kırmızı interlok 2 kg, Kırmızı 2x1 ribana 0,8 kg, Beyaz interlok 2 kg |
| Görev alan personel sayısı      | 2 kesimci                                 | 1 kesimci                      | 1 kesimci                         | 2 kesimci  |
| Fire                            | 0,104 kg                                  | 0,039 kg                       | 0,045 kg                          | Siyah - 0,105 kg<br>Beyaz - 0,105 kg<br>Kırmızı - 0,105 kg   |
| Toplam kullanılan kumaş miktarı | 2,15 kg                                   | 0,5 kg                         | 1,75 kg                           | Siyah - 2,4 kg<br>Beyaz - 0,83 kg<br>Kırmızı - 2,04 kg   |

Tablo 3'e göre model 1 için 6 kg pike kumaşı, 16 adet kol ucuna 1x1 ribana triko parçası; model 2 için 1 kg süprem kumaş, 0,05 kg 2x1 ribana; model 3 için 2 kg 3 iplik Futter, 0,2 kg süprem kumaş; model 4 için üç farklı renkte 7,2 kg interlok, iki farklı renkte 1,15 kg 2x1 ribana ve 0,25 kg süprem kumaş kullanılmıştır. Model 1 ve model 4'ün kesimlerinde 2'şer kişi, model 2 ve model 3'ün kesimlerinde 1'er kişi görev almıştır. Model 1, model 3, model 4'ün kesim işlemleri 30'ar dakika, model 2'nin kesim işlemi 45 dakika sürmüştür. Toplamda tüm modellerde 17,85 kg kumaş numune için hazırlanmıştır.

Tablo 3'te ayrıca numune için hazırlanan kumaş miktarları verilmiştir. Kesim sonrasında ve dijital numune için testleri yapılanlardan artan kumaşlar, gerekli görüldüğü takdirde baskı nakış vb. denemeler için de kullanıldıktan sonra depoya geri gönderilmektedir. Böylece numune düzeltmesi istendiğinde veya gerekli görüldüğünde tekrar kullanılmaktadır.

Kalıp aşaması sonrasında hazırlanan pastal planında bulunan verimlilik değerleri doğrultusunda, her modelin kumaş kesim işlemi sonrasında aralardan çıkan, üründe kullanılmayan atık kumaşların miktarı da Tablo 3'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde model 1'de 8 üründe toplam 0,104 kg kumaş firesi ortaya çıkmıştır. Model 1'de bir üründe 0,267 kg kumaş kullanılmış olup toplamda 8 adet üründe 2,15 kg kumaş kullanılmıştır. 2. modelde 3 üründe toplamda 0,039 kg fire verilmiş olup 0,5 kg kumaş kullanılmıştır. 3. model için toplamda üç üründe 0,045 kg fire ortaya çıkmıştır; aynı modelde her ürün için 0,585 kg kumaş kullanılmış toplamda 1,755 kg kumaş kullanılmıştır. 4. modelde 3 farklı kumaş kullanılmıştır. Toplamda yedi üründe 0,315 kg kumaş fire verilmiştir. Aynı modelde 0,342 kg siyah, 0,119 kg beyaz, 0,291 kg kırmızı kumaş bir ürün için kullanılmış, yedi üründe toplam 5,262 kg kumaş kullanılmıştır. Bu veriler doğrultusunda toplamda 0,503 kg kumaş fire oluşmuş; 9,669 kg kumaş ürüne dönüşmüştür.

### 4.2.2. Geleneksel Üretim Süreci Verileri

Geleneksel numune üretim süreci kalıp hazırlama aşamasından sonra 3D dijital numune sürecinden ayrı ilerlemektedir. Tablo 4 incelendiğinde model 1'e 15 dakika ve model 2'ye 30 dakika süren baskı işlemi yapılmış ve her işlemde 1 kişi görev almıştır. Model 2, model 3 ve model 4 nakışları her model için 5 dakika sürmüş ve her birinde 1 kişi görev almıştır. Dikim aşaması model 1 ve model 4'te 6 saat, model 2'de 1 saat 5 dakika ve model 3'te 2 saat 5 dakika sürmüştür. Dikimde her modelde 1 düz makineci ve 1 overlokçu olmak üzere 2'şer kişi görev almıştır.



