

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİPARİŞ TİPİ ÜRETİM YAPAN BİR İŞLETMEDE ÜRETİM
HATTI İYİLEŞTİRME UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nusret SAZAK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emin GÜNDOĞAR

Mayıs 2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİPARİŞ TİPİ ÜRETİM YAPAN BİR İŞLETMEDE ÜRETİM
HATTI İYİLEŞTİRME UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nusret SAZAK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 23 / 06 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

.....
Jüri Başkanı

.....
Üye

.....
Üye

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince deneyimlerinden yararlandıđım, araőtırmamı her zaman yűnlendiren deđerli hocam Sayın Prof. Dr. Emin GŪNDOĐAR' a saygılarımı sunuyor ve teőekkűr ediyorum.

Tez çalıőmam sırasında, desteđini hiçbir zaman esirgemeyen, űzellikle benzetim kısmında bilgi birikim ve yeteneklerini cűmerte paylaőan Sayın Bahtiyar ALPAY 'a saygılarımı sunuyor ve teőekkűr ediyorum.

Ve son olarak, her zaman yanımda olan, beni her zaman cesaretlendiren, moral kaynađım sevgili annem Nursen, babam Nedim , kardeőlerim Nevzat, Nilgűn, Nűkhet SAZAK ve eőim Berrak SAZAK'a gűsterdikleri sabır için sonsuz teőekkűrler...

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
ÜRETİM ORTAMLARINA GÖRE FARKLI ÜRETİM TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ.....	12
BÖLÜM 3.	
ÜRETİM HATTI Dengeleme VE BENZETİM TEKNİĞİ	8
3.1. Üretim Hatları ve Hat Dengeleme.....	8
3.2. Üretim Hatlarını Dengelemenin Amaçları	9
3.3. Üretim Hatlarının Dengelenmesini Etkileyen Temel Etmenler ve Kısıtlar.....	10
3.3.1. Temel etmenler.....	10
3.3.2. Kısıtlar	11
3.3.2.1. Birincil kısıtlar	11
3.3.2.2. İkincil kısıtlar	11

3.4. Üretim Hatlarının Sınıflandırılması	12
3.4.1. İşin yapısına göre üretim hatları	12
3.4.2. Model çeşitlerine göre üretim hatları.....	13
3.4.3. İstasyonların yerleşimine göre üretim hatları	14
3.4.4. Gecikmeli veya gecikmesiz üretim hatları.....	14
3.4.5. İşlem zamanlarına göre üretim hatları	14
3.5. Üretim Hatlarında Darboğaz Araştırması	15
3.6. Üretim Hattı Dengeleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	15
3.6.1. Probleme göre sınıflandırma.....	15
3.6.2. Çözüm yaklaşımına göre sınıflandırma	17
3.7. Benzetim	18
3.7.1. Benzetim nedir?	18
3.7.2. Benzetimin uygulama alanları	20
3.7.3. Benzetimin aşamaları.....	21
3.7.4. Benzetimin avantaj ve dezavantajları	23
3.7.5. Benzetimin kullanım amaçları	23
3.7.6. Arena yazılımı.....	24

BÖLÜM 4.

UYGULAMA YAPILAN İŞLETME YAPISI	25
4.1. İşletmenin Tanıtımı	25
4.2. Problemin Tespit Edilmesi	28

BÖLÜM 5.

ÜRETİM HATTININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ	31
5.1. Modellerin Açıklanması.....	31
5.1.1. Model-1: Eski durum	31
5.1.2. Model-2: Yeni durum 1	36
5.1.3. Model-3: Yeni durum 2	41

5.2. Modele Ait Varsayımlar	46
5.3. Modelin Açıklanması	46
5.3.1. Blokların açıklanması	46
5.3.2. Elementlerin açıklanması	48
5.3.3. Animasyonun açıklanması	48
5.4. Model Sonuçları	49
5.5. Öngörülen Diğer İyileştirmeler	59

BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	73

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

MTS : Stoğa üretim

ATO : Siparişe göre montaj üretimi

MTO : Siparişe göre üretim

ETO : Siparişe göre mühendislik üretimi

MPS : Ana üretim çizelgesi (Miktarı)

FAS : Son montaj çizelgeleme

ATP : Söz verilebilir miktar

FWR : Yarı römork şasi(fahrzeugrahmen)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İmalatın gelişimi	3
Şekil 2.2. Farklı üretim tiplerinin müşteri talebine göre farkları.	4
Şekil 2.3. Hammadde-bitmiş ürün ekseninde üretim tiplerine göre MPS ve FAS kullanım oranları.....	7
Şekil 4.1. Yarı römork damper(sattel).....	26
Şekil 4.2. Yarım boru tipinde kamyon üstü.	27
Şekil 4.3. Klasik(kutu) tip damper.	27
Şekil 4.4. Eski durum akış şeması.....	30
Şekil 5.1. Eski durum Arena modeli.	33
Şekil 5.2. Yarı mamul gelişleri.	34
Şekil 5.3. Boyahane kabini.....	34
Şekil 5.4. Kaynakhane FWR istasyonları.	34
Şekil 5.5. FWR montaj istasyonları.	35
Şekil 5.6. Elementler.	35
Şekil 5.7. Semi treyler montaj istasyonları.	35
Şekil 5.8. Yeni durum 1 akış şeması.	37
Şekil 5.9. Yeni durum 1 Arena modeli.	38
Şekil 5.10. Yarı mamul gelişleri.	39
Şekil 5.11. Boyahane kabini.....	39
Şekil 5.12. FWR montaj istasyonları.	39
Şekil 5.13. Semi treyler montaj istasyonları.	40
Şekil 5.14. Elementler.	40
Şekil 5.15. Yeni durum 2 akış şeması.	42
Şekil 5.16. Yeni durum 2 Arena modeli.	43
Şekil 5.17. Yarı mamul gelişleri.	44
Şekil 5.18. Boyahane kabini.....	44
Şekil 5.19. FWR montaj istasyonları.	44

Şekil 5.20. Semi treyler montaj istasyonları.	45
Şekil 5.21. Elementler.	45
Şekil 5.22. Tally variables.	50
Şekil 5.23. Discrete-change variables.	51
Şekil 5.24. Outputs.	52
Şekil 5.25. Tally variables.	53
Şekil 5.26. Discrete-change variables.	54
Şekil 5.27. Outputs.	55
Şekil 5.28. Tally variables.	56
Şekil 5.29. Discrete-change variables.	57
Şekil 5.30. Outputs.	58
Şekil 5.31. Aks seti mevcut tedarik şekli.	59
Şekil 5.32. Aks seti öngörülen tedarik şekli.	59
Şekil 5.33. FWR bantlama operasyonu.	60
Şekil 5.34. FWR zımpara operasyonu.	61
Şekil 5.35. Önerilen FWR stoklama.	62
Şekil 5.36. Mevcut durumdaki taşıma ayaklarından kaynaklanan FWR rötuşları.	62
Şekil 5.37. Mevcut durumda FWR taşıma ayağı kullanımı.	63
Şekil 5.38. Mevcut durumda FWR aks montajı.	65

TABLO LİSTESİ

Tablo2.1. Üretim özelliklerine göre üretim tiplerinin karşılaştırılması.....	5
Tablo 2.2. Üretim tiplerinin planlama yaklaşımı.....	6
Tablo 5.1. İyileştirme Sonuçlarının Ürün Maliyetine Etkisi.....	66

ÖZET

Anahtar kelimeler: Süreç İyileştirme, Hat dengeleme, Benzetim

Gelişen teknolojiyle birlikte işletmelerin, rekabet güçlerini arttırmak ve maliyetlerini düşürmek için üretim süreçlerini gözden geçirmek ve gerekli iyileştirmeleri yapmaları elzem hale gelmiştir. Hat dengelemenin amacı, kaliteden ödün vermeden çalışma sürelerini birbirlerine yakın seviyelere getirmek, boşta bekleme zamanlarını ve kuyukları önlemektir ve işletmedeki iyileştirme çalışmalarına yön vermektedir.

Yapılmış olan çalışmada boyahane hattında oluşan darboğazın nedenleri incelenirken FWR(Yarı Römork Şasi) nin boyahane hattından 2 kez geçmesinin boyahane kapasitesini gereksiz yere meşgul ettiği tespit edilmiştir.

FWR nin boyahane hattından tek seferde çıkabilmesini sağlamak için aks seti tedarikçi firmadan parçalı halde satın alınmaya başlanmıştır. Bu değişikliğin etkisi olarak hat üzerindeki dengeyi sağlamak için bazı istasyonlar, aparatlar, fikstürler, işlemler kaldırılmış, bazı istasyonlar ve işlemler eklenmiştir.

Son olarak bu iyileştirmenin model ile desteklenmesi için bir benzetim modeli oluşturularak ilk durum değerleri ile oluşturulan iki yeni durum arasındaki farklılıklar gözlenmeye çalışılmıştır.

Ayrıca hattın dengelenmesi yanı sıra ürün maliyetini etkileyen kalemlerde de olumlu sonuçlar elde edilebileceği öngörülmüştür.

PRODUCTION LINE IMPROVEMENT APPLICATION IN A FACILITY WHICH MAKES TO ORDER PRODUCTION

SUMMARY

Keywords: Process Improvement, Line Balancing, Simulation

With the developing technology, the review of manufacturing processes and necessary improvements required to increase the competitiveness of the facilities and reduce the cost of manufacturing have become essential. The aim of the line balancing is to make operation times closer levels to each other, prevent idle times and queues without sacrificing quality and it directs the improvement studies in the plant.

In this study, it was determined that the FWR (semitrailer chassis) processed twice in the paintshop occupy the capacity of the paint shop redundantly while investigating the reasons of the bottleneck in the paintshop.

It was started that the axle set was purchased from the supplier in piece to provide the FWR get out of the paintshop at once. As the effect of this change, some stations, equipments, fixtures, operations were removed; some stations and operations were added to provide balance on the line.

Finally, the differences between the first situation and the new two situations were tried to be observed by creating a simulation model to support this improvement with the model.

Furthermore, it is estimated that positive results will be obtained at the items which affect the cost of the product besides the balance of the line.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son yıllarda dünyada müşteri talep ve beklentilerini en üst seviyede karşılayarak müşterilerin beklentilerine karşılık vermek ve aynı zamanda kaliteyi yükselterek daha çok tercih edilir olmak firmaların en büyük amacı olmuştur. Bu amaçla sürekli değişimi yakalamak ve sürekli gelişen şartlara ayak uydurmak, işletmeler için zorunlu hale gelmiş ve birbirleri arasında kıyasıya bir rekabet ortamı oluşturmuştur. Doğru yönetim sistemlerinin uygulanması, işletmelerin içinde buldukları bu yarışta başarıya ulaşmaları ve bu başarının devamlılığını sürdürmeleri için büyük önem taşır. İşletmeler müşterileri için faydalı çıktılar oluşturma amacıyla süreçlerini en iyi şekilde analiz edip geliştirmek zorundadırlar.

Ürüne olan talebin gün geçtikçe artması nedeniyle üretim hacimlerinin oldukça yüksek tutulmaya çalışıldığı otomotiv sektörü sürekli gelişen ve yenilenen teknoloji sayesinde dinamik bir sektör haline gelmiştir. Know-how olarak bilinen işletmeye ait özel teknikler sayesinde hem kaliteli ürün elde etmek hem de üretim hızını arttırmak mümkündür.

Bu çalışmada üretim ortamlarına göre farklı üretim tipleri, özellikleri ve üretim hattı dengeleme konuları ele alınmış ve sipariş tipi üretim yapan bir damper fabrikasında üretim süreci iyileştirme üzerine uygulama yapılmıştır.

Bölüm 2’de üretim ortamlarına göre farklı üretim tipleri ve özellikleri hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Bölüm 3’te uygulamanın konusu olan üretim hattı dengelemeyle ilgili kavramlardan bahsedilmiştir. Bölüm 4’te uygulamanın yapıldığı işletme tanıtılmış ve problemin nasıl tespit edildiği açıklanmıştır. Bölüm 5’te FWR hattının ARENA programı ile modellenmesi ve hat dengelemenin yanı sıra yapılacak değişiklikler sonucunda ürün maliyeti ve kalitesine fayda sağlaması öngörülen

konular hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 6'da çalışma sonunda elde edilen sonuçlar ve gelecek için öneriler bulunmaktadır.

BÖLÜM 2. ÜRETİM ORTAMLARINA GÖRE FARKLI ÜRETİM TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Mevcut imalat sistemleri için, buldukları üretim ortamlarına göre dört farklı üretim tipi tanımlanmıştır. [1]. Bunlar:

- a) Stoğa üretim (Make to stock, MTS)
- b) Siparişe göre montaj üretimi (Assemble to order, ATO)
- c) Siparişe göre üretim (Make to order, MTO)
- d) Siparişe göre mühendislik üretimi (Engineer to order, ETO)

yapan üretim tipleridir.

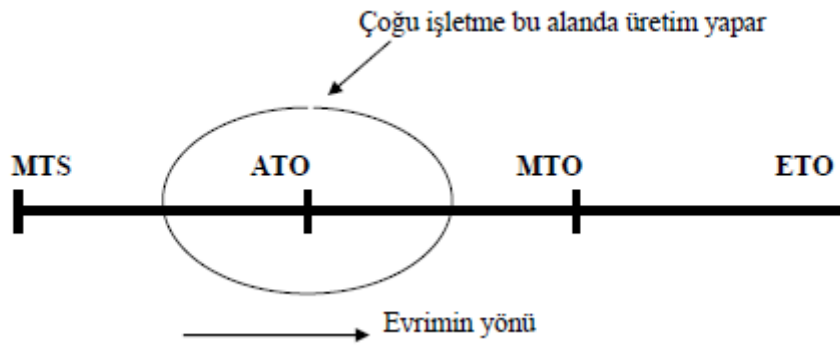
Stoğa üretim, tahmin edilen talep doğrultusunda son ürünü üreterek depolar ve sipariş geldiğinde bu depolardan talebi karşılar. Bu duruma bağlı olarak, yani ürünler önceden üretildiği için müşteriye teslim zamanı kısadır fakat envanter maliyetleri yüksektir. Ürünün tasarım aşamasında müşterinin tercihleri belirleyici değildir.

Siparişe göre montaj üretiminde son ürünün en önemli ya da en kritik yarı mamülleri üretilerek stoklanır. Sipariş geldiğinde, diğer parçaları ile montajlanarak tamamlanır. Bu tip üretim yapan işletmeler hibrid bir üretim planlama ve kontrol yaklaşımına sahiptir. Bu yaklaşım rekabet edebilmek ve genelde sürekli modası değişen ürünlerin planlamasını kolaylaştırmak için geliştirilmiş bir yaklaşımdır.

Siparişe göre üretim yapan bir sistemde ise ürün imalatı, ancak bir müşteri siparişi çizelgelendiğinde başlar. Bu üretim tipinde teslimat süreleri uzundur, dolayısıyla müşteriye söz verilebilecek miktar (Available to promise, ATP) en önemli konudur.

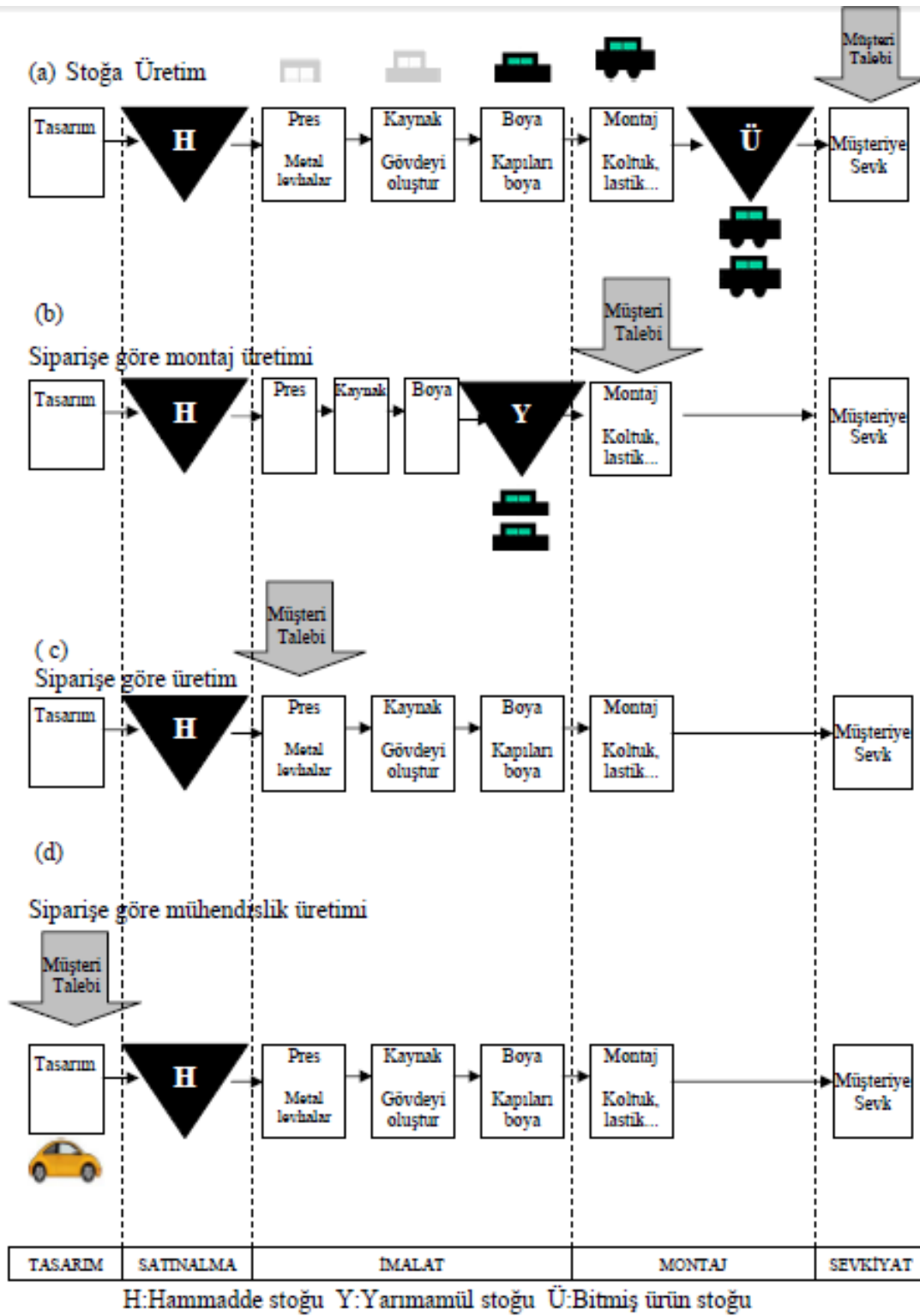
Son olarak, siparişe göre mühendislik üretiminde ise ürünün tasarımı tamamen müşteri isteklerine bağlı olarak üretilir. Siparişe göre üretimin müşteri ile ilişkiler artırılarak genişletilmiş hali olan bu üretim tipi, aynı karakteristik özelliklere sahiptir.

Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi bu dört farklı üretim tipi, dünyada yaşanan değişimlerle gelişmiştir. Örneğin stoğa üretim 18. yüzyılda Ford'un " T Modeli " anlayışıyla başlarken, günümüzde Dell'in ürün parçalarını müşterinin seçtiği üretim sistemi, siparişe göre montaj üretimini oluşturur.



Şekil 2.1. İmalatın gelişimi

Siparişe göre üretime, matbaa (ilaç prospektüsü, reklam afişi..), proje tipi (havaalanı, terminal..) üretimini örnek verebiliriz. Siparişe göre montaj üretime bilgisayar üretimi, stoğa üretim için otomobil ve temizlik ürünleri (deterjan, diş macunu...) üretimi, siparişe göre mühendislik üretimine ise özel üretim araçlar, iyi birer örnektir. Fakat bu örnekler standart değildir. Yani işletmenin stratejisine göre değişebilir. Örneğin otomobil üreten bir firma aynı model üretmekten vazgeçip, müşterilerinin tasarımına göre küçük değişiklikler yaparak, kritik yarımamüllerini stoğa üretirse, siparişe göre montaj üretime geçmiş olur. Ya da yarı arabaları, özel tasarım araçlar üretmeye başlarsa siparişe göre mühendislik üretimine geçer veya aynı araç üretimine devam eder fakat stoklamaz, sadece müşteri sipariş verdiğinde üretime başlar ki bu seferde siparişe göre üretime geçmiş olur.



