KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BOYAMA SÜRECİNİN OTOMASYONLA İYİLEŞTİRİLMESİ

CANSU VATANSEVER

KOCAELİ-2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BOYAMA SÜRECİNİN OTOMASYONLA İYİLEŞTİRİLMESİ

CANSU VATANSEVER

Prof. Dr. Nilgün FIĞLALI
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr. Öğr. Üyesi Hatice ESEN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet CİHAN
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 01.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde artan endüstriyel ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji doğrultusunda rekabet edebilmek için firmaların yüksek performansı ve kaliteyi daha uygun fiyata üreterek piyasada ayakta kalmaya çalışmalıdır. Bunları yapabilmesi için teknolojik çağa ayak uydurması her şeyin başında gelmektedir. Son zamanlarda adını sıkça duyduğumuz endüstri 4.0'a geçiş konusunu tüm firmalar yakından ve ilgi ile takip etmektedir. Çoğu firmanın amacı rekabetçi piyasa da teknolojik gelişmeler göstererek ismini duyurmak ve rakiplerinin önüne geçmektir. Üretim alanlarında otomasyonun kullanılması insan iş gücüne olan ihtiyacı azaltırken aynı zamanda üretimin insana bağlı olmaması, robotikleşmesinden kaynaklı kalitesini de attırmaktadır. Otomasyona geçilmesinin üretim verimliliğinin artmasına da yol açmaktadır. Otomasyona geçişin tüm bu faydalarına baktığımızda üretimde takip edilen ve firmaya kara sağlayacak tüm hedeflenen değerlere ulaşmasında kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada otomotiv sektöründe bulunan boyahane bölümündeki kapasite problemi, üretim hedeflerinin düşüklüğü incelenmiş ve robot kurulumu ile otomasyona geçilerek üretim hedeflerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmam boyunca her aşamada bana elinden gelen tüm yardım ve desteği sağlayan Arş. Gör. Y. Müh. Beysim ÇETİN'e, tez konumu seçmem de yardımcı olup beni destekleyen eski müdürüm Mehmet CEBECİ'ye, tecrübelerini şeffaf bir şekilde benimle paylaşan boyahane teknisyenimiz Alper BALCI'ya ve fabrika da sahip olduğu tüm imkanları bana sağlayan sayın müdürüm Onur AKKUŞ'a ve üretim müdürü Taylan Özgür ORAK'a teşekkürü bir borç bilirim. Tüm hayatımda olduğu gibi yüksek lisans yapmamda da bana en büyük desteği ve motivasyonu sağlayan aileme çok teşekkür ederim.

Yapmış olduğum araştırmanın her aşamasında bilgilerini benimle paylaşan ve desteklerini esirgemeyen, her noktada bana yol gösteren ve cesaretlendiren danışman hocam Prof. Dr. Nilgün FIĞLALI'ya teşekkürlerimi sunar, şükranlarımı iletirim.

Haziran – 2019 Cansu VATANSEVER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 2
1.1. Robotik Sistem 2
1.2. OEE (Toplam Ekipman Etkinliği) 6
1.2.1. OEE hesaplamaları 7
1.3. İş Etüdü 16
1.3.1 İş etüdünün amaçları 16
1.3.2 İş etüdünün aşamaları 17
1.4 Ergonomi 18
2. UYGULAMA 20
2.1. Novares Grubu 20
2.2. Problemin Tanımlanması 21
2.3. Fabrikadaki Proseslerin Analiz Edilmesi 22
2.3.1. Boyahane proses analizi 24
2.4. Boyahanede Uygulanacak İyileştirme Çalışmaları 37
2.4.1. Robot kurulumu için fizibilite çalışması 37
2.4.2. Tedarikçi seçimi 39
2.4.3. Robotun çalışma prensibi 39
2.4.4. Robotun kurulumu sonrası proses iyileştirmeleri 40
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 45
KAYNAKLAR 46
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 49
ÖZGEÇMİŞ 50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kalite Oranı 8
Şekil 1.2. OEE hesabında zamanların değerlendirilmesi 22
Şekil 1.3. OEE çarpanları ve altı büyük kayıp arasındaki ilişki 15
Şekil 2.1. Fabrika Malzeme Akış ve Bilgi Diyagramı 31
Şekil 2.2. Parçaların jige asılması 33
Şekil 2.3. Parçalara hava tutulması 34
Şekil 2.4. Parçalara silinmesi 34
Şekil 2.5. Boya atma işlemi (Kabin-1) 34
Şekil 2.6. Flash off - 1 35
Şekil 2.7. Vernik atma işlemi 35
Şekil 2.8. Flash Off -2 36
Şekil 2.9. Fırın proses örneği 36
Şekil 2.10. Fırın proses örneği 36
Şekil 2.11. Jigden parça toplama işlemi 37

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Endüstriyel robotların kabul edilme nedenleri 3
Tablo 1.2. Boş OEE Formu 10
Tablo 1.3. OEE Hesabı 13
Tablo 2.1. Proseslerin OEE ve Hurda Oranları 24
Tablo 2.2. Boyahane proses akışı 33
Tablo 2.3. Boyalı Parça Bilgileri 38
Tablo 2.4. Boyahanede sipariş adedine göre ihtiyaç duyulan çalışma saati 40
Tablo 2.5. Yeni proje üretim bilgileri 43
Tablo 2.6. Yeni proje parçalarının toplam gereken çalışma saati 43
Tablo 2.7. Robot kurulumu sonrası yeni çevrim süresi ve aylık çalışma saatleri 48
Tablo 2.8. Yeni proje ihtiyaç duyulan toplam çalışma saati 50

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE BOYAMA SÜRECİNİN OTOMASYONLA İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Üretimde yapılan uygulamaların performansını ve başarısını ölçülebilmesi günümüz koşullarında oldukça önemli hale gelmiştir. Rekabetçi piyasalar, öngörülebilir üretim sayılarına dayalı satış aksiyonlarının günden güne artmasıyla oluşmaktadır. Bu rekabet üretim yapan işletmelerin yapabilirliklerinin ve performanslarının hesaplanması ihtiyacını önemli oranda artırmış ve ekipmanlarının maksimum üretim düzeyine ayak uydurabilmesi için planlı bakım faaliyetlerinin oluşturulması gerektiğini ortaya koymuştur. Toplam Ekipman Etkinliği (Overall Equipment Effectiveness - OEE) bu konuda işletmelere yön veren en önemli parametrelerden biridir. Üretim kapasitesi ve yapılabilirliğin artırılabilmesi açısından yön gösterici bir parametre olan Toplam Ekipman Etkinliği bu çalışmanın da temelini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, bir otomotiv fabrikasının üretim proseslerinin kapasiteleri OEE ve standart zaman bazlı hesaplanmış ve OEE değerinin hesaplanması, yorumlanması, maksimize edilmesi, OEE'nin ve kapasitenin arttırılması için robotik sisteme geçilmesi çalışmalarına değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevrim Zamanı/İş Etüdü, Kapasite Hesabı, OEE (Toplam Ekipman Etkinliği), Robot.

AUTOMATION IMPROVEMENT OF THE PAINTING PROCESS IN THE AUTOMOTIVE SECTOR

ABSTRACT

The ability to measure the performance and success of the applications made in production has become very important in today's conditions. Competitive markets are formed by the increase in sales actions based on predictable production numbers. This competition significantly increased the need to calculate the feasibility and performance of the manufacturing enterprises and showed that planned maintenance activities should be established in order to keep the equipment up to the maximum production level. Overall Equipment Effectiveness (OEE) is one of the most important parameters that guide businesses in this regard. Total Equipment Efficiency, which is a guiding parameter in terms of increasing production capacity and feasibility, forms the basis of this study. In this study, the capacities of the production processes of an automotive plant are calculated on the basis of OEE and standard time and the studies on the calculation, interpretation, maximization of OEE value, and transition to the robotic system for increasing the capacity of OEE are mentioned.

Keywords: Cycle Time/Work Study, Capacity Calculation, OEE (Overall Equipment Effectiveness), Robot.

GİRİŞ

Sanayi devrimi ile birlikte üretimin artması pazar koşullarını değiştirmişken, zaman geçtikçe gelişen teknoloji sayesinde üretim yapmanın yanı sıra kaliteli, hızlı, esnek, kontrol edilebilen üretimlere ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır.

Günümüz teknolojisi insanların artan ihtiyaç ve gereksinimleri doğrultusunda gelişmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle rekabetçi bir ortam oluşurken insanlar da zaman geçtikçe bilinçlenmektedir. Bilinçli toplum da aynı zamanda rekabetçiliği arttırmaktadır. İnsanlar istedikleri ürünün görselliğine, işlevselliğine, kalitesine, firmanın ürün için verdiği garantiye, fiyatının uygunluğuna gibi birçok özelliğine bakarak ve karşılaştırma yaparak almaktadırlar.

Kaliteli parçayı, en iyi performans ve en az duruşla alabilmek için gereken hesaplamaları yapmak, bunları takip etmek ve sürekli gelişebilmek için yeni gelişimlere ayak uydurarak rakiplerinin önüne geçilebilmektedir.

Gelişen çağa ayak uydurabilmek, müşteri isteklerini hızlı karşılayabilmek ve rekabetçi dünyada ayakta kalabilmek adına insanlarla uyumlu çalışabilen robotlar endüstri alanına giriş yapmıştır.

Endüstri 4.0; akıllı, bağlantılı ve merkezi olmayan bir üretime yol açan dördüncü sanayi devrimini anlatıyor. Genel amaç; maliyet, zaman verimliliğini arttırmak ve ürün kalitesini arttırmak, ki bu da uygun teknolojilerin yanı sıra yöntem ve araçların geniş bir şekilde anlaşılmasını gerektirir.

1. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde tez araştırmaları ve çalışmaları boyunca incelenen gelişmeler, kullanılan yöntemler ve geçmişte bu konuda yapılmış olan çalışmalardan bahsedilecektir.

1.1. Robotik Sistem

Modern endüstriyel robotlar uygulaması, üretim maliyeti, performans ve sürdürülebilirlik konularının daha iyi yönetilmesine katkıda bulunmuştur. Sürdürülebilir kalkınma için robotik, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki araştırma ve endüstrinin hem katkıda hem de fayda sağlayabileceği heyecan verici bir sorun olmaya devam etmektedir [1]. Üretimde, robotları kullanarak sürdürülebilirlik kazanımları yardımcı olabilir. Yeni bir göreve adapte olabilir; sınırlı değişkenliği otomatik olarak telafi etmek; Toplantı güvenliği gereksinimleri ve atölye çalışanları tarafından kolayca programlanabilme yeteneği [2].

Endüstriyel robotlar birçok endüstriyel uygulama için kullanılmıştır. Motoman'a göre endüstriyel robotların bu kabulünün nedenleri Tablo 1.1'de özetlenmiştir [3]. Üretimde sürdürülebilirlik uygulamalarına destek, tam robotik otomasyon uygulanarak artırılabilir. Robotik tarafından sunulduğu gibi [4], robotik elleçleme işlemleri (makine eğilimi, paletleme ve kalıplama) %38 üretim operasyonunu oluşturmaktadır. Ayrıca robotik kaynak, robotik montaj (pres-montaj, takma ve sökme), robotik dağıtımı (boya, yapıştırma ve püskürtme), robotik işleme (lazer ve su jeti kesim) %29, %10, %4 ve %2 sırasıyla.

Endüstriyel robotun, enerji tüketiminde net bir artıştan sorumlu olduğu konusunda yaygın bir düşünce vardır [5]. Bu izlenim doğru olmayabilir çünkü; kış aylarında, insan işgücünün aksine, robotların kullanılmasıyla fabrika katında ısıtma gerekli olmadığından ve robotların parlak bir ışıkta çalışması gerekmediğinden önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır.

Robotlar yüksek hassasiyet ve tekrarlanabilirlik sergiler, ağır yükleri kaldırabilir ve zor veya tehlikeli ortamlarda bile performans bozulmadan çalışabilirler. Bununla birlikte, robot kontrol sistemleri tanıma ve işleme konusundaki sınırlarına hızla ulaşmaktadır [6].

Tablo 1.1. Endüstriyel robotların kabul edilme nedenleri [3]

No	Pazar hızını arttırmak	Değişen taleplere göre ölçeklendirme ve uyarlama	Tutarlı kalite sağlama	Maliyet düşürme ve katma değer yoluyla yatırım getirisi
1	Görev manuel yöntemlere göre daha hızlı gerçekleştirilir.	Robotlar, yeteneklerini genişleten yazılım ve algı teknolojisi sayesinde daha fazla iş yapmaktadır.	Robotik hareketler tutarlı, odaklanmış ve yüksek hassasiyetlidir.	Robotun yüksek verimliliğinden doğan ürün ve kar satışlarının artması nedeniyle kişi başı maliyet hızlı bir şekilde geri kazanılabilmektedir.
2	Endüstriyel robot, kalifiye işçiyi daha karmaşık bir iş gerçekleştirerek serbest bırakarak zamandan ve paradan daha iyi faydalanır.	Programlama robotları geçmişte olduğundan daha kolay hale gelmiştir, böylece programcılar şirket içinde kaynaklanabilir ve yönlendirilebilir.	Yorgunluk nedeniyle bir vardiyada veya iş haftasında geç kalma eğiliminde olan verimlilik kaybını ve yeniden çalışmayı önler.	Robotik sistemler için eğitim ve bakım maliyeti, personelden daha düşüktür.
3	Yönetimin gözetimini azaltan tutarlı ve öngörülebilir verimlilik sağlarlar.	Bir robot geçiş süresini, eğitimi ve alan gereksinimlerini kolaylaştıran tek bir kurulumda sayısız görevi otomatikleştirebilir.	Kalite, kalifiye işçi bulmakta zorluk çekmeden artar.	Bir robotun yaşam döngüsü, kırılma eşiğinin ötesine geçebilir.
4	24 saatlik production döngüsü robotiğin üretim maliyetinin düşürülmesine ve daha iyi bir sürdürülebilirliğe yardımcı olmasının iyi bir avantajıdır.	Görevin hızını / ölçeğini çarpmak için tek bir denetleyiciye daha fazla robot eklenebilir.		Robotlar, geleneksel otomasyon şeklinden farklı olarak çok çeşitli uygulamalar için yeniden konumlandırılma avantajına sahiptir.
5	Ürün süreç değişikliği arasında daha kısa geçiş protokolleri.			Endüstriyel robot kullanımıyla ilişkili yüksek kaliteli üretim ve öngörülebilirlik marjı artırmaya neden olur; bu nedenle, müşterileri kazanmak ve tutmak için müşterileri tutmak için gereken kaldıraç gücü.

Yetenekler ve operasyonel özelliklerdeki boşlukları köprüleyebilen teknolojilerle artık robotları potansiyel olarak tehlikeli araçlar yerine iş birliği yapan ortaklar olarak kullanmak mümkün hale gelmektedir [7].

Endüstrilerin kalite seviyelerini, hassasiyet ve tekrarlanabilirlik açısından arttırmak, parçanın operasyonlardan çıkış süresini azaltmak, gerçekleştirilen işlemlerin izlenebilirliğini sağlamak ve operatörlerin ergonomik stresini azaltmak (örneğin, uygulanan fiziksel gücü azaltarak) endüstri 4.0'ın başlıca kazandırdıklarındandır [8].

Endüstri 4.0 kapsamında, üretim sistemleri akıllı bir seviyeye güncellenir. Akıllı üretim, dinamik ve küresel bir pazara hitap etmek için esnek, akıllı ve yeniden yapılandırılabilir üretim süreçlerine ulaşmak için gelişmiş bilgi ve üretim teknolojilerinden yararlanır [9].