**Tablo 4. Geleneksel numune üretim süreci**

| <i>Geleneksel numune verileri</i> |  | <i>Model 1</i>   | <i>Model 2</i>   | <i>Model 3</i>  | <i>Model 4</i>  |
|-----------------------------------|--|--|--|---|---|
| Baskı                             | Baskı işlem süresi                       | 0:15:00  | 0:30:00  | -   | -   |
|                                   | Görev alan personel sayısı               | 1  | 1  | -   | -   |
| Nakış                             | Nakış işlem süresi                       | -  | 0:05:00  | 0:05:00   | 0:05:00   |
|                                   | Görev alan personel sayısı               | -  | 1  | 1   | 1   |
| Dikim                             | Dikim işlem süresi                       | 06:00:00   | 01:05:00   | 02:05:00  | 06:00:00  |
|                                   | Görev alan personel sayısı               | 1 overlokçu, 1 düz makineci  | 1 overlokçu, 1 düz makineci                                      | 1 overlokçu, 1 düz makineci   | 1 overlokçu, 1 düz makineci   |
| Aksesuar                          | 1 ürün için kullanılan aksesuarlar       | 1 beden etiketi, 1 firma etiketi, 1 yıkama talimatı, 3 düğme (2 adet ana düğme, 1 yedek) | 30 cm şerit, 1 beden etiketi, 1 firma etiketi, 1 yıkama talimatı | 79 cm 1 adet kordon, 1 süs etiketi, 1 firma etiketi, 1 beden etiketi. | 1 beden etiketi, 1 firma etiketi, 1 yıkama talimatı, 1 dikim talimatı kartı <sup>8</sup> .      |
|                                   | Yıkama                                   | Yıkama işlem süresi  | -  | -   | 00:45:00  |
| Kalite/Ütü                        | Görev alan personel sayısı               | -  | -  | -   | 1 yıkamacı  |
|                                   | İşlem süresi                             | 01:10:00   | 00:15:00   | 00:30:00  | 00:15:00  |
| Numune son kontrol ve paket       | Görev alan personel sayısı               | 3 (ütücü, kaliteci, ilik düğme punterizci)   | 2 (ütücü, kaliteci)  | 2 (ütücü, kaliteci)   | 2 (ütücü, kaliteci)   |
|                                   | İşlem süresi                             | 01:00:00   | 00:30:00   | 00:30:00  | 00:45:00  |
| Final                             | Görev alan personel sayısı               | 2 (paket, numune son çıkış)  | 1 (kalite paket)   | 1 (kalite paket)  | 2 (paket, numune son çıkış)   |
|                                   | Final toplam numune adeti                | 8 ürün   | 3 ürün   | 3 ürün  | 7 ürün  |
| Final                             | 1 ürün için kullanılan paket malzemeleri | 4 pelur, 1 karton etiket, 1 etiket, 1 ip, 1 alarm, 1 alarm süngeri, 1 poşet.             | 1 karton etiket, 1 kılıçık, 1 etiket, 1 poşet                    | 1 karton etiket, 1 kılıçık, 1 etiket, 1 poşet                         | 1 ölçü tablosu (a4), 1 model bilgileri kartı <sup>9</sup> , 1 karton etiket, 1 kılıçık, 1 poşet |
|                                   | Toplam süre (2D Kalıp dâhil)             | 11:55:00   | 04:40:00   | 06:40:00  | 12:20:00  |
|                                   | Toplam personel                          | 12 kişi  | 10 kişi  | 9 kişi  | 12 kişi   |

Kullanılan aksesuarlar incelendiğinde; 1 ürün başına model 1 için, 1 beden etiketi, 1 firma etiketi, 1 yıkama talimatı ve biri yedek olmak üzere toplam 3 düğme kullanılmıştır. Model 2 için, 30 cm. şerit, 1 beden etiketi, 1 firma etiketi, 1 yıkama talimatı kullanılmıştır. Model 3 için, 79 cm. 1 adet kordon, 1 süs etiketi, 1 firma etiketi, 1 beden etiketi kullanılmıştır. Model 4 için, 1 beden etiketi, 1 firma etiketi, 1 yıkama talimatı, 1 dikim talimatı kartı kullanılmıştır.

Yıkama işlemi sadece model 4'e uygulanmış, 45 dakika sürmüş ve 1 kişi görev almıştır. Model 1'in kalite, ütü ve ilik-düğme, punteriz aşamalarında 3 kişi görev almış ve işlemler 1 saat 10 dakika sürmüştür. Diğer modellerde 2 kişi ütü ve kalite aşamasında görev almış, model 2 ve model 4, 15 dakika; model 3, 30 dakika işlem görmüştür.

Numune son kontrol ve paket işlemleri aşamasında, model 2 ve model 3, 30 dakika işlem görmüş birer kişi görev almıştır. Bu modellerde paketleme aşamasında 1 ürün başına 1 karton etiket, 1 kılıçık, 1 etiket, 1 poşet kullanılmıştır. Model 1'in işlem süresi 1 saat olurken, 2 kişi görev almıştır. Paketleme için, 1 ürün başına 4 pelur, 1 karton etiket, 1 etiket, 1 ip, 1 alarm, 1 alarm süngeri, 1 poşet kullanılmıştır. Model 4 işlem süresi 45 dakika sürerken bu

<sup>8</sup> Dikim talimat kartı (*Sew in tag*): Müşteri isteği doğrultusunda modellerin numunesine ölçü tablosu dikilmektedir.

<sup>9</sup> Model bilgileri kartı (*Hang tag*): Müşterinin isteği doğrultusunda, model bilgilerinin yazıldığı, özel kart

aşamada 2 kişi görev almıştır. Paketlemede 1 ürün başına 1 ölçü tablosu (A4), 1 model bilgileri kartı, 1 karton etiket, 1 kılıçık, 1 poşet kullanılmıştır.