Şekil 2.2. Farklı üretim tiplerinin müşteri talebine göre farkları

Bu durum Şekil 2.2.'de, müşteri talebine göre üretim tiplerinin ayrıldığı noktalar ile gösterilmektedir. Dikkat edilmelidir ki stoğa üretimde bitmiş ürünler, siparişe göre montaj üretimde yarımamüller (süreç içi envanter) stoklanmaktadır.

İşletme stoğa üretim stratejisine göre üretim yapıyorsa müşteri talebi geldiğinde daha önceden üretilmiş olan otomobillerden istenilen miktarda verecektir. Siparişe göre montaj üretimi yaparsa, şasi, motor ve gövdeyi daha önceden üretmiştir ve müşteri talebi geldiğinde istenilen miktar kadar montajlanmaya başlar. Siparişe göre üretim yapacaksa, müşteri talebi gelince üretime başlar, elinde sadece hammadde stoğu mevcuttur. Eğer müşterinin belirlediği spesifikasyonlara (renk, motor hacmi, fiziki görünüş...) göre ürünü tasarlayıp istenilen miktar için üretime başlarsa da siparişe göre mühendislik üretimi yapmış olur.

Müşteri talebine göre ayrılan üretim tipleri, üretim hacmi ve proses tipine göre de farklılık gösterir. Ürün üzerindeki tasarım, envanter tipi, sevkiyat süresini de özetleyerek üretim özelliklerine göre üretim tipleri Tablo 2.1'deki gibi karşılaştırılabilir.

	MTS	ATO	MTO	ETO
Müşteri isteklerine göre tasarım derecesi	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Envanter tipi	Bitmiş ürün	Süreç içi envanter	Yok	Yok
Teslim süresi	Çok hızlı	Orta	Uzun	(Çok) uzun
Üretim hacmi	Çok yüksek	Orta	Düşük	(Çok) düşük
Proses tipi	Sürekli	Parti	Proje	Proje

Tablo 2.1. Üretim özelliklerine göre üretim tiplerinin karşılaştırılması

Üretim tiplerinin bu karakteristik özellikleri planlama faaliyetlerine de farklı yön verir. Tablo 2.2. üretim tiplerinin, planlama yaklaşımlarını göstermektedir. Bir

üretim planı, ya Ana Üretim Çizelgesine (Master Production Schedule, MPS) ya da Müşteri Siparişlerine bağlı olarak yapılır. Ana Üretim Çizelgesi tahminlere göre yapılır ve stoğa üretimi temsil

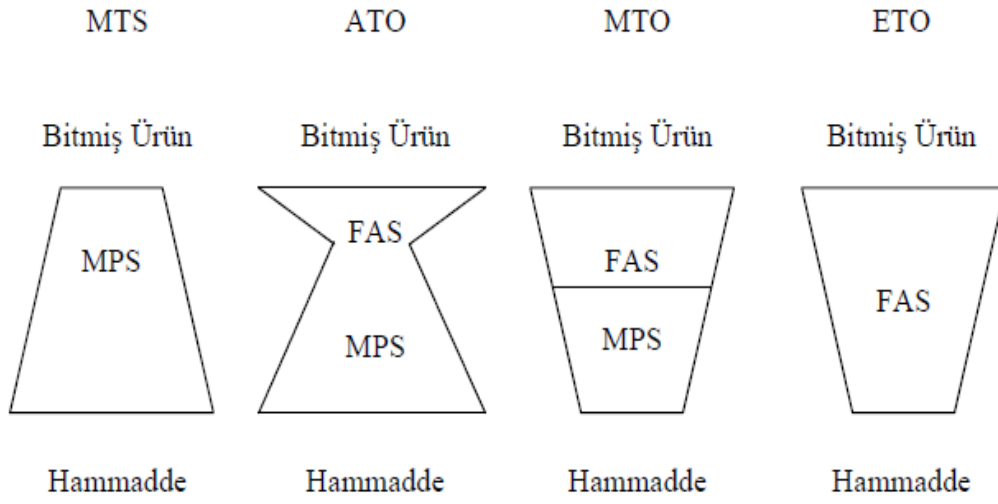
etmektedir. Müşteri siparişlerine dayalı bir üretim planının sonucu ise Son Montaj Çizelgeleme (Final Assembly Scheduling, FAS) ya da Atölye Çizelgelemedir.

Üretim tipleri, sadece Ana Üretim Çizelgesine, sadece Müşteri siparişlerine (FAS) ya da her ikisine göre çalışabilir. Hatta sadece Ana Üretim Çizelgesine göre çalışsa bile müşteri siparişlerine göre MPS güncellenir. [2].

	MTS	ATO	MTO	ETO
Üretim planlama ve çizelgeleme temeli	Tahmin	Tahmin ve mevcut siparişler	Mevcut ve gelecek siparişler	Müşteri siparişleri
Talep belirsizliğini kontrol etme yöntemi	Emniyet stokları	Bileşen ve yarımamül planlama	Belirsizlik çok azdır	Kontrol yoktur

Tablo 2.2. Üretim tiplerinin planlama yaklaşımı

Hammadde-bitmiş ürün ekseninde üretim tiplerine göre MPS ve FAS kullanım oranı değişmektedir. Şekil 2.3. üretim tiplerine göre bu kullanım oranlarını göstermektedir. Stoğa üretimde bitmiş ürüne bağlı olarak, hammadde ve yarımamüllerin tümü için MPS kullanılır. Siparişe göre montaj üretimde hammaddelerden yarımamüllere kadar MPS kullanılır, bitmiş ürün için FAS yapılır. Siparişe göre üretimde ise bitmiş ürünler için FAS, hammaddeler için MPS kullanılırken siparişe göre mühendislik üretimi için FAS kullanılır.



Şekil 2.3. Hammadde-bitmiş ürün ekseninde üretim tiplerine göre MPS ve FAS kullanım oranları. [3].

BÖLÜM3.ÜRETİM HATTI Dengeleme ve Benzetim TEKNIĞİ

3.1.Üretim Hatları ve Hat Dengeleme

Üretim hattı; amacı bir ürüne ait bileşenlerin montajını gerçekleştirip bitmiş ürünü elde etmek olan, bir takım iş istasyonlarının bir malzeme taşıma sistemiyle birleştirilmesinden oluşan bir sistemdir. [4].

Üretim süreci iş elemanları veya gerekli operasyonların belirli bir mantığa göre sıralanmasından meydana gelmektedir. Önceden belirlenen ilgili istasyonda öncelik ilişkilerine göre iş elemanlarının montajı yapılır. Ürünü oluşturan operasyonlar arasındaki süre farkları üretim hattı dengeleme problemini ortaya çıkarmaktadır. Üretim hattı dengeleme, ürünün oluşmasını sağlayan operasyonların, kayıp süreleri en aza indirecek şekilde ilgili istasyonlara atanmasıdır. [5].

Üretim sürecinde daha hızlı ve ucuz üretimin gerçekleştirilebilmesi için üretilecek olan ürünün birden fazla iş ögesine bölünmesi ve bölünen iş ögelerine ait operasyonların farklı operatörler tarafından yapılması gerekliliği anlaşılmıştır. Buna bağlı olarak iş ögelerine ait operasyonlar birden fazla iş istasyonunun yer aldığı belirli bir hat üzerinde yapılmaya başlanmıştır. Hat üzerindeki istasyonların belirlenmesi için hat üzerinde işlem görecekt parçaların çevrim süreleri ve birbirleriyle olan öncelik ilişkileri gibi kısıtlara göre birleştirilmesi gerekmektedir. [6].

Üretim hattı üzerindeki aynı işlem süresine sahip iş istasyon sayısını veya çevrim süresini en aza indirmek üretim hattı dengelemenin temel ögesidir. Hat dengelemenin ana gayesi iş istasyonlarındaki fazla süreleri azaltmak için iş yükünü istasyonlar arasında eşit paylaşmaktır. Buna göre iş elemanlarının birbirleri ile öncelik

ilişkilerine ve istasyon atıl sürelerine göre iş istasyonlarına atanması problemi literatürde üretim hattı dengeleme olarak geçmektedir. [7].

İşlerin mümkün olan en iyi sıralanma şeklinin bulunmasında ayrıntılı metot etütleri ve iş ölçümleri vasıtasıyla elde edilen standart zamanlar, işe özgü teknik kısıtlamalar önemli rol oynamaktadır. Üretim hattında yer alan istasyonlardaki birim zamandaki çıktı eşitlenerek iş istasyonlarının boş beklememesi hat dengelemenin amacıdır. [8].

3.2.Üretim hatlarını Dengelemenin Amaçları

Üretim hattı dengelemenin ana amacı; hat boyunca işleri gruplandırarak istasyonlar oluşturmak, bu gruplar arasında yaklaşık olarak eşit zamanlamayı yakalamak ve oluşan bu şartlar altında üretim hattının sürekli olarak çalışmasını sağlamaktır. Böylece boş zaman minimize edilmiş, işçilik, malzeme ve teknoloji kombinasyonunda yüksek fayda sağlanmış olur.

Bir başka şekilde amaç; daha küçük işlemler arasında bulunan öncelik şartlarını sağlayacak her iş istasyonundaki toplam iş yükü süresi, verilen çevrim zamanından büyük olmayacak ve üretim hattındaki istasyon sayısı minimum olacak şekilde iş elemanlarının iş istasyonlarına tahsisi olarak da belirtilebilir. [9].

Bununla birlikte hat dengeleme problemlerinde çoğunlukla belirlenmiş bir çıktıya ulaşmak hedeflenir. [8].

Bir üretim hattının kurulmasında ulaşılmak istenen amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Düzenli bir malzeme akışını sağlamak,
2. İnsan gücü kullanımını en üst düzeye ulaştırmak,
3. Makine kapasitelerini en üst düzeyde kullanmak,
4. İşlemler için en az miktarda süreyi kullanmak,

5. İşlemler için en az miktarda malzeme kullanmak,
6. Boş zamanları veya dengeleme kayıplarını en küçükleme,
7. İş istasyonu sayısını en küçükleme,
8. Denge kayıplarını, iş istasyonları arasından düzgün şekilde dağıtmak,
9. Var olan tüm kısıtları, sınırları zorlamadan sağlamak,
10. Hat dengeleme maliyetini en az düzeyde tutmak. [10].

Üretim hattı dengeleme birbiriyle çelişen amaçlara sahip olduğundan tüm amaçların en üst düzeye ulaşması oldukça zordur, bu yüzden ana amaç çelişkiler göz önünde bulundurularak en uygun çözüme ulaşmaktır. [5].

Özellikle basit makinelerin yer aldığı ve işçilik maliyetlerinin yüksek olduğu sistemlerde sadece tezgah kapasitelerinin iyi dengelenmesi yeterli olmaz, işçi yüklerinin de iyi dengelenmesi gerekmektedir. [11].

3.3.Üretim Hatlarının Dengelenmesini Etkileyen Temel Etmenler ve Kısıtlar [5].

3.3.1.Temel etmenler

Üretim hattı dengelemeyi etkileyen temel etmenler, aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- 1)Mühendislik spesifikasyonları, işlemler arası öncelikler ve gerekli kaynak(girdi) gereksinimleri
- 2)İşin yapılmasında izlenen yöntem(bazı montaj işlerinde verilen belirli bir teknolojik sıra, işin kolay ve daha hızlı yapılmasını sağlayabilir)
- 3)Kullanılan aygıtlar ve tezgahlar(bazı aletlerin, üretim hattının birden çok yerinde kullanılmasına gerek duyulabilir; böyle durumlarda aynı alet grubunu birden fazla işlemcinin kullanabileceği bir şekilde, bazı istasyonları ardı ardına yerleştirmek gerekebilir).

3.3.2.Kısıtlar

3.3.2.1.Birincil kısıtlar

Üretim hatlarında iki tane birincil kısıt vardır. Bunlar çevrim süresi ve öncelik ilişkileridir.

Çevrim Süresi: Çevrim süresini; verilmiş net üretim hedefi, brüt çalışma süresi ve tolerans yüzdesi(yani kontrol edilemeyen nedenlerle yitirilen süreler ve önceden tasarlanmış duruş süre toplamının, brüt çalışma süresinin yüzdesi olarak ifadesi) birlikte belirlerler. Çevrim süresi; bir adet ürünün, üretimi sırasında herhangi bir istasyonda işlem görebileceği en büyük süre değeridir. Bir istasyona atanan iş öğelerinin süreleri toplamı, çevrim süresini aşamaz.

Öncelik İlişkileri: Tüm montajın içerdiği iş öğelerinin kendi aralarında öncelik söz konusudur. Yani bir iş öğesinin yapılmaya başlanabilmesi için, diğer iş öğesi veya öğelerinin kesinlikle bitirilmiş olması gerekebilir. İstasyonlara yapılan iş öğesi atamalarının, bu öncelik ilişkilerine aykırı olmamaları zorunludur.

3.3.2.2. İkincil kısıtlar

Birincil kısıtın dışında beş tane ikincil kısıt vardır. Bunlar aşağıda açıklanmıştır.

Konum Kısıtı: Konumsal kısıtlar, montajı yapılan nesnenin konumu ile, işlemcilerin banttaki konumu arasındaki ilişkiyi ifade etmekte kullanılan bir kavramdır. Konumsal kısıtlamalarda daha çok, büyük ölçekli ürünlerin montajında karşılaşılır. Ön ve arka konum kısıtı, işlerin, bandın iki yanından birinde yapılması gerektiğinde ortaya çıkar. Bu tip işler, hattın karşısına geçmek güç olduğundan, aynı anda iki işçi tarafından yapılırlar. Üretim hattı dengelemenin amaçları da göz önüne alınacak olursa, bandın önünde ve arkasında yapılacak işlerin, birbirlerinden ayrılmasının gerekli olduğu söylenebilir. Alt-üst konum kısıtı ise, montajı yapılacak ürünün, belirli istasyonlarda ters veya yan çevrilmesi; işin, ürünün alt ya da yan kısmında yapılması veya ürünün, hattın belirli bir yerinde, işlemcinin başının üstüne

yükseltilecek yapılması durumunda ortaya çıkar. Her istasyonda, yükseltme ve ters çevirme işlemlerini yapacak donanım bulunmadığından, bulunabilse bile bu işleri yapmak ekonomik olmayacağından, ürünün altında yapılan işlerin bir veya birkaç istasyonda toplanması, daha verimli ve gerçekçi bir davranış biçimi olacaktır.

Sabit donanım kısıtı: Tezgahlar, test araçları gibi sabit donanımlar, üretim hatlarının bütünleşik parçalarıdır ve değiştirilemez istasyonları oluştururlar. Sabit donanım kısıtı, iş öğelerinin değiştirilebilirliğini azaltır.

İstasyon yükü: Üretim hattında bazı istasyonların yüklerinin, çevrim süresinin %100'ünden az olması yeğlenebilir. Bu özellikle, ilk istasyonda veya istasyonlarda, hattın başında olabilecek aksamaların, tüm hatta etkisini azaltabilmek için yapılabilir.

Aynı istasyona atanması istenen iş öğeleri: Bu özelliğe sahip işlerin, aynı veya birbirlerini izleyen istasyonlara atanması gereklidir. Böyle durumlarda bir iş öğesi alt grubu, tek bir iş öğesi gibi düşünülebilir. Örneğin, özel aygıt kullanımını gerektiren iki iş öğesinin aynı işçi tarafından yapılması, ikinci bir aygıt gereksinimini ortadan kaldıracığı için, istenilen bir durumdur.

Aynı istasyona atanmaması istenen iş öğeleri: Bu özelliğe sahip bir iş öğesi, diğer bazı iş öğeleriyle, aynı istasyona atanamaz. Örneğin, aşırı fiziksel güç uygulamasını gerektiren iki iş öğesinin, iş yükü açısından ayrı istasyonlara atanmaları istenebilir. Benzer şekilde, birden fazla iş öğesi, teknolojik olarak istenmediği için aynı işlemciye atanamazlar veya en azından bir aracı (tampon) istasyon ile birbirinden ayrılırlar. Titreşimli bir çalışma ile, hassas ölçme gerektiren bir çalışmanın ayrılması buna bir örnek olarak verilebilir.

3.4. Üretim hatlarının Sınıflandırılması

3.4.1. İşin yapısına göre üretim hatları

İşin yapısına göre manuel ve otomatik olmak üzere iki çeşit üretim hattı mevcuttur. Manuel hatlar, ürün son istasyona ulaşana kadar ve bir ürün olarak ortaya çıkana

kadar her birinde toplam iş yükünün bir bölümü, bir veya daha çok işçi tarafından yapılan çoklu istasyonlara sahiptirler. İnsan unsurunun ön planda olduğu bu çeşit üretim hatlarında dengeleme yaparken, otomatik hatlara göre daha çeşitli ölçütleri dikkate almak gerekmektedir. Otomatik hatlarda, istasyonlardaki işler ve istasyonlar arası transferler otomatik olarak yapılmaktadır.

İstasyonlar arası iş transferinde, parçaların bir istasyondan diğerine elle geçtiği mekanik olmayan hatlar ve hareketli konveyörlerle geçişin sağlandığı hareketli hatlar olmak üzere iki yol vardır.

3.4.2.Model çeşitlerine göre üretim hatları

Model çeşitlerine göre üç çeşit üretim hattı vardır;

Tek Modelli Hatlar: Tek tip ürün ya da modelin üretiminde kullanılırlar.

Çok Modelli Hatlar: Bu hatlarda değişik modeller üretilir. Değişik modellerin üretimi ayrı ayrı kafiyeleler halinde yapılır. Belirli bir zamanda bir ürün parti halinde üretilir, arkadan diğer modellerin üretimine geçilir. Modeller farklı ürünler ya da aynı ürünün farklı modelleri olabilirler. Her iki durumda da ürünler aynı olmayan fakat benzer üretim ihtiyaçları gösterirler. Pratikte üretim hattı birinci model için hazırlanır. Daha sonra ikinci, üçüncü vb. modellerin parti üretimi için hatta gerekli düzenlemeler yapılır.

Karışık Modelli Hatlar: Aynı anda birden fazla benzer tipteki modellerin karışık olarak üretildiği hatlardır. Karışık modelli üretimin en önemli faydası, müşteri isteğini karşılamak üzere değişik modellerin sürekli olarak üretilmesi ve büyük bitmiş mamul stoklarını gerektirmemesidir. Modellerin değişik işlem zamanlarından doğan dezavantajlı yönleri ise, iş akışının düzenli olmaması, dolayısıyla daha fazla istasyon boş zamanları, yarı bitmiş mamullerden oluşan yığınlardır. [12].

3.4.3.İstasyonların yerleşimine göre üretim hatları

Fiziksel yerleşimlerine göre üretim hatları, düz, dairesel, rastsal, değişik açılı, U şekilli, zigzag gibi değişik biçimlerde tasarlanabilir. Geleneksel üretim hatları düz olarak tasarlanmıştır. Daha sonra yeni üretim hatlarında U-hatlar daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. U tipi hatlar JIT sistemleri için daha çok tercih edilen hatlardır. İşlevsel yapılarına göre de seri, bileşik, paralel ve besleyici Üretim hatları olarak sınıflandırılır. [13].

3.4.4.Gecikmeli veya gecikmesiz üretim hatları

Bir üretim hattı tasarımında gecikmeli veya gecikmesiz bir hat tasarımı arasında bir seçim yapılmalıdır. Çünkü hattın devamlılığı buna bağlı olarak gerçekleşecektir.

Gecikmesiz hatta her istasyona her ürün birimini üretmek için eşit zaman miktarı verilir

(çevrim zamanı). Bu çevrim zamanı sonunda sistem otomatik olarak yeni istasyona geçildiğini varsayar. Tamamlanmamış işler varsa, bu işler hattın sonunda yeni bir istasyonda tamamlanabilmektedir. Gecikmeli hatta ise, bir iş tamamlandığı sürede yeni bir iş alınır. İşlerin tamamlanmasına izin verilir ancak bu durumda hattın gecikme miktarı da iyice incelenmelidir[14].

3.4.5.İşlem zamanlarına göre üretim hatları

İşlem zamanına göre Üretim hatları, deterministik işlem zamanlı ve stokastik işlem zamanlı olmak üzere ikiye ayrılır.

Deterministik işlem zamanlı üretim hatlarında, görev zamanlarının verilmiş olduğu ve bu zamanların bir birimden diğerine herhangi bir değişim göstermediği varsayılmaktadır. Stokastik işlem zamanlı üretim hatlarında ise, görev zamanları, belirli bir dağılımla ifade edilir. İnsan unsuru, görev zamanlarının değişken olmasına yol açmaktadır. [15].

3.5.Üretim Hatlarında Darboğaz Araştırması

Üretim sistemlerinin önemli problemlerinden biri olan darboğazın araştırılmasında izlenecek yöntem ve sıranın belirlenebilmesi amacı ile üretim faktörleri (malzeme, makine, işgücü, yöntem) ayrımından yararlanılabilir. [16].