Endüstri 4.0, bir ürünün tüm değer zincirinin yaşam döngüsü boyunca yeni bir organizasyon düzeyini ve düzenlenmesini temsil eder [10]. Endüstri 4.0 gelişimi ile birlikte geliyor olağanüstü performans artışı. Çalışmalar %50'ye varan bir verimlilik

artışı göstermektedir [11] ve Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanan incelenen şirketlerin% 80'inden fazlası verimliliğin artmasına işaret etmektedir [12]. %45'ten fazlası, müşterilerin memnuniyetinin arttığını ve ürün kusurlarında düşüş yaşadıklarını belirtmektedir [13].

Endüstri 4.0 konsepti, fiziksel nesnelerin bilgi ağlarına sorunsuz bir şekilde entegre edildiği bir paradigma kaymasını temsil etmektedir [19; 20]. Bu, tasarım, ürün geliştirme ve üretimin yakından entegre edildiği bilgi paylaşımı için geliştirilmiş altyapıya olanak sağlayabilir. Artan dijitalleşme ile birleştirildiğinde, konsept, ürün ve üretim sistemlerinin tasarlanması için kökten yeni yollar açabilir. Endüstri 4.0 içindeki baskın teknolojilerin BT, elektronik ve robotik olması beklenir [21] ve yüksek düzeyde otomasyona, ayrıca mühendislik, malzeme kullanımı ve yaşam döngüsü yönetimine olanak sağlayan gelişmiş üretim süreçlerini kolaylaştırabilmektedir.

Birçok endüstride, otomatik sistemler ve endüstriyel robotlar yaygındır ve geniş kapsamlı farklı üretim uygulamaları ve süreçlerini kapsamaktadır. Üretim sistemlerinin otomasyonu konusunda lider sanayi sektörleri olarak otomotiv ve elektronik endüstrisi seçilebilir. 2015 yılının sonunda, otomotiv endüstrisindeki endüstriyel robotların operasyonel stoğu yaklaşık 620.000, sanayi ve elektrik sektöründe ise 330.000 civarındadır [14]. Bu iki sektör birlikte tüm operasyonel sanayinin %57'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Bu sayıların önümüzdeki birkaç yıl içinde artması bekleniyor. Bu sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler için, esnek otomasyon teknolojisinin planlanması ve gerçekleştirilmesi, hedef, üretim kapasitesinin iyileştirilmesi [15] veya düşük maliyetli ülkelere dışarıdan tedarik edilmekten kaçınılması için çok önemli bir öneme sahiptir [16]. Bu sektörlerde faaliyet gösteren şirketlerde üretim yöneticileri ve teknisyenleri, 1960'lardan beri endüstriyel robotlarla otomasyon projelerinin nasıl yürütüleceği konusunda önemli bilgi ve deneyime sahip oldular. Başarısız otomasyon projelerinin yanı sıra, başarılı olanlarla birlikte, sorumlu personel ne olduğunu öğrenmiştir [17]. Bununla birlikte, otomasyonun kullanımı konusunda düşük ya da hiç deneyimi olmayan sektörlerde, bir şirket tarafından talep edilen ile gerçekte bu talepleri yerine getirmek için en iyi ve makul olan arasındaki farklar gözlemlenebilir. Şirket liderleri çoğu zaman üretimindeki en karmaşık süreçleri otomatikleştirmekle ilgilenir ve otomasyon

projesini neredeyse gerçekleştirilemez hale getirir [18]. Bu fenomen, başarılı otomasyon projelerini diğer sektör sektörlerinden, çok az otomasyon deneyimine sahip olan ya da hiç olmayan sektörlere kopyalamaya çalışırken görülebilir. İşte Programlama süresi ve maliyeti, ek donanımlar veya personelin yetersiz yetkinliği gibi önemli altta yatan faktörlerin anlaşılmaması, otomasyon projelerini zorlaştırmaktadır. Çoğu durumda, bu durum, yeni teknolojilere yönelik zayıf deneyimlere ve güven kaybına neden olabilir [19]. Otomatik sistemler genellikle işleme operasyonlarının yürütülmesini destekleyen bir tür dijital veri girişine çok yakından bağlıdır. Bu nedenle, otomasyon projeleri genellikle bilişim teknolojileri (IT) projeleriyle birlikte ele alınmaktadır. BT projelerini yürütürken, başarısızlık veya başarı için faktörler kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır [20]. Ancak bu, ancak projelerin sonuçları için önemli etki faktörlerinin bilinmesi nedeniyle mümkündür.

Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme potansiyelini tehlikeye atmadan kendi kendini idame ettiren teknolojiler / metodolojiler geliştirme ve uygulama becerisidir [21]. Modern endüstriyel robotlar uygulaması, üretim maliyeti, performans ve sürdürülebilirlik konularının daha iyi yönetilmesine katkıda bulunmuştur. Sürdürülebilir kalkınma için robotik, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki araştırma ve endüstrinin hem katkıda hem de fayda sağlayabileceği heyecan verici bir sorun olmaya devam etmektedir [22]. Üretimde robotları kullanarak sürdürülebilirlik kazanımları yardımcı olabilir. Yeni bir göreve adapte olabilir; sınırlı değişkenliği otomatik olarak telafi etmek; toplantı güvenliği gereksinimleri ve atölye çalışanları tarafından kolayca programlanabilme yeteneği [23].

Robot enerji tüketimi sürdürülebilirliğin sağlanmasında ilgili bir konudur. Endüstriyel robotun, enerji tüketiminde net bir artıştan sorumlu olduğu konusunda yaygın bir düşünce vardır [24]. Bu izlenim gerekli olmayabilir çünkü; İlk olarak, robotların parlak bir ışıkta çalışması gerekmediğinden çok sayıda yıldırım enerjisi kurtarılır; ikincisi, kış aylarında, insan işgücünün aksine, robotların kullanılmasıyla fabrika katında ısıtma gerekli olmadığından, önemli ölçüde tasarruf sağlanır. Enerji tüketimi kısıtlamaları, tam sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir bileşendir [25].

Endüstri 4.0'a geçişin faydaları; [26]

- Toplam kusur sayısının azalması,
- Çevrim süresinin azalması,
- İletişimin iyileştirilmesi,
- Müşteri ve çalışan memnuniyetinin yükselmesi,
- Üretkenliğin artması,
- Kapasite ve çıktının iyileşmesi,
- Kalite ve güvenilirliğin iyileşmesi.

1.2. OEE (Toplam Ekipman Etkinliği)

Üretim tesislerinin performansını artırmak için kullandığı en etkili ölçüm parametrelerinden birisi, literatürde "Overall Equipment Effectiveness (OEE)" olarak anılan "İşletme Etkinliği" dir. İşletme Etkinliği (OEE); üretimin üç bileşeninden oluşmaktadır. Bunlar; zaman kullanımı, performans ve kalite faktörleri arasında ilişki kuran, üç faktörü optimum noktada sentezleyen ve yönetim imkanı oluşturan bir ölçüm sistematiğidir. Üretim alanlarının yüksek etkinlikte ve verimlilikte çalıştırılmasında yapılan bakım faaliyetlerinin büyük önemi vardır. Planlı bakım sürelerinin etkin bir planlama ile azaltılması ve plansız bakım duruşlarının minimuma düşürülmesi ile, fabrikaların üretim için gereken çalışma süresi arttırılmaktadır. Bu durum tesisin üretme potansiyelini ve buna bağlantılı olarak işletme etkinliğinin (OEE) artmasına neden olmaktadır. "Overall Equipment Effectiveness (OEE)" hesaplama metodu, TPM'in ana ölçüm parametresi olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de "Overall Equipment Effectiveness (OEE)" için standart Türkçe karşılığı tanımlanmadığı için farklı farklı ifadeler kullanılmaktadır. Bu ifadeler şu şekildedir: Toplam Ekipman Etkinliği, Genel Ekipman Verimliliği, Genel Tesis Etkinliği, İşletme Etkinliği vb. Karşılaştırma çalışmaları için uluslararası literatür de tanımlanan ve ayrıca ülkemizde TPM uygulayan şirketler tarafından "Overall Equipment Effectiveness" 'in kısaltması olarak "OEE" harfleri kullanılmıştır.

1.2.1. OEE hesaplamaları

OEE, fabrikaların takip ettiği performans kriterlerinde en önemli değerlerinden biridir. OEE'nin hesaplanması için 3 çarpana ihtiyaç duyulmaktadır.

OEE ve çarpanlarının hesabında Denklem 1.1, 1.2, 1.3 ve 1.4' de gösterilen formüller kullanılmaktadır.

OEE = NÇO x PO x KO (1.1)

OEE : Overall Equipment Effectiveness

NÇO : Net Çalışma Oranı (Availability rate)

PO : Performans Oranı (Performance rate)

KO : Kalite Oranı (Quality rate)

Net Çalışma Oranı; üretim için kullanılan net zamanın işletme saatine oranıyla hesaplanmaktadır.

Net Çalışma Oranı = Net Çalışma saati / İşletme Saati (1.2)

Performans Oranı; tesisin kapasite kullanım etkinliğini, küçük duruşları, üretim hızını, ve üretim düşüşüne sebep olan faktörleri göstermektedir.

Performans Oranı = Fiili Üretim / Optimum Kapasite (1.3)

Performans oranı eşitliğinde; fiili üretim olarak, hesap yapılan zaman dilimi içerisinde yapılan fiili üretim miktarıdır.

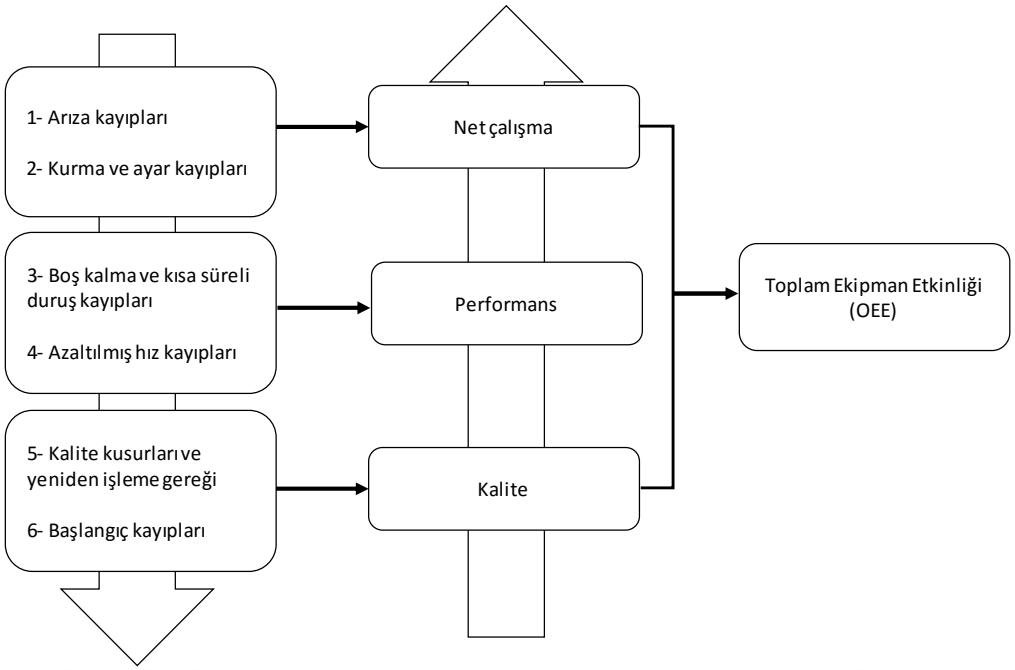
Optimum kapasite değeri ise,

Maksimum üretim > Tesisin dizayn kapasitesi ise, payda maksimum üretim

Maksimum üretim < Tesisin dizayn kapasitesi ise, payda dizayn kapasitesi olarak alınmaktadır.

Kalite Oranı; prosese hâkimiyeti ve kaliteyi bir defada yakalayabilme yeteneğini gösterir. Kalite kusuru olmayan ürün miktarının toplam üretim miktarına oranı veya müşteri ile birlikte tanımlanan kalite kriterlerine uygunluk oranı olarak tanımlanır.

Kalite Oranı = Kaliteli Üretim Miktarı / Toplam Üretim Miktarı (1.4)



Şekil 1.1. Kalite Oranı

1.2.1.1. OEE tablosunda yer alan kalemlerin açıklanması

OEE'yi hesaplarken kullanılabilirlik, performans ve kalite olan 3 çarpana Tablo 1.2. de bulunan formun her kalemi doldurarak ulaşılmaktadır. Formda bulunan tüm kalemlere süreler girildiğinde OEE hesaplaması yapılmaktadır.

Tablo1.2. Boş OEE Formu

A	**TOPLAM ZAMAN**			dk.	
	B	ÇALIŞILMAYAN GÜNLERDEN KAYIP		dk.	
		B1	ÇALIŞILMAYAN GÜNLER	dk.	
		B2	OLAĞAN DIŞI OLAYLAR	dk.	
	C	MAKİNENİN UYGUN OLMAMASI		dk.	
D	**ÜRETİM İÇİN UYGUN OLUNAN ZAMAN**			dk.	
	E	PROGRAMLI DURUŞLAR		dk.	
		E1	PROGRAM DIŞI MAKİNE ZAMANI	dk.	
		E2	ÇAY & SENDİKA İZİNLERİ	dk.	
		E3	YEMEK	dk.	
	F	ORGANİZASYONEL KAYIPLAR		dk.	
		F1	PLANLI EKSİKLİKLER	dk.	
		F2	KORUYUCU BAKIM	dk.	
		F3	ENDÜSTRİLEŞME	dk.	
G	**ÜRETİM İÇİN PROGRAMLANMIŞ ZAMAN**			dk.	
	H	ÜRETİME ELVERİŞLİ OLMAYAN KAYIPLAR		dk.	
		H1	**MAKİNE ARIZALARI**	**dk.**	
		H2	**EKİPMAN DEĞİŞİMİ / SETUP**	**dk.**	
		H3	**İŞ SONU İŞ BAŞI**	**dk.**	
		H4	**MALZEME BEKLEME**	**dk.**	
		H5	**KALİTESEL DURUŞLAR**	**dk.**	
		H6	**MALZEME DEĞİŞİMİ**	**dk.**	
		H7	**PLANSIZ**	**dk.**	
I	**ÇALIŞMA ZAMANI**			dk.	
	K	DÜŞÜK PERFORMANS KAYIPLARI		dk.	
		K1	HIZ KAYBI	dk.	
		K2	KÜÇÜK DURUŞLAR	dk.	
L	**ETKİLİ ÇALIŞMA ZAMANI**			dk.	
	M	ISKARTA KAYIPLARI		dk.	
		M1	TEKRAR İŞLEME	**%**	
N	**BEYAN EDİLMİŞ KAYIPLAR**			dk.	
O	**BEYAN EDİLMEMİŞ KAYIPLAR**			dk.	
P	**TOPLAM KAYIPLAR**			dk.	
Q	**DEĞERLİ ÇALIŞMA ZAMANI**			dk.	
	Q1	ÜRETİM MİKTARI		**adet**	
	Q2	STANDART ZAMAN		**dk./adet**	

Tablo 1.2. (Devam) Boş OEE Formu

OEE	
H1 - MAKİNE ARIZALARI	
H2 - EKİPMAN DEĞİŞİMİ / SETUP	
H3 - İŞ SONU İŞ BAŞI	
H4 - MALZEME BEKLEME	
H5 - KALİTESEL DURUŞLAR	
H6 - MATERIAL CHANGE	
H7 - PLANSZ	
K1 - HIZ KAYBI	
K2 - KÜÇÜK DURUŞLAR	
M -ISKARTA KAYIPLARI	
M1 - TEKRAR İŞLEME	-
O - BEYAN EDİLMEMİŞ KAYIPLAR	
TEEP	
E1 - PROGRAM DIŞI MAKİNE ZAMANI	
E2 - ÇAY & SENDİKA İZİNLERİ	
E3 - YEMEK	
F1 - PLANLI EKSİKLİKLER	
F2 - KORUYUCU BAKIM	
F3 - ENDÜSTRİLEŞME	
OEE KAYIPLARI	

A Toplam Zaman: Tam bir gününün değeridir.

