


<https://academicopinion.org/>

Research Article / Araştırma Makalesi

Simülasyon ile Darboğazların Tespit Edilmesi ve Süreç İyileştirme: Bir Tekstil İşletmesi Örneği¹

Detection of Bottlenecks with Simulation and Process Improvement: A Textile Business Example

¹ Yasemin SAĞLAMCI¹ ² Emre ASLAN²

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Pazar Meslek Yüksekokulu, Tokat / Türkiye, yasemin.yildirim@gop.edu.tr

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Tokat / Türkiye, emre.aslan@gop.edu.tr

ÖZET

Üretim sürecinde iyileştirmeler yapabilmek için mevcut durumu net bir şekilde ortaya koyabilmek ve analiz edebilmek gerekmektedir. Mevcut durumu analiz edildiğinde kaynakların kullanımı, operasyonlarda yaşanan darboğazların doğru tespiti ve bu noktalara yapılması olası müdahalelerin sonuçlarını önceden gözlemleyebilmenin birçok avantajı vardır. Bu çalışmada bir tekstil işletmesinde sık üretilen bir bluzun dikim ve sonrası üretim aşamalarının, Arena yazılımı kullanılarak simülasyon modeli geliştirildi. Geliştirilen modelde performans ölçütü olarak baz alınan parametrelerin uzun dönemde kararlılığını görmek için 107 tekrar çalıştırıldı. Girdi verileri olarak operasyon sürelerinin tespit edilmesi noktasında iş etüdü yapıp her bir operasyonun sürelerine ilişkin girdi veri analizleri gerçekleştirildi. Modelin doğrulama ve geçerlemesinde animasyon yönteminden yararlanıldı. Ayrıca mevcut süreci gözlemlerken oluşan darboğazlar oluşturulan modelde de birebir gözlemlendi. Önerilen modelde işletmenin kaynak kullanım oranlarını yükseltmek, darboğazları ortadan kaldırmak ve çıktı miktarını arttırmak amaçlandı. Önerilen iyileştirilmiş modelde sistemin performansını arttırmak için öncelikle kaynak kullanım oranlarına bakıldı, kol beden birleştirme operasyonundaki kullanım yoğunluğu azaltılıp darboğaz noktalarına ilave kaynak ataması yapıldı. Alternatif senaryo ile işletmenin 5 işçi daha az çalıştığı halde çıktı miktarını 1054'den 1482'ye yükselterek %41 oranında bir artış sağlayabileceği görüldü.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, Darboğaz analizi, Arena, Süreç İyileştirme, Kaynak kullanımı

ABSTRACT

In order to make improvements in the production process, it is necessary to clearly present and analyze the current situation. When the current situation is analyzed, there are many advantages of using resources, correct detection of bottlenecks in operations and being able to observe the results of possible interventions to these points in advance. In this study, a simulation model of the sewing and post-production stages of a frequently produced blouse in a textile business was developed using Arena software. In order to see the long-term stability of the parameters used as a performance criterion in the developed model, the model has been run 107 times. At the point of determining the operation times as input data, a work study was carried out and input data analyzes regarding the durations of each operation were carried out. The animation method was used in the verification and validation of the model. In addition, the bottlenecks that occurred while observing the current process were observed exactly in the model created. In the proposed model, it was aimed to increase the resource utilization rates of the enterprise, to eliminate the bottlenecks and to increase the amount of output. In the proposed improved model, the resource usage rates were examined in order to increase the performance of the system, the intensity of use in the arm-body jointing operation was reduced and additional resources were assigned to the bottleneck points. According to the alternative scenario, it is seen that the company could increase the output amount from 1054 to 1482, although it employs 5 less workers, and can provide an increase of 41%.

Keywords: Simulation, Bottleneck analysis, Arena, Process Improvement, Resource utilization

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi

Başvuru Tarihi: 31 Ocak 2022

Kabul Tarihi: 22 Mart 2022

Makale Türü

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar

Yasemin SAĞLAMCI

ARTICLE INFOS

Article History

Received: January 31, 2022

Accepted: March 22, 2022

Article Type

Research Article

Responsible Author

Yasemin SAĞLAMCI

¹ Bu çalışma Yasemin SAĞLAMCI'nın "Sistem Simülasyon Modellenmesinde Kalite İyileştirme Araçlarının Kullanılması: Bir Tekstil İşletmesi Örneği" adlı doktora tezi çalışmasından türetilmiştir.

1. Giriş

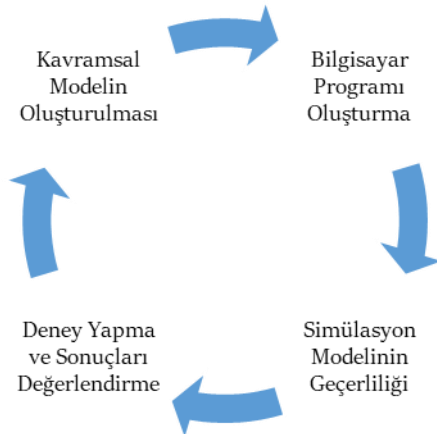
Gelişen teknoloji ile birlikte endüstriyel bir dönüşüm ihtiyacı doğmuş ve yeni bir endüstri devrimi yaşanmaktadır. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu süreçle birlikte akıllı üretim sistemlerine olan ilgi de artmıştır. Tekstil ve hazır giyim endüstrisinde bu alanda yapılan çalışmalara ilişkin Kim ve diğ (2020) yapmış oldukları literatür çalışmasında simülasyon, bulanık mantık, genetik algoritma ve RFID teknolojilerinin dört temel önemli teknoloji olduğunu saptamıştır. Ersöz ve diğ(2018) Türkiye’de Endüstri 4.0 farkındalık düzeyini ölçtükleri çalışmalarında işletmelerin bulut bilişim sistemleri, veri bilimi, simülasyon ve modelleme, otonom robot teknolojileri ve ERP’yi içeren teknolojileri orta düzeyde kullandıklarını tespit etmiş ve işletmelerin dijital trendin daha fazla farkına vardığına vurgu yapmıştır. Artan rekabet koşullarında işletmelerin rakipleriyle rekabet edebilmeleri için son dönemde gelişen bu teknolojileri takip ederek sistemlerine entegre edebilmeleri böylelikle maliyetlerini minimize ederken mevcut kapasitelerini optimum düzeyde kullanabilmeleri gerekmektedir.

Simülasyon, bir sistemin modelinin tasarlanması ve sistemin davranışlarını anlamak veya sistemin işlemesi için geliştirilen çeşitli stratejileri değerlendirmek amacıyla bu model ile deneyler yapılması sürecidir (Shannon, 1975: 9). Üretim sistemlerinde simülasyon, mevcut sistemin analiz edilip darboğazların tespit edilmesi ve bu doğrultuda sistemi iyileştirmek için çözüm alternatiflerinin ön izlemesini yaparak sistemin iyileştirilmesi hususunda önemli bir karar verme aracıdır. Simülasyonun modelleme süreci kısaca özetlenecek olursa (Robinson, 2004: 51-52);

- Kavramsal model: Geliştirilmesi düşünülen simülasyon modelinin açıklanmasıdır.
- Bilgisayar programının oluşturulması: Tasarlanan kavramsal modelin bilgisayarda görselinin sunulmasıdır.
- Simülasyon Modelinin Geçerliliği: Simülasyon modelinin sonuçlarının gerçek sistemin sonuçları ile uyumlu olduğunun gösterilmesidir.
- Deney yapma ve sonuçları değerlendirme: Bir problemi çözmek veya bir amacı gerçekleştirmek için oluşturulan ve geçerliliği kanıtlanan model üzerinde birtakım denemelerin yapılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir.

Şekil 1

Simülasyon Modelleme Süreci



Kaynak: (Pidd,2004: 35)

Darboğaz kavramı, sistemde bir tıkanıklık noktasını tanımlamak için kullanılmaktadır. Sistemde verimi etkileyen süreç, işgücü, makine gibi faktörler sistemin kapasitesini belirlemektedir. Darboğazların tespit edilmesiyle sistemde hangi noktalara müdahale ederek iyileştirme yapılacağı da belli olmuş olur. Böylelikle tüm süreç yerine yalnızca darboğaz olan sürece ya da operasyona yönelinir (Leporis ve Králová, 2020).