Malzeme darboğazı araştırması; hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı maddeleri kapsar.

Makine darboğaz araştırmasına üretime katkıda bulunan tüm makine ve donanımlarla birlikte her türlü araç, kontrol ve ölçüm cihazları dahil edilir.

İnsan darboğaz araştırmasında, işletmede insana ilişkin tüm problemler, iş gören ve yönetici performansları ve aralarındaki ilişkiler göz önüne alınır.

Yöntem darboğaz araştırması içinde ise teknik ve örgütsel planlama, düzenleme, maliyet kontrol ve yatırım gibi yönetim sorunları ele alınır.

3.6.Üretim Hattı Dengeleme Yöntemlerinin Sınıflandırılması. [5].

3.6.1.Probleme göre sınıflandırma

Üretim hattı dengeleme problemi, farklı ölçütler dikkate alınırsa çeşitli tiplerde olabilir.

1)Amaç Sayısı: Tek veya çok amaçlı olabilir. Amaçlar; çevrim süresini en uygun duruma getirmek, istasyon sayısını en küçükmek, dengeleme kaybını en küçükmek vb. olabilir.

2)İşlem Süreleri: İşlem süreleri belirli veya rassal olarak düşünülebilir. Uygulamada değişken sürelerle karşılaşılmasına rağmen, klasik hat dengeleme yöntemlerinin çoğu, sabit iş süresi kabulü ile geliştirilmiştir.

3)Ürün/Model Sayısı: Akış hatlarının tiplerine bağlı olarak üretim hatlarında bir ürün, bir ürünün birden çok modeli veya birden çok benzer ürün üretilebilir.

4)Paralel Tezgah Durumu: Üretim hatlarında paralel tezgah kullanımı durumunda, işlerin atandığı bir istasyonun süresi, çevrim süresinden büyüktür. İstasyon süresinin, çevrim süresinin p katı olması durumunda, aynı işleri içeren p adet istasyon, paralel olarak düzenlenir. Bu durum, denge kaybına olumlu etkide bulunur.

5)İstasyondaki İşçi Sayısı: Bir istasyona, bir veya birden çok işçi atanabilir. Bir işçi atanmasının işlerin zamanında bitirilememesi, birden çok işçi atanmasının ise fazla masraflı olabilmesi gibi dezavantajları vardır.

6)Hattın Durumu: Üretim hattı sabit veya hareketli olabilir.

7)İstasyon Durumu: İşlemler, insanlı, otomatik veya karma şekilde yapılabilir.

8)Kaynak Kısıtı: Malzeme, işgücü, tezgah, üretim alanı vb. kaynaklar kısıtlı olabilir.

9)Malzeme İkamesi: İşlemler sırasında bir malzeme, bir başkasının yokluğu durumunda, onun yerine kullanılabilir.

10)Kusur Oranlarının Verilmesi Durumu: Yarı ürün istasyonlarda işlenirken kusurlu parçalar ayıklanır. Bu durumdaki parçaların oranının, belirli sınırlar içerisinde kalması istenebilir.

11)Özel Problemler: Öğrenme, maliyet, atanan iş öğelerinin istasyon içinde sıralanması vb. gibi özel durumlar istenebilir.

3.6.2.Çözüm yaklaşımına göre sınıflandırma

Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler

Bu yöntemle belirli bir yordamın izlenmesi ve belirli varsayımların yapılması yoluyla, üretim hatlarının dengelemesi konusunda yaklaşık çözüm verirler. Bu yöntemlerin çoğu, çevrim süresini sabit kabul ederek istasyon sayısını ve buna bağlı olarak denge kaybını minimize etmeye çalışır. Birkaç tanesi de istasyon sayısını sabit kabul ederek en uygun çevrim süresini saptamaya çalışır.

Literatürde karşılaşılan bazı sezgisel yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

1. Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi (Helgeson-Birnie)
2. Aşamalı Sıralamayla Çözüm Yöntemi (Jackson)
3. Öncelik Diyagramı İle Çözüm Yöntemi (Hoffman)
4. İki Aşamalı Denge Yöntemi (Moddie-Young)
5. Comsoal Yöntemi (Arcus)
6. Dinamik Programlamayla Çözüm Yöntemi (Karp-Held-Shareshian)
7. Kilbridge-Wester Yöntemi
8. Aday Matrisle Çözüm Yöntemi (Salveson)
9. Probabilistik Hat Dengeleme Yöntemi (Elsayed-Boueher)
10. Gruplama Yöntemi (Tonge)
11. En Kısa Yol Yöntemi (Klein-Gutjahr)
12. Raouf-Tsui-Elsayed Yöntemi
13. İlişkili Etkinlik Yöntemi (Agrawal)
14. Basit Sezgisel Yöntem [9];[17];[18];[19].

Sezgisel yöntemler, birbirinden çeşitli açılardan ayrılırlar. Örneğin Jackson, Kilbridge-Wester ve Salvesol'un geliştirdiği yöntemlerde sezgisel kurallar ön plana çıkarlar. Oysa diğer yöntemler, daha az esnek yapıların kullanımını gerektirir. Bazı yöntemler işlem sürecine ek olarak öncelik sıralanışı göz önüne alınıp ilerideki işlem sürelerini de kullanırlar. [19].

Analitik Yöntemler

Bu yöntemler matematiksel programlama yöntemleri olarak da anılırlar ve en uygun sonucu verirler. Bu yöntemlerde amaç fonksiyonu ve kısıtları bulunur. Özellikle işlem sayılarının arttığı durumlarda çözüm bulmak zorlaşmaktadır. Bu nedenle üretim hattı dengeleme problemlerine bulgusal yöntemlerle yaklaşılması daha yaygın bir durumdur. [20].

Benzetim(Simülasyon) Tekniği

Herhangi bir sistemin işleyişi hakkında bir fikir elde etmek ve sistemin işleyişini değişik stratejilerle deneyip belirlemek için sistemin modelinin bilgisayar ortamında oluşturulmasına ve bu model aracılığı ile deneyler yapılmasına benzetim denir. Bu tekniğin uygulama alanları çok geniştir: Ekonomi, pazarlama, işletme, eğitim, politika, sosyal bilimler, davranış bilimleri, uluslararası ilişkiler, taşımacılık, enerji vb. [21].

3.7.Benzetim

3.7.1.Benzetim nedir?

Benzetim, dinamik bir sistemin özelliklerini ve davranışlarını bilgisayar aracılığıyla değerlendiren bir tekniktir. Zamana bağlı değişim gösteren sistemlerde bir benzetim modeli, eğer şu olursa ne olur analizlerinin yapılmasını sağlayan bir araç olarak ele alınmalıdır.

Kullanıcısına sistemin değişik dizayn ve çeşitli işletim stratejilerinin genel sistem performansı üzerindeki etkisini analiz etmede çok faydalı bir yaklaşımdır. Sonuçta elde edilenler, istenen model karakteristiklerine ait birer tahmindir. Diğer bir deyişle benzetim, incelenen bir gerçek hayat sisteminin belli bir zaman dilimindeki davranışlarını, tespit etmek istenilen gerçek karakteristiklerini, yani sistem performans ölçütlerini tahmin etmek amacıyla, model tasarlanması, sistem davranışı üzerinde çeşitli senaryoların denenebilmesi için deneyin hazırlanması, çalıştırılması ve sonuçların analiz sürecidir. Buna göre benzetim süreci, modelin kurulmasını ve modelin bir takım sayısal analizler için kullanılmasını kapsamaktadır. Modeller fiziksel, matematiksel, bilgisayar destekli veya bunların birleşimi şeklinde olabilir. Analitik yaklaşımlara nispetle benzetim modelleri, karmaşık problemlerin modellenmesi, çözümü ve analizinde daha başarılı olurlar. Değişkenler arasındaki etkileşimleri benzetim modellerinde gözlemlemek daha kolaydır. Ancak yoğun bilgisayar kullanımı gerektirir. Gerçek sistemden toplanan bilgiler, bilgisayarda geliştirilen modellere uygulanarak sayısal birtakım sonuçlara ulaşmak hedeflenir. Bunların değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılarak sistem performans ölçütlerine ait birtakım tahminlerde bulunulur. Benzetim modelleri aracılığı ile en kötü durum senaryoları da incelenebilir.

Gerek üretim ve gerekse hizmet sektöründe yapının karmaşık olması ve sisteme etki eden değişkenlerdeki belirsizlik nedeniyle analitik yaklaşımlarla modellenmesini güçleştirmektedir. Bunun yanı sıra gerçek sistemler üzerinde deney yapmanın bazen maliyetli, hatta bazen imkansız olmasından dolayı gerçek sistemlere benzer modeller üzerinde deney yapmak tercih edilmektedir. Bu nedenlerle, bu alanlarda yapılan çalışmalarda benzetim tekniği sıkça kullanılmaktadır. [22].

İşletme problemlerinin analizi için tanımlanan bir sistemin modeli bazen çok karmaşık olabileceği gibi kurulan modeli analitik ve nümerik olarak çözmek de güç olabilir. Bu hallerde benzetim önemli bir model kurma ve çözme tekniği olarak kullanılır. [23]. Genel anlamda benzetim, gerçeğin temsil edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Benzetimin en yaygın tanımı şu şekilde yapılabilir. [13]: Herhangi bir sistemin işleyişini anlamak veya bu sistemin işleyişi ile ilgili değişik stratejileri

değerlendirmek için sistemin bilgisayar modelinin kurulması ve bu model ile deneyler yapılmasına “benzetim tekniği” denir.

Benzetim tekniğinin uygulanmasının en önemli sebepleri şu şekildedir;

Gerçek yaşamda, herhangi bir sistemi veya işlem dizisini gözleme ya olanaksız veya çok masraflı olabilir.

Gözlemlenen sistem o kadar karmaşık olabilir ki, bu sistemi matematiksel denklemlerle tanımlama ve sistem işleyişi ile ilgili tahmine yardımcı analitik çözümleri elde etmek olanaksız olabilir.

İrdelenen sistemin matematiksel modeli kurulabilse bile, modele çözüm getirmede gereken analitik teknikler yetersiz kalabilir.

Sistemi tanımlayan matematik modellerin doğrulanmasına yönelik deneylerin yapılması ya olanaksız ya da çok masraflı olabilir. [13].

Benzetimin amacı, bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek, gerçek sistemi kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmektir. [24].

3.7.2. Benzetimin uygulama alanları

Benzetimin kullanıldığı bazı uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir[24];

Üretim/imalat sistemlerinin tasarım ve analizi

Üretim hattı dengeleme

İşgücü planlaması

Malzeme taşıma sistemleri

Yeni askeri silah ve sistem taktiklerinin saptanması

Bir envanter sistemindeki sipariş planlarının incelenmesi
 İletişim sistemlerinin ve bunlar için gerekli mesaj protokollerinin tasarımı
 Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanların tasarım ve işletimi
 Ambulans bulundurma noktalarının ve buralardaki araç sayılarının saptanması
 Yangın söndürme istasyonlarının yerlerinin ve buralarda bulundurulması gerekli minimum araç sayılarının saptanması
 Finansal veya ekonomik sistemlerin analizi
 Dağıtım kanallarının tasarımı
 Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi
 İşletme yöneticilerinin eğitilmesi (işletme oyunları/firma benzetimi)
 Alınacak riskleri minimize etmek için uzay uçuşları denemeleri
 Tamir-bakım sistemleri

3.7.3. Benzetimin aşamaları

Benzetimin birbiri ile yakın ilişkili ve tekrarlanır bileşimlerden oluşmuştur:

1. Model kurma
2. Modeli uygulama
3. Uygulama analizi.

Problemin Formülasyonu: Gerçek sistemin benzetim modelini kurmanın ilk aşaması, sistemle ilgili problemin tanımlanmasıdır. Kontrol edilebilir ve edilemez girdiler belirlenir. Değişken sistemin performans ölçümleri çıkarılır. Girdilerle performans ölçümü arasındaki ilişkiyi kurmak için bir başlangıç modeli geliştirilir.

Verilerin toplanması ve analizi: İkinci aşama sistemle ilgili verileri toplamaktır. Veriler sembolik veya sayısal yapıda olabilir. Genellikle sayısal veriler, fiziksel veya beşeri şekilde toplanır. Veri olmadan da modeller oluşturulabilir. Ancak bu durumda modelin doğruluğu açısından sorunlar ortaya çıkar. Böyle modellerde tahmin edilen parametreler kullanılır. Amaç herhangi bir modeli açık şekilde ifade etmek olduğundan, model çoğunlukla matematiksel olarak ifade edilir.

Benzetim modelinin geliştirilmesi: Veriler toplandıktan sonraki aşama; benzetim modelinin geliştirilmesidir. Sistemin yeterince doğru anlaşılmasından sonra, kavramsal, mantıklı bir model geliştirmek benzetim analizinin en zor adımlarından biridir.

Modeli doğrulama, onaylama ve kalibrasyon: Genelde, doğrulama (validation), modelin iç istikrarı üzerinde odaklanır. Doğrulama, modelle gerçek arasındaki uygunlukla ilgilidir. Doğrulama ,“Doğru sistemle mi ilgileniyoruz?” sorusunun cevabıyla bağlantılıdır. Öte yandan, onaylama (verification); “sistemi doğru oluşturuyor muyuz?” sorusuna yanıt araştırır.

Onaylama, benzetim modelinin, modele uyup uymadığını kontrol eder. Doğrulama ise, modelin gerçeğe uyup uymadığını kontrol eder. Kalibrasyonun (calibration) işlevi, benzetimin ürettiği bilgilerin gerçek bilgiye uyup uymadığını kontrol etmektir.

Girdi ve çıktı analizi: Kesikli-olaylı benzetim modelleri genelde, incelenmekte olan sistemin olasılık yapısını taklit eden stokastik elemanlar içerir. Başarılı bir girdi (input) modellemesi, girdi modeli ile olasılıklı bir yapıya sahip sistem arasında güçlü bir uyuma gerektirir. Bu aşama, dışsal, rasgele veya deterministik girdiler üzerinde duyarlık hata analizini gerçekleştirir.

Performans değerlendirme ve “What-if” analizleri: “What-if” analizleri benzetim modelinin kalbidir.

Duyarlık tahminlemesi: Kullanıcılar, modelin hangi ilişkilerinin bir anlam taşıdığını anlayabilmek için çeşitli teknikler kullanarak duyarlık analizleri yaparlar.

Optimizasyon: Geleneksel optimizasyon teknikleri büyük ölçüde tahminlemelere dayanmaktadır. Duyarlık analizleriyle birlikte, optimizasyon için günümüzde kullanılan yaklaşımlar, yaklaşık bir çözüm kümesi oluşturmak için daha çok benzetimlerden yararlanmaktadır. [25].

3.7.4. Benzetimin avantaj ve dezavantajları

Benzetimin avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir. [25];

Esnek bir çözüm yöntemidir.

Diğer modellere kıyasla anlaşılması daha kolaydır.

Aşamalı olarak uygulayabilme imkânı vardır.

Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı büyük karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.

Bir başka yöntemde incelenmesi olanaksız olan koşullar ve kısıtlar benzetim ile rahatça modellenebilir.

Sonuçları ancak aylar, yıllar sonra alınabilecek durumlar, benzetim ile çok kısa sürede analiz edilebilir.

Modellenen sistemi değiştirmeden yeni fikir ve politikaların model üzerinde rahatça uygulanmasına olanak verir.

Kullanıcı, benzetimi istenen zamanda durdurup yeniden başlatabildiğinden, deney koşullar üzerinde tam bir kontrole sahiptir.

Benzetimin dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir. [24];

İyi bir benzetim modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalıdır.

Optimum çözüm üretme garantisi yoktur. Bir çeşit deneme yanılma yöntemidir.

Her benzetim modeli kendine özgüdür.

Uygulamasındaki kolaylıklar dolayısıyla analitik çözümlerin göz ardı edilmesine neden olabilir.

Modellemede ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yanlış sonuçlara yol açabilir.

3.7.5. Benzetimin kullanım amaçları

Özel amaçlı benzetim dilleri, düşük operasyon maliyetleri için yüksek hesaplama kabiliyetleri ve benzetim metodolojisindeki gelişmeler, benzetimi yöneylem

araştırmasında ve sistem analizinde en çok kullanılan ve kabul edilen bir metot yapmıştır. Benzetimin hangi şartlar altında kullanılması gerektiği birçok yazar tarafından incelenmiştir. Bunları genel olarak sınıflandırırsak, benzetim aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir. [26]:

1. Benzetim, karmaşık bir sistemin içyapısını veya karmaşık bir sistemdeki alt sistemi incelemek için kullanılabilir,
2. Bilgi, organizasyonel ve çevresel değişiklikler simule edilebilir ve modelin davranışı üzerinde bu değişikliklerin etkileri incelenebilir,
3. Bir benzetim modelinin tasarımından elde edilen bilgiler, incelenen sistemin geliştirilmesine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır,
4. Benzetim girdilerini değiştirerek ve sonuçları inceleyerek, hangi değişkenlerin daha önemli olduğu ve değişkenlerin birbirlerini nasıl etkiledikleri hakkında bilgi edinilir,
5. Benzetim, analitik çözüm metodolojisini destekleyen bir bilgi verici araç olarak kullanılabilir,
6. Benzetim, uygulamadan önce yeni tasarımlar ve politikalar deneyerek durumun ne olacağını görmek için kullanılabilir,
7. Benzetim, analitik sonuçları test etmek için kullanılabilir

3.7.6. Arena yazılımı

Benzetim modelinin oluşturulması, çalıştırılması ve raporlarının alınması için Arena 13.5 yazılımı kullanılmıştır. Arena yazılımı görsel ara yüzü sayesinde SIMAN dilindeki kodlamanın görsel bloklar ile sunulmasına izin veren bir benzetim programıdır. Modelde kullanılacak olan görsel bloklar programlama ekranına yerleştirildikten sonra aralarındaki ilişkiler kurulmakta ve ilgili tüm parametreler blokların içerisindeki ilgili kutularına girilebilmektedir. Model programda sistemin fiziksel bileşenleri ve aralarındaki mantıksal ilişkiler tanımlanır. Deneysel programda ise kaynakların sayısı, toplanacak istatistiksel bilginin seçimi vb. koşullar verilir. Benzetim modelinin iki kısımdan oluşması, koşullar değiştirilmek istendiğinde model kısmında değişiklik yapmadan sadece deney dosyasının değiştirilmesine imkan verdiği için büyük kolaylık sağlar. [27].

BÖLÜM 4. UYGULAMA YAPILAN İŞLETME YAPISI

4.1.İşletmenin Tanıtımı

Meiller Doğuş Damper firması F.X.MeillerFahrzeug-UndMaschinenfabrikGmbh %51 ,Doğuş Otomotiv Servis Tic. A.Ş. %49 ortaklık payıyla 2007 yılında kurulmuştur.

1850 yılında Nalbantlıkla işe başlayan firma isim babası olan Franz Xaver Meiller tarafından 1888 yılında demir dövme atölyesine dönüştürüldükten 1 yıl sonra sonra merkezi Münih' te olan ilk fabrikanın temelleri atılmış ve bunu 1907' de Bavyera Krallığı' nın resmi demircisi ünvanını almak izlemiştir. Aynı yıl buhar basıncıyla çalışan ilk damper vincini, 1925' te teleskopik yapılı hidrolik silindiri keşfetmiş ve patentini almıştır. Günümüzde kullanılan hidrolik presler hala bu prensiple çalışmaktadır. Meiller demir ve çeliğe olan aşınalığını sektöre yön veren buluşlarıyla taçlandırmış bir firma olması ve kendi üretimi yüksek performanslı Meiller hidrolik silindirleri ve pompaları sayesinde sektörde lider durumdadır.

Nalbantlıkla başlayan hikaye şu anda en büyüğü Slany (Çek Cumhuriyeti) diğeri Sakarya olmak üzere iki adet üretim ve montaj, Münih' te hidrolik üretimi ve montaj, Karlsruhe, Ulm ve Düsseldorf ' ta montaj, yine Krakau (Polonya), Sibenik (Hırvatistan),Waidhofen' de (Avusturya) montaj olmak üzere toplam 8 farklı lokasyonda faaliyetlerini sürdürmektedir. Bunun haricinde Rusya' da Volvo markası için kurmuş olduğu montaj fabrikası 2013' te faaliyete geçmiştir.