B1 Çalışılmayan Günler: 1 Tam gün 1440 dakika olmak üzere; güne ait yük süresi yük süresi verilmemiş zamanın değeridir.

B2 Olağan Dışı Olaylar: Olağan dışı durumlar sonucu çalışılmayan zamanın değeridir

B Çalışılmayan Günlerden Kayıp: B1+B2

C Makinenin Uygun Olmaması: Bakımdan dolayı üretime uygun olmayan makinelerin değerini ifade eder.

D Üretim İçin Uygun Olunan Zaman: Üretim için kullanılabilen zamanın değeridir. (A-(B+C)) (1.5)

E1 Program Dişi Makine Zamanı: Program verilmemiş zamanın değeridir.

E2 Çay & Sendika İzinleri: Operatör dinlenme süresi (çay gibi) ve sendikal haklar gereğince çalışılmayan sürenin değeridir.

E3 Yemek: Operatörlerin yemek zamanını ifade eder.

E Programlı Duruşlar: E1+E2+E3 (1.6)

F1 Planlı Eksiklikler: Planlı olarak yapılan devamsızlık zamanının değerini verir.

F2 Koruyucu Bakim: Önleyici bakıma ayrılan sürenin değeridir.

F3 Endüstrileşme: Bir ölçünün seri üretime geçmesi için yapılan provalardan dolayı harcanan zamanın değeridir.

F Organizasyonel Kayıplar: Tesisin kendine has izinlerinden, çalışılmayan sürelerinden kaynaklanan zamanın değeridir. (F1+F2+F3) (1.7)

G Üretim İçin Programlanmış Zaman: Üretim için programlanan zamanın değeridir. (D-(E+F)) (1.8)

H1 Makine Arızaları: Makine / Teçhizat arıza süresinin değeridir.

H2 Ekipman Değişimi / Set up: Ekipman / ölçü ayarından ve değişiminden kaynaklanan sürenin değerini ifade eder.

H3 İş Sonu İş Başı: Malzeme değişimi olmadan rutin değişimlerden kaynaklanan kayıp sürenin değeridir.

H4 Malzeme Bekleme: Malzeme beklemesinden kaynaklı süre kayıplarının değerini ifade eder.

H5 Kalitesel Duruşlar: Kalitesizlik nedeniyle verilen kayıp sürenin değeridir.

H6 Malzeme Değişimi: Malzeme değişiminden dolayı kaynaklanan kayıp sürenin değeridir.

H7 Plansız: Operatörün plansız bir şekilde işe gelmemesi nedeni ile oluşan kayıp sürenin değeridir.

H Üretime Elverişli Olmayan Kayıplar: H1+H2+H3+H4+H5+H6+H7 (1.9)

I Çalışma Zamanı: Çalışma süresini ifade eder. (G-H) (1.10)

K1 Hız Kaybı: Makin e/ Teçhizatın istenilen hızdan daha yavaş çalışmasından dolayı oluşan kayıp sürenin değeridir.

K2 Küçük Duruşlar: Kısa duruşların sebep olduğu süre kaybının değeridir.

K Düşük Performans Kayıpları: K1+K2 (1.11)

L Etkili Çalışma Zamanı: Üretim zamanının verimli kullanıldığı sürenin değeridir.

(I-K) (1.12)

M Iskarta Kayıpları: Iskartalardan dolayı kaybedilen sürenin değeridir.

N Beyan Edilmiş Kayıplar: Beyan edilen kayıpların toplamını ifade eder.

O Beyan Edilmemiş Kayıplar: Beyan edilmeyen zamanların değeridir.

P Toplam Kayıplar: Toplam kayıp sürenin değeridir.

Q1 Üretim Miktarı: Makinenin ürettiği toplam adettir.

Q2 Standart Zaman: Ürüne ait standart zamanını ifade eder.

Q Değerli Çalışma Zamanı: Üretim süresi ile bir ürün için standart zamanının çarpılması ile elde edilmiş üretim süresinin değeridir. (Q1*Q2) (1.13)

OEE: Değerli Çalışma Zamanı / Üretim için Programlanmış Zaman ı ifade eder. (Q/G) (1.14)

OEE ölçümü, bir makinenin veya entegre olmuş üretim sisteminin verimliliğini analiz etmenin etkili bir yöntemidir. Performans oranı, kullanılabilirlik, ve kalite oranının bir işlevidir. Kısacası, üç boyut ekipman kayıplarının ölçümleridir. Uygulamada OEE, üç katkıda bulunan faktörünün ürünü olarak hesaplanmaktadır [10].

OEE = Kullanılabilirlik x Performans x Kalite (1.15)

Nakajima'ya göre [13], OEE hesaplanması; tek bir makinenin verimliliğini analiz etmenin etkili bir yöntemidir. OEE, uygulamaların öncesinde ve sonrasında tüm makineler için Tablo 1.3.' de gösterilen hesaba göre hesaplanmaktadır [11].

Tablo 1.3. OEE Hesabı [11]

A	Vardiya süresi
B	Planlanan duruş süresi
C	Üretim zamanı (A-B)
D	Üretim zamanındaki kayıplar
E	Operasyon süresi (C-D)
F	Kullanılabilirlik (E/C) x 100
G	Çıktı
H	Makine hızı
I	Beklenen çıktı (HxE)
J	Etkenlik (Gx100)/I
K	Iskartaya çıkan
L	Kalite ((G-K) x 100)/G

OEE için etkili üretimin gereklilikleri: (1) planlanan üretim süresi boyunca çalışacak ekipman, (2) parçaları (en uygun) hızda üretecek ekipman ve (3) spesifikasyonlara göre üretilecek parçalar olarak 3 ana başlıktan oluşmaktadır. OEE'de, her biri sırasıyla; performansını göstermek için bir yüzde değeri atanan kullanılabilirlik (A), performans (P) ve kalite (Q) faktörü olarak kullanılır. Ayrıca, bu faktörler, belirli bir üretim sistemindeki bir ekipmanın etkinliğinin genel bir ölçüsünü temsil eden OEE'yi [11] hesaplamak için kullanılır. OEE'de bu faktörler, ekipmanın üretildiği, üretim için mevcut olduğu veya sadece mevcut olmadığı zamanın bir fonksiyonudur. OEE'de ele alınan farklı süreler: Fabrikanın kapalı olduğu süre (I), planlı aksama süresi (II), plansız duruş süresi (III), hız kayıpları ve küçük duruşlar (IV) ve kalite kayıpları (V), denklem 1.16, 1.17, 1.18 ve 1.19'da belirtildiği gibi hesaba katılmaktadır. Öncelikle denklem 1.17'yi kullanarak kullanılabilirlik faktörünü, denklem 1.18'i kullanarak performans faktörünü, denklem 1.19'u kullanarak kalite

faktörü hesaplanmaktadır. Daha sonra bu üç denklemden çıkan sonuçlar denklem 1.16 kullanılarak OEE hesabı yapılmaktadır.

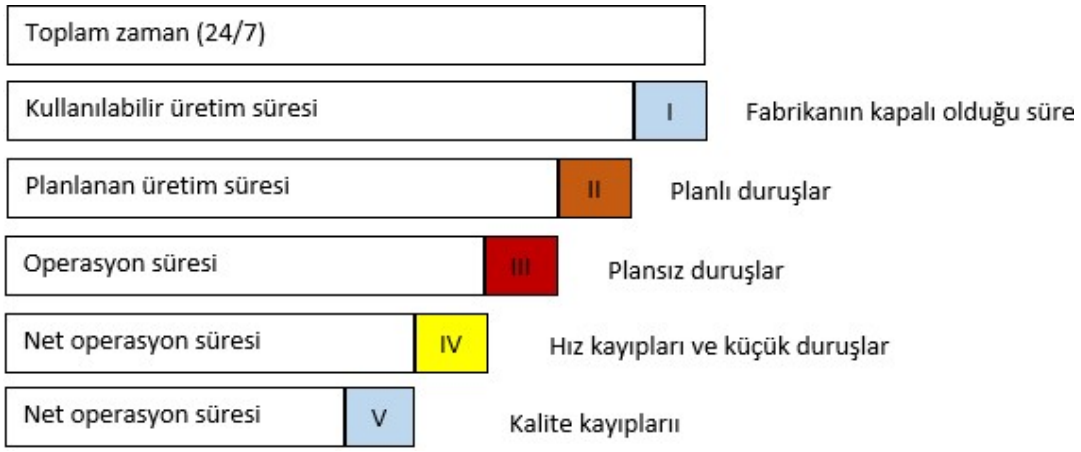
$$\text{OEE} = \text{Kullanılabilirlik} \times \text{Performans} \times \text{Kalite} \quad (1.16)$$

$$\text{Kullanılabilirlik} = \left(\frac{\text{Operasyon süresi}}{\text{Plananan üretim süresi}}\right) \times \%100 \quad (1.17)$$

$$\text{Performans} = \left(\frac{\text{Net operasyon süresi}}{\text{Operasyon süresi}}\right) \times \%100 \quad (1.18)$$

$$\text{Kalite} = \left(\frac{\text{İyi parça}}{\text{Toplam üretilen parça}}\right) \times \%100 \quad (1.19)$$

OEE'nin ilerlemeleri, 1990'lar ve 2000'nin başında başlamıştır. Birçok şirkette uygulamaya konulmaya başlandı ve konu akademik çevrede popüler hale geldi. OEE 'ye ilk büyük katkı, Raouf tarafından 1994'te yapılmıştır. Raouf, kullanılabilirlik, performans ve kalitenin faktörlerinin eşit derecede önemli olmayabileceğini ve bunların her birine ağırlık katacağını ifade etmektedir. [27]. Raouf da bir ayrım yapar. Ayrık operasyon tipleri ve sürekli operasyon türleri arasında her ikisi de etkinlik ölçümü için uygun hedefler olduğundan, yöntemi üretim ekipmanı etkinliği olarak kabul edilmiştir [27].



Şekil 1.2. OEE hesabında zamanların değerlendirilmesi

Üretkenlik, üretim için önemli olan yaygın olarak kullanılan başka bir operasyonel ölçüt olarak kabul edilmektedir. Üretimin bağlamında, verimlilik hedeflenen üretim sürecinin girdi-çıktı ilişkisini gösterirken, OEE hedeflenen sürecin kullanılabilirliğini, performansını ve kalite düzeylerini bir araya getirir. Verimlilik, çeşitli tanımlar içinde gelir ve çoğu zaman araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından

OEE ölçüsüne bağlanır. Huang ve diğ. [10], Genel Verimlilik Etkinliği (OTE) ve Çevrim Süresi Etkinliği (CTE) dahil olmak üzere verimlilik ölçümlerinin OEE' ye dayanarak türetilebileceğini iddia etmektedirler. Charkavarthy ve diğ. [28], bir X faktörü ile birlikte OEE'ye dayanan Genel Ekipman Verimliliğini (OEP) ölçen bir veriye dayanmaktadır.

Bir başka kaynakta OEE'nin üç çarpan tarafından belirlenen ve yüzde olarak ifade edilen bir kavramdır denerek çarpanları; yükleme seviyesi, performans seviyesi ve kalite seviyesi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1.3. OEE çarpanları ve altı büyük kayıp arasındaki ilişki [29]

TPM veya OEE çalışmasının temel amacı altı büyük kaybın ortadan kaldırılarak tesis ve makine etkinliklerinin arttırılmasıdır. Bu altı büyük kayıp, üretimde verimlilik düşüşünün ve önemli mali sonuçların kaynağıdır. Bu kayıplar şunlardır;

•Arıza kayıpları,
•Kurma ve ayar kayıpları,
•Atıl kapasite ve kısa süreli duruş kayıpları,
•Azaltılmış hız kayıpları,
•Kalite hataları ve yeniden işleme gereği,
•Yol verme ve üretim kayıpları (makinenin çalıştırıldığı andan istikrarlı üretim düzeyine ulaşıncaya kadar geçen süre içindeki üretim kayıpları).

1.3. İş Etüdü

1.3.1 İş etüdünün amaçları

Mal veya hizmet üreten tüm üretim sistemlerinde iş etüdünün kullanılmasının nihai amacı, verimliliği artırmaktır. Bu sonuca ulaşılması için birtakım alt amaçların gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu amaçlar gerçekleştirilmeye çalışılırken uyulması gereken temel varsayımlardan biri de işlerin tanımlı fonksiyonlarından herhangi bir kayba izin verilmemesi gereğidir. Böylece, tanımlanmış bir iş ile ilgili faaliyetler, bu işin yapılmasından beklenen fonksiyonlar dikkate alınarak değerlendirilirler. Söz konusu amaçlar bu görüşler ışığında aşağıdaki gibi ele alınabilirler:

Uygun çalışma yöntemlerini standartlaştırmak: Bu amaçla gerçekleştirilmeye çalışılan, uygun olduğuna karar verilen yöntemin anımsanması ve standartlaştırılmasıdır. Tanımlamaktan amaç, işin yapılış biçimini formal olarak belgelemektir. Standartlaştırmada ise işin yapılış biçimi, kişiye ve zamana bağlı olmaksızın hep aynı hareketle sağlanmaya çalışılır. Böylece tanımlanmış ve standartlaştırılmış bir işin kim tarafından ve ne zaman (örneğin hangi vardiyada) yapıldığı, işin yapılışı sırasındaki hareketler itibarıyla fark etmez. Bunun için genellikle iş, ayrıntılı biçimde tanımlanabilecek parçalarına (faaliyetlere ve daha alt düzeyde hareketlere) ayrılır.

İş ile ilgili doğru zaman standartlarını saptamak: İş etüdünün nihai amacı olan verimliliği artırmanın analitik ifadesi, bu amacın gerçekleştirilmesi ile sağlanır. İşe uygun nitelik taşıyan işçinin belirli bir faaliyeti normal hızda ne kadar standart zamanda yapabileceği tespit edilmekle ilgilidir. Sistemdeki faaliyetlerin zaman standartlarının hesaplanmasıyla planlama, programlama, maliyetlerin tahmini, işçi ücretlerinin kontrolü ve teşvikli ücret sistemlerinin oluşturulmasına yönelik çalışmalar için temel girdi bilgilerden biri elde edilmiş olmaktadır.

Üretimde kullanılan faktörlerden yararlanma oranını artırmak: Verimlilik artışının ana göstergelerinden biridir. İş etüdü çalışmaları sonucunda, başta emek olmak üzere diğer üretim faktörlerini de kapsayacak şekilde yararlanma oranı yükselir. Bu artış, aynı çıktıyı daha az faktör ile elde etmek veya aynı faktör kullanımı ile daha fazla çıktı elde etmek şeklinde ortaya çıkmaktadır.

İşgücünü eğitmek: Uzun ve yorucu bir çaba gerektiren iş etüdünden beklenen sonuçların elde edilmesi için her şeyden önce bu çalışmayla ilgili tüm çalışanların eğitilmesi gereklidir. Bu eğitimin üç ana boyutu vardır; etüdü gerçekleştirecek analistin eğitimi, etüt sonuçlarını uygulayacak işçilerin eğitimi ve yöneticilerin eğitimi.