#### 4.3. Dijital Numune Üretimi Süreci

Çalışmada dijital numune üretim sürecinde *Browzwear V-Stitcher* yazılımı kullanılmıştır (Browzwear Solutions, 2021). Dijital numune hazırlama süreci geleneksel üretim sürecinden kalıp aşaması sonrasında ayrılmaktadır. Dijital numune hazırlama süreci ile ilgili veriler Tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 5. Dijital numune hazırlama süreci**

| <i>Dijital numune verileri</i>                                     |                              | <i>Model-1</i>          | <i>Model-2</i>          | <i>Model-3</i>          | <i>Model-4</i>          |
|--|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Kumaşların Sisteme Tanıtılması                                     | İşlem Süresi                 | 0:22:00                 | 0:22:00                 | 0:22:00                 | 0:22:00                 |
|  | Kullanılan kumaş miktarı     | 0.063 kg                | 0.066 kg                | 0.119 kg                | 0.112 kg                |
| Görev alan personel sayısı   | 2                            | 2                       | 2                       | 2                       | 2                       |
|  | (Kesimci+ 3D Tasarımcı)      | (Kesimci+ 3D Tasarımcı) | (Kesimci+ 3D Tasarımcı) | (Kesimci+ 3D Tasarımcı) | (Kesimci+ 3D Tasarımcı) |
| Materyal import  | Süre                         | 0:24:50                 | 0:18:31                 | 0:21:34                 | 0:16:09                 |
| 3D kalıp düzenleme ve avatara (sanal manken) kalıpları yerleştirme | Süre                         | 0:08:30                 | 0:05:58                 | 0:10:13                 | 0:10:01                 |
| Sanal dikim işlemi   | Süre                         | 0:03:22                 | 0:01:54                 | 0:03:15                 | 0:04:03                 |
| Grid ayarları ve ön simülasyon işlemi                              | Süre                         | 0:02:40                 | 0:00:41                 | 0:01:55                 | 0:04:11                 |
| 3D kontrolleri ve styling işlemleri                                | Süre                         | 0:33:10                 | 0:09:41                 | 0:16:34                 | 0:08:52                 |
| Snapshot kaydetme, kalıp ve materyal isimlendirme                  | Süre                         | 0:02:25                 | 0:04:14                 | 0:04:00                 | 0:02:13                 |
| Renk varyant çalışması ve isimlerin düzenlenmesi                   | Süre                         | 0:09:11                 | 0:14:30                 | 0:04:37                 | 0:00:00                 |
| Son snapshot düzenlenmesi, dosya kaydı                             | Süre                         | 0:00:22                 | 0:00:23                 | 0:00:21                 | 0:00:32                 |
| 3D modelin müşteriye çevrimiçi yollanması, ERP sisteminde kapanış  | Süre                         | 0:03:02                 | 0:03:19                 | 0:03:02                 | 0:03:02                 |
| Final  | Toplam süre (2D kalıp hariç) | 1:49:32                 | 1:21:11                 | 1:27:31                 | 1:11:03                 |
|  | Toplam personel              | 2 kişi                  | 2 kişi                  | 2 kişi                  | 2 kişi                  |

Kalıplar doğrudan 3D giydirmeye yazılımına aktarılırken kullanılacak kumaşlar dışarıdan sisteme tanıtılmaktadır. Tablo 5'ten görüldüğü üzere kumaşların her birinin sisteme tanıtılması 22 dakika sürmüştür. Bu işlem test cihazı için gerekli olan kumaş parçalarının hazırlanması, testlerinin yapılması ve dijital ortamda raporlamasının tanımlanmasını kapsamaktadır. Bu aşamada 1 kişi 3D tasarımcısı ve yazılım sistemine yükleme için kumaşların hazırlığında 1 kesimci olmak üzere 2 kişi görev almıştır. Sisteme tanıtmak için model 1 için 0,063 kg, model 2 için 0,066 kg, model 3 için 0,119 kg, model 4 için 0,112 kg kumaş kullanılmıştır. Tablo 5'te verilen aşamalar incelendiğinde sırasıyla; 3D kalıp düzenleme, kalıpların avatara yerleştirilmesi, sanal dikim işlemleri, grid ayarı, ön simülasyon aşaması, kullanılacak malzemelerin yazılıma tanıtmaya (import) işlemi, 3D kontrolleri, styling aşaması, snapshot kaydetme, isimlendirme aşamaları toplamda model 1 için 4 saat 49 dakika 32 saniye, model 2 için 2 saat 51 dakika 11 saniye, model 3 için 4 saat 27 dakika 31 saniye, model 4 için 5 saat 11 dakika 3 saniye sürmüştür. Tablo 5'te özellikle vurgulanması gereken kısımlardan biri de varyantların hazırlanmasıdır. Bu aşama dijitalde model 1 için 9 dakika 11 saniye, model 2 için 14 dakika 30 saniye, model 3 için 4 dakika 37 saniye sürmüştür. Modellerin çevrimiçi platformuna yüklenmesi ve müşteriye gönderilmesi model 2 için 3 dakika 19 saniye, diğerleri için 3 dakika 2 saniye sürmüştür. Ürünlerin kalıp sonrası üretim süresi 3D dijital üretimde model 1 için 1 saat 49 dakika 32 saniye model 2 için 1 saat 21 dakika 11 saniye, model 3 için 1 saat 27 dakika 31 saniye, model 4 için 1 saat 11 dakika 3 saniye olarak ölçülmüştür. Dijital numune sürecinde 1 kesimci ve 1 tasarımcı olmak üzere toplamda 2 kişi görev almıştır.