Sürekli artan nüfus ve tüketim miktarlarına paralel olarak artan enerji, ulaşım, barınma vb. ihtiyaçları temelde bu sektörlerdeki yapılanma taleplerini gün geçtikçe artırmaktadır. Türkiye' nin gerek kendi içindeki yatırımları gerekse çok bakir pazarlara sahip Rusya, Türki Cumhuriyetler, Irak vb. komşu coğrafyaların

merkezinde olması Meiller' i Sakarya' yı bir üretim üssü olarak seçmeye yönlendirmiştir. Meiller' in bu kararında ortaklık yaptığı Doğu Otomotiv' in güçlü ve profesyonel yapısı, yüksek marka değerinin yanı sıra üretimdeki

kalifiye ve dinamik işçilik ve Sakarya' nın ulaşım, depolama, otomotiv yan sanayi ve insan gücü potansiyeli itici güç olmuştur.

Sakarya 1. Organize Sanayi bölgesi içinde 6.200 m² ' si kapalı olmak üzere toplam 17.000 m² alana kurulu fabrika 2008 Mart ayında fiilen üretime geçmiş olup, değişik markaların inşaat grubu araçlarına yarım boru tipinde kamyon üstü ve yarı römork damper üretimi yanında büyük çoğunluğu Rusya pazarında kullanılan klasik tipte (kutu) damper gövdesi üretmekte ve ihraç etmektedir. Üretim kapasitesi 3 vardiyada ve değişik ürün karmalarına bağlı olarak şu anda 3000 adettir. Bu rakamlar kalifiye işçilik, teknolojik alt yapı ve ürün kalitesiyle birleşerek Meiller Doğu Damper'i Meiller' in değişik ülkelerdeki toplam 8 üretim ve montaj lokasyonu arasında kısa sürede 2. Sıraya yükseltmiştir.



Şekil 4.1. Yarı römork damper (sattel)



Şekil 4.2. Yarım boru tipinde kamyon üstü



Şekil 4.3. Klasik (kutu) tip damper

4.2.Problemin Tespit Edilmesi

Montaj bölümünde oluşan beklemelerin ve oluşan verimsiz çalışmasına boyahane bölümündeki darboğazın neden olduğu tespit edilmiştir. Boyahaneye giren yarı mamuller incelendiğinde ise FWR nin boyahane hattından 2 kez geçmesinin boyahane kapasitesinin darboğaz olmasında en önemli etken olduğu saptanmıştır.

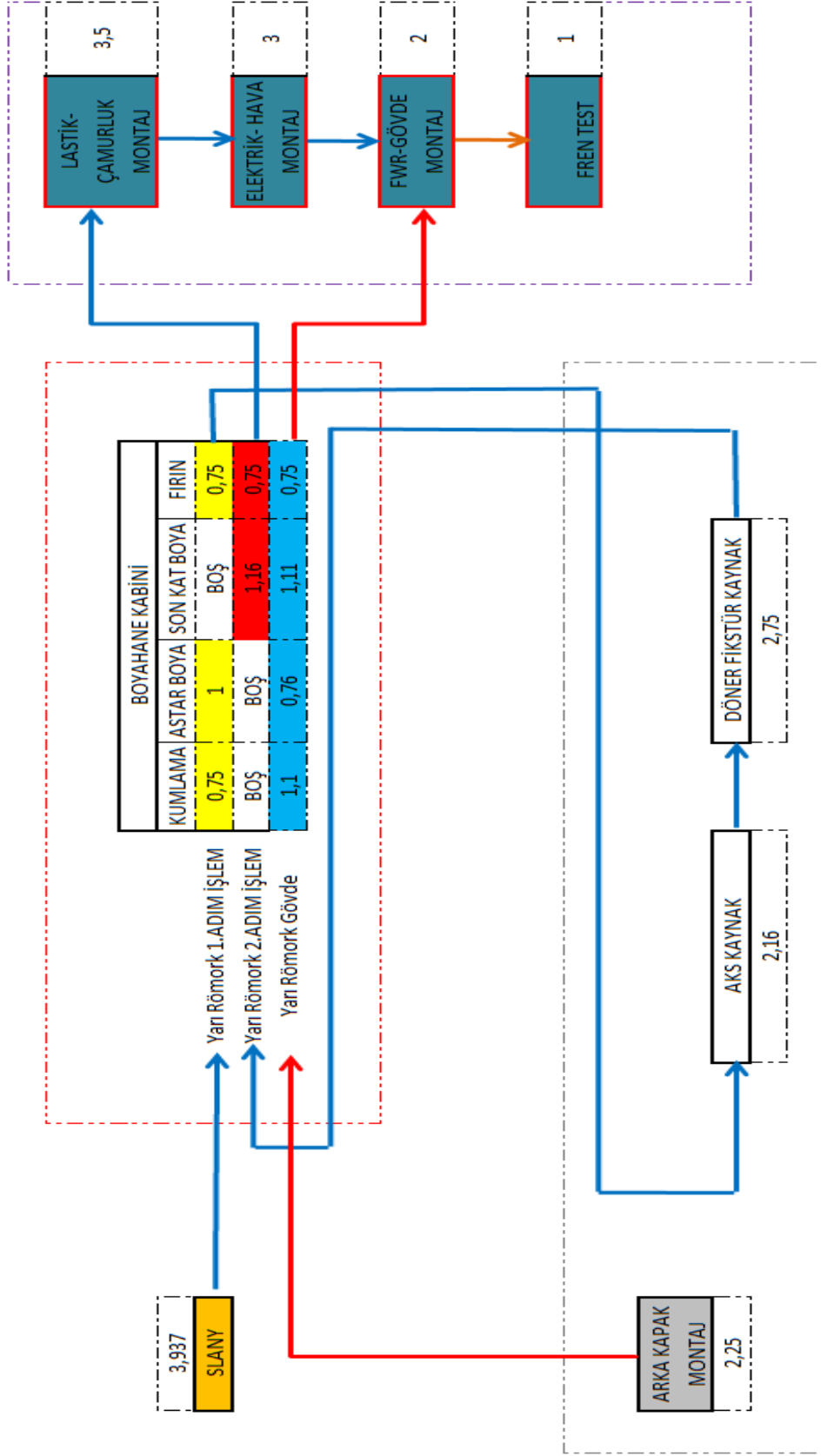
Excel üzerinde Yarı Römork Damperin üretim akış şemasında görüleceği üzere işletmenin boyahane sistemi ardışık 4 operasyonun farklı kabinlerde yapıldığı sadece 1 giriş ve 1 çıkışa sahip komple bir hattan meydana gelmektedir.

Boyahane hattında kumlama, astar boya ve son kat boya istasyonlarında istasyon başına 2 şer personel olmak üzere toplam 6 personel tek vardiyalı düzende çalışmaktadır.

Çek Cumhuriyetindeki Meiller fabrikasından iskelet halinde alınan römorklar, tedarikçiden alınan aks setlerinin römork şasiye kaynatıldıktan sonra kumlama işlem görmesinin sakıncalı olmasından dolayı iskelet halinde tedarik edildikten sonra ilk işlem olarak kumlama işlemi yapılır, astar kabiniinde öncelikli olarak daha sonradan kaynak yapılacak yüzeyler bant yardımıyla maskelenir ve astar boyama işlemi yapıldıktan sonra 80°C de 45 dk kurumaya bırakılır.

Fırından çıkan astarlanmış römork şasi iskeleti aks ve tampon punta-kaynak operasyonları için kaynakhane bölümüne sevk edilir. Punta istasyonunda özel bir alüminyum fikstür yarımıyla römork şasi iskeletine aks seti makas kulaklarından kaynatılır ve tampon puntalanır. Döner kaynak fikstürüne alınan römork şasi ile kaynatılan akslar arasındaki bağlantıyı kuvvetlendiren köşebent malzemelerin, damper gövdesinin şasiye düzgün basmasını sağlayan kauçuk takozların montaj edildiği kızaklar şasiye kaynatılır. Tamponun tamamlama kaynakları yapılır.Akslar takıldığı için artık römork şasinin bundan sonraki operasyonlarında ihtiyaç duyacağı taşıma ayakları takılır ve boyahaneye gönderilir.

Römork şasiye boyahane önünde hidrolik piston montajı yapılır. Boyahanenin tek giriş ve tek çıkış kapısı olduğundan dolayı kaynakhaneden gelen kumlama ve astar operasyonu yapılmayacak olan şasi işlem görmeyeceği bu 2 kabindeki işlerin bitmesini bekledikten sonra son kat boya kabinine geçebilecektir. Son kat boya kabininde boyanın tutunacağı yüzeyi arttırmak için zımparalama işlemi yapılmaktadır. Zımpara işleminden sonra römork şasi siyah renge boyanır ve tekrar 80°C de 45 dk kurumaya bırakılır.



Şekil 4.4. Eski durum akış şeması

BÖLÜM 5.ÜRETİM HATTININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

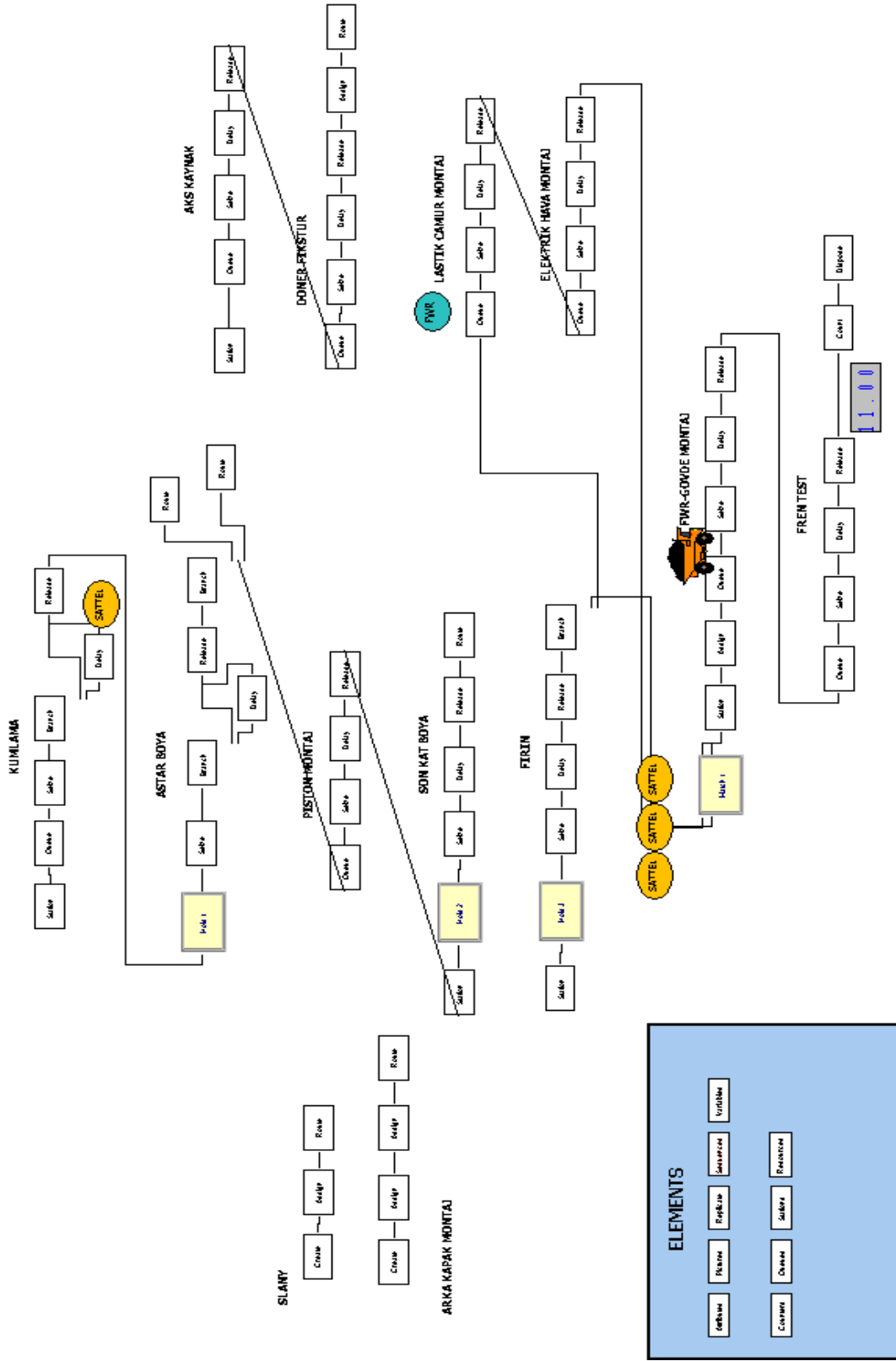
5.1.Modellerin Açıklanması

5.1.1.Model-1: Eski durum

Modelde CREATE bloklarında yaratılan varlıklar yani FWR (Yarı Römork Şaşı) ve Sattel Gövdeler sırasıyla kumlama, astar boya, son kat boya ve fırından oluşan boyahane kabineine işlem görmek üzere gelirler. Boyahane kabineine parça kumlamadan girer, fırından çıkış yapar. Bundan dolayı kumlama, astar boya, son kat boya ve fırın istasyonlarından herhangi birinde bir işlem bitmeden bir sonraki istasyon boş olsa dahi diğer bir parça kabine giremez. Arka kapak montaj istasyonundan gelen Sattel gövde boyahane kabineine girer ve buradaki tüm istasyonlarda sırasıyla işlem görerek kabinden çıkar ve FWR-Gövde Montaj istasyonuna gider. Slany' den gelen FWR 'ler ise 1. adımda kumlama, astar boya, fırına girer ve sonrasında buradan çıkarak döner fikstür kaynak ve aks kaynak istasyonlarına gider. Bu aşamada parça, son kat boyada süre geçirmemektedir (işlem görmemektedir). Buradaki işlemlerden geçtikten sonra modelde döner fikstür istasyonunun çıkışında bulunan ASSİGN bloğuna gider. Bu bloğun içerisine yazmış olduğumuz is=1 kodu bu parça için bir etiket görevi görür ve buradan geçen her parçayı işaretler. Bundaki amaç bu 1. adımdaki işlemlerden geçen parçanın tekrardan 1. adıma gitmesini engelleyerek 2. adımdan yoluna devam etmesini sağlamaktır. Döner fikstür ve aks kaynakta işlemleri biten FWR son olarak son kat boya ve fırına girmek için kabine girer ve 2. adım işlemleri de tamamlanmış olur. 2. Adımda ise FWR kumlama ve astar boya istasyonlarında süre geçirmemektedir (işlem görmemektedir). Boyahane kabineinde astar boya, son kat boya ve fırın istasyonlarının önlerinde bulunan HOLD bloklarının görevi ise belirlediğimiz bir kurala göre istasyonlara gelen varlıkları tutmaktır. Buradaki kural boyahane kabineinin tek giriş ve çıkışı olduğu ve istasyonlardaki işlemlerden herhangi biri

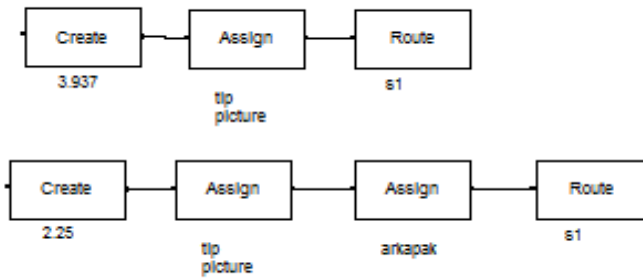
tamamlanmadan o istasyona başka bir parça giremeyeceği için bir önceki istasyondan gelen parçalar HOLD bloğu tarafından tutulur. Önündeki istasyon boşaldığında HOLD bloğu bu parçaları serbest bırakır ve sıradaki parça işleme girer.

Sonrasında boyahaneden çıkan FWR lastik-çamurluk montaj istasyonuna gider. Lastik-çamurluk montaj ve elektrik-hava montaj istasyonlarındaki işlemlerini de tamamladıktan sonra FWR, Sattel gövde ile birleştirilmek üzere FWR-Gövde Montaj istasyonuna gider. Modelde bu istasyona gelen FWR ve Sattel gövdeleri temsil eden varlıkları birleştirip yeni bir ürün haline getiren, yani damper haline getiren blok MATCH bloğudur. Bu blok sayesinde birleşen ürün bir sonraki istasyon olan fren teste gider ve sonrasında işlemleri bittikten sonra tamamlanmış olur. Modelin sonuna koymuş olduğumuz COUNT bloğu sistemde üretilmiş olan ve sistemi terk eden ürünleri sayar.