Mevcut çalışma koşullarından daha iyi çalışma koşullarına geçme: Yukarıda belirtilen amaçların yanı sıra iş etüdünün dolaylı bir amacı da çalışma koşullarını iyileştirmektir. Fiziksel açıdan bu, özellikle, ergonominin desteğinde gerçekleştirilir. Diğer taraftan iş barışı açısından iş değerlendirme, ücretlendirme, iş zenginleştirme ve motivasyon gibi yönetim teknikleri ile birlikte önemli bir yere sahiptir.

Bunlar ve benzeri amaçlarla ulaşılmaya çalışılan nihai amaç, iş etüdünün bölümleri itibariyle değerlendirildiğinde aşağıdaki şekil yardımıyla gösterilebilir.

1.3.2 İş etüdünün aşamaları

Taylorizm olarak da bilinen iş Etüdü bilimsel yönetim prensiplerini uygulayarak verimliliği artırmaya yönelik problemleri çözmeye çalışmaktadır. Doğal olarak tekniğin kendine özgü yapısı gereği bu adımların sayısı değişecek fakat temel felsefe korunacaktır. İş ölçümü ve metot etüdü bölümlerini kapsayan tam bir iş etüdü çalışması, sekiz ana aşamadan oluşur.

1. Etüdü yapılacak sürecin ya da işin seçimi.
2. Seçilen işin ya da süreçle ilgili bilgilerin toplanması ve uygun kayıt ortamlarına kaydedilmesi.
3. Kaydedilen olayların eleştirel bir gözle irdelenmesi ve incelenmesi.
4. Analiz sonucunda en ekonomik yöntemin geliştirilmesi.
5. Geliştirilen yöntemin içerdiği iş miktarının ve standart zamanın hesaplanması.
6. Yeni yöntemin ve buna bağlı olarak standart zamanın tanımlanması.
7. Yeni yöntemin ve sürenin onaylanarak, standart uygulama olarak sisteme yerleştirilmesi.
8. Yeni standartların iyi bir denetimle sürdürülmesi.

Sayılan aşamalardan 1., 6., 7. ve 8. aşamalar metot etüdü ve iş ölçümü için ortak aşamalardır. 2., 3. ve 4. aşamalar ise doğrudan metot etüdüyle ilgiliyken 5. aşama iş

ölçümüne aittir. Görüldüğü gibi bu 8 ana aşamayı, ilgi alanları itibariyle iş etüdünün bölümlerine göre tasnif etmek mümkündür. Ancak her bir bölümün kendine özgü ve daha detaylı adımlar süreci mevcuttur [35].

1.4 Ergonomi

Ergonomi; insan ve çalışma çevresi arasındaki ilişkinin bilimsel etüdüdür. Yani ergonomi; insan, teknik ve çevre uyumunun temel kurallarını ortaya koyan, disiplinler arası bir bilim dalıdır [29].

Diğer bir tanıma göre ise ergonomi; çalışma çevresi ve içerdiği tüm sistemleri, insanın psikofizyolojik ve sosyokültürel tüm kapasite ve limitleriyle uzlaştırarak, üretim açısından verimliliğe ulaşmayı amaçlayan, uygulamalı bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır [30]. Temelde iş-insan ilişkilerinin bilimsel platformda değerlendirilmesini hedefleyen Ergonomi kelimesi yunanca da iş anlamına gelen "ergo" ile yasalar anlamına gelen "Nomos" kelimelerinden üretilmiştir. Çok disiplinli çalışma alanına sahip oluşundan dolayı oluşan sorunları gidermek için İngiltere'de kurulan Ergonomi araştırma konseyi 1961 yılında uluslararası ergonomi derneği adını alarak günümüzde de çalışmalarını devam ettirmektedir [31].

Ergonomi; güvenli, üretken, rahat ve etkili, insan kullanımı için, insan yetenek, davranış, sınır değerleri gibi diğer özellikleri hakkındaki bilgileri ortaya çıkararak ve mevcut araç, makine, sistem, iş ve çevrelerin tasarımına uygular. Sistem yaklaşımını benimseyen bu bilim dalı insan ve makine arasındaki ilişkiyi araştırarak çalışanın refahını, güvenliğini, performansını ve aynı zamanda da iş verimini artırmaya yönelen çok disiplinli bir bilim dalıdır. Ergonomi, insanlar ve insanlar tarafından işte ve günlük yaşamda kullanılan her türlü ürün, ekipman, yöntem gibi tüm çevresi ile iletişime odaklıdır [32]. Çalışan insanın davranış ve reaksiyonlarını, iş yeri koşulları, çalışma metotları, çalışma temposu, vardiya sistemleri, iş değişimi, yorgunluk, iş güvenliği, iş psikolojisi, iş hijyeni, iş stresi, iş doyumu, iş hevesi gibi birçok fizyolojik ve psikolojik faktör etkilemektedir [33].

Hiç şüphesiz işgücü verimliliğinin artmasında veya azalmasında diğer faktörlerin yanında ergonomik faktörlerin etkisi çok daha fazladır. Çalışma ortamı, yeri ve hava koşulları aydınlanma, titreşim, ses, çevre sıcaklığı gibi fiziksel faktörler çalışanların

daha sağlıklı, güvenli ve verimli çalışabilmeleri açısından son derece büyük öneme sahiptir [34].

Günümüzde önemli sorunlardan birisi de gerek üretim sırasında gerekse de hem üretim öncesi hem de üretim sonrası gerçekleştirilen faaliyetlerde pek çok sayıda maddenin neden olduğu tozlar ve toksit maddelerdir. Özellikle, meslek hastalıklarının %70'i tozlardan ve toksit maddelerden ileri gelmektedir. Tozlar, önemli ölçüde solunum fonksiyonu kayıplarına ve alerjik rahatsızlıklara; toksit maddeler ise kanserojen etki ve hatta erken ölüme kadar tedavisi olanaksız pek çok ciddi rahatsızlıklarına sebep olmaktadır [36]. Çalışanları zararlı toz ve toksit maddelerden korumak için bunların havadaki miktarlarının azaltıcı havalandırma ve toz emme sistemlerinin kurulması, çalışanlara maske, eldiven, koruyucu gözlük ve giysi kullanmaları sağlanmalıdır.

2. UYGULAMA

2.1. Novares Grubu

1955 yılında Fransa'da kurulmuştur. İlk otomobil parçasını 1964 yılında üretmiştir. Dünyada toplam 21 ülkede 42 farklı fabrikası bulunmaktadır. Aynı zamanda 12 tane Arge merkezi vardır. Tüm otomobil ana sanayiye parça üretmektedir. Ürettiği parçaların %27'si dış parçaları, %30'u motor parçaları ve %43'ü iç parçaları oluşturmaktadır.

Türkiye fabrikası ilk olarak 1993 yılında İzmir'de kurulmuş olup daha sonra 2000 yılında Gebze'ye taşınmıştır. 30000 metrekare dış alan 16500 metrekare iç alandan oluşmaktadır. Ana sanayide bulunan önemli markalara plastik parça üretmektedir. Ürettiği parça tipleri iç, dış plastik parçalar ve motor parçalarıdır. Üretim üç farklı bölümden oluşmaktadır. Enjeksiyon, boyahane ve montaj olmak üzere üç ana üretim bölümü bulunmaktadır. Yaklaşık 450 kişi çalışmaktadır. Aynı zamanda tesiste Arge merkezi de bulunmaktadır. Dünya da bulunan çeşitli ülkelerdeki fabrikalarda yapılacak projelere destek vermektedir ve inovasyon çalışmaları yapılmaktadır.

Granür halinde gelen hammadde enjeksiyon makinelerinde eriyik hale getirilerek kalıbın için enjekte edilir ve belirlenen parametreler doğrultusunda eriyik hammadde kalıbın şeklini alır. Daha sonra enjeksiyon makinesindeki kalıp açılır ve içinde oluşan plastik parça robot eli yardımı ile alınarak konveyöre bırakılır. Operatörler tarafından çalışma istasyonuna gelen parçaya yapılması gerekenler yapılarak pakete yerleştirilir ve boyanacaksa boyahane bölümünün önündeki stok alanına, montajlanacaksa montaj bölümü önündeki stok alanına ya da direk sevkiyat alanına gönderilerek stoklanır. Parça girmesi gereken tüm proseslere girdikten sonra sevkiyat alanında stoklanır. Lojistik operatörleri tarafından sevkiyata hazır hale getirilen parçalar kamyona yüklenerek müşteriye sevk edilir.

2.2. Problemin Tanımlanması

Fabrikamızın boyahane bölümünde boyanıp çıkan parçalar müşterinin belirlediği standartlara göre kontrol edilmektedir. Boyalı parçalar kontrol edildiğinde standartları karşılamayan parçalar hurda kutusuna atılır. Parçalar operatörler tarafından manuel el tabancalarıyla boyandığı için standart boyanamamaktadır. İnsana bağlı çalışma olduğu için operatör bazında hurda oranları değişmektedir. Bilindiği gibi gece vardiyalarında operatörlerin dikkati azaldığından gece vardiyalarında da hurda oranları diğer vardiyalara göre yüksektir. Boya prosesinin standart olamayışından oluşan kalitesizlik problemi yüzünden hurdaya ayrılan parçalar çöpe atılmaktadır. Müşterinin istediği sipariş adedi, hurdaya atılan parçalar yüzünden hesaplanan sürede karşılanamamaktadır. Sipariş adedini karşılamak için hurdaya ayrılan parça kadar parça tekrar boyanmaktadır. Hurda oranlarının yüksek olması nedeniyle boyanacak parça sayısı müşteri siparişinden fazla (ortalama hurda oranı eklenerek) boyanmaktadır. Bundan dolayı gerekenden fazla boya, iş gücü, enerji ve parça kullanılmaktadır.

Parçaların operatör tarafından manuel boyanması, boyahane çevrim süresini de olumsuz etkilemektedir. Çevrim süresinin hızlandırılamaması boyahane kapasitesini de etkin kullanılmasını engellemektedir. Çevrim süresinden dolayı boyanabilecek parça sayısı hedeflenenden azdır. Çevrim süresini hızlandırdığımızda boyahanenin kapasitesinde boşluk oluşacağından yeni projeler alıp yeni parçalar boyayabileceğiz fakat mevcut durumda müşteriden yeni proje alamamaktayız.

Çalışan operatörlerin vardiya da 30 dakika yemek, 30 dakika da çay molası olduğundan toplam 1 saat boyahane bölümü operatör kaynaklı durmaktadır. Duruşlarda hem boyanacak parça sayısından hem de dur/kalklarda oluşan problemlerden kayıplar oluşmaktadır.

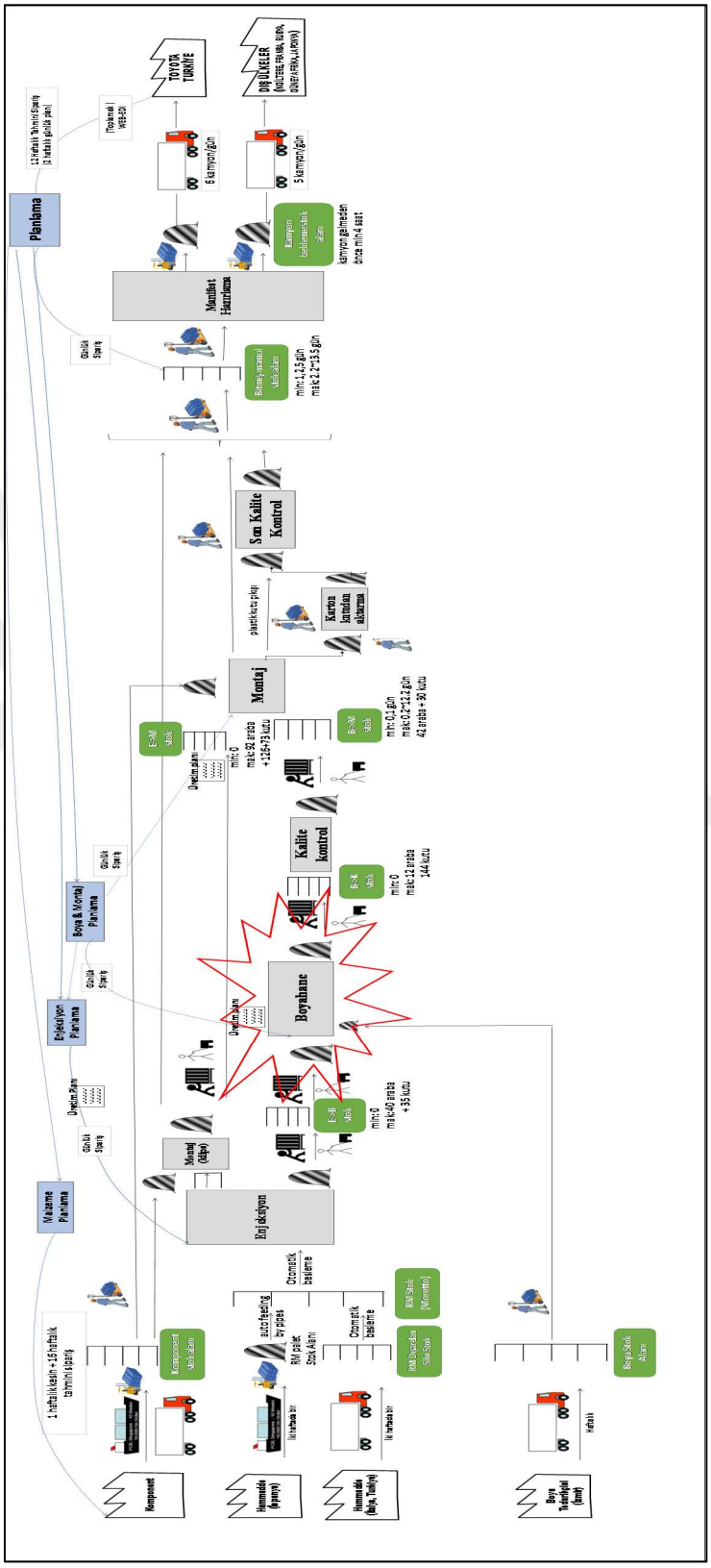
Hurda oranlarının ve çevrim zamanının yüksek olması kaynaklı müşteri ihtiyacını tam zamanında karşılayamama, kaliteli üretememe riskinden dolayı müşteri güvenilirliğini ve gelecek projeleri kaybetme riski oluşmaktadır. Hurda oranının yüksek olmasından dolayı ekstra kontrol noktaları oluşturarak maliyetin artması, çevrim zamanının yüksek olup verimliliğin düşük olmasından dolayı da istenilen karlılığa ulaşılamamasıdır. Operatörler parçaları boyarken kullanılan kimyasal

maddeleri solumaktadırlar. Riskleri azaltmak için maske kullanıldığı halde risk tamamen ortadan kalkmamaktadır. Solunan kimyasalın miktarı ve maruziyet süresine göre operatörlerin vücutları olumsuz etkilenmektedir. Aynı zamanda tabanca ile boyama işlemi yapılırken çalıştığı 7,5 saat boyunca tekrarlı iş yapıldığından ergonomik açıdan da riskler oluşmaktadır. Bahsedilen iş güvenliği risklerinden dolayı işçilerin meslek hastalığına yakalanması çok muhtemeldir. Fabrikada çalışan kişinin meslek hastalığına yakalanmasının sonuçları; şirkete dava açması halinde fabrikanın imajını karalanmasına, diğer çalışan kişilerin fabrikaya bağlılığının kalmaması ve motive çalışamamaları, hastalığa yakalanan kişinin işe gelememesi ve rapor alması kaynaklı iş gücü kaybına yol açması, kaybedilen iş gücünün yeni bir işçi alınması ve ekstra operatör maliyetleridir.