#### 4.4. Maliyet Karşılaştırması

Verimlilik oranlarını büyük ölçüde etkileyen faktörlerden biri de maliyet hesaplamalarıdır. Geleneksel numune üretim sürecinde aksesuar, kumaş, işçilik giderleri, dijital numune sürecinde de işçilik ve yazılım giderleri ön plana çıkmaktadır.

**Tablo 6. Aksesuar maliyetleri**

| Aksesuarlar     | Model 1 | Model 2 | Model 3 | Model 4 | Toplam Maliyet (€) |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Beden etiketi   | 0,015   | 0,015   | 0,015   | 0,015   | 0,315              |
| Firma etiketi   | 0,021   | 0,021   | 0,021   | 0,021   | 0,441              |
| Yıkama talimatı | 0,051   | 0,051   | 0,051   | 0,051   | 1,071              |
| Düğme           | 0,007   | -       | -       | -       | 0,168              |
| 1 m şerit       | -       | 0,16    | -       | -       | 0,144              |
| 79 cm Kordon    | -       | -       | 0,59    | -       | 1,770              |
| Pelur           | 0,024   | -       | -       | -       | 0,768              |
| Karton etiket   | 0,025   | 0,025   | 0,025   | 0,025   | 0,525              |
| Etiket          | 0,035   | 0,035   | 0,035   | 0,035   | 0,735              |
| Alarm           | 0,140   | -       | -       | -       | 0,120              |
| Alarm süngeri   | 0,015   | -       | -       | -       | 0,120              |
| Poşet           | 0,021   | 0,0212  | 0,0212  | 0,0212  | 0,445              |
| Pastal kâğıdı   | 0,211   | 0,050   | 0,047   | 0,26    | 0,568              |
| Toplam          | 3,733   | 0,699   | 2,322   | 1,437   | 8,190              |

Tablo 6'da aksesuar maliyetleri incelendiğinde, beden etiketi, firma etiketi, yıkama talimatı, karton etiket, etiket ve poşet tüm numunelerde kullanılmıştır. Bu nedenle 21 adet kullanılmıştır. Düğme sadece model 1'de her üründe 3 adet toplamda 24 adet kullanılmıştır. şerit model 2'de, kordon model 3'te kullanılmıştır.

İşçilik maliyeti aylık brüt 4,500 ₺'dir. Brüt gider sigorta ve maaş giderlerinin toplamını içermektedir. 30 iř günü ve günde 9 saat çalışma (540 dk/gün) hesaplandığında saatlik işçilik maliyeti 25 ₺'dir. İşçilere ait servis, yemek vb. giderler maliyete dâhil edilmemiştir.

**Tablo 7 Geleneksel numune üretimi işçilik süreleri**

| <i>Geleneksel numune işçilik verileri</i> |                            | <i>Model-1</i>                             | <i>Model-2</i>              | <i>Model-3</i>              | <i>Model-4</i>              | <i>Toplam işlem süresi</i> |
|---|----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Kalıp aşaması (ardışık işlemler)          | İşlem süresi               | 3:00:00                                    | 1:30:00                     | 3:00:00                     | 4:00:00                     | 11:30:00                   |
|   | Görev alan kişi sayısı     | 2  | 2                           | 2                           | 2                           |                            |
| Geleneksel numune                         | Kesim işlem süresi         | 0:30:00                                    | 0:45:00                     | 0:30:00                     | 0:30:00                     | 3:15:00                    |
|   | Görev alan personel sayısı | 2 kesimci                                  | 1 kesimci                   | 1 kesimci                   | 2 kesimci                   |                            |
| Baskı                                     | Baskı işlem süresi         | 0:15:00                                    | 0:30:00                     | -                           | -                           | 0:45:00                    |
|   | Görev alan personel sayısı | 1  | 1                           | -                           | -                           |                            |
| Nakış                                     | Nakış işlem süresi         | -  | 0:05:00                     | 0:05:00                     | 0:05:00                     | 0:15:00                    |
|   | Görev alan personel sayısı | -  | 1                           | 1                           | 1                           |                            |
| Dikim                                     | Dikim işlem süresi         | 06:00:00                                   | 01:05:00                    | 02:05:00                    | 06:00:00                    | 30:20:00                   |
|   | Görev alan personel sayısı | 1 overlokçu, 1 düz makineci                | 1 overlokçu, 1 düz makineci | 1 overlokçu, 1 düz makineci | 1 overlokçu, 1 düz makineci |                            |
| Yıkama                                    | Yıkama işlem süresi        | -  | -                           | -                           | 00:45:00                    | 00:45:00                   |
|   | Görev alan personel sayısı | -  | -                           | -                           | 1 yıkamacı                  |                            |
| Kalite ve son ütü                         | İşlem süresi               | 01:10:00                                   | 00:15:00                    | 00:30:00                    | 00:15:00                    | 5:30:00                    |
|   | Görev alan personel sayısı | 3 (ütücü, kaliteci, ilik düğme punterizci) | 2 (ütücü, kaliteci)         | 2 (ütücü, kaliteci)         | 2 (ütücü, kaliteci)         |                            |
| Numune son kontrol ve paket               | İşlem süresi               | 01:00:00                                   | 00:30:00                    | 00:30:00                    | 00:45:00                    | 4:30:00                    |
|   | Görev alan personel sayısı | 2 (paket, numune son çıkış)                | 1 (kalite paket)            | 1 (kalite paket)            | 2 (paket, numune son çıkış) |                            |
| Toplam işçilik süresi                     |                            | 21:45:00                                   | 6:00:00                     | 9:15:00                     | 19:50:00                    | 56:50:00                   |

Tablo 7'deki geleneksel üretim işçilik maliyetleri incelendiğinde, model 1'de kalıp aşamasında ardışık olarak 2 kişi 3 saatte kalıbı tamamlarken, kesimde 2 kişi, dikimde 2 kişi, kalite ve son ütüde 3 kişi, numune son kontrol ve pakette 2 kişi birlikte aynı sürede çalışmışlardır. Bu nedenle bu aşamalarda işlem süresi çalışan sayısı ile çarpılarak işçilik süresi hesaplanmıştır. Model 1 için 21 saat 35 dakika, model 2 için 6 saat, model 3 için 9 saat 15 dakika, model 4 için 19 saat 50 dakika olmak üzere tüm işçilik süreleri toplamı 56 saat 50 dakika bulunmuştur.

**Tablo 8. Dijital numune üretimi işçilik hesapları**

| <i>Dijital numune işçilik verileri</i>                        |                            | <i>Model 1</i>             | <i>Model 2</i>             | <i>Model 3</i>             | <i>Model 4</i> | <i>Toplam işlem süresi</i> |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| Kalıp aşaması   | İşlem süresi               | 3:00:00                    | 1:30:00                    | 3:00:00                    | 4:00:00        | 11:30:00                   |
|   | Görev alan kişi sayısı     | 1                          | 1                          | 1                          | 1              |                            |
| Dijital numune hazırlama                                      | Toplam süre                | 1:27:32                    | 0:59:11                    | 1:05:31                    | 0:49:03        | 4:21:17                    |
|   | Görev alan kişi sayısı     | 1                          | 1                          | 1                          | 1              |                            |
| Kumaşların Sisteme Tanıtılması (işçiler ardışık çalışıyorlar) | İşlem süresi               | 0:22:00                    | 0:22:00                    | 0:22:00                    | 0:22:00        | 1:28:00                    |
| Görev alan personel sayısı                                    | 2 (Kesimci + 3D Tasarımcı) | 2 (Kesimci + 3D Tasarımcı) | 2 (Kesimci + 3D Tasarımcı) | 2 (Kesimci + 3D Tasarımcı) |                |                            |
| Toplam işçilik süresi   |                            | 4:49:32                    | 2:51:11                    | 4:27:31                    | 5:11:03        | 17:19:17                   |

Farklı yazılım şirketleri ile yapılan görüşmelerde ortalama yazılım ücretlerinin, yıllık kiralama bedeli 10.000 €-13.000 € aralığında, 3 yıllık kiralama 25.000 €-30.000 € aralığında olduğu bilgisi alınmıştır. Lisans satın alımlarında ise daha farklı fiyat politikası uygulandığı bildirilmiştir. Tablo 8'e göre dijital numune üretiminde toplam işçilik 7 saat 19 dakika 17 saniye sürmüştür. Yazılımın günlük bedeli yıllık kiralamada aylık 833,33 €-1083,33 € arasında; 3 yıllık kiralamada ise aylık 694,4 €-833,33 € arasında değişmektedir. Günlük maliyeti ise yıllık kiralamada 27,78 €-90,28 €; üç yıllık kiralamada 23,15 €-27,78 € hesaplanmıştır. Uygulamalı çalışma lisansı satın alınmış yazılımda yapılmış olup yazılım maliyetinin kiralama bedelinden daha düşük maliyette olduğu belirtilmiştir. Yazılım saatlik maliyeti 3 aylık kiralama bedeli üzerinden ortalaması alınmış olup, saati 2,78 € üzerinden hesaplanmıştır.