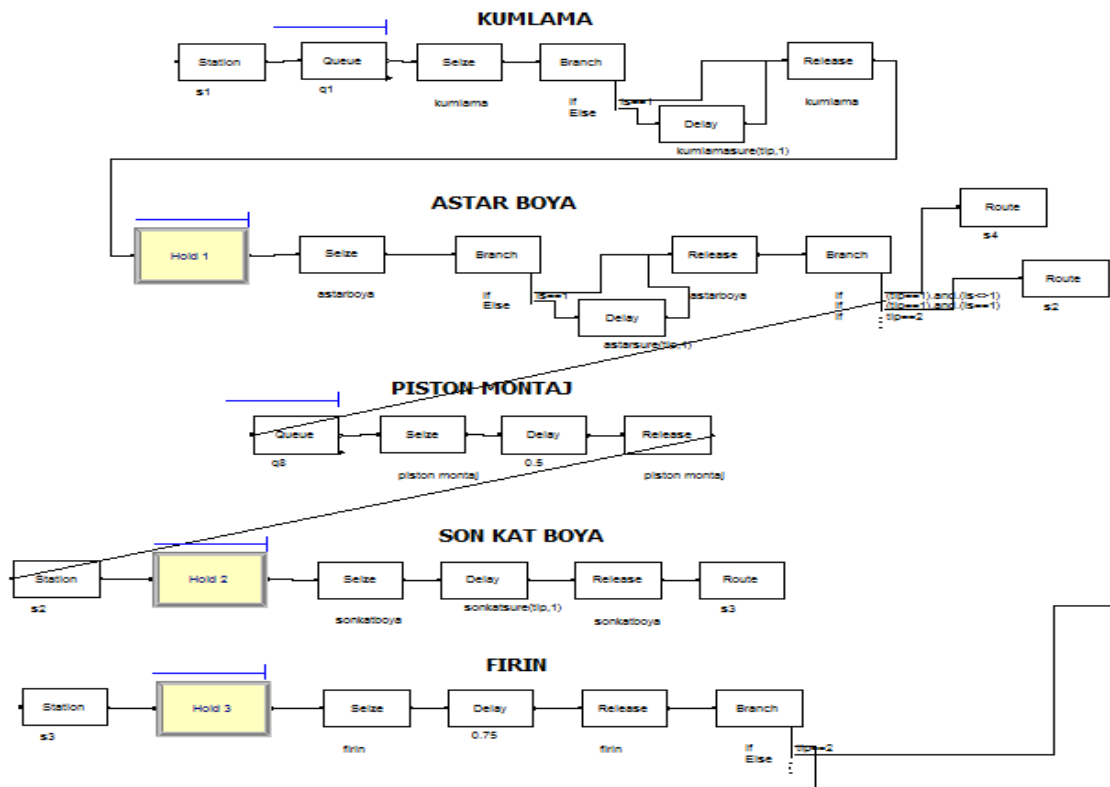
Şekil 5.1. Eski durum Arena modeli

SLANY

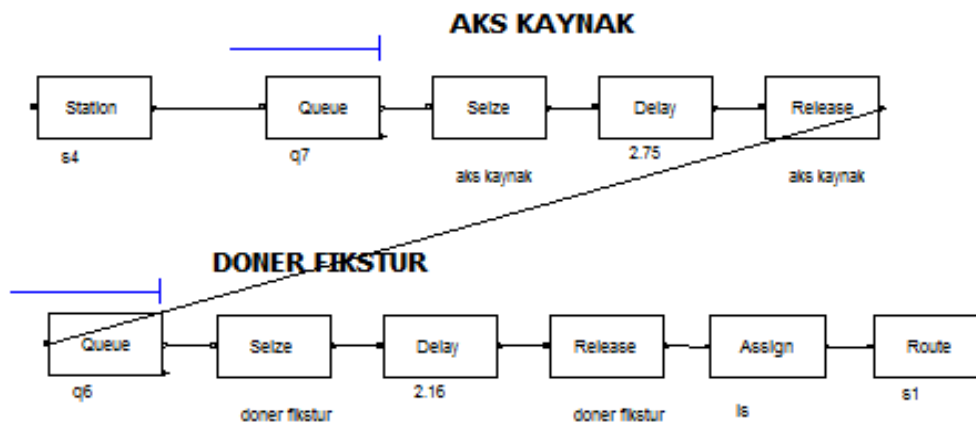


ARKA KAPAK MONTAJ

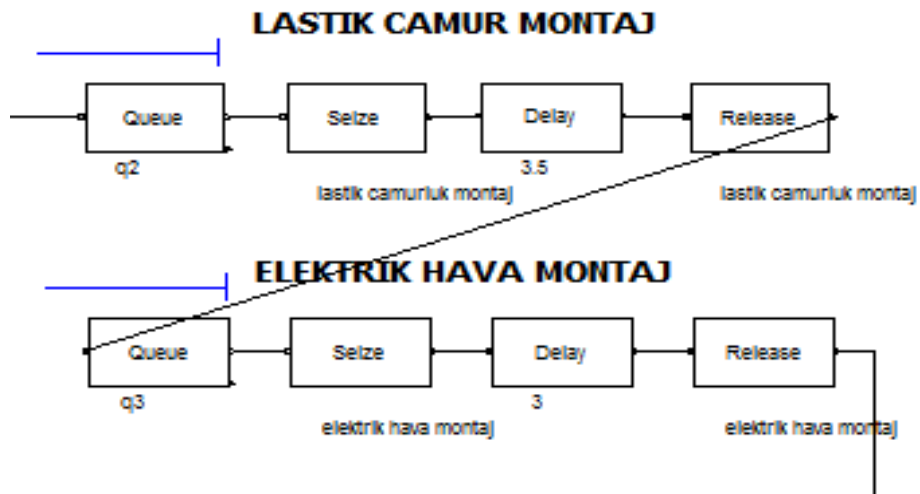
Şekil 5.2. Yarı mamul Gelişleri



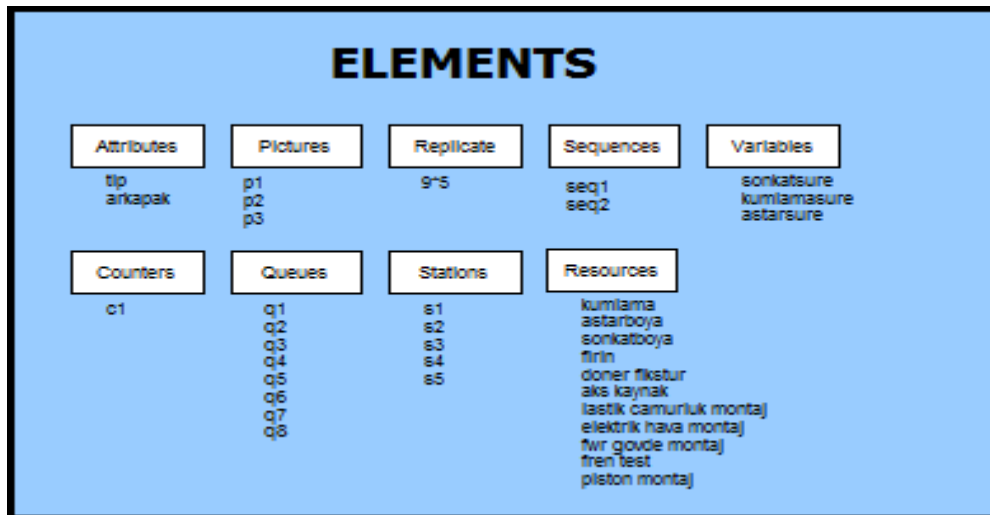
Şekil 5.3. Boyahane kabini



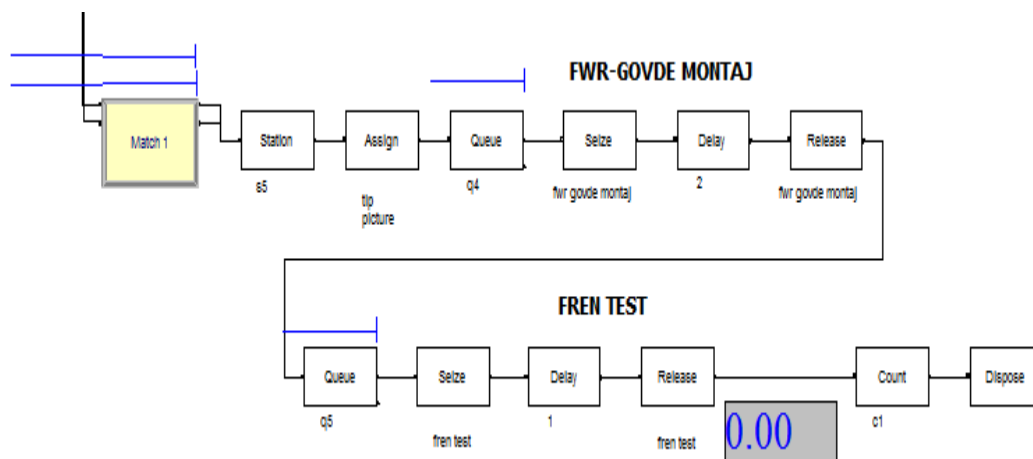
Şekil 5.4. Kaynakhane FWR istasyonları



Şekil 5.5. FWR montaj istasyonları



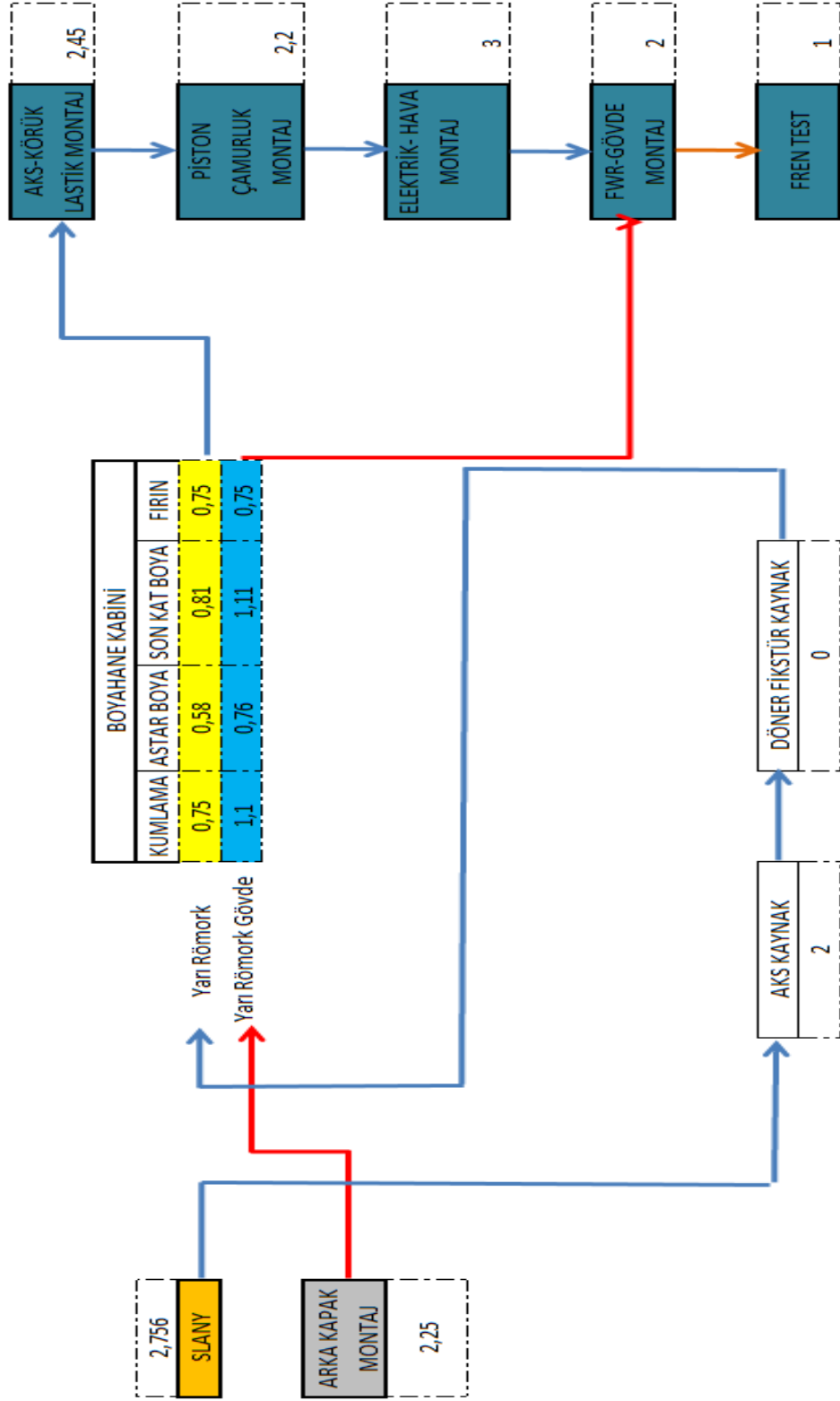
Şekil 5.6. Elementler



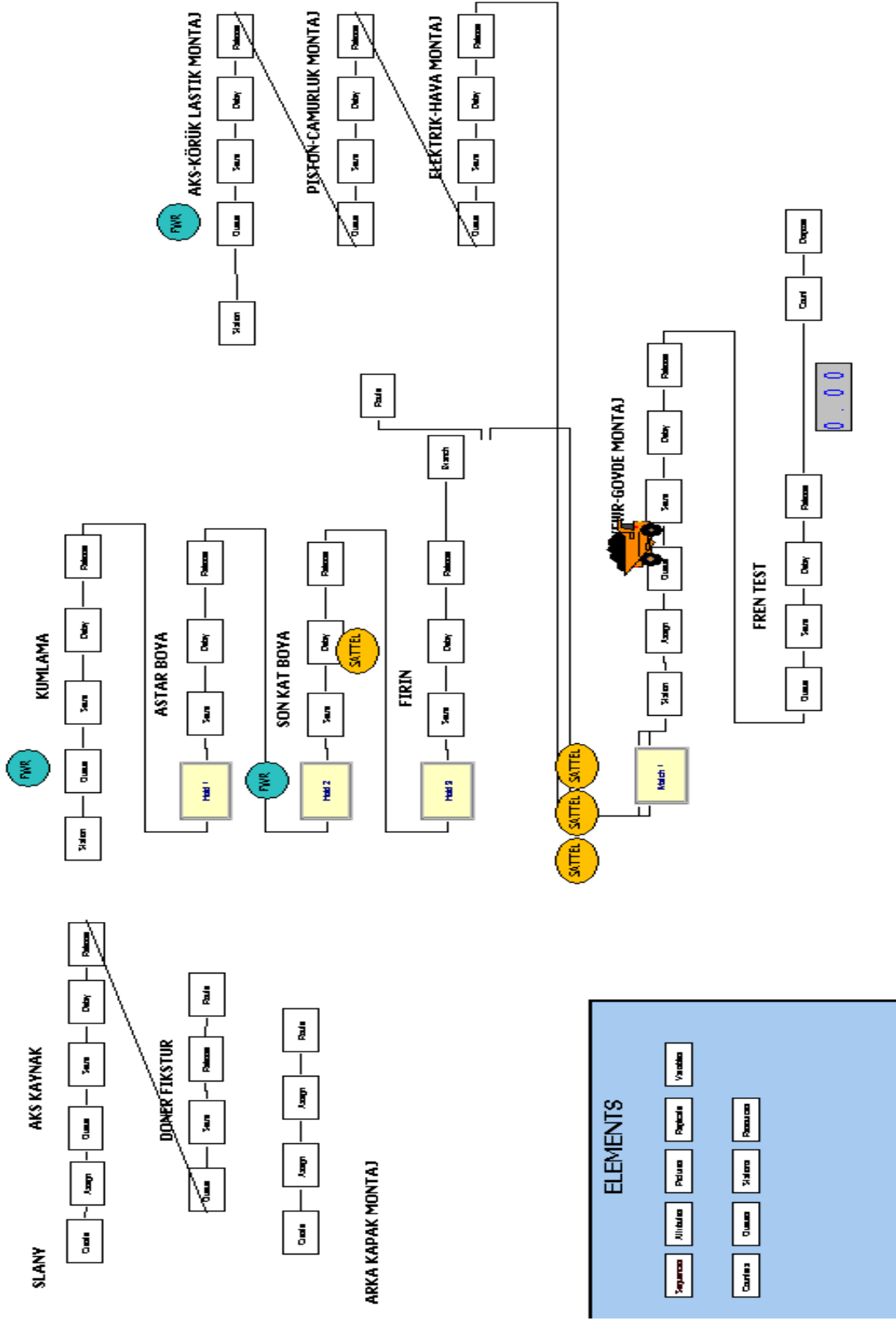
Şekil 5.7. Semi treyler montaj istasyonları

5.1.2.Model-2: Yeni durum 1

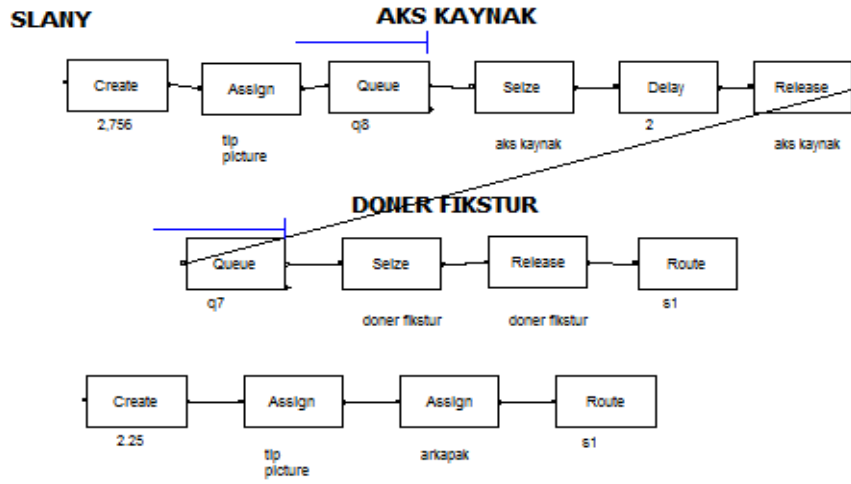
Modelde eski duruma göre FWR hattında değişiklikler olmuştur. Tedarikçiden gelen yani CREATE bloğunda yaratılan FWR 'ler bu modelde ilk önce aks kaynak ve döner fikstür istasyonlarına uğramaktadır. Burada işlemleri biten FWR 'ler boyahane kabinine gelir. Eski durumdaki modelde FWR 'ler 2 adımda boyanıyordu. Buradaki iyileştirmeler sonucu yeni modelde bu işlem tek bir adımda gerçekleşmektedir. Modeldeki bir diğer değişiklik ise yeni düzene aks-körük lastik montaj istasyonunun eklenmesi olmuştur. Boyahaneden çıkan FWR 'ler sırasıyla aks-körük montaj, piston-çamurluk montaj ve elektrik hava montaj işlemlerini tamamladıktan sonra Sattel gövdelerle birleşmek üzere FWR-Gövde Montaj istasyonuna gelir. Sattel gövdelerin rotasında bir değişiklik yoktur. Boyahanedeki işi biten gövdeler yine eski modeldeki gibi FWR-Gövde Montaj istasyonuna gelir. Burada oluşturulan damper sonraki aşamada fren testine giderek işlemleri tamamlar ve sistemi terk eder.



Şekil 5.8. Yeni durum 1 akış şeması

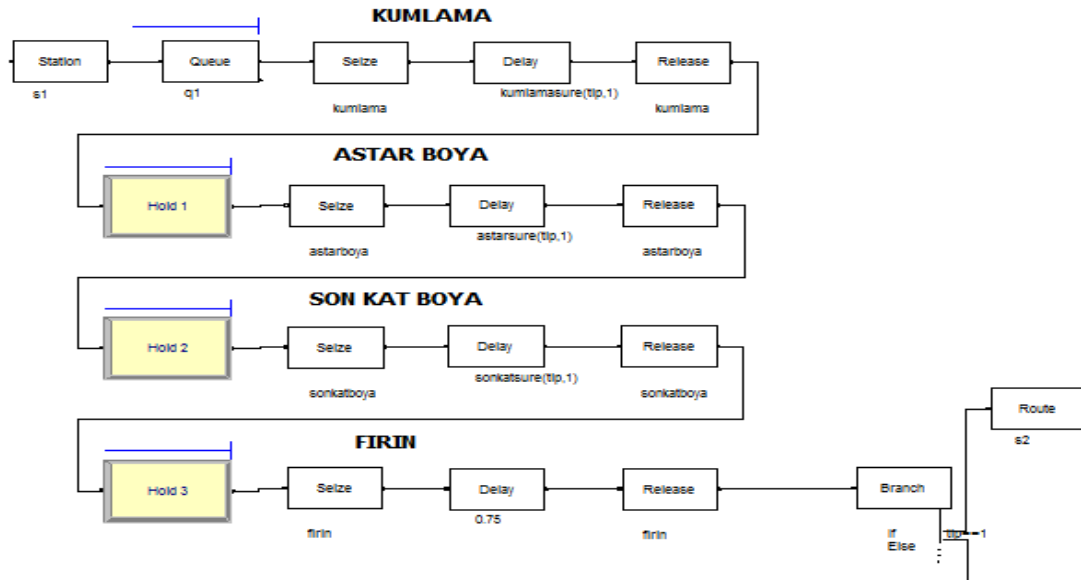


Şekil 5.9. Yeni durum 1 Arena modeli

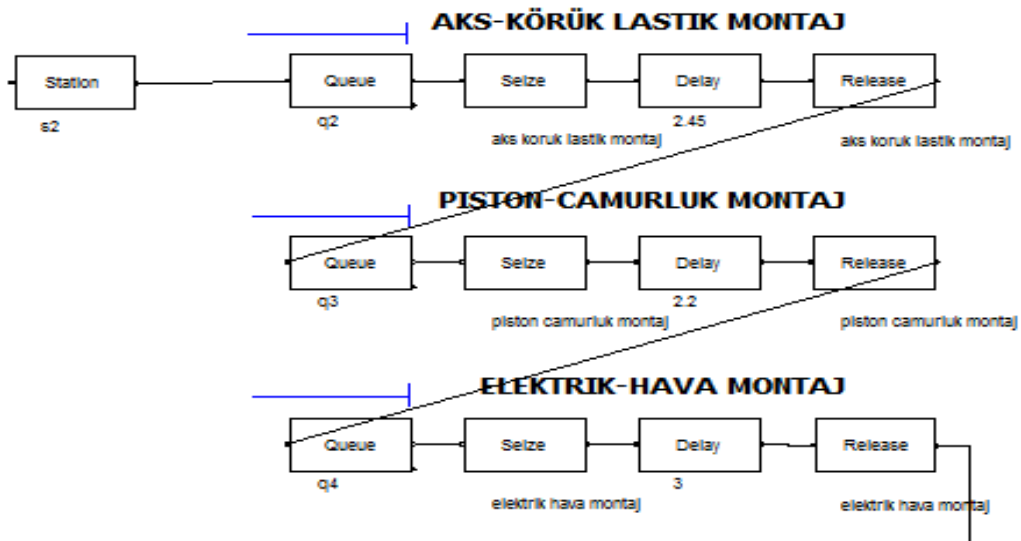


ARKA KAPAK MONTAJ

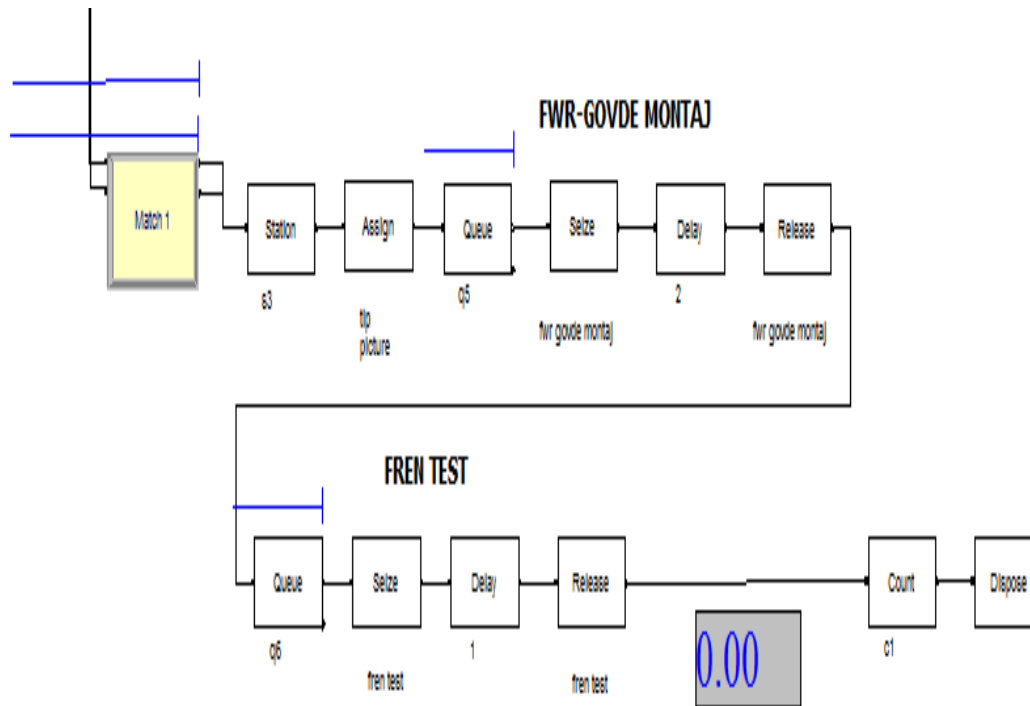
Şekil 5.10. Yarı mamul gelişleri



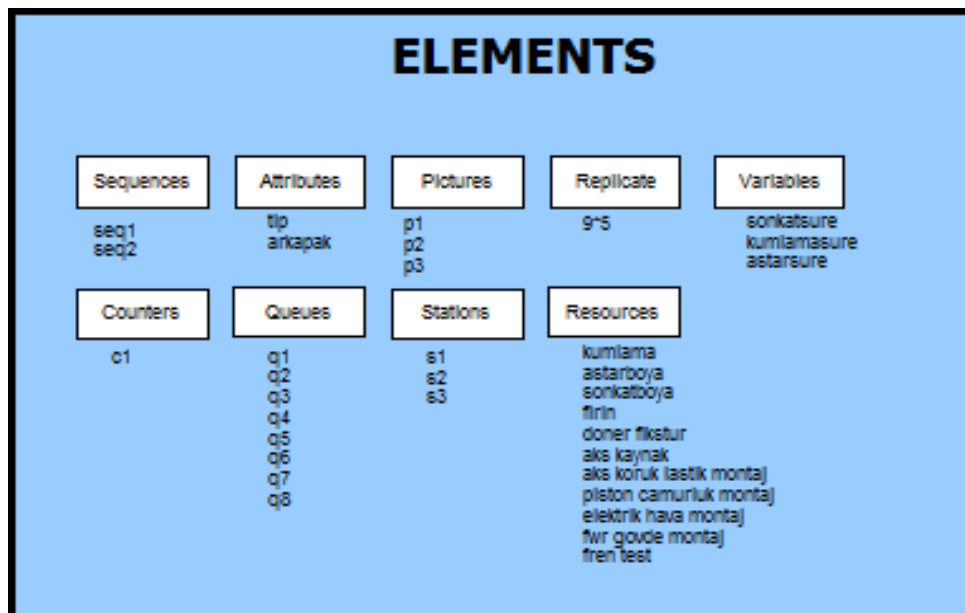
Şekil 5.11. Boyahane kabini



Şekil 5.12. FWR montaj istasyonları



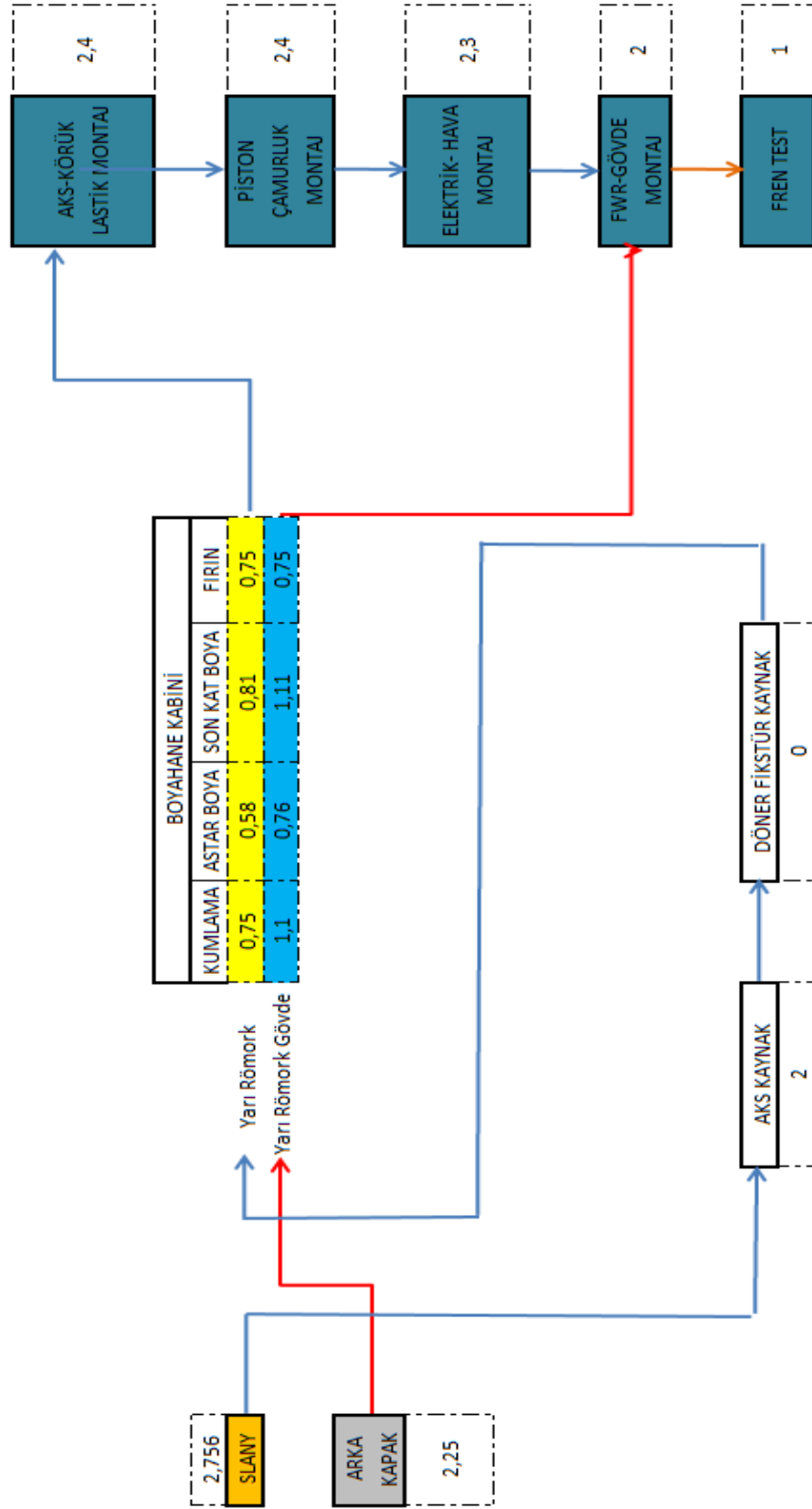
Şekil 5.13. Semi treyler montaj istasyonları



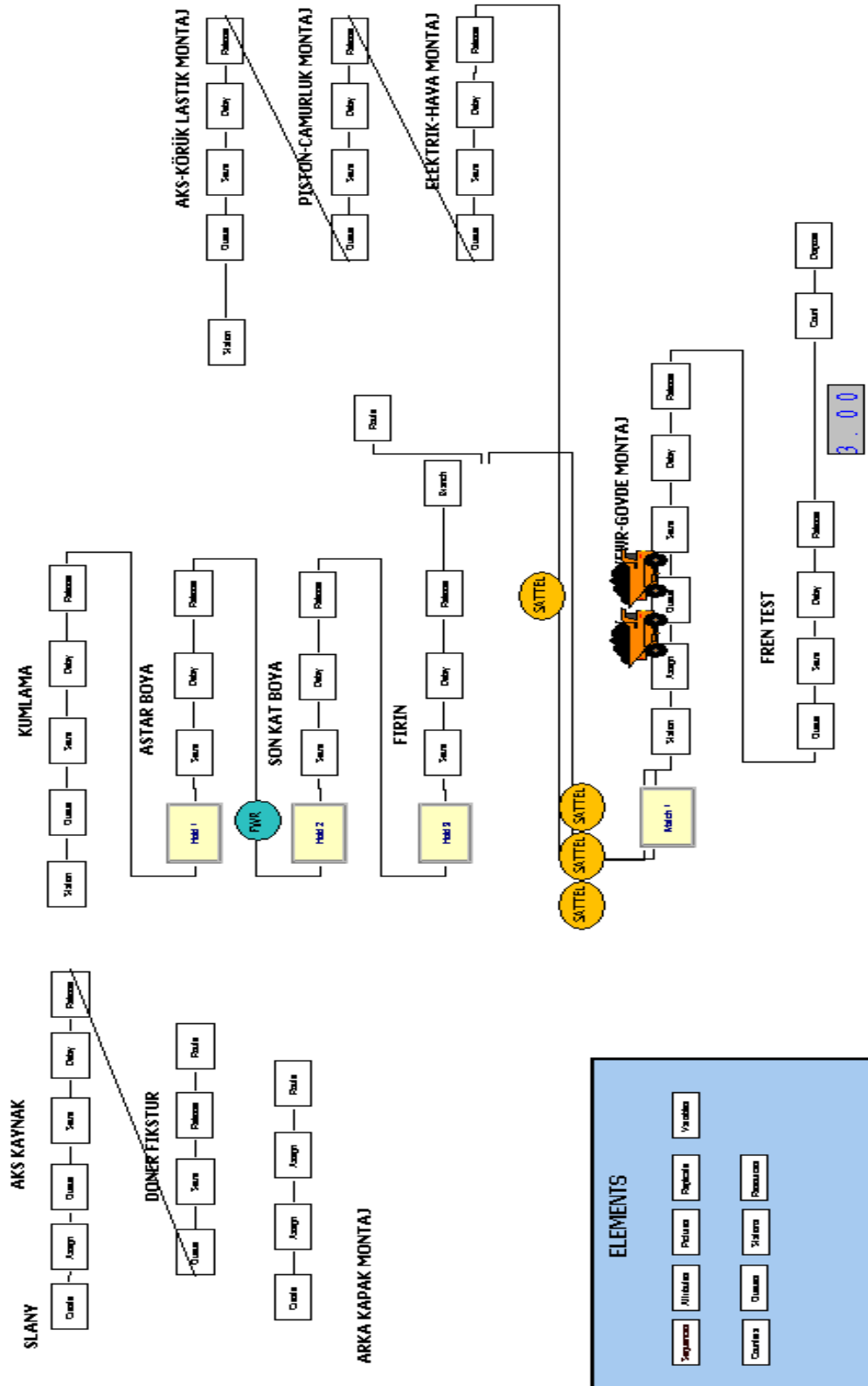
Şekil 5.14. Elementler

5.1.3.Model-3: Yeni durum 2

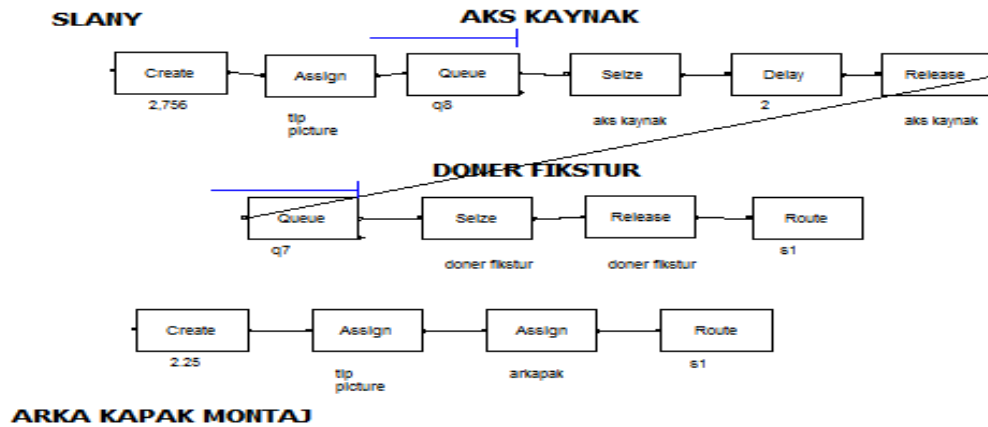
Bu model yeni durum 1 modelinin üzerinde bir takım iyileştirmeler ve hat dengeleme çalışmaları yapılarak oluşturulmuştur. Burada aks-körük montaj, piston-çamurluk montaj ve elektrik-hava montaj istasyonlarında darboğazlar oluşmasından dolayı birtakım iyileştirme ve dengeleme işlemlerinden sonra model yeniden oluşturulmuştur ve FWR 'lerin hattan daha seri geçişi sağlanmıştır. Modelde yapılan bu değişiklik sonuçlara da yansımaktadır.



Şekil 5.15. Yeni durum 2 akış şeması

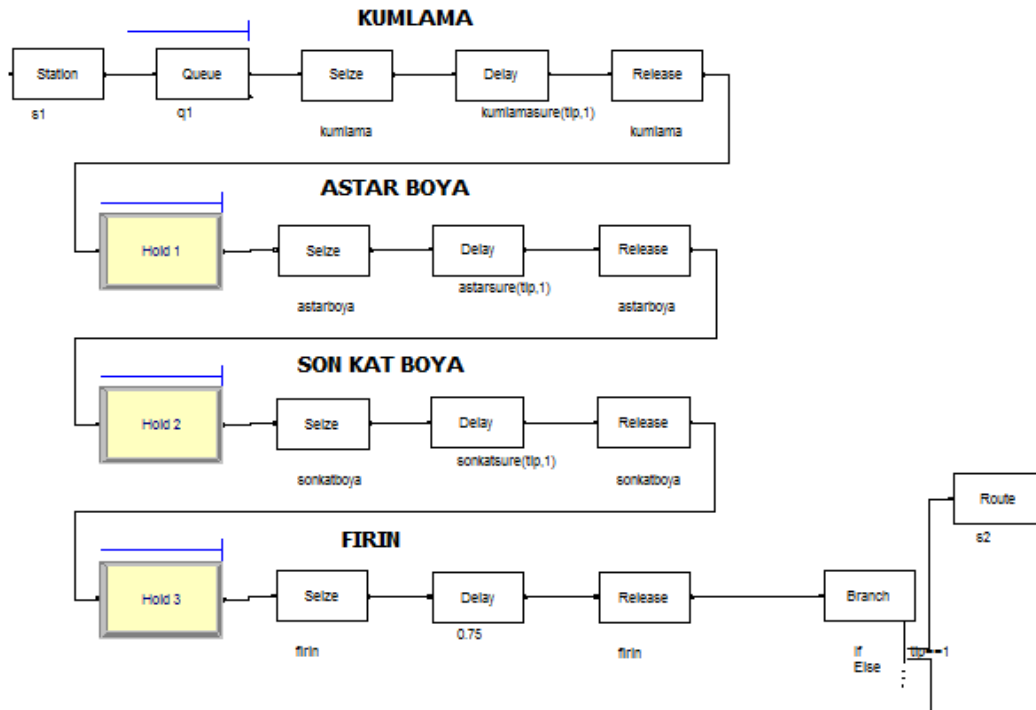


Şekil 5.16. Yeni durum 2 Arena modeli

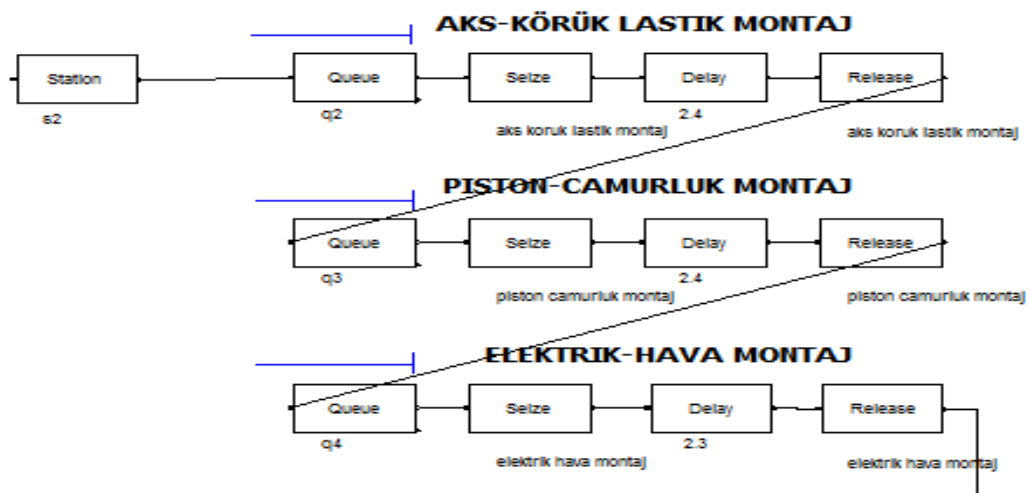


ARKA KAPAK MONTAJ

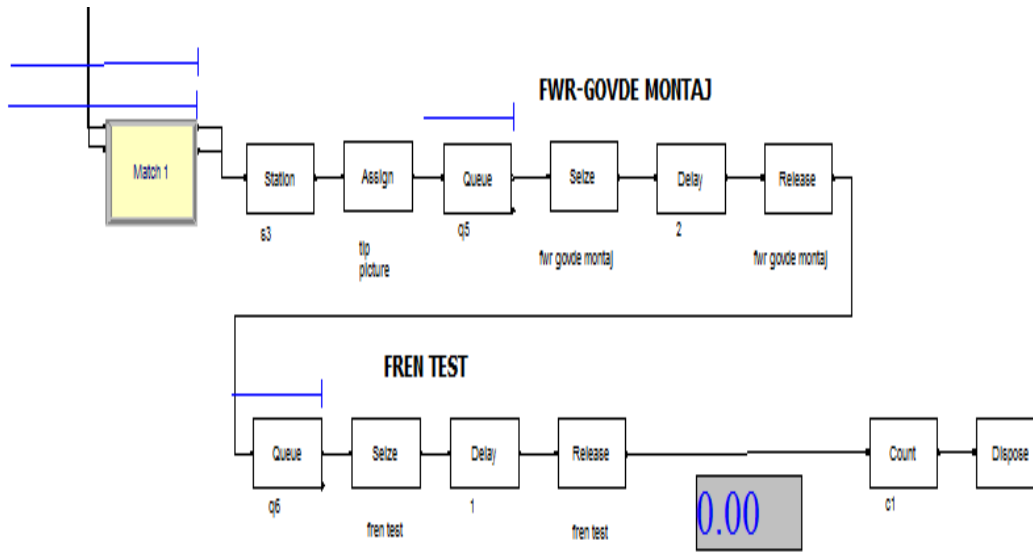
Şekil 5.17. Yarı mamul gelişleri



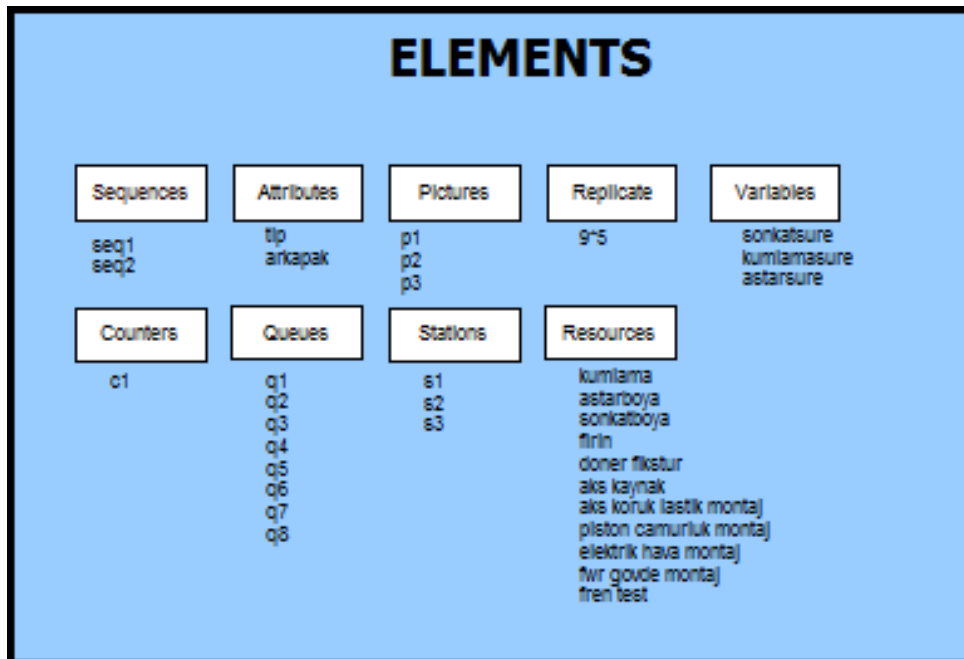
Şekil 5.18. Boyahane kabini



Şekil 5.19. FWR montaj istasyonları



Şekil 5.20. Semi treyler montaj istasyonları



Şekil 5.21. Elementler

5.2. Modele Ait Varsayımlar

Arena 13.5 programı ile model oluşturulmuştur. Gerçek sisteme yakın olarak tasarlanan modelin oluşumu sırasında bazı varsayımlar kullanılmıştır. Bunlar;

Sistem sadece boyahane ve montaj istasyonları için modellenmiştir. Hattın ilk kısmı dikkate alınmamıştır.