Parçaların boyanması sırasında kullanılan boya ve vernik manuel yapıldığından tabancadan çıkan boyanın standardı yoktur. Operatörün boyanacak parçaya durduğu mesafe, tabancaya basma süresi tabancadan çıkan boya ve vernik miktarını etkilemektedir. Operatör tabancayı ulaşabileceği en yakın mesafeden sıksa da bir kısmı boşa gittiğinden otomatik sistemlere göre boya sarfiyatı fazla olmaktadır. Tabancadan her basışta çıkan ortalama boya miktarı 75 gramdır. Parça yüzeyine yeterli olacak boya miktarı 50 gram olduğundan tabancadan çıkan her 25 gram israfa edilmektedir. Aynı zamanda manuel boya atımında parçaya verilmesi gereken parlaklık ve rengi standart olmamaktadır.

2.3. Fabrikadaki Proseslerin Analiz Edilmesi

Fabrikadaki tüm proseslerinin incelenmesi adına Şekil 2.1’ de görülen malzeme ve bilgi akış diyagramı çizilmiştir.



Şekil 2.1. Fabrika Malzeme Akış ve Bilgi Diyagramı

Tüm proseslerin OEE (Toplam Ekipman Verimliliği) ve hurda oranları Tablo 2.1' de hesaplanmıştır.

Tablo 2.1. Proseslerin OEE ve Hurda Oranları

	Hedef OEE	OEE	Hedef Hurda Oranı	Hurda Oranı	Değerlendirme
Enjeksiyon	85%	85%	3%	3,1%	✔
Boyahane	85%	65%	15%	30,1%	✖
Montaj	90%	90%	3%	2,8%	✔

Tablo 2.1. proseslerin OEE ve hurda oranlarına bakıldığında enjeksiyon ve montaj bölümlerinin OEE ve hurda oranlarının hedeflerine ulaştığını görülmektedir. Fakat boyahane bölümü OEE ve hurda oranı hedeflerini tutturamamıştır. Boyahane OEE'sinin elde edilmesi denklem 2.1'de belirtilen 3 çarpana göre hesaplanmıştır.

OEE = Kullanılabilirlik x Kalite x Performans (2.1)

OEE = %82 x %87 x %91

OEE = %65

Tablo 2.1' e göre darboğaz bölüm boyahane olduğundan boyahane proses adımlarının detayı çıkartılmış, boyahane çevrim süreleri ve operatör sayıları analizleri edilmiştir.

2.3.1. Boyahane proses analizi

Boyahane bölümü üretim alanı içinde kapalı bir bölgededir. 3 vardiya çalışmaktadır. Boyahane 8 prosesten oluşmaktadır. Her bir işlem farklı operatör tarafından farklı alanda yapılmaktadır. Boyahanede parçaların üstüne asıldığı aparatlar vardır ve parçalar o aparatlar üzerinde boyanmaktadır. Parçaların üzerine asıldığı aparata jig denir. Parçalar jig üzerinde boyahane de bulunan otomatik sistem de ilerler. Jigler yapılan sisteme takılır ve parçalar üzerine asılır. Jigler belirlenen hızda ve sürede otomatik olarak sistem üzerinde ilerler ve prosesi tamamlar. Boyahane de bulunan her bir jig bir referansa aittir ve o referanstan bir jige parça boyutu ve jig tasarımına

göre birden çok parça asılabilmektedir. Mevcut durumda hatta 80 jig 90 dakika da dönmektedir. Bir vardiyada 2500 parça boyanmaktadır. Boyahaneye haftada bir 8 saat olmak üzere ayda toplam 32 saat bakım yapılmaktadır.

Fabrikanın en verimsiz ve en hassas bölümü boyahane bölümüdür. Boyahaneye girerken tanımlanan beyaz tulum, bone giyilerek ve hava odasından geçerek sadece izinli kişilerin girebildiği bir bölümdür. Kapalı yapılmasının ve girerken hava tutulmasının sebebi içeride toz, yabancı madde vb. parçanın üstüne yapışıp zarar verebilecek şeylerin olmasını engellemektir.

Tablo 2.2. Boyahane proses akışı

Parçaların asılması	Parçaların silinmesi	Parçaların tabanca ile	Jiglerin flash off-1	Parçaların tabanca ile	Jiglerin flash off-2	Jiglerin fırına	Parçaların askıdan
Operatör sayısı: 1	Operatör sayısı: 1	Operatör sayısı: 2	Operatör sayısı: 0	Operatör sayısı: 2	Operatör sayısı: 0	Operatör sayısı: 0	Operatör sayısı: 1

Tablo 2.2. Boyahane proses akışında bulunan tüm üretim adımları aşağıda anlatılmıştır.

Enjeksiyon veya montaj prosesinden kutu ile gelen parçalar boyahanede operatör tarafından jiglere asılır. Jig otomatik bir sistem ile diğer prosese ilerler. Parçaların jige asılması ile ilgili görsel Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.2. Parçaların jige asılması

Ortamda bulunan toz, tüy vb. maddeler boya sırasında parçaların üstüne yapışmaktadır. Boya işleminden sonra kontrol edilen parçaların üstünde toz ve tüyler görünür halde olduğundan parçalar hurdaya ayrılmaktadır. Toz, tüy gibi yabancı maddelerin parça üzerinden atılması için jige asılan parçalara boyadan önce hava tutulup alkollü bez ile silinmektedir. Parçaların silinip hava tutulması işlemini Şekil 2.3 ve 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.3. Parçalara hava tutulması



Şekil 2.4. Parçalara silinmesi

Jig üzerinde gelen parçalar kabin-1 de operatör tarafından tabanca ile aşağı yukarı ve sağa sola hareketler yapılarak çalışma talimatına uygun bir şekilde boyanır. Kabin-1 deki boyama prosesinin görselini Şekil 2.5'de görülmektedir.



Şekil 2.5. Boya atma işlemi (Kabin-1)

Kabin 1'de boyanan parçalar jig ile otomatik olarak flash off-1'e gelir. Bu proses operatörsüz çalışmaktadır. Prosesin amacı vernik kabinine geçerken boyanın parça üzerinde yayılmasını sağlamaktır. Eğer jig flash off kabinlerinden geçmezse boya yayılmadığından parça üzerinde eşit dağılmaz. Flash off prosesini Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6. Flash off - 1

Flash off prosesinden sonra jig kabin 2'ye gelir. Kabin 2'de jig üzerindeki parçalara tabanca ile vernik atılır. Operatör tabancadan verniği atarken parçanın her yerine gelmesi açısından sağ-sol ve yukarı-aşağı hareketleri yapar. Kabin 2 de yapılan vernik işleminin görseli Şekil 2.7'deki gibidir.



Şekil 2.7. Vernik atma işlemi

Kabin 2'de boyanan parçalar jig ile otomatik olarak flash off-2' gelir. Bu proses operatörsüz çalışmaktadır. Prosesin amacı vernik kabinine geçerken boyanın parça üzerinde yayılmasını sağlamaktır. Eğer jig flash off kabinlerinden geçmezse boya yayılmadığından parça üzerinde eşit dağılmaz. Şekil 2.8'de flash off – 2 proses örneği görülmektedir.



Şekil 2.8. Flash Off -2

Flash off - 2 den sonra jigler fırına girmektedir. Fırın kısmında operatör bulunmamaktadır. Fırın 80 derece sıcaklıktadır ve boyanın kuruması için parçalar fırında 30 dakika boyunca kalmaktadır. Boyanın kuruması parça görseli açısından çok önemlidir. Parçanın boyası kurumadan parça fırından dışarı çıkarsa parça görsel açıdan uygun olmayacağından redde atılır. Parça doğru boyanmış olsa da kuruma prosesi doğru ilerlememişse parçanın üzerinde boya akması, parçaya dokunduğunda iz, çizilme vb. hatalar meydana gelmektedir. Boya proseslerin önemli olduğu kadar boya kurutma prosesi olan fırınlama da oldukça önemlidir. Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da farklı parçalarda bulunan jiglerin fırına girişi bulunmaktadır.



Şekil 2.9. Fırın proses örneği-1



Şekil 2.10. Fırın proses örneği-2

Boya işlemleri biten parçalar turunu tamamlayarak fırından çıkar. Operatör askıdan boyalı parçayı alarak görsel kontrolünü yapar ve tanımlanan kutularına yerleştirir. Kutular ambalaj gamına göre doldurulduktan sonra boya kontrolleri yapılmak üzere filtrasyon alanına götürülür. Boyahane kapalı bir alandır ve parçaların kontrolü boyahane dışında kalan bir bölgede yapılır. Operatörlerin askıdan parça toplama işlemlerini Şekil 2.11'de görülmektedir.



Şekil 2.11. Jigden parça toplama işlemi

Yukarıda açıklanan proses adımları tüm boyalı parçalar için geçerlidir. Boyahane bölümünde her vardiyada 5 operatör olmak üzere 3 vardiyada toplam 15 operatör çalışmaktadır. Boyahanede toplam 106 farklı referanstan oluşan parça boyanmaktadır.

Tablo 2.3' de tüm boyalı parçaların referansı, adı, çevrim süresi, saatte üretilen parça adedi ve proseste kullanılan operatör adedi bulunmaktadır. Çevrim süresi saniye cinsinden yazılmıştır. Saatte üretilen parça adedinin formülü aşağıdaki gibidir.

Saatte üretilen parça adedi = 3600 / çevrim süresi (2.2)

Tablo 2.3. Boyalı Parça Bilgileri

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Operatör Adedi
111020J0/2	488B Panel Instr Clust Finish No.2 LH PA	15	240	15
111319B0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V1 Dark Gray	15	240	15
111342B0/2	560A Panel Instr Clust Finish END RHD PA	3	1.200,00	15
116065A0	290B Pan.SUB-ASSY, INS.CSTR FINISH,Paint	9	400	15
116069A2	290B ORNAMENT, INSTR. PANEL, RH(Painted)	2	1.800,00	15
116876A1	013B Grill Speaker Front Pillar LH_Beige	2,1	1.714,29	15
55011F4010B0	560A Ins Panel N1 2DIN LHD X1V1Dark Gray	15	240	15
55011F4040B1	560A Ins Panel N1 DA RHD X1V2 Silver	30	120	15
55012F4010J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LHB	5	720	15
55012F4010J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LHB	3	1.200,00	15
55012F4020J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 RHB	5	720	15
55012F4020J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 RHB	3	1.200,00	15
67162X1B25V1	(MC08) 560A Orna FRDoorTrim LH Dark Grı	3,8	960	15
92642A0	H79R Alum Tube Grey DONT USE	11,4	315	15
92642B0	H79R Alum Tube Grey (Inhouse ref.)	11,4	315	15
111014B0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V1Dark Gray	15	240	15
111016J0/2	488B Ins. Clus. Fin. LHD A8M8 DarkCyan	15	240	15
111020B1/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH P	10	360	15
111020J0/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH PA	5	720	15
111319B1/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V2 Silver	30	120	15
111343B0/1	560A Panel Instrt Clust Finish END LHD P	3	1.200,00	15
67161X1B25AQ	560A Ornament,Fr.door trim,RH(A1AQ-grey)	3,8	960	15
67161X1B25N5	560A Ornament,Fr.door trim,RH,A8N5 d.mat	3,8	960	15
738825288RR	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	3,6	1.000,00	15
105234B0	BARRE+PEINTURE B52 R6400 DONT USE	11,4	315	15
111019J0/2	560A Panel Instr Clust Finish CTR No.2 R	5	720	15
111319J0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD A8K9 Blue	15	240	15
55011F4010J1	488B Ins Panel N1 2DIN LHD A8M8 DarkCyan	15	240	15
55011F4020B1	488B Ins Panel N1 2DIN RHD X1V2 Silver	20	180	15
55011F4090B0	488B Ins Panel N1 DA LHD X1V1 Dark Gray	15	240	15
55011F4100B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 RH	15	240	15
55012F4020B1	560A Garnish Sub-Ass Inst Panel No.2 RHS	10	360	15
55012F4020B1	560A Garnish Sub-Ass Inst Panel No.2 RHS	3	1.200,00	15
738820851RR	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	3,6	1.000,00	15
105234C0	B52 TUBE GRIS	11,4	315	15
105662A2	BARRE ALU CINTRE GRIS D H79 PH2	11,4	315	15
111014B1/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V2Silver	20	180	15
111016B1/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V2Silver	30	120	15
111019J0/1	488B Panel Instr Clust Finish CTR No.2 R	5	720	15
111020B0/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH P	5	720	15
111259A1	Frame, Bezel, LHD (Painted)	6,7	539,73	15
111320B1/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V2 Silver	30	120	15
55011F4040J1	488B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 DA RH	15	240	15
55012F4010B0	560A Garn Sub-As Instr Panel No2 LH DG	5	720	15
55012F4010B0	560A Garn Sub-As Instr Panel No2 LH DG	3	1.200,00	15
67161X1B25M8	(MC15) 488B Orn. FRDoorTrim RH A8M8 Cyan	3,8	960	15
67161X1B25V2	(MC06) 560A Orn.FRDoorTrimRH X1V2 Silver	7,5	480	15
67162X1B25AQ	560A Ornament,Fr.door trim,LH(A1AQ-grey)	3,8	960	15
738820851RK	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	3,6	1.000,00	15
111260A2	Frame, Bezel, RHD (Painted)	6,7	539,73	15