**Tablo 9. Dijital numune maliyet tablosu**

| <i>Dijital numune maliyet verileri</i>  | <i>Model 1</i> | <i>Model 2</i> | <i>Model 3</i> | <i>Model 4</i> | <i>Toplam</i> |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Dijital numune üretimi işçilik süresi   | 4:49:32        | 2:51:11        | 4:27:31        | 5:11:03        | 17:19:17      |
| Dijital numune üretimi işçilik maliyeti | 12,25 €        | 7,24 €         | 11,32 €        | 13,16 €        | 43,97 €       |
| Dijital numunede kumaş maliyeti         | 0,62 €         | 0,37 €         | 1,18 €         | 0,94 €         | 3,11 €        |
| Ortalama yazılım maliyeti               | 13,42 €        | 7,93 €         | 12,39 €        | 14,41 €        | 48,15 €       |
| Dijital numune üretim maliyeti          | 26,29 €        | 15,54 €        | 24,89 €        | 28,51 €        | 95,23 €       |

Tablo 9 incelendiğinde dijital numune üretiminde toplam süre 17 saat 19 dakika 17 saniye sürmüştür. Dijital numune üretimi işçilik maliyeti 43,97 €, kumaş maliyeti 3,11 €, ortalama yazılım maliyeti 48,15 € olarak hesaplanmıştır. Dijital numune toplam üretim maliyeti 95,23 € olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 10. Geleneksel numune maliyet tablosu**

| <i>Geleneksel numune maliyet verileri</i>                | <i>Model 1</i> | <i>Model 2</i> | <i>Model 3</i> | <i>Model 4</i> | <i>Toplam</i> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Geleneksel numune üretim işçilik süresi                  | 21:45:00       | 6:00:00        | 9:15:00        | 19:50:00       | 56:50:00      |
| Geleneksel numune üretimi işçilik maliyeti <sup>10</sup> | 55,20 €        | 15,23 €        | 23,48 €        | 50,34 €        | 144,25 €      |
| Geleneksel üretimde kumaş maliyeti                       | 200,9 €        | 5,88 €         | 21,78 €        | 65,09 €        | 293,65 €      |
| Aksesuar maliyeti  | 3,733 €        | 0,699 €        | 2,32 €         | 1,44 €         | 8,19 €        |
| Geleneksel numune üretim maliyeti                        | 259,83 €       | 21,81 €        | 47,58 €        | 116,87 €       | 446,09 €      |

Tablo 10 incelendiğinde, geleneksel numune üretiminde toplam 35 saat 35 dakika çalışılmıştır. Bazı işlemlerde aynı anda birden fazla kişi çalıştığı için toplam işçilik süresi 56 saat 50 dakika olarak hesaplanmıştır. Geleneksel numune üretim sürecinde toplam işçilik maliyeti 144,25 €, kumaş maliyeti 293,65 €, aksesuar maliyeti 8,19 € olarak hesaplanmıştır. Geleneksel numune toplam üretim maliyeti 446,09 € hesaplanmıştır.

<sup>10</sup> 27 Ağustos 2021 tarihli Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası döviz kuru EUR/TRY = 9,85

## 5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada, hazır giyim işletmelerinde uygulanmakta olan geleneksel numune üretim yöntemi ile dijital iş akışının kullanıldığı sanal numune üretim yönteminin kumaş, işçilik, aksesuar ve sarf malzeme maliyetleri ile üretim süresi açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Söz konusu numune üretim yöntemlerinin ikisini de bünyesinde barındıran bir tekstil firmasında uygulamalı olarak yapılan çalışmada, farklı üretim aşaması, kumaş türü ve kalıpları barındırması açısından dört ürün grubu belirlenmiştir. Belirlenen bu dört farklı ürün grubu hem geleneksel hem de dijital numune üretim süreçleri kullanılarak eş zamanlı olarak üretilmiştir. Prototip üretim planlama ve numune üretim süreçlerinde görev alan personel sayısı, personelin yaptığı iş için harcadığı süre, kullanılan kumaş ve yardımcı malzeme miktarı, oluşan atık ve aksesuar miktarları kayıt altına alınmıştır.

Kumaş miktarı açısından değerlendirildiğinde; geleneksel numune sürecinde toplam 17,85 kg kumaş hazırlanmış olup bunlardan; 0,5 kg kumaş atığı oluşmuş; 9,67 kg kumaş nihai ürüne dönüştürülmüştür. Kalan kumaşlar ise depoya gönderilmiştir. Dijital numune sürecinde ise yazılıma tanıtım için toplamda 0,36 kg kumaş kullanılmıştır.

Çalışan personel sayısı açısından değerlendirildiğinde; geleneksel numune üretim sürecinde her modelin kalıbının hazırlanmasından müşteriye gönderilmesine kadar 12 kişi görev almış olup dijital numune sürecinde ise kumaşların sisteme tanıtımı için 1 kişi kumaşları keserken, kalan tüm aşamalarda 3D tasarımcısı tek başına süreci tamamlamıştır. İşçilik maliyeti açısından değerlendirildiğinde; geleneksel numune üretim süreci için 56 saat 50 dakika harcanmış, 144,25 €'luk işçilik maliyeti hesaplanmıştır. Dijital numune sürecinde ise 17 saat 19 dakika 17 saniye süre harcanmış, 43,7 €'luk işçilik maliyeti hesaplanmıştır.

Aksesuar maliyeti açısından değerlendirildiğinde; geleneksel numune üretim sürecince 8,19 €'luk aksesuar maliyeti hesaplanmış, dijital numune üretim sürecinde ilgili aksesuarlar yazılım kütüphanesinden alındığı için herhangi bir maliyet oluşturmamıştır. Sarf malzeme maliyeti açısından değerlendirildiğinde; geleneksel numune sürecinde kumaş kesimi için 0,35 kg pastal çıktısı alındığı kaydedilmiştir. Dijital numunede ise sanal ortamda kalıplar yazılıma aktarılmış, herhangi bir kâğıt sarfiyatı olmamıştır.

Geleneksel numune üretiminde numuneler müşteriye kargo yoluyla iletilmekte olup ilgili süre ve maliyet hesaplamaları bu çalışmaya dâhil edilmemiştir. Değişiklik, düzeltme vb. işlemler olduğunda numune geri gelmekte düzeltmeler yeniden yapılmaktadır. Dijital numune üretiminde ise çevrim içi olarak müşteriye gönderilmektedir. Düzeltme, değişiklik vb. işlemler olduğunda yine çevrim içi olarak ortamdan dönüt alınmakta, numune düzeltmesinde atık oluşmamaktadır. Dijital iş akışının kullanımının yaygınlaşmasının firmaların üretim verimliliklerini artırmalarına katkı sağlarken, sürdürülebilirlik açısından karbon ve su ayak izi etkisinin azaltılmasına katkıda bulunulacağı düşünülmektedir (Eser ve diğerleri, 2016).

Sonuç olarak dört farklı modelin geleneksel üretim sürecinde toplam 446,09 € malzeme ve işçilik maliyeti ortaya çıkarken, dijital üretim sürecinde ise 95,23 € malzeme ve işçilik maliyeti ortaya çıkmıştır. Bu yönüyle iki üretim yöntemi arasında %80 oranında fark oluştuğu görülmüştür.

Çalışmanın enerji ve lojistik maliyetleri de göz önünde bulundurularak genişletilmesinin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**KAYNAKÇA**

- Balkan, D. (2019). "Tekstil Sektöründe Verimlilik Ölçümü ve Bir Uygulama", *Tekstil ve Mühendis*, 26(113), 79-85.
- Bappy, M.M., Musa, A. ve Hossain, F. (2019). "Productivity Improvement through Line Balancing in Apparel Industries", *Global Scientific Journals*, 7(2), 893-902.
- Baykal Duru, P. ve Göçer, E. (2012). "Konfeksiyonda Kumaş ve Model Çeşitliliğinin Üretimde Kalite ve Verimliliğe Etkisi", *Tekstil ve Mühendis*, 19(87), 15-23.
- Better Cotton. (2021). About Better Cotton-Better Cotton Initiative, <https://bettercotton.org/about-better-cotton/>, (Erişim tarihi: 30.07.2021).
- Bilgiç, H. ve Baykal Duru, P. (2017). "Örme Konfeksiyonda Kumaş Eni ile Kumaş ve Model Türünün İkinci Kalite Maliyetine Etkisi", *Tekstil ve Mühendis*, 24(106), 78-87.
- Browzwear Solutions. (2021). VStitcher 3D Apparel Design Software, Browzwear, <https://browzwear.com/products/V-Stitcher/>, (Erişim tarihi: 28.07.2021).
- Control Union. (2021). "Tekstil-Certifications", <https://certifications.controlunion.com/tr/industries/tekstil-1>, (Erişim tarihi: 28.08.2021).
- Cotton Incorporated. (2021). Recycled Cotton, Cottonworks™, <https://www.cottonworks.com/topics/sustainability/cotton-sustainability/recycled-cotton/>, (Erişim tarihi: 28.07.2021).
- Çalık, E. (2021). "Türkiye'deki İmalat İşletmelerinin Sürdürülebilir İnovasyon Faaliyetleri", *Verimlilik Dergisi*, (3), 185-201.
- Duman Altan, A. ve Sağbaş, A. (2020). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği Performansı: Mevcut Durum ve Gelecek Projeksiyonu", *Verimlilik Dergisi*, (1), 7-26.
- Dünya Doğayı Koruma Vakfı, (WWF). (2021). Yaşayan Gezegen Raporu 2020|WWF, <https://www.wwf.org.tr/yayinlarimiz/raporlarimiz/?10241/Yasayan-Gezegen-Raporu-2020>, (Erişim tarihi: 28.07.2021).
- Eser, B., Çelik, P., Çay, A. ve Akgümüş, D. (2016). "Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları", *Tekstil ve Mühendis*, 23(101), 43-60.
- Gambhir, D. ve Sharma, S. (2015). "Productivity in Indian Manufacturing: Evidence from the Textile Industry", *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 31(2), 71-85.
- Günaydın, G.K., Yavas, A., Avinc, O., Soydan, A.S., Palamutcu, S., Şimşek, M.K., Dündar, H., Demirtaş, M., Özkan, N. ve Kivılcım, M.N. (2019). "Organic Cotton and Cotton Fiber Production in Turkey, Recent Developments", *Organic Cotton, Is It a Sustainable Solution?* Editors: Gardetti, M. A. ve Muthu, S. S., Springer, Singapore, 101-125.
- Güner, G. (2005). "Konfeksiyon İşletmelerinde Personel Performansını Değerlendirmek için Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması", *Verimlilik Dergisi*, (4), 91-113.
- Güner, M. ve Yücel, Ö. (2014). "Konfeksiyon İşletmelerinde Verimlilik Geliştirici Uygulamalar", *Tekstil ve Mühendis*, 21(95), 30-37.
- Hennes ve Mauritz. (2021). Sürdürülebilirlik|H&M, [https://www2.hm.com/tr\\_tr/sustainability-at-hm.html](https://www2.hm.com/tr_tr/sustainability-at-hm.html), (Erişim tarihi: 28.07.2021).
- Inditex. (2021). Our Commitment to the Environment-Inditex.com, <https://www.inditex.com/en/our-Commitment-To-The-Environment>, (Erişim tarihi: 28.07.2021).
- Kanat, S. ve Güner, M. (2007). "Tekstil ve Konfeksiyon İşletmelerinde Verimlilik Ölçümü", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(4), 279-283.
- Kapuria, T. K., Rahman, M. ve Haldar, S. (2017). "Root Cause Analysis and Productivity Improvement of an Apparel Industry in Bangladesh through Kaizen Implementation", *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 4(4), 227-239.
- Küçük, M. ve Güner, M. (2015). "Bir Konfeksiyon İşletmesinde Süreç Analizi Yolu ile Verimlilik Artırma Çalışması", *Tekstil ve Mühendis*, 22(98), 33-41.
- Lin, S.H., Kincade, D.H. ve Warfield, C. (1994). Productivity and Production in the Apparel Industry", *International Journal of Clothing Science and Technology*, 6(1), 20-27.
- Makryniotis, T. (2015). 3D Fashion Design: Technique, Design and Visualization (1<sup>st</sup> Edition), London: Batsford.
- Morshed, M.N. ve Palash, K.S. (2014). "Assembly Line Balancing to Improve Productivity using Work Sharing Method in Apparel Industry", *Global Journal of Research In Engineering*, 14(3), 39-47.
- Mothilal, B. ve Prakash, C. (2018). "Implementation of Lean Tools in Apparel Industry to Improve Productivity and Quality", *Current Trends in Fashion Technology and Textile Engineering*, 4(1), 9-14.

- Mridha, J.H. Alam, A.R., Mahmud, T. ve Ahmed, T. (2020). "Contrivance of 5S System to Effectuate Higher Productivity in Apparel Industries", *Global Journal of Research in Engineering*, 20(1-J), 21-28.
- Odabaşoğlu, H.Y., Avinç, O.O. ve Yavaş, A. (2013). "Susuz Boyama", *Tekstil ve Mühendis*, 20(90), 63-79.
- Orhon, D., Kabdaslı, I., Babuna, F.G., Sozen, S., Dulkadiroglu, H., Dogruel, S., Karahan Gul, O. ve Insel, G. (2006). "Wastewater Reuse for the Minimization of Fresh Water Demand in Coastal Areas-Selected Cases from the Textile Finishing Industry", *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 38(8), 1641-1657.
- Palamutcu, S. (2010). "Electric Energy Consumption in the Cotton Textile Processing Stages", *Energy*, 35(7), 2945-2952.
- Paşayev, N. (2010). "Konfeksiyon Üretiminde Üretim Planlamasının Kumaş Giderlerine Etkilerinin Araştırılması", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(3), 262-270.
- Shumon, M.R.H., Arif-Uz-Zaman, K. ve Rahman, A. (2010). "Productivity Improvement Through Line Balancing in Apparel Industries", *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 100-110, Dhaka, Bangladesh.
- Slović, D., Tomašević, I. ve Radovic, M. (2016). "Improving Productivity in the Apparel Industry through Gain Sharing and Continuous Process Improvement: The Case of a Serbian Manufacturer", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2(116), 15-22.
- Subhashini, R. ve Varghese, N. (2021). "Methods of Improving Productivity in Apparel Industry", *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 4(4), 130-141.
- Tanvir, S.I. ve Ahmed, S. (2013). "Work Study Might be the Paramount Methodology to Improve Productivity in the Apparel Industry of Bangladesh", *Industrial Engineering Letters*, 3(7), 51-59.
- Tis, D., Uddin, S., Rahman, C., Islam, M. M., Khan, A.M., Mashiur, M. ve Khan, R. (2013). "Minimization of Reworks in Quality and Productivity Improvement in the Apparel Industry", *International Journal of Engineering*, 1(4), 2305-8269.
- Ur Rehman, A., Ramzan, M.B., Shafiq, M., Rasheed, A., Naeem, M.S. ve Savino, M.M. (2019). "Productivity Improvement through Time Study Approach: A Case Study from an Apparel Manufacturing Industry of Pakistan", *Procedia Manufacturing*, 39, 1447-1454.