Gelişler arası sürenin normal dağıldığı varsayılmıştır. Bu durumda tedarikçi ve arka kapaktan gelişler normal dağılım göstermektedir.

Boyahane kumlama, astar boya, son kat boya ve fırından oluşan boyahane kabini tek bir holden oluşmakta ve birer adet giriş ve çıkış kapısı bulunmaktadır. Bundan dolayı önündeki istasyonlar boş olsa bile bir önceki istasyondaki işlem bitmeden sonraki istasyona herhangi bir parçanın giriş çıkışı söz konusu değildir.

5.3. Modelin Açıklanması

5.3.1. Blokların açıklanması

Create: Varlıkların oluşmasını sağlayan bloktur. Sisteme eski durumda 3.937 saatte 1 adet FWR şase ve 2.25 saatte 1 adet Sattel gövde girmektedir. Yeni durumda ise 2.756 saatte 1 adet FWR şase ve 2.25 saatte 1 adet Sattel gövde girmektedir. Ürünler sisteme tek tek giriş yapmaktadır.

Count: Sistemde belirli bir noktadan geçen parça sayısını sayan bloktur. Sistemde count içine yazılan c1 sistemden çıkan ürün sayısını sayan sayaç adıdır.

Assign: Bu blok ile sistem değişkenlerine (variables), gezen birim özelliklerine (attributes), gezen birim tipine, (entitytypes), gezen birim resmine (entitypictures) veya diğer sistem değişkenlerine veya gezen birim özelliklerine değer atayabilmek için kullanılır. Sistemde assign içerisinde tip ve Picture tanımlanmıştır.

Queue: Sistemde bir kuyruk söz konusu ise parçaların bir sonraki işleme girene kadar geçen süre içerisinde bekledikleri kuyruğu belirtir.

Seize: Gezen birimleri kaynaklara atayan, yerleştiren bloktur. Sistemde parçaları alıp istasyonlara giriş yapmasını sağlar.

Delay: Gezen birimlerin ilgili kaynakta süre geçirmesini sağlayan bloktur.

Release: İlgili kaynakta işlemi biten parçaların bu kaynaklardan serbest bırakılmasını, ayrılmasını sağlayan bloktur.

Station: Bu blok kaynakların veya hareketli kaynakların olduğu bir alanı belirlemek amacıyla kullanılır. Benzetimde animasyon kullanılmış ise tanımlanan istasyonların yerinin konumlandırılması ve bu alanlara gezen birim taşımalarının görsel olarak modellenmesi sağlanır.

Route: Bu blok modülü belirlenen bir istasyona bir varlığı transfer eder veya başka bir ifade ile bir istasyonda bulunan bir gezen birimin bir sonraki ziyaret edeceği istasyona aktarılmasında kullanılır.

Hold: Gezen birimleri kuyruktan bırakmak için belli bir koşulun sağlanmasını bekler. Koşul veya koşullar sağlanana kadar birimler bloğun kuyruğunda tutulmaya devam eder. Sistemde hold blokları kuyruktaki varlıkları kendilerinden sonraki istasyonların boşalması koşulu ile serbest bırakır.

Match: Bu blok farklı kuyruklarda bekleyen gezen birimleri eşleyip birlikte bloğu terk etmesini sağlar. İki gezen birim eşlenecekse belirtilen kuyruklarda birer gezen birim olmadığı sürece çıkış gerçekleşmez. Sistemde Sattel gövde ve FWR şase bu blokta birleşerek damper haline gelir ve yoluna devam eder.

Branch: Akış ve algoritma içerisinde bazı bölgelerde karar verilmesini ve varlığın farklı bir algoritmadan akmasını, algoritmanın dallanmasını sağlayan bloktur.

Dispose: İşlemi biten tüm ürünlerin sistemden çıkışını, diğer bir deyişle yok olmasını sağlayan bloktur.

5.3.2. Elementlerin açıklanması

Attributes: Varlıkların özniteliklerinin tanımlandığı elementtir. Modelde parça tipleri tanımlanmıştır.

Queues: Queue bloğu ile çalışır ve bu bloğun içerisindeki kuyrukların tanımlandığı elementtir.

Resources: Modelde bulunan 11 adet kaynak bu elementin içinde tanımlanmıştır. Sizing ve release blokları içerisinde kullandığımız kaynaklar bu element içerisinde tanımlanır.

Pictures: Create' de oluşan varlıkların görselliğinin tanımlanmasında kullanılan elementtir.

Counters: Sistemde count bloğunun içerisinde bulunan sayaç bu elementin içinde tanımlanmıştır.

Replicate: Benzetimin kaç defa tekrarlanacağını, benzetimin saat ve tarihini, benzetimin süresini belirleyen elementtir. Model haftada 5 gün ve bir günde 9 saat olarak çalıştırılmıştır.

Stations: Modeldeki istasyonların tanımlandığı elementtir.

Variables: Model içerisindeki sabit ve basit sistemle alakalı değerlerin kullanılmasında kullanılan elementtir. Modelde varlıkların gidecekleri bazı kaynaklardaki geçirecekleri süre değerleri bu elementin içerisine matris olarak tanımlanmıştır.

Sequences: Sistemde gezen birimlerin rotalaması için kullanılan elementtir. Bu sayede varlıklar bir istasyondan çıktığında gitmesi gereken yere yönlendirilmesi daha kolay olur. Bu blok ile gezen birimlerin sırasıyla izleyecekleri yol tanımlanmıştır.

5.3.3. Animasyonun açıklanması

Modelin çalışması sırasında yapılan işlemin anlaşılması için Sattel gövde, FWR şase ve oluşan damper farklı resimlerle belirtilmiştir. Modelin çalışması sırasında parçaların girişi

2 adet create bloklarından gerçekleşmektedir. Bu blokların birinden tedarikçiden gelen FWR şase sisteme girerken, diğerinden de arka kapak istasyonunda işlemi biten ve hatta giren Sattel

gövde sisteme girmektedir. FWR şase ve Sattel gövde match bloğunda birleştirilerek damperi meydana getirmektedir. Ayrıca parçaların model içerisinde nerede buldukları bloklar arasındaki hareketleri ile görülebilmektedir.

5.4. Model Sonuçları

Sonuçlar göz önüne alındığında istasyonlardaki kaynakların faydalı kullanım oranları, kuyruk bekleme süreleri, ortaya çıkan ürün sayısı 45 saatlik bir replikasyon sonucunun ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Sonuç tablolarında TallyVariables bölümünde kuyrukların ortalama bekleme süreleri, bunların maksimum ve minimum değerleri görülmektedir. Discrete – ChangeVariables bölümünden kaynakların verimli kullanım oranlarına ulaşılmaktadır, diğer bir ifadeyle kaynakların yüzde kaç oranla çalıştığını buradan görebiliriz. Counters kısmında sistemde kaç ürün olduğu gösterilmektedir. Outputs kısmında da kaynakların veya makinaların benzetim süresince çalıştıkları zamanlar görülmektedir.

Model-1: Eski durum

Boyahane ve montaj istasyonlarının eski durumu modellendiğinde aşağıdaki sonuçları almaktayız. Bu modelin sonuçlarına baktığımızda göze çarpan en fazla bekleme TallyVariables bölümündeki match1.queue2.waitingtime değerinde ortalama 18.020 saat olarak karşımıza çıkmaktadır. Match1.queue2 kuyruğu FWR-Gövde Montaj istasyonuna gelen Sattel gövdelerin beklediği kuyruktur. Bu

kuyruktaki gövdeler match.1queue2 kuyruğuna gelecek olan FWR şaselerle bu istasyonda birleşerek damper oluşturmaktadırlar. Buradaki sürenin fazla çıkması FWR şasenin geçirmiş olduğu işlemlerden dolayı hatta geç gelmesinden kaynaklanmaktadır. Counters kısmındaki c1 sayacına bakıldığında bu durumda 13 adet damperin üretildiği gözlemlenmektedir.

Replication ended at time : 45.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
q1.WaitingTime	.10967	(Insuf)	.00000	.75000	43
q2.WaitingTime	.26467	(Insuf)	.00000	1.0670	9
q3.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	8
q4.WaitingTime	1.3214	(Insuf)	.00000	3.0000	14
q5.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	13
q6.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
q7.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
q8.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	10
Hold 3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	29
Hold 1.Queue.WaitingTime	.09202	(Insuf)	.00000	.76000	42
Match 1.Queue1.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	7
Match 1.Queue2.WaitingTime	18.020	(Insuf)	11.597	23.410	7
Hold 2.Queue.WaitingTime	.21453	(Insuf)	.00000	.61000	30

Şekil 5.22. Tally variables

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
kumlama.NumberBusy	.68889	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
kumlama.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
kumlama.Utilization	.68889	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
astarboya.NumberBusy	.59089	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
astarboya.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
astarboya.Utilization	.59089	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
sonkatboya.NumberBusy	.73467	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
sonkatboya.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
sonkatboya.Utilization	.73467	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
firin.NumberBusy	.47489	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
firin.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
firin.Utilization	.47489	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
doner fikstur.NumberBusy	.50511	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
doner fikstur.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
doner fikstur.Utilization	.50511	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks kaynak.NumberBusy	.67222	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
aks kaynak.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
aks kaynak.Utilization	.67222	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
lastik camurluk montaj.NumberBusy	.68600	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
lastik camurluk montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
lastik camurluk montaj.Utilization	.68600	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.NumberBusy	.53044	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.Utilization	.53044	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.NumberBusy	.61378	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.Utilization	.61378	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fren test.NumberBusy	.28889	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
fren test.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
fren test.Utilization	.28889	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
piston montaj.NumberBusy	.11111	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
piston montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
piston montaj.Utilization	.11111	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
q1.NumberInQueue	.10480	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
q2.NumberInQueue	.05293	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
q3.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q4.NumberInQueue	.41111	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
q5.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q6.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q7.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q8.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.08589	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Match 1.Queue1.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Match 1.Queue2.NumberInQueue	6.2602	(Insuf)	.00000	12.000	12.000
Hold 2.Queue.NumberInQueue	.14302	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Şekil 5.23. Discrete-change variables

COUNTERS		
Identifier	Count	Limit
c1	13	Infinite

OUTPUTS	
Identifier	Value
kumlama.NumberSeized	43.000
kumlama.ScheduledUtilization	.68889
astarboya.NumberSeized	42.000
astarboya.ScheduledUtilization	.59089
sonkatboya.NumberSeized	30.000
sonkatboya.ScheduledUtilization	.73467
firin.NumberSeized	29.000
firin.ScheduledUtilization	.47489
doner fikstur.NumberSeized	11.000
doner fikstur.ScheduledUtilization	.50511
aks kaynak.NumberSeized	11.000
aks kaynak.ScheduledUtilization	.67222
lastik camurluk montaj.NumberSeized	9.0000
lastik camurluk montaj.ScheduledUtilization	.68600
elektrik hava montaj.NumberSeized	8.0000
elektrik hava montaj.ScheduledUtilization	.53044
fwr govde montaj.NumberSeized	14.000
fwr govde montaj.ScheduledUtilization	.61378
fren test.NumberSeized	13.000
fren test.ScheduledUtilization	.28889
piston montaj.NumberSeized	10.000
piston montaj.ScheduledUtilization	.11111
System.NumberOut	.00000

Şekil 5.24. Outputs

Model-2: Yeni durum 1

Boyahane ve montaj istasyonlarındaki gerekli iyileştirme ve hat dengeleme çalışmaları yapıldıktan sonra modeli tekrar oluşturulduğunda aşağıdaki sonuçlar alınmaktadır. Bu modelin sonuçlarına baktığımızda match1.queue2 kuyruğu bekleme süresi 12.365 saate düşürülmüştür. Counters kısmındaki c1 sayacına bakıldığında ise yeni durum 1' de 15 adet damperin üretildiği gözlemlenmiştir.

Replication ended at time : 45.0 Hours
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
q1.WaitingTime	.17558	(Insuf)	.00000	.85000	43
q2.WaitingTime	2.9500	(Insuf)	.00000	5.8100	17
q3.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	16
q4.WaitingTime	3.0250	(Insuf)	.00000	6.0500	12
q5.WaitingTime	4.7058	(Insuf)	.00000	9.0000	17
q6.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	16
q7.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22
q8.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	23
Hold 3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
Hold 1.Queue.WaitingTime	.00190	(Insuf)	.00000	.01000	42
Match 1.Queue1.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
Match 1.Queue2.WaitingTime	12.365	(Insuf)	8.8200	16.070	11
Hold 2.Queue.WaitingTime	.20829	(Insuf)	.00000	.53000	41

Şekil 5.25. Tally variables

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
kumlama.NumberBusy	.85556	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
kumlama.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
kumlama.Utilization	.85556	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
astarboya.NumberBusy	.61400	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
astarboya.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
astarboya.Utilization	.61400	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
sonkatboya.NumberBusy	.85533	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
sonkatboya.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
sonkatboya.Utilization	.85533	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
firin.NumberBusy	.66044	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
firin.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
firin.Utilization	.66044	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
doner fikstur.NumberBusy	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
doner fikstur.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
doner fikstur.Utilization	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
aks kaynak.NumberBusy	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks kaynak.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
aks kaynak.Utilization	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks koruk lastik montaj.NumberBusy	.89133	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks koruk lastik montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
aks koruk lastik montaj.Utilization	.89133	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
piston camurluk montaj.NumberBusy	.75356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
piston camurluk montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
piston camurluk montaj.Utilization	.75356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.NumberBusy	.78800	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.Utilization	.78800	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.NumberBusy	.72133	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.Utilization	.72133	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fren test.NumberBusy	.34356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fren test.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
fren test.Utilization	.34356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
q1.NumberInQueue	.16778	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
q2.NumberInQueue	1.3666	(Insuf)	.00000	4.0000	3.0000
q3.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q4.NumberInQueue	1.0473	(Insuf)	.00000	3.0000	3.0000
q5.NumberInQueue	2.3177	(Insuf)	.00000	7.0000	5.0000
q6.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q7.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q8.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00178	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Match 1.Queue1.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Match 1.Queue2.NumberInQueue	4.5280	(Insuf)	.00000	8.0000	8.0000
Hold 2.Queue.NumberInQueue	.18978	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Şekil 5.26. Discrete-change variables

COUNTERS		
Identifier	Count	Limit
c1	15	Infinite

OUTPUTS	
Identifier	Value
kumlama.NumberSeized	43.000
kumlama.ScheduledUtilization	.68889
astarboya.NumberSeized	42.000
astarboya.ScheduledUtilization	.59089
sonkatboya.NumberSeized	30.000
sonkatboya.ScheduledUtilization	.73467
firin.NumberSeized	29.000
firin.ScheduledUtilization	.47489
doner fikstur.NumberSeized	11.000
doner fikstur.ScheduledUtilization	.50511
aks kaynak.NumberSeized	11.000
aks kaynak.ScheduledUtilization	.67222
lastik camurluk montaj.NumberSeized	9.0000
lastik camurluk montaj.ScheduledUtilization	.68600
elektrik hava montaj.NumberSeized	8.0000
elektrik hava montaj.ScheduledUtilization	.53044
fwr govde montaj.NumberSeized	14.000
fwr govde montaj.ScheduledUtilization	.61378
fren test.NumberSeized	13.000
fren test.ScheduledUtilization	.28889
piston montaj.NumberSeized	10.000
piston montaj.ScheduledUtilization	.11111
System.NumberOut	.00000

Şekil 5.27. Outputs

Model-3: Yeni durum 2

Boyahane ve montaj istasyonlarındaki gerekli iyileştirme ve hat dengeleme çalışmaları yapıldıktan sonra aks-körük lastik montaj, piston-çamurluk montaj ve elektrik-hava montaj istasyonlarında gerekli hat dengeleme ve iyileştirme çalışmaları yapılmıştır ve modeli tekrar oluşturulduğunda aşağıdaki sonuçlar alınmaktadır. Bu modelin sonuçlarına baktığımızda ise match1.queue2 kuyruğu bekleme süresi 9.0842 saate düşürülmüştür. Counters kısmındaki c1 sayacına bakıldığında ise yeni durum 2' de 16 adet damperin üretildiği gözlemlenmiştir.

Replication ended at time : 45.0 Hours

Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
q1.WaitingTime	.18372	(Insuf)	.00000	1.1000	43
q2.WaitingTime	2.5500	(Insuf)	.00000	5.0100	17
q3.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	16
q4.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
q5.WaitingTime	6.9647	(Insuf)	.00000	13.200	17
q6.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	16
q7.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	22
q8.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	23
Hold 3.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
Hold 1.Queue.WaitingTime	.00214	(Insuf)	.00000	.01000	42
Match 1.Queue1.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	14
Match 1.Queue2.WaitingTime	9.0842	(Insuf)	7.9200	10.220	14
Hold 2.Queue.WaitingTime	.21780	(Insuf)	.00000	.53000	41

Şekil 5.28. Tally variables

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifler	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
kumlama.NumberBusy	.85556	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
kumlama.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
kumlama.Utilization	.85556	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
astarboya.NumberBusy	.61400	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
astarboya.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
astarboya.Utilization	.61400	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
sonkatboya.NumberBusy	.85533	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
sonkatboya.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
sonkatboya.Utilization	.85533	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
firin.NumberBusy	.66044	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
firin.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
firin.Utilization	.66044	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
doner fikstur.NumberBusy	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
doner fikstur.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
doner fikstur.Utilization	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
aks kaynak.NumberBusy	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks kaynak.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
aks kaynak.Utilization	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks koruk lastik montaj.NumberBusy	.89133	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
aks koruk lastik montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
aks koruk lastik montaj.Utilization	.89133	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
piston camurluk montaj.NumberBusy	.83800	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
piston camurluk montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
piston camurluk montaj.Utilization	.83800	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.NumberBusy	.75356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
elektrik hava montaj.Utilization	.75356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.NumberBusy	.73356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
fwr govde montaj.Utilization	.73356	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
fren test.NumberBusy	.35556	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
fren test.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
fren test.Utilization	.35556	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
q1.NumberInQueue	.17556	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
q2.NumberInQueue	1.1822	(Insuf)	.00000	4.0000	3.0000
q3.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q4.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q5.NumberInQueue	4.4068	(Insuf)	.00000	12.000	11.000
q6.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q7.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
q8.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Hold 3.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Hold 1.Queue.NumberInQueue	.00200	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Match 1.Queue1.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Match 1.Queue2.NumberInQueue	3.3962	(Insuf)	.00000	5.0000	5.0000
Hold 2.Queue.NumberInQueue	.19844	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Şekil 5.29. Discrete-change variables

COUNTERS		
Identifier	Count	Limit
c1	16	Infinite

OUTPUTS	
Identifier	Value
kumlama.NumberSeized	43.000
kumlama.ScheduledUtilization	.85556
astarboya.NumberSeized	42.000
astarboya.ScheduledUtilization	.61400
sonkatboya.NumberSeized	41.000
sonkatboya.ScheduledUtilization	.85533
firin.NumberSeized	40.000
firin.ScheduledUtilization	.66044
doner fikstur.NumberSeized	22.000
doner fikstur.ScheduledUtilization	.00000
aks kaynak.NumberSeized	23.000
aks kaynak.ScheduledUtilization	1.0000
aks koruk lastik montaj.NumberSeized	17.000
aks koruk lastik montaj.ScheduledUtilizati	.89133
piston camurluk montaj.NumberSeized	16.000
piston camurluk montaj.ScheduledUtilizatio	.83800
elektrik hava montaj.NumberSeized	15.000
elektrik hava montaj.ScheduledUtilization	.75356
fwr govde montaj.NumberSeized	17.000
fwr govde montaj.ScheduledUtilization	.73356
fren test.NumberSeized	16.000
fren test.ScheduledUtilization	.35556
System.NumberOut	.00000

Şekil 5.30. Outputs

5.5. Öngörülen Diğer İyileştirmeler

Amortisör hasar riski azalacak

Yeni akışın gereği olan aks setinin parçalı şekilde tedarik edilmesiyle birlikte daha önce %12 oranında ortaya çıkan depolama ve taşıma faaliyetlerindeki hasar riski ortadan kalkacaktır.(Tedarikçi bu değişiklikle ilgili herhangi bir fiyat farkı yansıtmayacağını bildirdi)



Şekil 5.31 Aks seti mevcut tedarik şekli

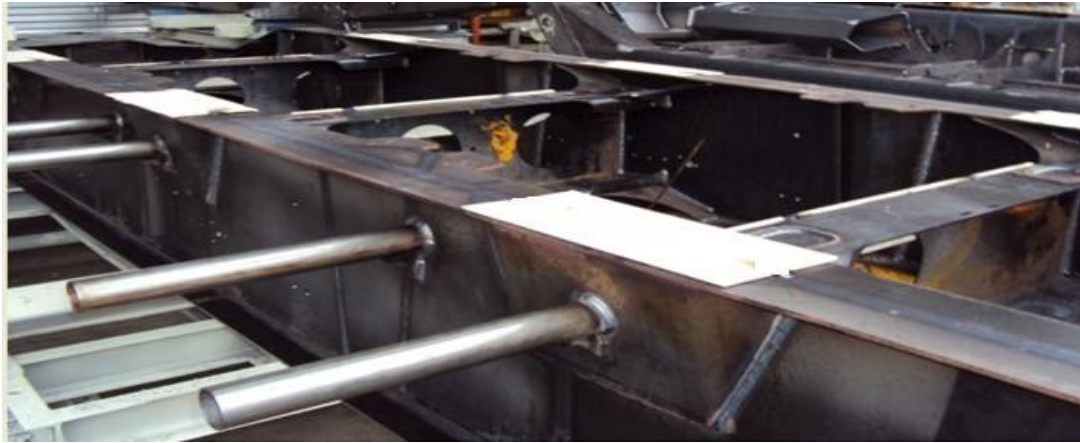


Şekil 5.32. Aks seti öngörülen tedarik şekli

Bantlama -Bant Sökme İşçilikleri ve Bant Kullanımı Ortadan Kalkacak

Mevcut akışta kumlama işleminden sonra şasiye astar boya atmadan önce boyahane sonrasında kaynak işlemi görecektir yüzeyler bant yardımıyla maskelenerek astarlanması engelleniyor.