Tablo 2.3. (Devam) Boyalı Parça Bilgileri

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Operatör Adedi
111319J0/1	488B Ins. Clus. Fin. RHD A8M8 Dark Cyan	15	240	15
111320J0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD A8K9 Blue	15	240	15
111320J0/2	488B Ins. Clus. Fin. LHD A8M8 Dark Cyan	15	240	15
116678A0	290B PANEL CONSOLE UPR RR PKB (Painted)	17	211,765	15
116684A0	290B PANEL CONSOLE UPR RR EPB (Painted)	17	211,765	15
55011F4010B1	560A Ins Panel N1 2DIN LHD X1V2 Silver	30	120	15
55011F4010J0	560A Ins Panel N1 2DIN LHD A8K9 Blue	15	240	15
55011F4020B0	560A Ins Panel N1 2DIN RHD X1V1Dark Gray	15	240	15
55011F4030B0	560A Ins Panel N1 DA LHD X1V1 Dark Gray	15	240	15
55012F4020B0	560A Garni SubAs Instr Panel No.2 RH DG	5	720	15
55012F4020B0	560A Garni SubAs Instr Panel No.2 RH DG	3	1.200,00	15
67162X1B25M8	(MC16) 488B Orn. FRDoorTrim LH A8M8 Cyan	3,8	960	15
738825288R	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	3,6	1.000,00	15
105662A1	BARRE ALU CINTRE GRIS G H79 PH2	11,4	315	15
105733A1	BARRE DE TOIT G PEINTE GRIS K52	11,4	315	15
111019B1/2	560A Panel Inst Clus Finish No.2 RH P	10	360	15
111346J0/1	560A Panel Inst Clus Finish No.3	2,5	1.440,00	15
116877A1	013B Grill Speaker Front Pillar LH_Gray	2,1	1.714,29	15
55011F4010B0C	693B Ins Panel N1 2DIN LHD X1V1Dark Gray	15	240	15
55011F4090B1	488B Ins Panel N1 DA LHD X1V2 Silver	30	120	15
55012F4010J1	488B IP Garnish No2 LHD	15	240	15
55012F4010J1	488B IP Garnish No2 LHD	3	1.200,00	15
55012F4070B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 RH	5	720	15
55012F4070B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 RH	3	1.200,00	15
67162X1B25N5	560A Ornament,Fr.door trim,LH,A8N5 d.mat	3,8	960	15
67162X1B25V2	(MC09) 560A Orn.FRDoorTrim LH X1V2 Silve	7,5	480	15
105234D0	B52 TUBE GRISE INOX	11,4	315	15
111016J0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD A8K9 Blue	15	240	15
111320B0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V1 Dark Gray	15	240	15
111346B1/1	Don't Use	5	720	15
116064A0	290B INSTR CSTR FINISH, CTR DA (Painted)	9	400	15
116069A1	290B ORNAMENT, INSTR. PANEL, LH(Painted)	2	1.800,00	15
116877A2	013B Grill Speaker Front Pillar RH_Gray	2,1	1.714,29	15
55011F4030J0	560A Ins Panel N1 DA LHD A8K9 Blue	15	240	15
55011F4030J1	488B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 DA LH	15	240	15
55011F4040J0	560A Ins Panel N1 DA RHD A8K9 Blue	15	240	15
55012F4020J1	488B IP Garnish No2 RHD	5	720	15
55012F4020J1	488B IP Garnish No2 RHD	3	1.200,00	15
55012F4060B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 LH	5	720	15
55012F4060B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 LH	3	1.200,00	15
67161X1B25V1	(MC05) 560A Orn,FRDoorTrim, RH Dark Gr	3,8	960	15
67162X1B25K9	560A Ornament FR Door Trim LH A8K9 Blue	3,8	960	15
738825288RK	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	3,6	1.000,00	15
105733A2	BARRE DE TOIT D PEINTE GRIS K52	11,4	315	15
111014J0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD A8K9 Blue	20	180	15
111016B0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V1Dark Gray	15	240	15
111019B0/2	560A Panel Instr Clust Finish No.2 RHD	5	720	15
111261A0	Frame, Bezel, MMT (Painted)	6,7	539,73	15
116876A2	013B Grill Speaker Front Pillar RH_Beige	2,1	1.714,29	15
55011F4030B1	560A Ins Panel N1 DA LHD X1V2 Silver	30	120	15
55011F4040B0	560A Ins Panel N1 DA RHD X1V1 Dark Gray	15	240	15
55011F4090J0	488B Ins Panel N1 DA LHD A8M8 Dark Cyan	15	240	15
55012F4010B1	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LH SILV	10	360	15
55012F4010B1	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LH SILV	10	360	15
67161X1B25K9	560A Ornament FR Door Trim RH A8K9 Blue	3,8	960	15
738820851R	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	3,6	1.000,00	15

Müşteri siparişlerini ve çevrim süresini göz önüne alarak boyahanenin çalışma kapasitesi hesaplanmıştır. Müşteri siparişleri 12 haftalık öngörü olarak SAP sistemine düşer. Planlama bölümü siparişlere göre üretim planını hazırlar.

Tablo 2.4. de parça referansı, adı, çevrim süresi, saatte üretilen parça adedi, ortalama günlük ve aylık parça sipariş adedi ve sipariş adedine göre ihtiyaç duyulan çalışma saati gösterilmiştir. Boyahanenin ihtiyaç duyulan aylık çalışma saatinin hesaplanması denklem 2.3'de gösterilmiştir.

İhtiyaç duyulan aylık çalışma saati = Ortalama aylık sipariş / Saatte üretilen parça adedi (2.3)

Tablo 2.4. Boyahanede sipariş adedine göre ihtiyaç duyulan çalışma saati

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	İhtiyaç duyulan aylık çalışma saati
111020J0/2	488B Panel Instr Clust Finish No.2 LH PA	15	240	0	0	0,00
111319B0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V1 Dark Gray	15	240	8	192	0,80
111342B0/2	560A Panel Instr Clust Finish END RHD PA	3	1.200,00	68,00	1.632,00	1,36
116065A0	290B Pan.SUB-ASSY, INS.CSTR FINISH,Paint	9	400	3	72	0,18
116069A2	290B ORNAMENT, INSTR. PANEL, RH(Painted)	2	1.800,00	30,00	720,00	0,40
116876A1	013B Grill Speaker Front Pillar LH_Beige	2,1	1.714,29	5,00	120,00	0,07
55011F4010B0	560A Ins Panel N1 2DIN LHD X1V1Dark Gray	15	240	14	336	1,40
55011F4040B1	560A Ins Panel N1 DA RHD X1V2 Silver	30	120	44	1056	8,80
55012F4010J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LHB	5	720	0	0	0,00
55012F4010J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LHB	3	1.200,00	0,00	0,00	0,00
55012F4020J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 RHB	5	720	0	0	0,00
55012F4020J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 RHB	3	1.200,00	0,00	0,00	0,00
67162X1B25V1	(MC08) 560A Orna FRDoorTrim LH Dark Grı	3,8	960	107	2568	2,68
92642A0	H79R Alum Tube Grey DONT USE	11,4	315	0	0	0,00
92642B0	H79R Alum Tube Grey (Inhouse ref.)	11,4	315	1	24	0,08
111014B0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V1Dark Gray	15	240	6	144	0,60
111016J0/2	488B Ins. Clus. Fin. LHD A8M8 DarkCyan	15	240	0	0	0,00
111020B1/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH P	10	360	261	6264	17,40
111020J0/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH PA	5	720	63	1512	2,10
111319B1/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V2 Silver	30	120	36	864	7,20
111343B0/1	560A Panel Instrt Clust Finish END LHD P	3	1.200,00	508,00	12.192,00	10,16
67161X1B25AQ	560A Ornament,Fr.door trim,RH(A1AQ-grey)	3,8	960	0	0	0,00
67161X1B25N5	560A Ornament,Fr.door trim,RH,A8N5 d.mat	3,8	960	0	0	0,00
738825288RR	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	3,6	1.000,00	0,00	0,00	0,00
105234B0	BARRE+PEINTURE B52 R6400 DONT USE	11,4	315	0	0	0,00
111019J0/2	560A Panel Instr Clust Finish CTR No.2 R	5	720	18	432	0,60
111319J0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD A8K9 Blue	15	240	18	432	1,80
55011F4010J1	488B Ins Panel N1 2DIN LHD A8M8 DarkCyan	15	240	0	0	0,00
55011F4020B1	488B Ins Panel N1 2DIN RHD X1V2 Silver	20	180	5	120	0,67
55011F4090B0	488B Ins Panel N1 DA LHD X1V1 Dark Gray	15	240	16	384	1,60
55011F4100B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 RH	15	240	0	0	0,00
55012F4020B1	560A Garnish Sub-Ass Inst Panel No.2 RHS	10	360	49	1176	3,27
55012F4020B1	560A Garnish Sub-Ass Inst Panel No.2 RHS	3	1.200,00	49,00	1.176,00	0,98
738820851RR	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	3,6	1.000,00	0,00	0,00	0,00
105234C0	B52 TUBE GRIS	11,4	315	2	48	0,15
105662A2	BARRE ALU CINTRE GRIS D H79 PH2	11,4	315	120	2880	9,14

Tablo 2.4. (Devam) Boyahanede sipariş adedine göre ihtiyaç duyulan çalışma saati

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	İhtiyaç duyulan aylık çalışma saati
111014B1/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V2Silver	20	180	0	0	0,00
111016B1/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V2Silver	30	120	13	312	2,60
111019J0/1	488B Panel Instr Clust Finish CTR No.2 R	5	720	0	0	0,00
111020B0/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH P	5	720	98	2352	3,27
111259A1	Frame, Bezel, LHD (Painted)	6,7	539,73	2	48	0,09
111320B1/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V2 Silver	30	120	332	7968	66,40
55011F4040J1	488B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 DA RH	15	240	0	0	0,00
55012F4010B0	560A Garn Sub-As Instr Panel No2 LH DG	5	720	102	2448	3,40
55012F4010B0	560A Garn Sub-As Instr Panel No2 LH DG	3	1.200,00	102,00	2.448,00	2,04
67161X1B25M8	(MC15) 488B Orn. FRDoorTrim RH A8M8 Cyan	3,8	960	11	264	0,28
67161X1B25V2	(MC06) 560A Orn.FRDoorTrimRH X1V2 Silver	7,5	480	352	8448	17,60
67162X1B25AQ	560A Ornament,Fr.door trim,LH(A1AQ-grey)	3,8	960	0	0	0,00
738820851RK	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	3,6	1.000,00	47,00	1.128,00	1,13
111260A2	Frame, Bezel, RHD (Painted)	6,7	539,73	22	528	0,98
111319J0/1	488B Ins. Clus. Fin. RHD A8M8 Dark Cyan	15	240	0	0	0,00
111320J0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD A8K9 Blue	15	240	71	1704	7,10
111320J0/2	488B Ins. Clus. Fin. LHD A8M8 Dark Cyan	15	240	0	0	0,00
116678A0	290B PANEL CONSOLE UPR RR PKB (Painted)	17	211,765	82	1968	9,29
116684A0	290B PANEL CONSOLE UPR RR EPB (Painted)	17	211,765	334	8016	37,85
55011F4010B1	560A Ins Panel N1 2DIN LHD X1V2 Silver	30	120	23	552	4,60
55011F4010J0	560A Ins Panel N1 2DIN LHD A8K9 Blue	15	240	0	0	0,00
55011F4020B0	560A Ins Panel N1 2DIN RHD X1V1Dark Gray	15	240	7	168	0,70
55011F4030B0	560A Ins Panel N1 DA LHD X1V1 Dark Gray	15	240	73	1752	7,30
55012F4020B0	560A Garni SubAs Instr Panel No.2 RH DG	5	720	19	456	0,63
55012F4020B0	560A Garni SubAs Instr Panel No.2 RH DG	3	1.200,00	19,00	456,00	0,38
67162X1B25M8	(MC16) 488B Orn. FRDoorTrim LH A8M8 Cyan	3,8	960	11	264	0,28
738825288R	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	3,6	1.000,00	33,00	792,00	0,79
105662A1	BARRE ALU CINTRE GRIS G H79 PH2	11,4	315	118	2832	8,99
105733A1	BARRE DE TOIT G PEINTE GRIS K52	11,4	315	18	432	1,37
111019B1/2	560A Panel Inst Clus Finish No.2 RH P	10	360	36	864	2,40
111346J0/1	560A Panel Inst Clus Finish No.3	2,5	1.440,00	0,00	0,00	0,00
116877A1	013B Grill Speaker Front Pillar LH_Gray	2,1	1.714,29	99,00	2.376,00	1,39
55011F4010B0C	693B Ins Panel N1 2DIN LHD X1V1Dark Gray	15	240	0	0	0,00
55011F4090B1	488B Ins Panel N1 DA LHD X1V2 Silver	30	120	18	432	3,60
55012F4010J1	488B IP Garnish No2 LHD	15	240	12	288	1,20
55012F4010J1	488B IP Garnish No2 LHD	3	1.200,00	12,00	288,00	0,24
55012F4070B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 RH	5	720	0	0	0,00
55012F4070B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 RH	3	1.200,00	0,00	0,00	0,00
67162X1B25N5	560A Ornament,Fr.door trim,LH,A8N5 d.mat	3,8	960	0	0	0,00
67162X1B25V2	(MC09) 560A Orn.FRDoorTrim LH X1V2 Silve	7,5	480	351	8424	17,55
105234D0	B52 TUBE GRISE INOX	11,4	315	0	0	0,00
111016J0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD A8K9 Blue	15	240	0	0	0,00
111320B0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V1 Dark Gray	15	240	0	0	0,00
111346B1/1	560A Ins. Clus. Fin. No:3	5	720	0	0	0,00
116064A0	290B INSTR CSTR FINISH, CTR DA (Painted)	9	400	448	10752	26,88
116069A1	290B ORNAMENT, INSTR. PANEL, LH(Painted)	2	1.800,00	30,00	720,00	0,40
116877A2	013B Grill Speaker Front Pillar RH_Gray	2,1	1.714,29	99,00	2.376,00	1,39
55011F4030J0	560A Ins Panel N1 DA LHD A8K9 Blue	15	240	0	0	0,00
55011F4030J1	488B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 DA LH	15	240	4	96	0,40
55011F4040J0	560A Ins Panel N1 DA RHD A8K9 Blue	15	240	0	0	0,00
55012F4020J1	488B IP Garnish No2 RHD	5	720	0	0	0,00
55012F4020J1	488B IP Garnish No2 RHD	3	1.200,00	0,00	0,00	0,00
55012F4060B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 LH	5	720	0	0	0,00

Tablo 2.4. (Devam) Boyahanede sipariş adedine göre ihtiyaç duyulan çalışma saati

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	İhtiyaç duyulan aylık çalışma saati
55012F4060B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 LH	3	1.200,00	0,00	0,00	0,00
67161X1B25V1	(MC05) 560A Orn,FRDoorTrim, RH Dark Gr	3,8	960	107	2568	2,68
67162X1B25K9	560A Ornament FR Door Trim LH A8K9 Blue	3,8	960	0	0	0,00
738825288RK	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	3,6	1.000,00	89,00	2.136,00	2,14
105733A2	BARRE DE TOIT D PEINTE GRIS K52	11,4	315	29	696	2,21
111014J0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD A8K9 Blue	20	180	0	0	0,00
111016B0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V1Dark Gray	15	240	27	648	2,70
111019B0/2	560A Panel Instr Clust Finish No.2 RHD	5	720	14	336	0,47
111261A0	Frame, Bezel, MMT (Painted)	6,7	539,73	0	0	0,00
116876A2	013B Grill Speaker Front Pillar RH_Beige	2,1	1.714,29	5,00	120,00	0,07
55011F4030B1	560A Ins Panel N1 DA LHD X1V2 Silver	30	120	317	7608	63,40
55011F4040B0	560A Ins Panel N1 DA RHD X1V1 Dark Gray	15	240	13	312	1,30
55011F4090J0	488B Ins Panel N1 DA LHD A8M8 Dark Cyan	15	240	7	168	0,70
55012F4010B1	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LH SILV	10	360	357	8568	23,80
55012F4010B1	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LH SILV	10	360	357	8568	23,80
67161X1B25K9	560A Ornament FR Door Trim RH A8K9 Blue	3,8	960	0	0	0,00
738820851R	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	3,6	1.000,00	38,00	912,00	0,91

Tablo 2.4' de boyahanede üretilen tüm parçaların aylık siparişleri ve saatte üretilen parça adetleri baz alınarak her referansın boyanması için gereken saat hesaplanmıştır. Boyahane mevcut durumda tüm referansları boyayabilmesi için ayda toplam 428,11 saat çalışmalıdır.

Boyahane 3 vardiyada tam kapasitesiyle çalışsa toplam 576 saat çalışabilmektedir. Fakat yapılan hesaplamaya göre boyahane kapasitesinin %74'ünü kullanmaktadır.

Boyahane toplam çalışılabilir saat = Ayda çalışılan gün x Günce çalışılan saat (2.4)

Boyahane toplam çalışılabilir saat = 24 x 24 =576 saat

Boyahane aylık toplam bakım süresi = 32 saat

Boyahanenin kullanılan kapasitesi = Toplam çalışılan saat/Çalışılabilir saat (2.5)

Boyahanenin kullanılan kapasitesi = 428,11 / (576-32) = %78

Alınacak yeni proje için günlük sipariş adedi, bir parçanın boyanabileceği çevrim süresi, saatte boyanabilecek parça adedi Tablo 2.5' de verilmektedir.