Bu çalışmada hazır giyim üzerine çalışan bir tekstil fabrikasında sık üretilen bir bluzun dikim ve sonrası operasyonları için bir simülasyon modeli oluşturuldu. Oluşturulan bu modelle mevcut sistemin analizi yapıp, gözle tespit edilen darboğaz noktaları doğrulanıp bu darboğazların ortadan kaldırılması ve kaynak kullanım oranlarının artırılması amaçlandı. Bu doğrultuda öncelikle simülasyon modeli oluşturulan ürünün bant düzeni ve operasyonların sürelerinin tespit edilmesi için iş ve zaman etüdü yapıldı. Elde edilen verilerin girdi analizleri yapıp oluşturulan modele dahil edildi. Süreci iyileştirecek, darboğazları ortadan kaldıracak ve kaynak kullanım oranlarını arttıracak bir alternatif bir çözüm önerisi geliştirildi. Çalışmanın bir sonraki bölümünde çalışmanın amacı doğrultusunda literatürde yer alan çalışmalara değinildi. Üçüncü bölümde modelleme sürecinin aşamaları ve önerilen alternatif senaryo ile mevcut durum karşılaştırması yapıp son olarak elde edilen sonuçlar ışığında değerlendirmelere yer verildi.

2. Literatür Çalışması

Tekstil sektöründe mevcut üretim sisteminin modellenmesinin yanında sistem tasarımı, darboğazlara müdahale, kaynakların etkin kullanımı, sürecin iyileştirilmesi gibi konularda simülasyon yönteminin kullanıldığı pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Bunların bazılarından bahsedilecek olursa;

Rajakumar vd. (2005), çalışmalarında konfeksiyon işletmesinde az iş yükü olan işçilere yeni işler atayarak üretim hattını dengelemeye çalışmışlardır. Bunun için bir bilgisayar simülasyon programını C++’da yazmış ve çizelgeleme stratejisi olarak rastgele, kısa işlem süresi önce ve uzun işlem süresi önce kombinasyonlarını kullanmışlardır.

Kurşun ve Kalaoğlu (2009), hazır giyim imalatının emek yoğun yapısına odaklanmak için bir kazak dikiş hattı için bir simülasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir. Gerçekleştirilen simülasyon çalışması ile üretim hattındaki darboğazlar belirlenmiş ve darboğazları ortadan kaldırmak ve üreticilere karar alternatifleri önermek için çeşitli senaryo analizleri ile olası senaryoları denemişlerdir.

Kitaw vd. (2010), çalışmalarında giysi imalatında karşılaşılan problemleri ele almışlardır. Meydana gelebilecek darboğazlar ve sistem performansı analizi Simul-8 simülasyon programı ile elde edilmiştir. Daha sonrasında mevcut sistemde görülen problemlerin iyileştirilebilmesi amacı ile çeşitli senaryolar geliştirilmiş ve en iyi senaryo bulunmaya çalışılmıştır.

Doğan ve Takçı (2015), Kayseri’de faaliyet gösteren bir tekstil fabrikasında yapmış oldukları çalışmalarında, fabrikanın verimli çalışmasına engel olan üretim hattındaki darboğazları tespit etmişler ve bunların ortadan kaldırılması için önerilerde bulunmuşlardır. Dikim hattı, yan işlem, yıkama ve finish bölümleri incelenmiştir. Simülasyon yoluyla süreç iyileştirme yapılmıştır.

Bağ ve Aslan (2016), çalışmalarında bir tekstil fabrikasının dikim hattının simülasyonunu Promodel kullanarak yapılmıştır. Alternatif 2 adet senaryo geliştirerek, “destek atma” olarak adlandırılan atamanın uygulanması ile makine kullanım oranlarının %90’ı aşabileceğini belirtmişlerdir.

Xu vd. (2017), çalışmalarında giysi üretim performansını değerlendirmişlerdir. Tipik bir erkek gömleğinin montaj hattının simülasyonu elle ve bilgisayar yöntemiyle yapılarak farklı performans göstergelerinin değerlendirildiği senaryolar geliştirmişlerdir.

Yemane vd. (2017), çalışmalarında Ronny t-shirt dikiş hattının simülasyon modelini tasarlamış, sistemin performansını belirlemeyi, ürün için standart zamanı tahmin etmeyi ve darboğazları ortadan kaldırmayı amaçlamışlardır.

Zhou vd. (2018), çalışmalarında geleneksel üretim deneyimi ve manuel hesaplama yöntemlerinin üretim hattı planlaması için yetersiz kaldığını düşünerek ayırık olay simülasyon yöntemini kullanarak bir üretim planlaması çalışması yapmışlardır. Çevrim süresi, darboğazlar, işçi miktarı gibi temel faktörler dikkate alınarak ön planlamanın performansını artırmak için simülasyon ile çeşitli senaryolar denenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Elnaggar (2019), çalışmasında Operatör Beceri Seviyesinin (OSL) işlerin tamamlanma süresi üzerindeki etkisini fark etmek için bir gömlek dikiş hattı incelemiştir. Bir dikiş hattı simüle edilmiş ve çevrim süresini en aza indirmek ve operatör kullanımının neredeyse aynı seviyede tutulması, her bir görev grubundaki en iyi iş istasyonu sayısını belirlemek için çok amaçlı bir simülasyon optimizasyonu yaklaşımı önerilmiştir. Operatör Beceri Seviyesinin Montaj Hattı Dengeleme Problemleri üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Alzoubi vd. (2019), çalışmalarında bir konfeksiyon tesisinde mevcut iş performansını iyileştirmek için birleşik hat dengeleme ve yerleşim planlaması kullanmışlardır. Böylelikle işçinin boşta kalma süresini azaltarak çalışanların verimliliğini arttırmayı amaçlamışlardır. Bu yöntemin uygulanması ile ürünün taşıma süresi, yeni makineler satın almaya veya pahalı teknolojiler kullanmaya yönelik büyük yatırımlar yapılmadan önemli ölçüde azalmıştır.

Yemane (2021), çalışmasında montaj hatlarının kontrol sınırı analizi ve ayırık olay simülasyonu yardımıyla BOB tişört modelinin hat dengelemesini ele almaktadır. Montaj hattının performansını ölçmek için darboğaz işlemleri, kontrol limiti analizi ve simülasyon modellemesi kullanılarak analiz edilmiştir.

3. Modelleme Süreci

3.1.Problemin ve Sistemin Tanımlanması

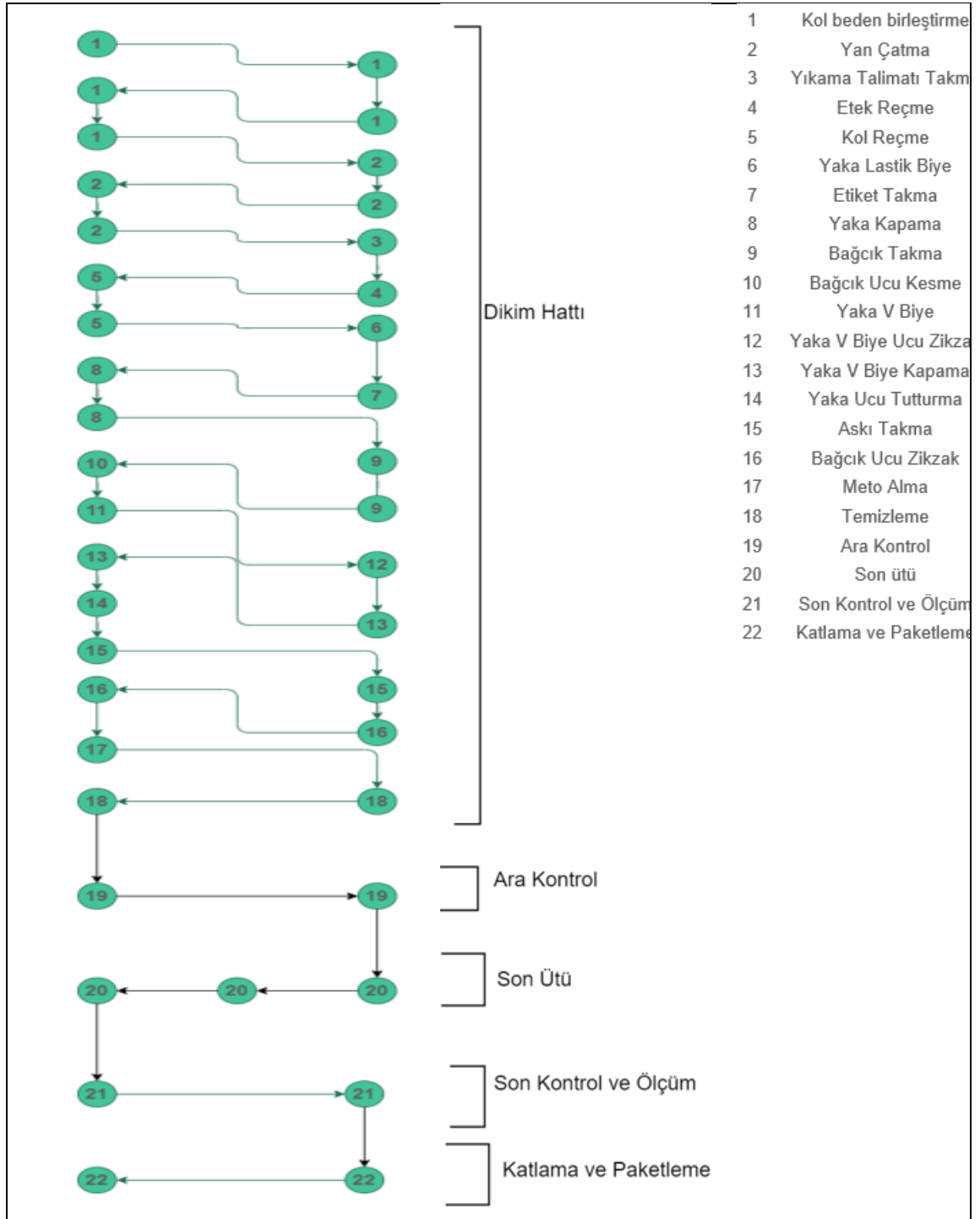
Bu çalışma Tokat Organize Sanayi Bölgesi'nde tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede yapıldı. İşletme 1996 yılından itibaren hazır giyim sektörüne hizmet vermektedir. Mevcut tesis toplamda 24.000 metrekare açık ve 7500 metrekare kapalı alan üzerine kuruludur. İşletme günlük 9 saat çalışmaktadır. İstanbul merkezli fabrikanın üretimini gerçekleştirdiği ürünlerin önemli bir kısmının kesimleri İstanbul'da kesimi yapılmış hazır olarak gelmektedir. Nadir olarak İstanbul'da kesimi yetişmeyen ürünlerin kesim işlemleri gerçekleştirilmektedir. Modelde işletmede en çok üretilen ürünlerden biri olan 3927 nolu bluzun dikim ve sonrası operasyonları yer almaktadır. Üretilen ürünlerin birçoğunun kesim işlemleri ana fabrikada gerçekleştirilip dikime hazır olarak gönderildiği için dikim ve sonrası operasyonlar ele alındı. Ürünün iş akış süreci Şekil 2'de görülmektedir. Modelde dikim ve sonrası toplam 22 operasyon ve bu operasyonlarda da toplam 41 işçi çalışmaktadır. Mevcut veriler, yapılan gözlemler ve alınan iş etüdleri neticesinde işletmede temel olarak gözlenen problemler şunlardır:

- Bant kurulumu çok uzun sürmektedir.
- Çalışma süresi içerisinde bantta sürekli değişikliğe gidilmektedir. Buradan sistemin performansını arttırmak için öncesinde yapılan çalışmaların yetersiz olduğunu anlamak mümkündür. Ayrıca bant çalışır vaziyette iken sürekli müdahaleler yapılması hem riskli hem de geç kalınmış bir müdahale olmaktadır.
- Bazı operasyonlarda çok önemli darboğazlar oluşmaktadır. Bu da sistem performansını çok olumsuz etkilemektedir.

Çalışmanın amacı; fabrikadaki mevcut durumun geçerli bir simülasyon modelini oluşturup analiz ederek darboğaz oluşan noktaları tespit etmek ve bu darboğazları ortadan kaldıracak müdahaleler ile alternatif modeller oluşturup sisteme ilişkin kaynak kullanım oranlarını ve çıktı miktarını artıracak şekilde iyileştirici önerilerde bulunmaktır.

Şekil 2

İş akış şeması



3.2. Girdi verilerinin analizi

Verilerin analiz edilmesinde Arena programının Girdi Analizi (Input Analyzer) aracından yararlanıldı. Tablo 1 ve Tablo 2'de dikim ve dikim sonrası operasyonlara ilişkin dağılımlar paylaşıldı

Tablo 1

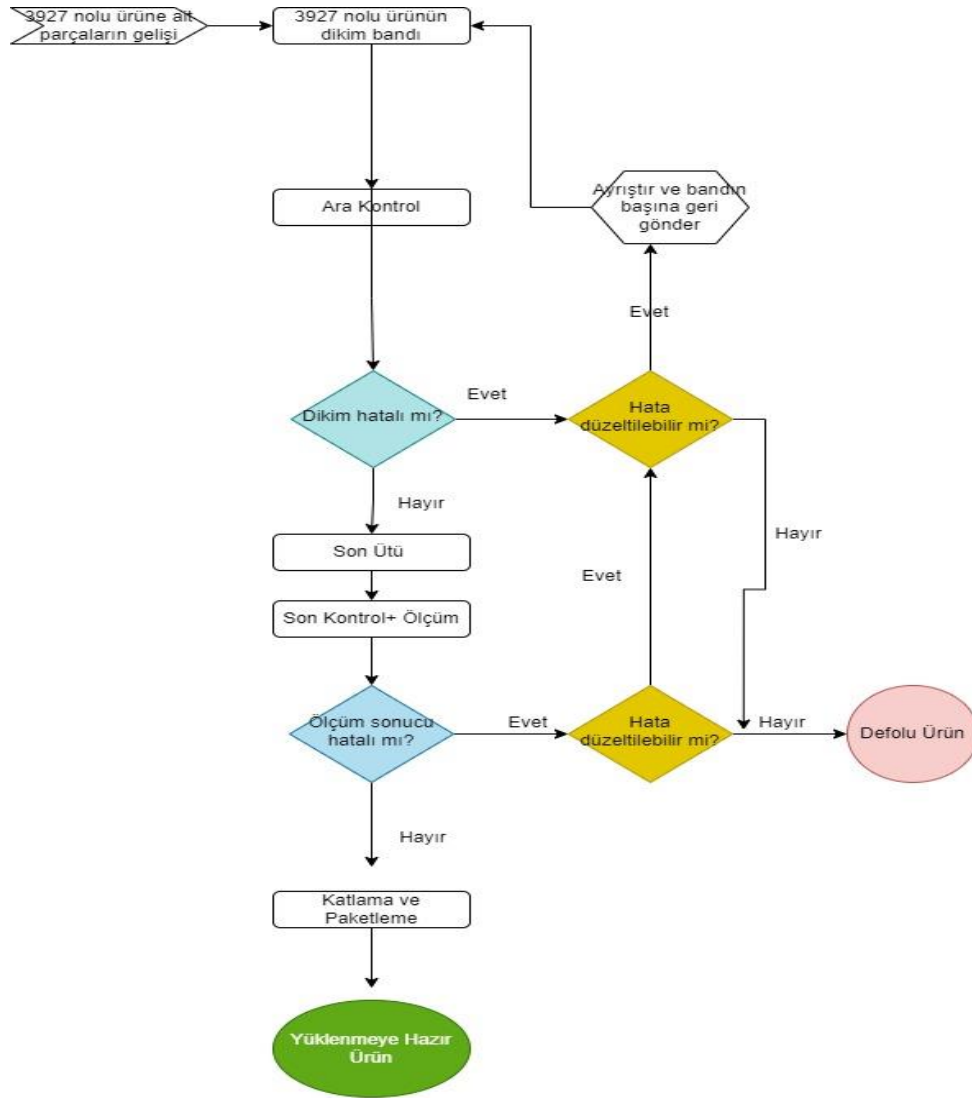
Dikim Operasyonlarının Dağılımları

	3927 Nolu Ürünün Dikim Operasyonları	Dağılım Türü	Açıklama
1	Kol beden birleştirme	Normal(mean, StdDev)	NORM(54.9, 1.03)
2	Yan çatma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$32 + 5 * \text{BETA}(1.28, 1.58)$
3	Yıkama talimatı takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$10 + 8 * \text{BETA}(1.13, 1.62)$
4	Etek recme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$10.4 + 5.63 * \text{BETA}(2.92, 1.5)$
5	Kol recme	Normal(mean, StdDev)	NORM(10.7, 0.52)
6	Yaka lastik biye	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$17.4 + 2.58 * \text{BETA}(1.49, 1.07)$
7	Etiket+işaret takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$7 + 2.59 * \text{BETA}(0.863, 1.39)$
8	Yaka kapama	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$35 + 3.51 * \text{BETA}(1.7, 2.04)$
9	Bağcık takma	Weibull(min, alpha, beta)	$31.3 + \text{WEIB}(2.49, 2.14)$
10	Bağcık ucu kesme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$15 + 3 * \text{BETA}(0.819, 0.815)$
11	Yaka v biye	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$10.6 + 3.42 * \text{BETA}(1.61, 1.2)$
12	Yaka v biye ucu zikzak	Uniform(min, max)	UNIF(12.5, 15.9)
13	Yaka v biye kapama	Erlang (min, average, k)	$30.4 + \text{ERL}(0.324, 5)$
14	Yaka ucu tutturma	Erlang (min, average, k)	$13 + \text{ERL}(0.323, 3)$
15	Askı takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$18 + 3 * \text{BETA}(1.24, 1.41)$
16	Bağcık ucu zikzak	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$49.7 + 3.32 * \text{BETA}(1.61, 1.42)$
17	Meto alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$10 + 4 * \text{BETA}(0.797, 0.775)$
18	Temizleme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$11 + 3 * \text{BETA}(1.06, 0.843)$
19	Ara kontrol	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$14 + 3 * \text{BETA}(1.1, 1.16)$
20	Son ütü	Normal(mean, StdDev)	NORM(25.5, 1.69)
21	Son Kontrol+ Ölçüm (Varsa Asorti)	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$34 + 5 * \text{BETA}(0.662, 0.791)$
22	Katlama+Paketleme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	$31 + 9 * \text{BETA}(0.976, 0.94)$

3.3. Modelin mantıksal çerçevesi

Sistemde yer alan parametreler ve operasyonlara ilişkin süreler belirlendikten sonra kavramsal model kurularak Arena Simülasyon

Programı yardımıyla sistemin simülasyonu (benzetimi) yapıldı. Sistemin mantıksal yapısı / çerçevesi Şekil 3'te verildi.

Şekil 3**Modelin Mantıksal Çerçevesi****3.4. Modelin Bilgisayar Programına Aktarılması**

Oluşturulan modelin Arena yazılımındaki görüntüsü Şekil 5'te verilmektedir. Modelde görüldüğü üzere gelen ürünler (arrivals), işlemler (process) modüllerinden geçmekte, hatalı ürünler karar (decide) modülü ile ayırmakta ve (atama) assign modülü ile düzeltilebilir hatalar ürünün dikim bandının en başına gönderilmektedir ve çıkış (dispose) modülünden ürünlerin hatalı(defolu) ve yüklemeye hazır ürün (sağlam ürün) olmak üzere çıkışları yapılmaktadır.

3.5. Modelin doğrulanması ve Geçerliliğinin test edilmesi

Modelin doğrulanması için animasyonun gözlenmesi ve çıktıların kontrolü tekniklerinden yararlanıldı. Kurulan animasyon yardımıyla oluşturulan simülasyon modelinin işletmenin üretilen bluzun operasyonel akışına uygun olduğu görüldü. Mevcut sistemde 3927 nolu bluzdan 5 gün boyunca toplam 5347 adet üretilmiştir. Modeli 5 gün boyunca çalıştırdığımızda çıktı miktarı ise 5332 adettir. Günlük ortalama 1070 adet üretim

gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan simülasyon modelini 1 günlük (9 saat) çalışması durumunda elde edilen sonuç raporında 1054 adet çıktı miktarı görüldü. Sonuç olarak çıktı miktarlarını karşılaştırdığımızda %99 oranında verilerin benzerlik gösterdiğini söylemek mümkündür. Ayrıca mevcut sistemde kol beden birleştirme, yan çatma, yıkama talimatı takma, etek reçme, yaka lastik biye ve bağcık ucu zikzak operasyonlarında görülen darboğazlar, oluşturulan simülasyon modelinde animasyon gözlemlendiğinde de oluştu. Modelin geçerli olduğu tespit edildi.

3.6. Çıktı Analizi

Oluşturulan modelin uzun dönemde kararlılığını görmek maksadıyla Arena süreç analizi (Process Analyzer) ile en az tekrar sayısı tespit edildi. Şekil 4'te görüldüğü üzere 107 tekrar sayısında en doğru çıktı değerlerinin olduğu görülmektedir. Buna göre sistem 107 gün süreyle günde 9 saat çalıştığında 978 yüklemeye hazır ürün (sağlam ürün) ve 76 hatalı ürün olmak üzere toplamda 1054 çıktı değeri elde edilmektedir.

Şekil 4

Arena süreç analizi ile en az tekrar sayısının bulunması

	Scenario Properties				Controls		Responses					
	S	Name	Program File	Reps	Num Reps	Rep Length	System.Num berOut	Tally 1	Counter 1	Counter 2	Model 3927.VATime	3927 kol beden birleştirme O
1		Scenario 1	6 : 3927 mod	100	100	540.0000	1053.960	274.029	978	76	8.782	3047.275
2		Scenario 2	6 : 3927 mod	101	101	540.0000	1053.574	274.029	978	76	8.783	3047.462
3		Scenario 3	6 : 3927 mod	102	102	540.0000	1053.510	274.031	978	76	8.783	3047.438
4		Scenario 4	6 : 3927 mod	103	103	540.0000	1053.544	274.027	978	76	8.782	3047.428
5		Scenario 5	6 : 3927 mod	104	104	540.0000	1053.529	274.014	978	76	8.783	3047.365
6		Scenario 6	6 : 3927 mod	105	105	540.0000	1053.419	274.044	978	76	8.783	3047.436
7		Scenario 7	6 : 3927 mod	106	106	540.0000	1053.755	274.027	978	76	8.782	3047.208
8		Scenario 8	6 : 3927 mod	107	107	540.0000	1053.864	274.025	978	76	8.782	3047.230
9		Scenario 9	6 : 3927 mod	108	108	540.0000	1053.463	274.014	978	76	8.782	3047.273
10		Scenario 10	6 : 3927 mod	109	109	540.0000	1053.422	274.020	978	76	8.783	3047.325
11		Scenario 11	6 : 3927 mod	110	110	540.0000	1053.345	274.027	978	76	8.783	3047.307

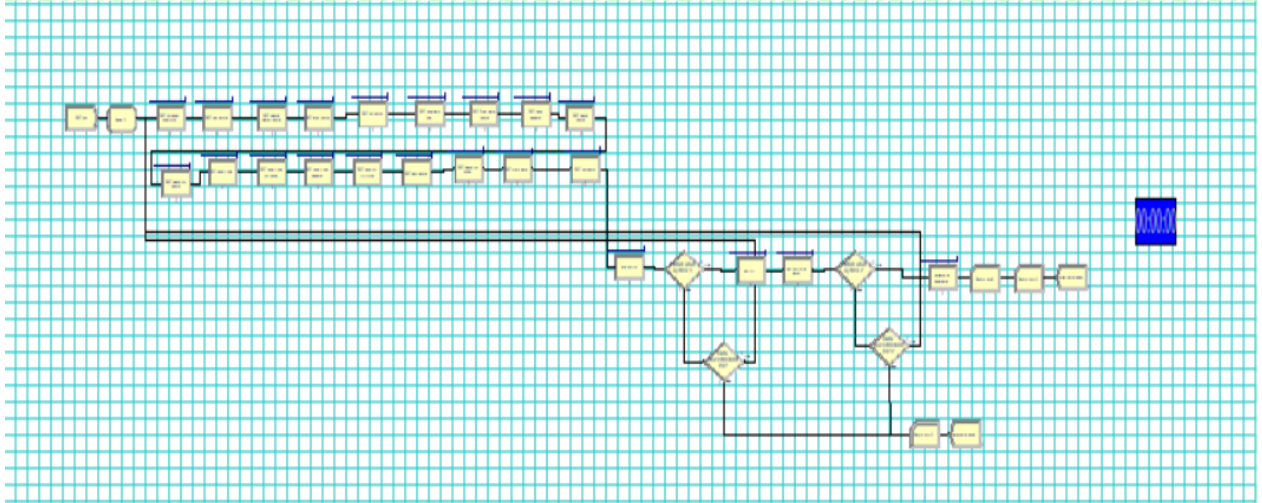
3.7. Mevcut Durum

Mevcut durumun Arena programındaki görseli Şekil 5'te verilmiştir. Mevcut durum incelendiğinde;

Kol beden birleştirme, yıkama talimatı takma, etek reçme, yaka lastik biye ve bağcık ucu zikzak operasyonlarında önemli darboğazlar tespit edildi.

Şekil 5

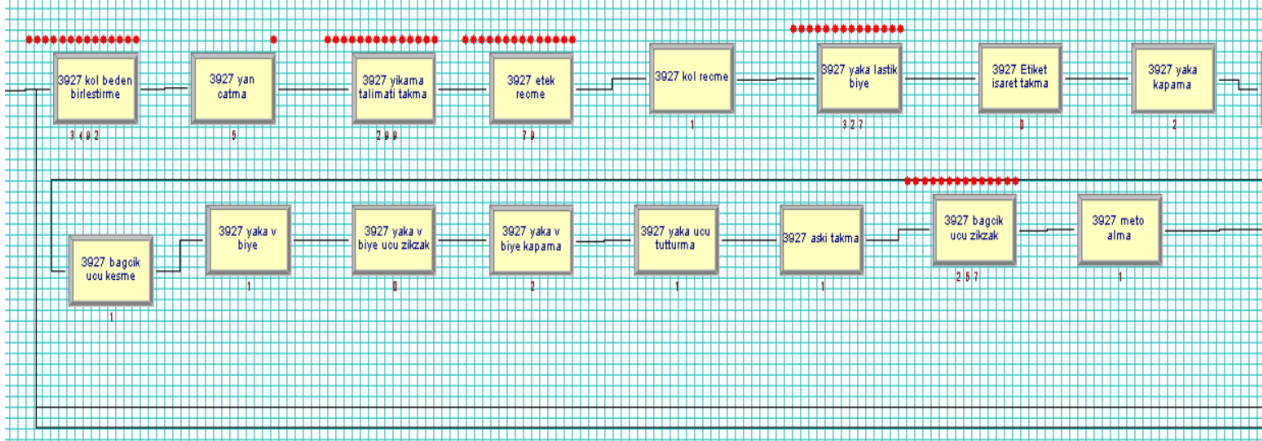
Mevcut Durumun Arena Programındaki Görseli



Ara kontrol operasyonlarından önce oluşan bu darboğaz noktalarını Şekil 6'da görmek mümkündür.

Şekil 6

Mevcut Durumda Darboğaz Oluşan Operasyonlar



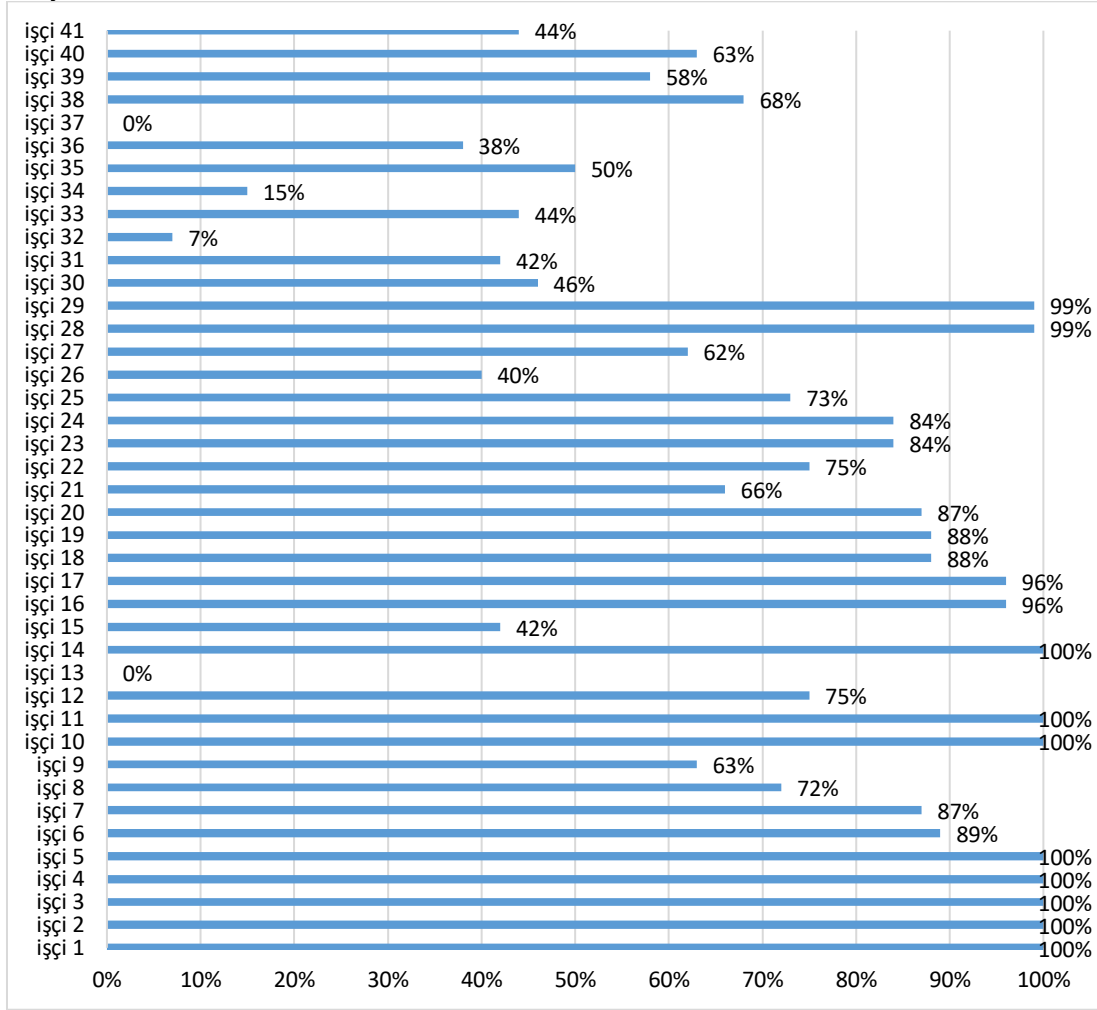
Ara stok miktarları incelendiğinde; kol beden birleştirme operasyonunda 3047 adet, yıkama talimatı takma operasyonunda 253 adet, etek recme reçme operasyonunda 74 adet, yaka lastik biye operasyonunda 287 adet ve bağcık ucu zikzak operasyonunda 223 adet ürün işlem görmeyi beklemektedir. Modelde üretim sürecindeki dikim ve sonrası operasyonlar yer almaktadır. Dikim öncesinde hazır kesilmiş ve tasnifi yapılmış parçalar 15'erli partiler

halinde gelip sırayla işlem görmeyi beklediği için ilk operasyonda ara stok olarak beklemektedir. Kol beden birleştirme operasyonundaki ara stok miktarı bu nedenle yüksektir. Bu nedenle tam olarak çözümlenebilir bir darboğaz olarak düşünmemek gerekiyor.

Simülasyon modelinde kaynak kullanım oranları Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7

Mevcut Durum Kaynak Kullanım Oranları



Kaynak kullanım oranları incelendiğinde; ilk operasyon olan kol beden birleştirme operasyonunda yer alan 5 işçinin kaynak kullanım oranı %100 olup, bu durum kaynakların dikim bandının başlangıcında olmasından dolayı bekleme olmamasından ortaya çıkmaktadır. Kol reçme operasyonunda çalışan işçi 13'ün kaynak kullanım oranı %0 olup bu operasyonda yer alan işçi 12'de %75 kaynak kullanım oranı ile çalışmaktadır. Kol reçme operasyonunda çalışan bir işçinin ortalama %33 kaynak kullanım oranı olduğunu söylemek mümkündür. Temizleme operasyonunda çalışan işçi 32'nin kaynak kullanım oranı %7 olup oldukça düşüktür. Temizleme operasyonunda çalışan işçi 31'in kaynak kullanım oranı ise %42'dir. Temizleme operasyonunda çalışan bir işçi ortalama kaynak kullanım oranı %25'tir. Ara kontrolde çalışan işçi 33 %44 ve işçi 34 %15 kaynak kullanımı ile çalışmaktadır. Bu durumda ara kontrol operasyonunda da yine bir işçi ortalama %30 kaynak kullanım oranı ile çalışmaktadır. Son ütü operasyonunda çalışan

işçi 35 %50, işçi 36 %38 ve işçi 37'de %0 kaynak kullanım oranına sahiptir. Son ütü operasyonunda çalışan üç işçiden her biri %27 kaynak kullanım oranı ile çalışmaktadır. Ancak yıkama talimatı takma operasyonunda çalışan işçi 10, Etek recme operasyonunda yer alan işçi 11, yaka lastik biye operasyonunda yer alan işçi 14 %100 kaynak kullanım oranı ile çalışmaktadır. Yaka kapama operasyonunda yer alan işçi 16 ve işçi 17 %96, bağcık ucu zikzak operasyonunda çalışan işçi 28 ve işçi 29 %99 kaynak kullanım oranı ile çalışmaktadır.

Mevcut durumu özetlemek gerekirse;

Bir yandan sistemi yavaşlatan önemli darboğazlar yer alırken, bir yandan da neredeyse hiç çalışmadan atıl durumda bırakılan işçiler mevcuttur.

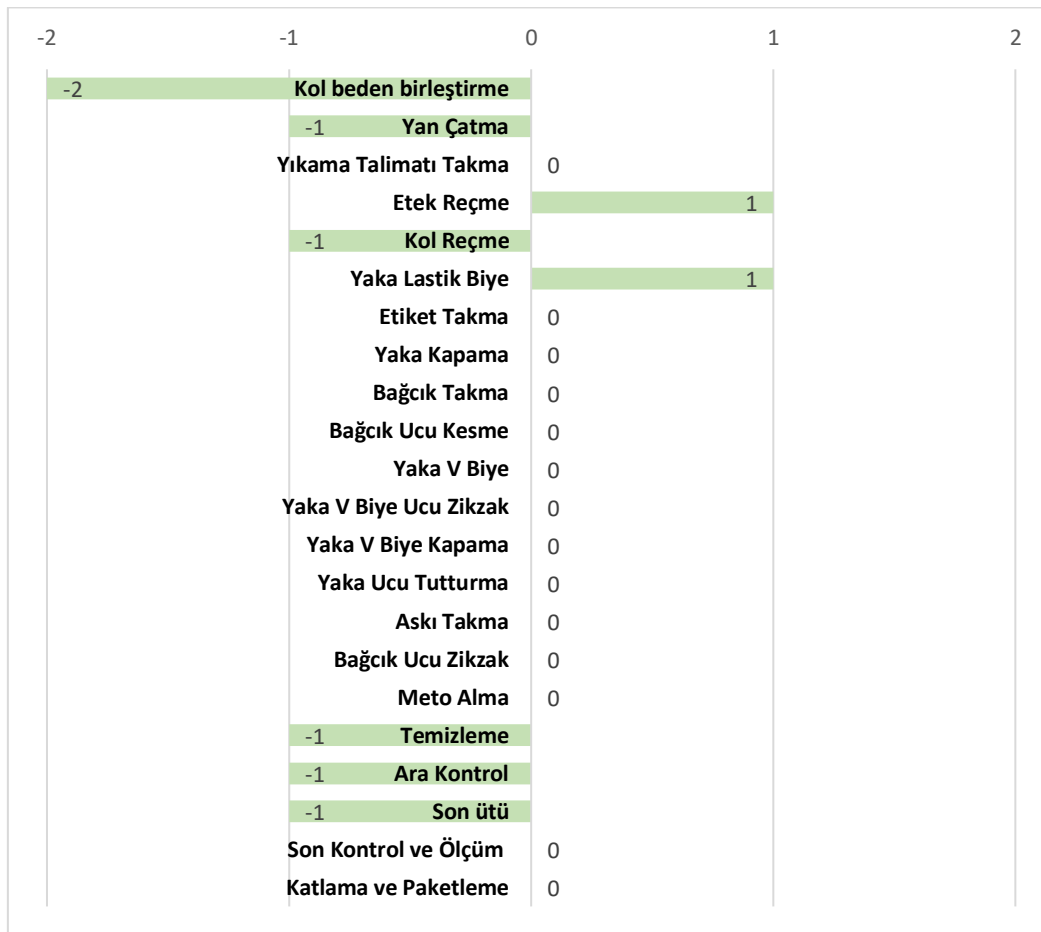
3.8. Alternatif iyileştirme önerisi

Mevcut durumda dikim bandının başlangıcında kaynak kullanım yoğunluğu ve sonrasındaki etek reçme, yaka lastik biye gibi zorlu operasyonlarda kaynak kullanımının az olması gibi nedenlerle kaynakların etkin kullanılamaması sonucunda bu darboğazların oluştuğunu söylemek mümkündür. Ayrıca dikim bandının en başında diğer operasyonlarda bekleme oluşmaması amacıyla yapılan fazla kaynak ataması ve hemen sonrasında yer alan operasyonlarda, operasyon süresi kısa olduğu için tek işçi ataması yapmanın mevcut durumda ara stok miktarını önemli oranda arttırdığı görülmektedir. Öncelikle dikim bandının başındaki kaynak yoğunluğunu darboğaz olan noktalara doğru kaydırarak mevcut işçi sayısını arttırmadan darboğazları ortadan kaldırıp hattı

daha dengeli yapmak amaçlandı. Önerilen kaynak değişikliklerini Şekil 9'da görmek mümkündür. Kaynaklarda yapılan değişiklikler şunlardır; kol beden birleştirme operasyonundan iki işçi çıkarılıp geriye üç işçi bırakıldı. Kol beden birleştirme operasyonunda singer kullanan bir işçi yaka lastik biye operasyonuna alındı. Kol recme operasyonunda çalışan recme makinesi kullanan kaynak kullanım oranı düşük olan işçi etek recme operasyonuna alındı. Ayrıca yan çatma, temizleme, ara kontrol ve son ütü operasyonlarından da kaynak kullanım oranı düşük olan 4 işçi çıkarıldı. Toplamda dikim ve sonrasında yer alan operasyonlarda mevcut durumda 41 işçi çalışırken, alternatif iyileştirme önerisi ile 5 işçi çıkarılıp 36 işçi ile kaynaklardan % 12 oranında tasarruf edilebileceği, aynı zamanda çıktı miktarında % 40 oranında artış sağlanabileceği belirlenmiştir.

Şekil 8

Kaynak Planlamasında Mevcut Durum ve İyileştirilmiş Durum Karşılaştırması

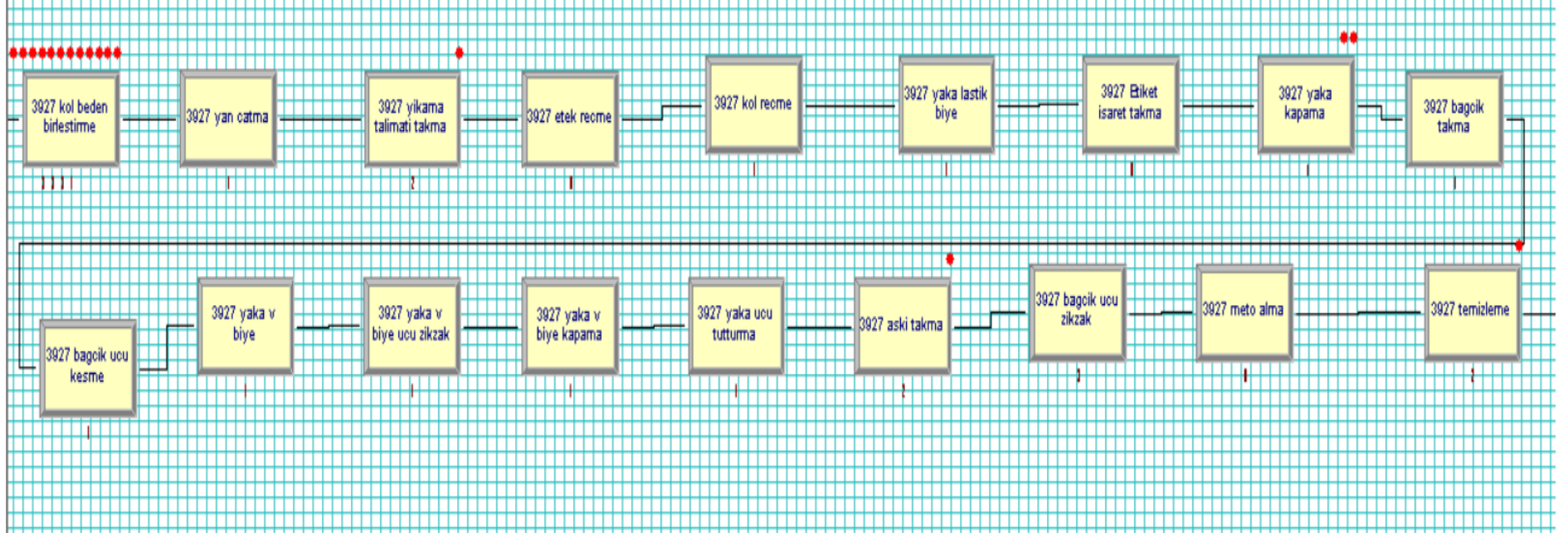


Alternatif çözüm önerisi sonrasında ara stok miktarlarına bakıldığında kol beden birleştirme operasyonunda 3645 adet, yaka kapama operasyonunda 1 adet ürün işlem görmeyi beklemektedir. Kol beden birleştirme operasyonunun dikim bandının başlangıcı olduğu ayrıca kesimi ve tasnifi tamamlanmış bütün ürünler partiler

halinde işlem görmeyi beklediği düşünülürse oluşan bu ara stok normaldir. Bunun dışında oluşan tüm darboğaz noktalarının ortadan kaldırılabilir olduğu görülmektedir. İyileştirilmiş duruma ilişkin simülasyon modelinin Arena programında çalışan hali Şekil 9'da görülmektedir.

Şekil 9

İyileştirilmiş Durumda Darboğaz Oluşan Operasyonlar

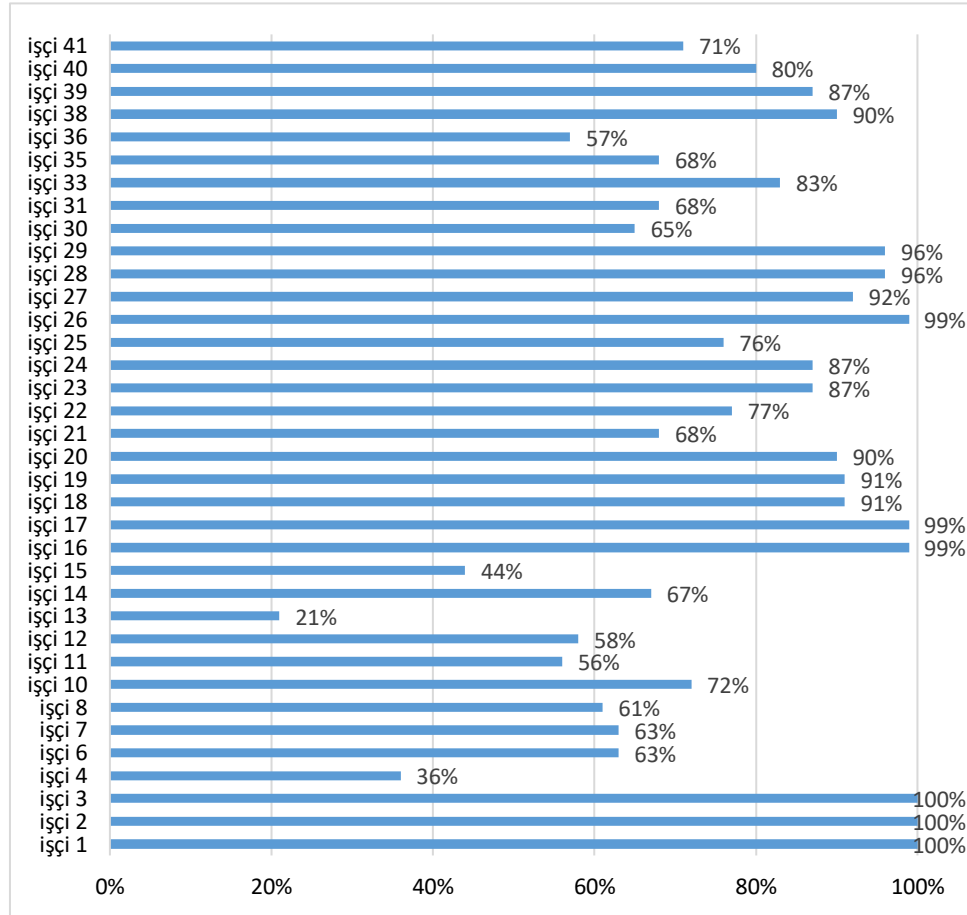


Alternatif iyileştirme önerisi sonrasında kaynak kullanım yoğunluğu ise Şekil 11’de verildi. Mevcut durumla kıyaslandığında; işçi 4’ün mevcut darboğazı çözmek amacıyla yaka lastik biye operasyonuna alındığı için kaynak kullanım oranının düştüğü görülmektedir. Reçme operasyonu yapan işçi 13 etek reçmeden darboğaz olan kol reçme operasyonuna kaydırılması ile kaynak kullanım oranı arttırılmıştır. Özellikle temizleme, ara kontrol ve son ütü operasyonlarında atıl durumda kalan işçiler alternatif

iyileştirme yapılan modelde çıkarıldı. Ancak genel olarak bakıldığında kaynak kullanım oranları çok yüksek olduğu için gerçek sistemde daha fazla işçi çıkarılması, olası aksaklıkların ortaya çıkması halinde sistemin performansını olumsuz yönde etkileyecektir. İşçi 5, işçi 9, işçi 32, işçi 34 ve işçi 37 çıkarıldığı için grafikte yer almamaktadır. Gerçek bir sistemde bu ürünün üretimi için 36 işçi ile üretimi gerçekleştirip, diğer işçiler olağan dışı bir aksaklık olması durumunda kullanılabilir.

Şekil 11

İyileştirilmiş Durum Kaynak Kullanım Oranları



Mevcut ve iyileştirilmiş durumların üretim çıktılarının karşılaştırması ise Şekil 12’de görülmektedir.

Şekil 12

Mevcut durum ve iyileştirilmiş durum çıktı miktarları



Mevcut durumda çıktı miktarı 76 adet hatalı ürün, 978 adet sağlam ürün olmak üzere 1054 adet iken, iyileştirilmiş durumda çıktı miktarının 105 hatalı ürün, 1377 adet sağlam ürün olmak üzere toplam 1482 adet olmaktadır. Toplamda %41 oranında bir artış görülmektedir. Çalışmada darboğazları ortadan kaldırmak ve çıktı miktarını arttırmak amaçlandığı için hatalı ürün sayısını azaltmaya yönelik bir iyileştirme yapılmadı.

4. Tartışma

Tekstil sektörü gibi çevrim süresinin müşteri taleplerinin karşılanması için önemli olduğu sektörlerde sisteme bütüncül bir açıdan yaklaşmak rekabet avantajını arttırmaktadır. Simülasyon yöntemi ile mevcut sistemi bir bütün olarak görebilmek ve sistemde oluşan darboğazlara müdahale edildiğinde sistem üzerindeki etkilerini inceleyebilmek mümkündür. Literatürde simülasyon uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak literatürde simülasyon uygulamalarının işletmelerde verimi artırmak için kullanımı ve uygulanabilirlik yönünde daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalardan Kitaw vd. (2010) ve Zhou vd. (2018) çalışmalarında beş farklı alternatif senaryo geliştirmiş ve en iyi alternatif senaryoyu bulmaya çalışmışlardır. Gerçekten bu kadar fazla senaryo geliştirmek için zaman harcamak mümkün olmayabilir. İşletme için mevcut şartlarda en hızlı ve en doğru olabilecek iyileştirmeler üzerinde odaklanılması gerekmektedir. Mevcut işletmenin yeni bir işletme olduğu ve yatırım maliyetine katlanmak istemediği düşünüldüğünde makine ilavesi ya da makinelerin değiştirilmesi gibi bir alternatif senaryo üzerinde durulmamıştır. Doğru işçi planlaması burada daha büyük önem arz etmektedir.

Alzoubi vd. (2019) ve Elnaggar (2019) çalışmalarında kaynak ilavesi yapmadan çalışanların verimliliğini arttırmayı amaçlamış olup bu çalışma ile birebir örtüşmektedir. Ancak işletmenin sipariş miktarları az ve çok çeşitli ürün gruplarını ürettikleri düşünüldüğünde hat düzeni sürekli değişecektir. Burada önemli operasyonlara ne kadar işçi ataması yapılacağını saptamak işletmeye daha fazla zaman kazandıracaktır.

Bu çalışmada işletmenin herhangi bir maliyete katlanmadan hatta işçi sayısını 41'den 36'ya düşürerek mevcut kaynakların optimizasyonu ile üretim performansı %41 oranında arttırılmıştır. Ayrıca oluşan darboğazlar da ortadan kaldırılmıştır. Zaten mevcut kaynak kapasitesi yeterli olan yeni kurulmuş bir işletme için ilave bir maliyet oluşmamıştır. Özetle sistem verimliliğini eniylemek için işletmenin mevcut şartları ve yapılabilecekler göz önünde bulundurularak alternatif bir senaryo geliştirildiği için uygulanabilir nitelikte bir çalışmadır.

5. Sonuç ve Öneriler

Tekstil sektörü emek yoğun çalışılan bir alandır. Dördüncü endüstri devriminin içinde bulunulan şu süreçte halen emek yoğun çalışan tekstil firmalarının rakipleriyle rekabet edebilmesi için sistem performansına etki edecek noktaları önceden görebilmesi ve bu doğrultuda gerekli önlemleri alması gerekmektedir. Simülasyon, çalışmanın başlangıcında da değinildiği üzere bu süreçte çok etkin olarak kullanılan bir karar verme aracıdır. Tekstil sektöründe sistemi analiz etmek ve iyileştirmeler yapmak amacıyla simülasyon yönteminden yararlanılan birçok çalışma mevcuttur. Ancak kullanımını daha yaygın ve etkin kılmak gerekmektedir. Bu çalışmada hazır giyim üzerine faaliyet gösteren bir tekstil fabrikasının dikim ve sonrası üretim hattının simülasyon modeli kuruldu. Oluşturulan modelde gözlemlenen darboğaz noktalarını

ortadan kaldırmak, çıktı miktarını arttırmak ve kaynak kullanımını daha etkin hale getirmek amaçlandı. Bu amaç doğrultusunda sistemde oluşan darboğazlar ortadan kaldırılabilecek iyileştirme önerisinin olduğu simülasyon modeli ile, dikim ve sonrası operasyonlarda çalışan işçi sayısının 41'den 36'ya düşürülebileceği, bu sayede daha az kaynak kullanarak üretim maliyetinde bir düşüş sağlanabileceği, aynı zamanda üretilen ürün miktarında %41 oranında bir artış sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Gelecekte işletmenin hata türlerinden yola çıkarak önemli hataları minimize edecek alternatif senaryolar geliştirilebilir. Endüstri 4.0 araçlarından Dijital ikiz yönteminden yararlanılarak anlık verilerle oluşturulacak simülasyon modeli ile analizler yapılarak sistem iyileştirmesi daha kısa sürede daha doğru bir şekilde yapılabilir.

6. Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmanın avantajlarının yanında bazı sınırlılıkları da vardır. Modelde işletmenin bir günlük performansı baz alındı. Operasyon sürelerine iğne kırılması, makine arızalar vb. beklemler ayrıca değerlendirilmedi, operasyon süresi içinde ele alındı. Modelde sadece dikim ve sonrası operasyonlar dâhil edildi. Çünkü gelen ürünlerin büyük bir kısmının kesim işlemi İstanbul fabrikasında gerçekleşmektedir. Tekstilin emek yoğun bir sektör olması ve uygulamaya konu işletme yeni bir işletme olduğu ve sermaye yatırımı düşüncesi olmadığı için makine performansları modele dâhil edilmedi.

Kaynakça

- Alzoubi, K., Hijazi, H. and Alkhateeb, A. (2019). Facility Planning and Assembly Line Balancing in Garment Industry. *The 6th International Conference on Frontiers of Industrial Engineering*
- Bağ, M. ve Aslan, E. (2016). Bir Tekstil Fabrikasında Simülasyon Uygulaması. *Uluslararası Yönetim, Eğitim ve Ekonomik Perspektifler Dergisi*, 4(1): 38-54.
- Doğan, N. Ö., ve Takçı, E. (2015). Bir Tekstil İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme. *Ege Academic Review*, 15(2): 185-196
- Elnaggar, G. (2019). Effect of operator Skill Level on Assembly Line Balancing in Apparel Manufacturing: A Multi-Objective Simulation Optimization Approach. *Paper presented at: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, November 26-28, Riyadh, Saudi Arabia*, 308-315.
- Ersoz, F., Merdin, D., and Ersoz, T. (2018). Research of Industry 4.0 Awareness: A case study of Turkey. *Economics and Business*, 32(1): 247-263.
- Kim, M., Ahn, J., Kang, J., and Kim, S. (2020). A Systematic Review on Smart Manufacturing in the Garment Industry. *Fashion & Textile Research Journal*, 22(5): 660-675.
- Kitaw, D., Matebu, A. and Tadesse, S. (2010). "Assembly Line Balancing Using Simulation Technique in A Garment Manufacturing Firm". *Journal of EEA*, 27: 69-80
- Kurşun, S. ve Kaloğlu, F. (2009). Simulation of Production Line Balancing in Apparel Manufacturing. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 17(4): 68-71.
- Leporis, M., and Králová, Z. (2010). A Simulation Approach to Production Line Bottleneck Analysis. *In International Conference Cybernetics and Informatics* (pp. 13-22).
- Pidd, M. (2004). *Computer Simulation in Management Science*. (5. Baskı), USA: Johnson & Wiley Books.
- Rajakumar, S., Arunachalam, V. and Selladurai, V., (2005). Simulation of Workflow Balancing in Assembly Shopfloor Operations. *J. of Manufacturing Technology Management*, 16: 265-281
- Robinson, S., (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. (1. Baskı), New York: Wiley.
- Shannon, R. E. (1975). *Systems Simulation: The Art and the Science*, New Jersey: PrenticeHall, Inc.

- Xu Y, Thomassey S and Zeng X. (2017). Comprehensive Evaluation Of Garment Assembly Line With Simulation. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.*, 254(162013): 1- 6.
- Yemane, A. (2021). Productivity Improvement Of BOB T-Shirt Through Line Balancing Using Control Limit Analysis and Discrete Event Simulation (Case study:-MAA Garment and Textile Factory). *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 14(2): 225-238.
- Yemane, A., Haque, S. and Malfanti, S. I. (2017). Optimal Layout Desing by Line Balancing Using Simulation Modeling, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bogota*
- Zhou,W., Li,S., Huang and Y. Wang J. (2018). Simulation-based Planning of a Kind of Complex Product General Assembly Line, *Procedia CIRP*76,