Önerilen yeni akışta ise şasi ilk olarak kaynakhaneye gidip bütün kaynak işlemleri bittikten sonra boyahane hattına girdiği için herhangi bir maskeleyme işlemine gerek kalmayacaktır.



Şekil 5.33. FWR bantlama operasyonu

Zımpara İşçiliği ve Zımpara Kullanımı Ortadan Kalkacak

Mevcut akışta FWR astar boya yapıldıktan sonra fırına giriyor ve boyahaneye son kat boya işlemi için geldiğinde ise yüzey kuru olduğu için tutuculuğu sağlamak için astarlı şasiye zımpara işlemi yapıldıktan sonra son kat boya işlemi uygulanabiliyor.

Önerilen yeni akışta şasi boyahane hattından tek seferde geçtiği için yaş üstü yaş uygulanabilecektir. Ardışık atılacak olan astar boya ve son kat boya işlemleri arasında zımpara işçiliğine gerek kalmayacaktır.



Şekil 5.34. FWR zımpara operasyonu

Fırının Mükerrer Kullanımı Ortadan Kalkacak

Mevcut akışta yaş üstü yaş uygulaması yapılmadığı için şasi biri astar boyadan sonra diğeri ise son kat boyadan sonra olmak üzere toplam iki kez fırında kurutulmak zorunda kalıyor.

Önerilen yeni akışta şasiye ardışık şekilde astar boya ve son kat boya atılacağı için fırını da sadece bir kez meşgul edecektir.

Rötuş Azalacak, Taşıma Ayağı Bekleme Kalkacak, Şasi Stoklama Kolaylaşacak

Mevcut akışta kaynakhanedeki operasyonlar bittikten sonra döner fikstürden indirilmeden önce şasiye 2 adet taşıma ayağı monte edilmektedir. Bu taşıma ayakları sayesinde stok sahasında, boyahane, montaj holünde aksların zeminle temasını engellenmektedir. Fakat şasiye bağlanan kısımlarda boya işlemi uygulanamadığı için montaj sonrası rötuş işlemine gerek duyulmaktadır.

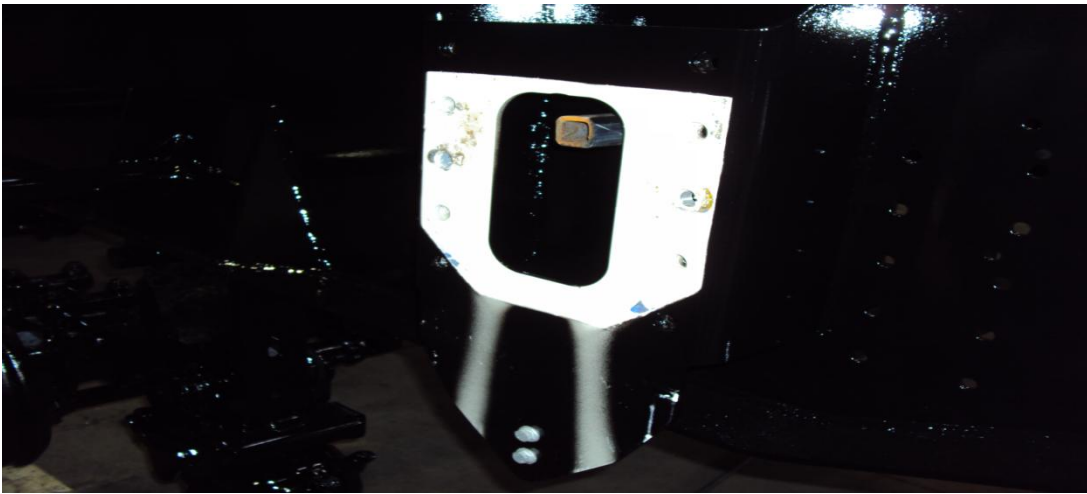
Önerilen yeni akışta akslar şasi son kat boyanıp fırından çıktıktan sonra montaj hattında takılacağı için taşıma ayaklarına gerek kalmayacaktır.

Ayrıca boyahane veya montaj hattındaki akışta meydana gelen bir duruştan sınırlı sayıda olan taşıma ayakları yüzünden kaynakhane hattından kaynak işlemi bitmiş şasiyi indiremediği ve istasyonun durmak zorunda kaldığı durumlarla da karşılaşılmaktadır.

Önerilen akışta taşıma ayaklarının kullanılmayacak olmasının diğer bir avantajı ise kaynakhaneden veya boyahaneden çıkmış ara stok durumundaki şasilerin makas kulakları üzerinde üst üste 3 kat konabilmesi yer sıkıntısının çözümünde etkili olacaktır.



Şekil 5.35. Önerilen FWR stoklama



Şekil 5.36. Mevcut durumdaki taşıma ayaklarından kaynaklanan FWR rötuşları



Şekil 5.37. Mevcut durumda FWR taşıma ayağı kullanımı

Aks Boyama İşçiliği ve Aks Boyama İçin Harcanan Boya Ortadan Kalkacak

Mevcut akışta şasi son kat boya prosesine akslar monte edilmiş şekilde girdiği için aks seti de siyah renge boyanmak zorunda kalmaktadır.

Önerilen akışta aks seti montaj hattında boyanmış şasiye monte edileceği ve aks seti boyahane hattına girmeyeceği için zaten siyah renkte olan setin boyanmasına gerek kalmayacaktır.

Boyahane Hattındaki Elleçleme ve Overspray Azalacak

Mevcut akışta makas kulağı ve şasi traversi arasında destek görevi gören çapraz malzemeler kaynakhanede aks seti astarlı şasiye kaynatılırken yerleştiriliyordu. Dolayısıyla çapraz malzemeler şasi üzerinde değil, harici bir boyahane taşıma arabasına teller ile bağlandıktan sonra kumlama, astar boya, kurutma ve tellerden malzemelerin çözülerek sepetlere istiflenmesi işlemleri uygulanmaktadır.

Önerilen akışta Slany den gelen şasi makas kulakları kaynatılmak üzere kaynakhaneye girdiği için ve aks setinin parçalı gelmesi sayesinde çapraz destek malzemeleri boyahane hattından harici olarak değil, şasiye kaynatılmış olarak

boyahane hattına girecektir. Dolayısıyla elleçleme, harici kumlama ve astar boyama işlemleri ortadan kalkacak. Ayrıca malzemeler asılarak boyandığında gereğinden fazla harcanan astar miktarı azalacaktır.

Kumlama işleminden önce piston takılamayacağı için FWR, astar istasyonuna girdiğinde astar istasyonundaki sepetlerde stoklanmaya başlanacak olan hidrolik piston FWR nin astarlandığı arabaya konularak beraber astarlanacaklardır, aynı işlem son kat boyada da uygulanacaktır.

Forklift Yakıt Tasarrufu, Forklift Operatörü Saturasyonunda Azalma

Önerilen akış, önceki akışa göre çok daha az malzeme hareketini sağladığı için forklift yakıt tasarrufu ve forklift operatörünün işletme içinde katma değer yaratan farklı işler yapabilmesi için fırsatı ortaya çıkacaktır.

İş Kazası Risklerinin Azalması

Önerilen akışta yaklaşık 7,5m boyundaki şasinin işletme içinde taşınma mesafesi azalacağı için bu nedenle oluşabilecek iş kazası risklerini de büyük ölçüde azalması sağlanacaktır.

1.Hol Tavan Vinci Kullanımı Azalacak

Mevcut akışta aks set halinde geldiği için büyük bir alüminyum fikstür şablon olarak kullanılmak üzere astarlanmış şasi üzerine tavan vinci yardımıyla yerleştirilerek üzerindeki yuvalara yine tavan vinci yardımıyla akslar yerleştirilmektedir. Tavan vincini kullanan plazma, abkantlar, kamyon üstü ara şasi istasyonları olduğu için zaman zaman aks montaj istasyonunda ya da şasi istasyonunun işini bitirmesini bekleyen diğer istasyonlarda tavan vinci bekleme kaynaklı gereksiz zaman kayıpları olmaktadır.

Önerilen yeni sistemde aks seti parçalı tedarik edildiği için sadece makas kulakları 1.holde konacağı için alüminyum fikstür kullanımı da ortadan kalkacaktır.(Makas kulakları imalat tarafından yapılan basit, hafif bir şablon yardımıyla pozisyonlandırılması öngörülmüştür.)Dolayısıyla hem fikstürün hem aks setinin 1.holde kullanımının kalkmasıyla beraber 1.holdeki diğer istasyonlar tavan vinci bekleme sıklığı oldukça azalacaktır.

Aksların montaj holünde konması için elde atıl durumda bulunan 1 ton kapasiteli bir pergel vinç kullanılarak montaj holündeki tavan vinci yoğunluğuna ekstra yük binmesi engellenecektir.



Şekil 5.38. Mevcut durumda FWR aks montajı

İyileştirme Adımları	Araç başı tasarruf
Amortisör Hasar Riski Azalacak	4 €
Bantlama -Bant Sökme İşçilikleri ve Bant Kullanımı Ortadan Kalkacak	11,38 €
Zımpara İşçiliği ve Zımpara Kullanımı Ortadan Kalkacak	21,40 €
Fırının Mükerrer Kullanımı Ortadan Kalkacak(45 dk Enerji Kullanımı)	20,00 €
Rötuş Azalacak, Taşıma Ayağı Bekleme Kalkacak, Şasi Stoklama Kolaylaşacak	2,50 €
Aks Boyama İşçiliği ve Aks Boyama İçin Harcanan Boya Ortadan Kalkacak	15,00 €
Boyahane Hattındaki Elleçleme ve Overspray Azalacak	2,50 €
Forklift Yakıt Tasarrufu, Forklift Operatörü Saturasyonunda Azalma	7,70 €
İş Kazası Risklerinin Azalması	0,00 €
1.Hol Tavan Vinci Kullanımı Azalacak	0,00 €
Slany'den alınan FWR iskeletinin kızaklar kaynatılmış halde tedarik edilmesi	-10,00 €
İstasyondaki boş kapasiteyi kullanmak için çamurluk ve kelepçelerinin ayrı ayrı tedarik edilmesi	4,00 €
Toplam	78,48 €

Tablo 5.1. Öngörülen iyileştirmelerin ürün maliyetine etkisi

BÖLÜM 6 .SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan çalışma genel olarak ele alındığında, montaj istasyonundan zamanında çıkmayan araçlar geç teslimatlara neden olduğu görülmüştür. Üretim akışı detaylı bir şekilde izlendiğinde boyahane kapasitesinde yaşanan darboğazın bu duruma neden olduğu belirlenmiştir. Boyahane süreçleri analiz edildiğinde FWR nin boyahane hattından 2 kez geçmesinin gereksiz bir kapasite kaybına yol açtığı anlaşılmıştır. FWR nin boyahane hattından tek seferde geçmesini sağlamak üzere beyin fırtınası yapıldığında aks setinin parçalı halde temin edilmesinin ön şart olduğu kararı alınmıştır.

Bu tespite dayanarak FWR nin iş akışında yer alan istasyonlardaki daha önceden ölçülüp SAP ye girilmiş süreler baz alınarak mevcut iş akışı şekil olarak hazırlanmıştır.

Hat üzerinde yapılan gözlemlerin model ile desteklenmesi ve olası iyileştirmenin gözlenebilmesi açısından bir benzetim modeli kullanılarak gerçek sistem burada tasarlanmaya çalışılmıştır. Benzetim modeli dar boğaz istasyon göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu yüzden hatta bulunan bütün istasyonlar sistemde yer almamaktadır.(semi treyler gövde kaynak istasyonlarının sonuncusu olan arka kapak montaj istasyonunda öncesi yer almamaktadır.)

Mevcut durumun benzetim modeli haftalık üretim çalışma süresi olan 45 saat çalıştırıldığında hattın teslimata hazır olacak şekilde 13 adet semi-treyler çıkacağı sonucu elde edilmiştir. Aks setinin parçalı alınması durumunda(Yeni Durum 1) yeni oluşacak istasyon iş yüklerine göre 45 saatlik çalışmada 15 adet semi-treyler teslim edilebilecektir. Yeni Durum 1' e ilave olarak montaj hattında istasyonların birbirleri arasında iş kaydırarak dengelenmesi sonucu oluşan Yeni Durum 2'de ise 45 saatlik mesaide 16 semi-treyler çıkacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla Yeni durum 2 aynı

süre ve aynı personel sayısı (mevcut durumda aks kaynak istasyonunda çalışan 2 personel, Yeni durum 1 ve Yeni durum 2 modellerinde aks kaynak istasyonun iptal olmasıyla birlikte montaja eklenen aks montaj istasyonunda çalışmaya

başlayacaklardır.) ile içinde en fazla üretim adedini sağlayan model olacağı için uygulanması gereken akış olarak tavsiye edilmiştir.

Öngörülen yeni akışlarla birlikte iş güvenliği, kalite ve ürün maliyetlerinde de olumlu etkilerin olacağı düşünülmektedir. Yapılması planlanan iyileştirme adımları sonucunda araç başı 78,48 € tasarruf edilebileceği hesaplanmıştır.

Mevcut durum göz önüne alındığında uygulanabilecek daha iyi bir sistem ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışmada hat üzerinden aynı tip ürünün farklı modellerinin geçtiği (gerçek durumda yıllık üretimin %90 ını semi-treyler üretimi oluşturmaktadır.) durumlar incelenmiştir.

Sistemin tamamının ele alındığı ve farklı üretim tiplerinin (semi treyler, yarım boru kamyon üstü, kutu tipi kamyon üstü) aynı haftada üretildiği farklı senaryoların modellenmesi ve analizlerinin yapılması ile yeni iyileştirme fırsatlarının hayata geçirilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] HIGGINS, P., LE ROY, P., TIERNEY, L., Manufacturing Planning and Control Beyond MRPII, Chapman&Hall Co., pp.16, 1996.
- [2] STADTLER, H., KILGER, C., Supply Chain Management And Advanced Planning : Concepts, Models, Software, And Case Studies, Springer Co.,pp.1-20, 2002.
- [3] HEIZER, J., RENDER, B., Operations Management, Prentice Hall Inc.,international sixth edition, 2001.
- [4] ÖZDEMİR R.G.,AYAĞ, Z., ÇAKIR, D., “Hazırlık sürelerinin azaltılması için bir hat dengeleme modeli”, YA/EM (Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği), XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep - Adana 15-18 Haziran (2004).
- [5] TANYAŞ, M. ve BASKAK M., 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayımcılık,İstanbul.
- [6] KALENDER F. Y., YILMAZ, M. M., ve TÜRKBEY, O., “Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Bir Yaklaşım” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık FakültesiDergisi, vol:23, no:1, 129-138, (2008).
- [7] KILINÇCI, Ö., “Basit Montaj Hattı Dengeleme Problemi Çözümü için Bir PetriAğıYaklaşımı”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, vol:6, no:2, 1-15,(2004).

- [8] TOP, A.: “Üretim Sistemleri Analiz, Planlama ve Kontrolü”, Alfa Yayınları, 3. Baskı, İstanbul, Türkiye (2001) 45-54.
- [9] ŞEBER, Ş., “Sipariş Üzerine Üretim Yapan Bir İşletmede Hat Dengeleme Çalışması Ve Bir Benzetim Yaklaşım Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004).
- [10] BASKAK, M.: “Çok Modelli/Ürünlü Montaj Hatlarının Dengelenmesi İçin Yeni Bir Model ve Çözüm Yöntemi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1998) 16.
- [11] KOBU, B.: “Üretim Yönetimi”, Genişletilmiş ve Güncelleştirilmiş 13. Baskı, Beta Basım Yayım, İstanbul, Türkiye, (2006) 3-5.
- [12] ACAR, NESİME ve ESTAS, S. “Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları”, MPM Yayınları, Ankara, 309 (1991).
- [13] ERKUT, HALUK ve BASKAK, MURAT, “Tesis Tasarımı”, İrfan Yayıncılık, İstanbul, 35-54(1997).
- [14] ÖZKIRAN A., DÜŞÜNÜR H. ,“ Otomotiv Sektöründeki Bir İşletmede MontajHattının Analizi ve Dengeleme Çalışması”,Lisans Bitirme Projesi,Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,İzmir(2011).
- [15] GÖKÇEN H., 1994, Karışık modelli deterministik montaj hattı dengeleme problemi için yeni modeller, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [16] ÜSTÜN, S., 2005. Bir Üretim Atölyesinde Darboğaz Problemlerinin Benzetimle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- [17] ERYÜRÜK, S.H.: “ Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2005) 84 – 89
- [18] CENGİZ, K.: “Kesikli Seri Üretim Akış Sistemlerinde Montaj Hattı Dengeleme Ve Benzetim Yaklaşım İle Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2002)
- [19] KARADEMİR, H.: “Üretim Hattı Dengelemesine Benzetim Yaklaşımı Ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2005).
- [20] KAYAR,M.2008. Hazır Giyim İşletmelerinde Verimsizliği Ortaya Çıkaran Nedenlerin Araştırılması ve Bunların Çözümüne Yönelik Alan Çalışması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] ÖZKAN, R. 2003. Tek Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengeleme Problemlerine Genetik Algoritma İle Çözüm Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22] TÜRKER A. KÜRŞAD “Üretim Hizmetlerinde Simulasyonve Arena”, Kral Matbaası, Eskişehir, 2011 s.6-10.
- [23] HALAÇ, O., “Kantitatif Karar Verme Teknikleri”, 3. Baskı, Evrim Dağıtım, İstanbul, (1991).
- [24] HANÇERLİOĞULLARI, A., “Monte Carlo Simülasyonu Metodu ve MCNP Kod Sistemi”, Kastamonu Eğitim Dergisi, vol:14, no:2, 545-556, (2006).
- [25] <http://www.ardacim.20m.com/simproje.htm> , 10.05.2014.

- [26] BANKS, J., CARSON J.S., "Discrete-Event System Simulation", Prentice – Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984, pp.514.
- [27] KALEBEK B., Esnek Üretim Sistemleri ve Simülasyon Yoluyla İş Çizelgelemesi Yüksek Lisans Tezi Ankara (2006).

ÖZGEÇMİŞ

Nusret Sazak, 21.03.1983'de Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2001 yılında Figen Sakallıoğlu Anadolu Lisesi'nden mezun oldu.2001 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 2005 yılında mezun oldu.2007-2011 yılları arasında Türk Pirelli Lastikleri A.Ş. de Üretim Planlama Mühendisi olarak çalıştı. Şu anda Meiller Doğuş Damper San. ve Tic. Ltd. Şirketinde Üretim Planlama Mühendisi olarak görev yapmaktadır.