Tablo 2.5. Yeni proje üretim bilgileri

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)
116285A0	Cup Holder Işıksız	18	200	300	7200
117880A1	Retainer Tray	21	171,4	300	7200
111990A0	Nav. Panel	19	189,5	300	7200
116284A0	Cup Holder Işıklı	18	200	300	7200

Tablo 2.5'de verilen proje bilgilerine göre boyahanenin toplam çalışma saatine aşağıdaki yeni projeye ait saatler Tablo 2.6'de gösterilmektedir.

Tablo 2.6. Yeni proje parçalarının toplam gereken çalışma saati

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Operatör Adedi	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	İhtiyaç duyulan çalışma saati
116285A0	Cup Holder Işıksız	18	200	15	300	7200	36,00
117880A1	Retainer Tray	21	171	15	300	7200	42,00
111990A0	Nav. Panel	19	190	15	300	7200	38,00
116284A0	Cup Holder Işıklı	18	200	15	300	7200	36,00
						Toplam Çalışma Saati	152,00

Mevcut parçalarla boyahanenin ayda toplam çalışması gereken süre 428,11 saat iken yeni proje için gereken çalışma süresi olan 152 saat eklendiğinde boyahanenin yeni proje başlangıcında toplam çalışma saati 580,11 saat olmaktadır. Yeni projenin

çalışma saatinin eklenmiş hali ile boyahanenin kullanım kapasitesi (doluluk oranı) denklem 2.6'ya göre hesaplanmıştır.

Boyahanenin yeni kullanılan kapasitesi = İhtiyaç duyulan toplam çalışma saati / Çalışılabilir saat (2.6)

Boyahanenin kullanılan kapasitesi = 580,11 / (576-32) = %106,60

Manuel boya ve vernik atmaya bağlı olarak operasyonel hatalar kaynaklı birçok kalite problemi yaşanmaktadır. Boya uygulama hatasından dolayı ortalama %8 red atılmaktadır. Bu da vardiyada üretilen 2500 parçanın 200 parçasını boya hatalarından dolayı atıldığını göstermektedir. 1 parçanın ortalama maliyeti 19 TL olduğundan her vardiyada 3800 TL'lik red maliyeti bulunmaktadır. 24 gün 3 vardiya çalışan boyahane bölümünün aylık red maliyeti 273.600 TL'dir.

Mevcut OEE, çevrim zamanı ve kalite oranlarına bakılarak boyahanede yeni gelecek olan proje parçaları eklediğimizde kapasiteyi aşmaktadır.

2.4. Boyahanede Uygulanacak İyileştirme Çalışmaları

Müşteriden yeni parça alabilmek, verimliliği ve kaliteyi arttırabilmek için boyahanesi olup robot kullanılan fabrikalar ziyaret edilmiştir. Ziyaretler sırasında operatör çalışmasına oranla verimliliğin yükseldiği, çevrim süresinin kısaldığı ve kalitenin arttığı gözlemlenmiştir. Robot kurulumunun dezavantajı robot bakım maliyetleridir.

2.4.1. Robot kurulumu için fizibilite çalışması

Robot kurulumunun yüksek bir maliyeti bulunmaktadır. Robot kurulumu yapılmadan önce fabrikaya geri dönüşünün ne kadar zamanda olacağı ve öngörülen faydaları hesaplanmadan projeyi üst yönetimin kabul etme ihtimali bulunmamaktadır. Ayrıca eğer bu hesaplar yapılmadan proje yaptırılırsa fabrika proje bitişinde büyük zarara uğrayabilir. Geri ödeme süresi bir yatırımın sağlayacağı net para girişinin, yatırım tutarını karşılayabilmesi için geçmesi gerekli zaman uzunluğudur. Bu yöntemin esası, bir proje için yatırılan paranın kaç yıl sonra geri alınabileceğinin hesaplanmasıdır.

Geri ödeme süresi (pay back) = Yeni robot maliyeti / Total fayda (2.7)

Yeni robot maliyeti = 200 k€ x 2 adet robot = 400 k€

Total Fayda;

1 operatör maliyeti 25 k€ / yıl

Operatör kazancı = 12 operatör/gün = 12 x 25 k€ = 300 k€ / yıl

Çevrim zamanı kazancı; hatta bir kerede dönen 80 jigin turundan 30 dakika kazanılacaktır buda günde 420 dakika yani 1 vardiyaya tekabül etmektedir. 1 vardiyada 15 operatör çalışmakta fakat robottan kazanılan 12 operatör yukarıda hesaplanmıştı. Hesaba katılmayan 3 operatörün kazancı hesaplanmalıdır.

Çevrim zamanı kazancı = 3 operatör x 25 k€ = 75 k€ / yıl

Red oranı düşüşü ile maliyet kazancı; red oranı %8'den %1'e düşeceği öngörüldüğünden yıllık red maliyeti 273.600 TL'den 59.375'e düşecektir.

Red maliyet kazancı = 273.600 – 59.375 = 214.225 TL/yıl yaklaşık 32.745 €

Ayrıca operatörlerin boya/vernik kokusuna maruz kalmamasından ve tabanca kullanımında yaşanılan tekrarlı hareketleri yapmayacağından maliyeti öngörülemeyen iş güvenliği ve ergonomi iyileştirmeleri de sağlanacaktır.

Total Fayda = operatör kazancı+çevrim zamanı kazancı+red maliyeti kazancı (2.8)

Total Fayda = 300 k€ + 75 k€ + 32.745 € = 407.745 €

Geri ödeme süresi = 400.000 € / 407.745 €

Geri ödeme süresi = 0,98 yıl

Kabin 1 ve kabin 2 için toplam alınacak 2 robotu kurduğumuzda yaklaşık 1 yılda kendini ödeyip firmayı kara geçirecektir. Grup standartlarına göre geri ödeme süresi 1,8 yılın altında olan üst yönetim tarafından kabul edilmektedir. Yapılan geri ödeme süresi ve tüm hesaplamalar üst yönetime sunulmuştur ve onay alınmıştır.

2.4.2. Tedarikçi seçimi

Novares grubunda bulunan başka bir ülkedeki fabrikamızda da kullanılan robot firması ve diğer firmaların kullandığı robot firmaları çağırılarak görüşmeler yapılmıştır. Robot tedarikçisi ile olan görüşmelere metot, üretim, kalite ve satın alma bölümü katılmıştır.

Tedarikçi seçimi yapılırken toplantılarda bulunan tüm katılımcılar (yukarıda belirtilen her departmandan 1 kişi) tarafından belirlenen kıstaslar aşağıdaki gibidir.

- Servis hizmeti
- Fiyatı
- Kalitesi
- Tedarikçi Güvenilirliği
- Zamanında Teslim
- Ödeme Koşulları

Yukarıda belirtilen tüm kıstasların uzman katılımcılar tarafından önem derecesi belirlenerek bir sıralama oluşturulmuştur. Seçimi en fazla etkileyecek kıstasın sırası ile fiyat, zamanında teslim, tedarikçi güvenilirliği, kalite, ödeme koşulları ve servis hizmeti olduğuna karar verilmiştir.

Seçimi etkileyecek kıstaslara ve önem derecesine baktığımızda uzmanların ortak kararı ile tedarikçi seçimi yapılmıştır.

2.4.3. Robotun çalışma prensibi

Kurulan robotun birincisini kabin-1'e boya atması için 1 robot, diğer bir robot ise kabin-2'de vernik atması için kullanılacaktır. Robotlar hem yatay hem de dikey eksende hareket edebilmektedir. Bunu seçmemizin sebebi ise parçaların şeklinde dolayı her tarafı boyayabilmemizi sağlamaktır. Robota ait örnek resimler Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'de gösterilmiştir.



Şekil.2.12 Robotun yatay eksende çalışması



Şekil.2.13 Robotun dikey eksende çalışması

Boyahane de robot kurulan kabin-1 ve kabin-2 harici tüm prosesler aynı şekilde devam etmektedir.

2.4.4. Robotun kurulumu sonrası proses iyileştirmeleri

Robot kurulumu sonrasında kabin 1 ve 2 de toplam üç vardiyada çalışan toplam 12 operatör iptal edilerek yıllık 300 k€ kazanç sağlanmıştır.

1 turda proseste boyanan toplam 80 jig turunu robot öncesi 90 dakikada tamamlarken robot kurulumu sonrası 60 dakikada tamamlamaktadır. 1 turun tamamlanma süresi 30 dakika azaldığından yeni projelere kapasite açılmıştır. Bir parçanın boyanmasında yaklaşık %5 iyileşme sağlandığından yeni çevrim sürelerine göre hesaplanmış toplam aylık çalışma saatleri ve kapasite Tablo 2.7’ deki gibidir.

Tablo 2.7. Robot kurulumu sonrası yeni çevrim süresi ve aylık çalışma saatleri

Parça referansı	Parça Adı	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	Çevrim Süresi (sn)	Saatte üretilen parça miktarı	İhtiyaç duyulan aylık çalışma saati
111020J0/2	488B Panel Instr Clust Finish No.2 LH PA	0	0	14,29	252,00	0,00
111319B0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V1 Dark Gray	8	192	14,29	252,00	0,76
111342B0/2	560A Panel Instr Clust Finish END RHD PA	68,00	1.632,00	2,86	1260,00	1,30
116065A0	290B Pan.SUB-ASSY, INS.CSTR FINISH,Paint	3	72	8,57	420,00	0,17
116069A2	290B ORNAMENT, INSTR. PANEL, RH(Painted)	30,00	720,00	1,90	1890,00	0,38
116876A1	013B Grill Speaker Front Pillar LH_Beige	5,00	120,00	2,00	1800,00	0,07
55011F4010B0	560A Ins Panel N1 2DIN LHD X1V1Dark Gray	14	336	14,29	252,00	1,33
55011F4040B1	560A Ins Panel N1 DA RHD X1V2 Silver	44	1056	28,57	126,00	8,38
55012F4010J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LHB	0	0	4,76	756,00	0,00
55012F4010J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LHB	0,00	0,00	2,86	1260,00	0,00
55012F4020J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 RHB	0	0	4,76	756,00	0,00
55012F4020J0	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 RHB	0,00	0,00	2,86	1260,00	0,00
67162X1B25V1	(MC08) 560A Orna FRDoorTrim LH Dark Grı	107	2568	3,57	1008,00	2,55
92642A0	H79R Alum Tube Grey DONT USE	0	0	10,88	330,75	0,00
92642B0	H79R Alum Tube Grey (Inhouse ref.)	1	24	10,88	330,75	0,07
111014B0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V1Dark Gray	6	144	14,29	252,00	0,57
111016J0/2	488B Ins. Clus. Fin. LHD A8M8 DarkCyan	0	0	14,29	252,00	0,00
111020B1/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH P	261	6264	9,52	378,00	16,57
111020J0/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH PA	63	1512	4,76	756,00	2,00
111319B1/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V2 Silver	36	864	28,57	126,00	6,86
111343B0/1	560A Panel Instrt Clust Finish END LHD P	508,00	12.192,00	2,86	1260,00	9,68
67161X1B25AQ	560A Ornament,Fr.door trim,RH(A1AQ-grey)	0	0	3,57	1008,00	0,00
67161X1B25N5	560A Ornament,Fr.door trim,RH,A8N5 d.mat	0	0	3,57	1008,00	0,00
738825288RR	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	0,00	0,00	3,43	1050,00	0,00
105234B0	BARRE+PEINTURE B52 R6400 DONT USE	0	0	10,88	330,75	0,00
111019J0/2	560A Panel Instr Clust Finish CTR No.2 R	18	432	4,76	756,00	0,57
111319J0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD A8K9 Blue	18	432	14,29	252,00	1,71
55011F4010J1	488B Ins Panel N1 2DIN LHD A8M8 DarkCyan	0	0	14,29	252,00	0,00
55011F4020B1	488B Ins Panel N1 2DIN RHD X1V2 Silver	5	120	19,05	189,00	0,63
55011F4090B0	488B Ins Panel N1 DA LHD X1V1 Dark Gray	16	384	14,29	252,00	1,52
55011F4100B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 RH	0	0	14,29	252,00	0,00
55012F4020B1	560A Garnish Sub-Ass Inst Panel No.2 RHS	49	1176	9,52	378,00	3,11
55012F4020B1	560A Garnish Sub-Ass Inst Panel No.2 RHS	49,00	1.176,00	2,86	1260,00	0,93
738820851RR	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	0,00	0,00	3,43	1050,00	0,00
105234C0	B52 TUBE GRIS	2	48	10,88	330,75	0,15
105662A2	BARRE ALU CINTRE GRIS D H79 PH2	120	2880	10,88	330,75	8,71
111014B1/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD X1V2Silver	0	0	19,05	189,00	0,00
111016B1/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V2Silver	13	312	28,57	126,00	2,48
111019J0/1	488B Panel Instr Clust Finish CTR No.2 R	0	0	4,76	756,00	0,00
111020B0/1	560A Panel Instr Clust Finish No.2 LH P	98	2352	4,76	756,00	3,11
111259A1	Frame, Bezel, LHD (Painted)	2	48	6,35	566,72	0,08
111320B1/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V2 Silver	332	7968	28,57	126,00	63,24
55011F4040J1	488B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 DA RH	0	0	14,29	252,00	0,00
55012F4010B0	560A Garn Sub-As Instr Panel No2 LH DG	102	2448	4,76	756,00	3,24
55012F4010B0	560A Garn Sub-As Instr Panel No2 LH DG	102,00	2.448,00	2,86	1260,00	1,94
67161X1B25M8	(MC15) 488B Orn. FRDoorTrim RH A8M8 Cyan	11	264	3,57	1008,00	0,26
67161X1B25V2	(MC06) 560A Orn.FRDoorTrimRH X1V2 Silver	352	8448	7,14	504,00	16,76
67162X1B25AQ	560A Ornament,Fr.door trim,LH(A1AQ-grey)	0	0	3,57	1008,00	0,00
738820851RK	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	47,00	1.128,00	3,43	1050,00	1,07
111260A2	Frame, Bezel, RHD (Painted)	22	528	6,35	566,72	0,93
111319J0/1	488B Ins. Clus. Fin. RHD A8M8 Dark Cyan	0	0	14,29	252	0,00
111320J0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD A8K9 Blue	71	1704	14,29	252	6,76
111320J0/2	488B Ins. Clus. Fin. LHD A8M8 Dark Cyan	0	0	14,29	252	0,00
116678A0	290B PANEL CONSOLE UPR RR PKB (Painted)	82	1968	16,19	222	8,85
116684A0	290B PANEL CONSOLE UPR RR EPB (Painted)	334	8016	16,19	222	36,05
55011F4010B1	560A Ins Panel N1 2DIN LHD X1V2 Silver	23	552	28,57	126	4,38
55011F4010J0	560A Ins Panel N1 2DIN LHD A8K9 Blue	0	0	14,29	252	0,00
55011F4020B0	560A Ins Panel N1 2DIN RHD X1V1Dark Gray	7	168	14,29	252	0,67
55011F4030B0	560A Ins Panel N1 DA LHD X1V1 Dark Gray	73	1752	14,29	252	6,95
55012F4020B0	560A Garni SubAs Instr Panel No.2 RH DG	19	456	4,76	756	0,60
55012F4020B0	560A Garni SubAs Instr Panel No.2 RH DG	19,00	456,00	2,86	1260	0,36

Tablo 2.7. (Devam) Robot kurulumu sonrası yeni çevrim süresi ve aylık çalışma saatleri

Parça referansı	Parça Adı	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	Çevrim Süresi (sn)	Saatte üretilen parça miktarı	İhtiyaç duyulan aylık çalışma saati
67162X1B25M8	(MC16) 488B Orn. FRDoorTrim LH A8M8 Cyan	11	264	3,57	1008	0,26
738825288R	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	33,00	792,00	3,43	1050	0,75
105662A1	BARRE ALU CINTRE GRIS G H79 PH2	118	2832	10,88	331	8,56
105733A1	BARRE DE TOIT G PEINTE GRIS K52	18	432	10,88	331	1,31
111019B1/2	560A Panel Inst Clus Finish No.2 RH P	36	864	9,52	378	2,29
111346J0/1	560A Panel Inst Clus Finish No.3	0,00	0,00	2,38	1512	0,00
116877A1	013B Grill Speaker Front Pillar LH_Gray	99,00	2.376,00	2,00	1800	1,32
55011F4010B0C	693B Ins Panel N1 2DIN LHD X1V1Dark Gray	0	0	14,29	252	0,00
55011F4090B1	488B Ins Panel N1 DA LHD X1V2 Silver	18	432	28,57	126	3,43
55012F4010J1	488B IP Garnish No2 LHD	12	288	14,29	252	1,14
55012F4010J1	488B IP Garnish No2 LHD	12,00	288,00	2,86	1260	0,23
55012F4070B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 RH	0	0	4,76	756	0,00
55012F4070B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 RH	0,00	0,00	2,86	1260	0,00
67162X1B25N5	560A Ornament,Fr.door trim,LH,A8N5 d.mat	0	0	3,57	1008	0,00
67162X1B25V2	(MC09) 560A Orn.FRDoorTrim LH X1V2 Silve	351	8424	7,14	504	16,71
105234D0	B52 TUBE GRISE INOX	0	0	10,88	331	0,00
111016J0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD A8K9 Blue	0	0	14,29	252	0,00
111320B0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V1 Dark Gray	0	0	14,29	252	0,00
111346B1/1	560A Ins. Clus. Fin. No:3	0	0	4,76	756	0,00
116064A0	290B INSTR CSTR FINISH, CTR DA (Painted)	448	10752	8,57	420	25,60
116069A1	290B ORNAMENT, INSTR. PANEL, LH(Painted)	30,00	720,00	1,90	1890	0,38
116877A2	013B Grill Speaker Front Pillar RH_Gray	99,00	2.376,00	2,00	1800	1,32
55011F4030J0	560A Ins Panel N1 DA LHD A8K9 Blue	0	0	14,29	252	0,00
55011F4030J1	488B Garn. Sub-As Inst. Panel No.1 DA LH	4	96	14,29	252	0,38
55011F4040J0	560A Ins Panel N1 DA RHD A8K9 Blue	0	0	14,29	252	0,00
55012F4020J1	488B IP Garnish No2 RHD	0	0	4,76	756	0,00
55012F4020J1	488B IP Garnish No2 RHD	0,00	0,00	2,86	1260	0,00
55012F4060B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 LH	0	0	4,76	756	0,00
55012F4060B0	405B Garn. Sub-As Inst. Panel No.2 LH	0,00	0,00	2,86	1260	0,00
67161X1B25V1	(MC05) 560A Orn,FRDoorTrim, RH Dark Gr	107	2568	3,57	1008	2,55
67162X1B25K9	560A Ornament FR Door Trim LH A8K9 Blue	0	0	3,57	1008	0,00
738825288RK	K52 OBTURATEUR PEINT DARK MAT CENTRAL	89,00	2.136,00	3,43	1050	2,03
105733A2	BARRE DE TOIT D PEINTE GRIS K52	29	696	10,88	331	2,10
111014J0/2	560A Ins. Clus. Fin. RHD A8K9 Blue	0	0	19,05	189	0,00
111016B0/1	560A Ins. Clus. Fin. LHD X1V1Dark Gray	27	648	14,29	252	2,57
111019B0/2	560A Panel Instr Clust Finish No.2 RHD	14	336	4,76	756	0,44
111261A0	Frame, Bezel, MMT (Painted)	0	0	6,35	567	0,00
116876A2	013B Grill Speaker Front Pillar RH_Beige	5,00	120,00	2,00	1800	0,07
55011F4030B1	560A Ins Panel N1 DA LHD X1V2 Silver	317	7608	28,57	126	60,38
55011F4040B0	560A Ins Panel N1 DA RHD X1V1 Dark Gray	13	312	14,29	252	1,24
55011F4090J0	488B Ins Panel N1 DA LHD A8M8 Dark Cyan	7	168	14,29	252	0,67
55012F4010B1	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LH SILV	357	8568	9,52	378	22,67
55012F4010B1	560A Garn SubAs Instr Panel No.2 LH SILV	357	8568	9,52	378	22,67
67161X1B25K9	560A Ornament FR Door Trim RH A8K9 Blue	0	0	3,57	1008	0,00
738820851R	K52 OBTURATEUR PEINT GRIS CENTRAL	38,00	912,00	3,43	1050	0,87
			Toplam Çalışma Saati			**407,72**

Çevrim süresinin düşmesi ile mevcut parçalara göre yapılan kapasite hesabı aşağıda gösterilmiştir.

Boyahane toplam çalışılabilir saat = Ayda çalışılan gün x Günce çalışılan saat (2.9)

Boyahane toplam çalışılabilir saat = 24 x 24 =576 saat

Aylık ihtiyaç duyulan çalışma saati: 407,72

Boyahane aylık toplam bakım süresi = 32 saat

Boyahanenin kullanılan kapasitesi = Toplam çalışılan saat / Çalışılabilir saat (2.10)

Boyahanenin kullanılan kapasitesi = 407,72 / (576-32) = %74,9

Boyahane kullanılabilirliği eski duruma göre %3 artmıştır.

Yeni çevrim sürelerine göre gelecek yeni projenin kapasite hesabı aşağıdaki Tablo 2.8' de gösterilmektedir.

Tablo 2.8. Yeni proje ihtiyaç duyulan toplam çalışma saati

Parça referansı	Parça Adı	Çevrim Süresi (sn)	Parça adedi /saat	Operatör Adedi	Ortalama Günlük Gider (Sipariş)	Ortalama Aylık Gider (Sipariş)	İhtiyaç duyulan çalışma saati
116285A0	Cup Holder Işıksız	16	225	15	300	7200	32,00
117880A1	Retainer Tray	19	189,5	15	300	7200	38,00
111990A0	Nav. Panel	17	211,8	15	300	7200	34,00
116284A0	Cup Holder Işıklı	16	225	15	300	7200	32,00
						Toplam Çalışma Saati	136,00

Yeni proje parçaları ile birlikte boyahanenin yeni kapasitesi hesaplanmıştır.

Boyahanenin yeni kullanılan kapasitesi=Toplam çalışılan saat/Çalışılabilir saat (2.11)

Çalışılabilir saat = 576 saat – 16 saat (robot bakım) =560 saat (2.12)

Boyahanenin yeni kullanılan kapasitesi = 543 saat / 560 saat

Boyahanenin yeni kullanılan kapasitesi = %96

Robot sonrası durumda kapasite yeni proje parçalarının da boyanmasına yetmektedir.

Robot kurulumundan sonra duruşlar azaldığından kalite arttığından ve çevrim süresi hızlandığından OEE %65'den %86'ya yükselmiştir.

Boya kullanım hatasından (operatör) kaynaklı redler yaklaşık %8'den %1,8'e düşmüştür.

Ayrıca kabin 1 ve 2 de bulunan tabanca ile boya/vernik atımı yapan operatörlerin kimyasala maruziyeti ve tekrarlı hareket yüzünden yaşanan ergonomik problemler ortadan kaldırılmıştır.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında boyahane bölümü OEE' sinin hedefe ulaşamaması, kapasite sıkıntılarından dolayı yeni proje alamama, kalitesizlikten dolayı red maliyetlerinin yüksek olması, iş güvenliği ve ergonomi konularında yaşanan problemler incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda boyahane kısmına kurulacak robotun yaşanan tüm problemleri iyileştireceği kanaatine varılarak fizibilite çalışması yapılmıştır. Geri ödeme süresi hesabına göre de proje onaylanarak boyahaneye robot kurulmuştur.

Kurulan robot kurulumu sonrasında elde edilecek sonuçları sıralarsak;

- OEE değeri hedefin üstüne yükselmiştir.
- Çevrim süresinin hızlanması ile kapasite de boşluklar meydana geldiğinden yeni projeden parçalar alınabilmiştir.
- Redde atılan parçaların oranı düştüğünden red maliyeti azaldı ve müşteriye hata kaçma riski büyük oranda düşmüştür.
- Operatörlerin kimyasala maruz kalması tamamen yol edilerek boyahanedeki iş güvenliği riski azaltılmıştır.
- Operatörlerin tekrarlı hareket yapması ortadan kaldırılarak ergonomik iyileşme sağlandı. Böylece boyahane bölümünde çıkabilecek olan meslek hastalıkları büyük oranda düşürülmüştür.

Ayrıca bu tez çalışması sırasında dikkat çeken bazı doğabilecek problemler ve üzerine yapılabilecek öneriler şu şekildedir;

- Robotların arızalanması durumunda ve belirli bir süre çalıştırılamazsa hattın sonrasında da müşterinin durdurulmasına karşılık önlem alınması gerekmektedir. Müşteri durdurulursa hem ceza maliyeti yüksek olmaktadır hem de müşterinin güvenilirliği kaybedilecektir. Robotun çalışamadığı durumda eski yöntem olan tabanca ile operatörün boyama işlemine geçici devam edilebilmesine göre teçhizat sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Commission B., Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development, *World Commission on Environment and Development (WCED)*, 1987, **17**, 1-91

[2] Bugmann, G., Siegel M., Burcin R., A Role for Robotics in Sustainable Development in Proceedings, *IEEE Africon'11*, Livingstone, Zambia, 1-6, Eylül 2011.

[3] Stock T., Seliger G., Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, *Procedia CIRP*, 2016, **40**, 536-541.

[4] URL1: http://www.motoman.com/about/robotics, (Ziyaret Tarihi: 18/01/2019)

[5] Steffen L., Mirka K., Mats W., Opportunities For Robotic Automation In Wood Product Industries: The Supplier and System Integrators Perspective, *Procedia Manufacturing*, 2017, **8**, 440-446.

[6] Wang X., Kemény Z., Váncza J., Wang L., Human-Robot Collaborative Assembly in Cyber-Physical Production: Classification Framework and Implementation, CIRP Annuals - Manufacturing Technology, 2017, **66**, 5-8.

[7] Fong T., Thorpe C., Baur C., Collaboration, Dialogue and Human-Robot Interaction, *Proceedings of the 10th International Symposium of Robotics Research*, Victoria, Australia, 255-266, Ekim 2001.

[8] URL2: http://ec.europa.eu/yourvoice/ebtp/consultations/2011/robotics/report_en.pdf (Ziyaret Tarihi: 15.02.19).

[9] Shen W, Norrie D.H., Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing: A State-of-the-Art Survey, *Knowledge and Information Systems,* 1999, **1**(2), 129-156.

[10] Leflar J., TPM at Hewlett-Packard, *10th Total Productive Maintenance Conference*, Las Vegas, 21-23, Eylül 1999.

[11] Nakajima S., Introduction to Total Productive Maintenance, *Productivity Press*., 1988, **25**(7), 709-756.

[12] Raouf A., Improving Capital Productivity through Maintenance, *International Journal of Operations & Production Management*, 1994, **14**(7), 44-52.

[13] Venkatesh J., An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM), *The Plant Maintenance Resource Center*, 2007, **1**, 3-20.

[14] Ayyıldız, R., Toplam Verimli Bakım ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2000, 92965.

[15] Kwon O., Lee K., Calculation Methodology for Contributive Managerial Effect by OEE as a Result of TPM Activities, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2004, **10**(4), 263-272.

[16] Aschhoff B., Blind K., Ebersberger B., Fraaß B., Rammer C., Schmidt T., Bundesministerium für Bildung und Forschung: Plattform Industrie 4.0, *Econstor*, 2005, **7**(3), 20-25.

[17] Bauernhansl, T., Industrie 4.0-die Industrielle Revolution Geht Weiter, In: Wt Werkstatttechnik, 2014, **104**(3), 105-106.

[18] Albers A., Gladysz B., Pinner T., Butenko V., Stürmlinger T., Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems, *Procedia CIRP*, 2016, **52**, 262-267.

[19] Blanchet M., Industry 4.0 The New Industrial Revolution How Europe will Succeed, *Roland Berger Strategy Consultants*, 2014.

[20] URL-3: http://smartmanufacturing.com/, (Ziyaret Tarihi: 11.02.2019)

[21] URL-4: http://www.worldrobotics.org;2017/, (Ziyaret Tarihi: 12.02.2019)

[22] Groover M.P., Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing, *4th ed. Boston: Pearson*, 2014.

[23] Säfsten K., Winroth M., Stahre J., The Content and Process of Automation Strategies, *IJo Production Economics*, 2007; **110**(1-2), 25-38.

[24] Jackson M.H., E. Hellström, Granlund A., Friedler N., Lean Automation: Requirements and Solutions for Efficient use of Robot Automation in the Swedish Manufacturing Industry, *IJo Engineering Research & Innovation*, 2011, **2**, 36.

[25] Baines T., An Integrated Process for Forming Manufacturing Technology Acquisition Decisions, *International Journal of Operations & Production Management*, 2004, **24**(5)**,** 447-467.

[26] Granlund A., Jackson M.H., Managing Automation Development Projects: A Comparison of Industrial Needs and Existing Theoretical Support, *Advances in Sustainable & Competitive Manufacturing Systems*, 2013, 761.

[27] Ron P., Sustainable and Reliable Robotics for Part Handling in Manufacturing Automation, *Robot in Stamina*, 2013, **1**, 1-5.

[28] Yanmaz M., Çayır E., İşletme Etkinliğinin (OEE) Ölçülmesi, *II. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi*, Ankara, Türkiye, 61-74, Mayıs 2005.

[29] Dinçer H., İnsanda Enerji Kullanımı ve Karşılanması, *MPM Ergonomi Eğitim Programı*, Ankara, Türkiye, 22-34, Kasım 1978.

[30] Yapıcı F., Baş H., Verimlilikte Ergonomik Faktörler, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2015, **3**(3), 591-595.

[31] Erkan N., Ergonomi, *MPM Yayınları*, 1995, **373**, 182-186.

[32] Kayapınar A., Mobilya Tasarımında Fonksiyonellik ve Ergonomi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2011, 295231.

[33] Wilson J., Fundamentals of Industrial Ergonomics, *Applied Ergonomics*, 2014, **45**(1)**,** 5-13.

[34] Çelenk H., Ergonominin Verimliliğe ve Motivasyona Etkisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2000.

[35] Faber M., Bützler J., Schlick C., Human-Robot Cooperation in Future Production Systems: Analysis of Requirements for Designing an Ergonomic Work System, *Procedia Manufacturing*, 2015, **3**, 510-517.

[36] Özalp Ş., Hareket ve Zaman Etüdü*, İşitme Özürlü Çocuklar Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayını*, 1980, **4**(1-2) 10-12.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Vatansever C., Alkan A., Sorting Criteria for Effectıng Personal Safety Equıpment Supplıer Selectıon By Usıng Fuzzy Dematel Approach, Uluslararası Katılımlı Üretim Araştırmaları Sempozyumu "4. Sanayi Devriminde Üretim" *(ÜAS'2016),* İstanbul, Türkiye, 12-14 Ekim 2016.

ÖZGEÇMİŞ

Ağustos 1992'de Kocaeli'de doğdu. 2010 yılında Körfez Atatürk Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde öğrenimine başlamıştır. 2015 yılında bu bölümden mezun olarak aynı sene içerisinde Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başlamıştır. 2013-2016 yılları arasında Türk Pirelli Lastikleri'nde Endüstri Mühendisi olarak çalışmıştır. 2016 yılından beri Novares Otomotiv A.Ş'de Endüstri Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir.