



Bu bir MMO yayınıdır

# MOBİL HİDROLİKTE YALIN ÜRETİM VE YALIN ÜRETİME HİZMET EDEN ARAÇLAR

Mehmet YILDIZ<sup>1</sup>

Mehmet PEK<sup>1</sup>

Umut UYSAL<sup>1</sup>

Doğuş KILIÇ<sup>1</sup>

Müge METİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bosch Rexroth Oto. San. Tic. A.Ş.



# MOBİL HİDROLİKTE YALIN ÜRETİM VE YALIN ÜRETİME HİZMET EDEN ARAÇLAR

Mehmet YILDIZ<sup>1</sup>, Mehmet PEK<sup>2</sup>, Umut UYSAL<sup>3</sup>, Doğuş KILIÇ<sup>4</sup>, Müge METİN<sup>5</sup>

Bosch Rexroth Oto. San. Tic. A.Ş. Organize Sanayi Bölgesi Kırmızı Cad.  
No:19 16159 Nilüfer Bursa/TÜRKİYE

<sup>1</sup>Tel: +90(224)275-0341 E-posta: Mehmet.yildiz2@boschrexroth.com.tr

<sup>2</sup>Tel: +90(224)275-0501 E-posta: Mehmet.pek@boschrexroth.com.tr

<sup>3</sup>Tel: +90(224)275-0502 E-posta: Umut.uysal@boschrexroth.com.tr

<sup>4</sup>Tel: +90(224)275-0500 E-posta: Dogus.kilic@boschrexroth.com.tr

<sup>5</sup>Tel: +90(224)275-0018 E-posta: Muge.metin@boschrexroth.com.tr

## ÖZET

1900'lerin başında endüstriyel devrim ile başlayıp günümüze uzanan yolda kalite, maliyet, müşteriye olan sevkiyatın hızı ve performansı artarak önem kazanmıştır. Günümüzün ağırlaşan rekabet koşulları ve pazarda kalıcı olabilmek gibi zorlayıcı faktörler firmaları maliyet azaltmaya, yüksek kaliteli ürün üretmeye ve sevkiyat performansını arttırmaya yönlendirmiştir. Bu çalışmada, yalın üretimi hedefleyen Bosch Production System'in mobil hidrolik üretiminde hem seri imalat öncesi proje aşamasında, hem de seri üretim sırasında maliyet, kalite ve sevkiyat performansına etkisi ayrı ayrı dikkate alınıp değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yalın üretim, mobil hidrolik, sürekli iyileştirme, prototipleme, seri üretim

## ABSTRACT

Just after industrial revolution in early 1900s quality, cost and delivery performance have become focus, and nowadays getting important aggressively higher. Tough situation in market forces companies to increase their quality and delivery performance, decrease cost day by day to catch sustainable existence in market. In this study, effect of Bosch Production System, which targets lean production, is evaluated separately on quality, cost and delivery performance in mobile hydraulics before serial production (Project phase) and during serial production.

**Key Words:** lean production, mobile hydraulics, continuous improvement, prototyping, serial production

## 1. GİRİŞ

### 1.1 Yalın Üretim Sistemi Nedir?

Üretim Sistemi, müşteri siparişlerinin karşılanması sürecinin sistematik bir yaklaşımla gerçekleştirilmesidir. Bu yaklaşım, prensipleri, süreçleri, metotları ve kuralları ortaya koyar. Üretim Sistemi, çalışanlara ve yöneticilere görev ve sorumluluklarının yerine getirilmesinde kılavuzluk yapar.

Yalın Üretim Sistemi, üretime ek yük getiren tüm israflardan arınmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Yalın üretimde emek-zanaat yoğun üretim ile seri üretimin üstünlükleri bir araya getirilmiştir. Tablo 1’de Emek-Zanaat Yoğun Üretim, Seri Üretim ve Yalın Üretim metotlarının karşılaştırılması gösterilmiştir.

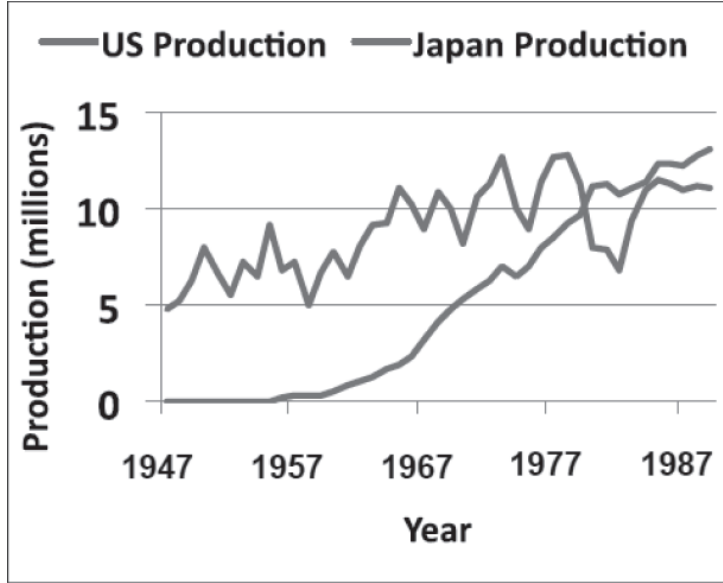
**Tablo 1.** Üretim Sistemleri Karşılaştırılması [1]

|                           | <b>Emek-Zanaat Yoğun Üretim</b>        | <b>Seri Üretim</b>                           | <b>Yalın Üretim</b>                         |
|---------------------------|--|--|---|
| <b>Odak</b>               | Ustalık                                | Ürün   | Müşteri                                     |
| <b>Üretim</b>             | Tekil parça üretimi                    | Büyük adetler ve yığın üretim                | Senkronize akış ve çekme sistemi            |
| <b>Genel Amaç</b>         | Zanaat Ustalığı                        | Maliyetleri düşürmek ve verimliliği artırmak | İsrafları azaltmak ve değer katmak          |
| <b>Kalite</b>             | Ustalıkla birlikte gerçekleştirme      | Üretim sonrası kontrollerle sağlama          | Tasarım ve metotlarla üretim içinde sağlama |
| <b>İş Stratejisi</b>      | Müşteriye göre özelleştirilmiş ürünler | Ölçek ekonomisi ve otomasyon                 | Esneklik ve müşteri isteklerine uyum        |
| <b>İyileştirme Metodu</b> | Ustalık ile sürekli iyileştirme        | Uzman tarafından periyodik iyileştirmeler    | Çalışanlar tarafından sürekli iyileştirme   |

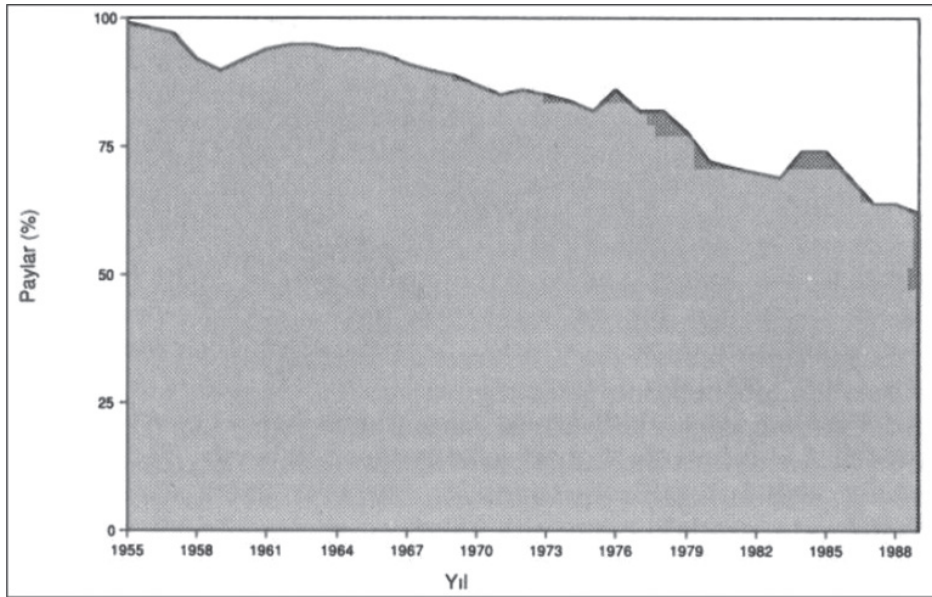
Yalın üretimin ana stratejisi hızı arttırıp, akış süresini azaltarak kalite, maliyet ve sevkiyat performansını aynı anda iyileştirmektir. Yalın üretim, müşteri ihtiyaçları doğrultusunda ürüne katma değer yaratan ve katma değer yaratmayan faaliyetlerin ayırt edilip, katma değer yaratmayan faaliyetlerin yok edilmesini veya azaltılmasını hedefler. Bu şekilde israfların kaldırılması veya yok edilmesini sağlayarak, müşteri talebinin en az maliyette, en hızlı ve en kaliteli olarak karşılanmasını hedefler. [2]

Yalın üretim, 1960’ların başı itibariyle Japonya’nın Toyota şirketinde başmühendis Taiichi Ohno’nun liderliğinde, seri üretimden farklı olarak müşteri odaklılığı ve ürüne değer katmayan israfların azaltılmasını hedefleyen üretim metotlarıyla oluşturulmaya başlanmıştır. [2]

1985 yılında Amerikan MIT üniversitesinde oluşturulan Uluslararası Motorlu Araçlar Programı çalışması ile aynı üniversitede görevli olan James Womack ve çalışma arkadaşlarının liderliğinde Japonya’daki Toyota fabrikaları ile Avrupa ve Kuzey Amerika’daki otomotiv fabrikaları incelenmiştir. Bu çalışmanın başlamasının sebebi, Japon arabalarının üretim hacmini ve kalitesini sürekli artırması ve bu sebeple Amerikan Otomobil firmalarının pazar paylarını Japon rakiplerine kaptırmaya başlamasıdır. Şekil 1’de Amerikan ve Japon otomobil firmalarının yıllara göre üretim adetleri gösterilmiştir. Amerikan otomobil firmalarının Pazar payındaki düşme ise Şekil 2’de gösterildiği üzere 30 yıl gibi bir sürede yaklaşık 40 % olarak gözlenmektedir.



Şekil 1. Amerikan ve Japon Otomobil Şirketlerinin Üretim Miktarları [3]



Şekil 2. Amerikan Otomobil Firmalarının Pazar Payı Grafiği [3]

Yaklaşık 5 yıl süren Uluslararası Motorlu Araçlar Programı çalışması sonucunda, James Womack ve çalışma arkadaşları 1990 yılında “Dünyayı Değiştiren Makina” isimli bir kitap yazıp, programın sonuçlarını paylaşmışlardır. Programın sonucunda Şekil 3’de görüldüğü üzere Japon, Kuzey Amerika ve Avrupa otomobil firmalarının üretim performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu kitapla birlikte tüm endüstri firmaları “Yalın Üretim” mantığını, metotlarını ve uygulama prensiplerini öğrenme fırsatını yakalamıştır.

|  | Japonya'daki Japonlar | Kuzey Amerika'daki Japonlar | Kuzey Amerika'daki Amerikalılar | Tüm Avrupa |
|--|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|
| <i>Performans:</i>                     | 16.8                  | 21.2                        | 25.1                            | 36.2       |
| Üretkenlik (Saat/araç)                 | 60                    | 65                          | 82.3                            | 97         |
| Kalite (Montaj hataları/100 araç)      |                       |                             |                                 |            |
| <i>Yerleşim:</i>                       |                       |                             |                                 |            |
| Alan (ft <sup>2</sup> /araç/yıl)       | 5.7                   | 9.1                         | 7.8                             | 7.8        |
| Onarım Alanı Boyu (montaj alanı %si)   | 4.1                   | 4.9                         | 12.9                            | 14.4       |
| Parça Stoğu (8 örnek parça için gün)   | 0.2                   | 1.6                         | 2.9                             | 2.0        |
| <i>İşgücü:</i>                         |                       |                             |                                 |            |
| Ekip Halindeki İş Gücü %si             | 69.3                  | 71.3                        | 17.3                            | 0.6        |
| İş Rotasyonu (0=hiç, 4=sık)            | 3.0                   | 2.7                         | 0.9                             | 1.9        |
| Öneri/çalışan                          | 61.9                  | 1.4                         | 0.4                             | 0.4        |
| İş Sınıfı Sayısı                       | 11.9                  | 8.7                         | 67.1                            | 14.8       |
| Yeni Üretim İşçilerinin Eğitimi (saat) | 380.3                 | 370.0                       | 46.4                            | 173.3      |
| İşe Devamsızlık                        | 5.0                   | 4.8                         | 11.7                            | 12.1       |
| <i>Otomasyon</i>                       |                       |                             |                                 |            |
| Kaynak (%)                             | 86.2                  | 85.0                        | 76.2                            | 76.6       |
| Boya (%)                               | 54.6                  | 40.7                        | 33.6                            | 38.2       |
| Montaj (%)                             | 1.7                   | 1.1                         | 1.2                             | 3.1        |

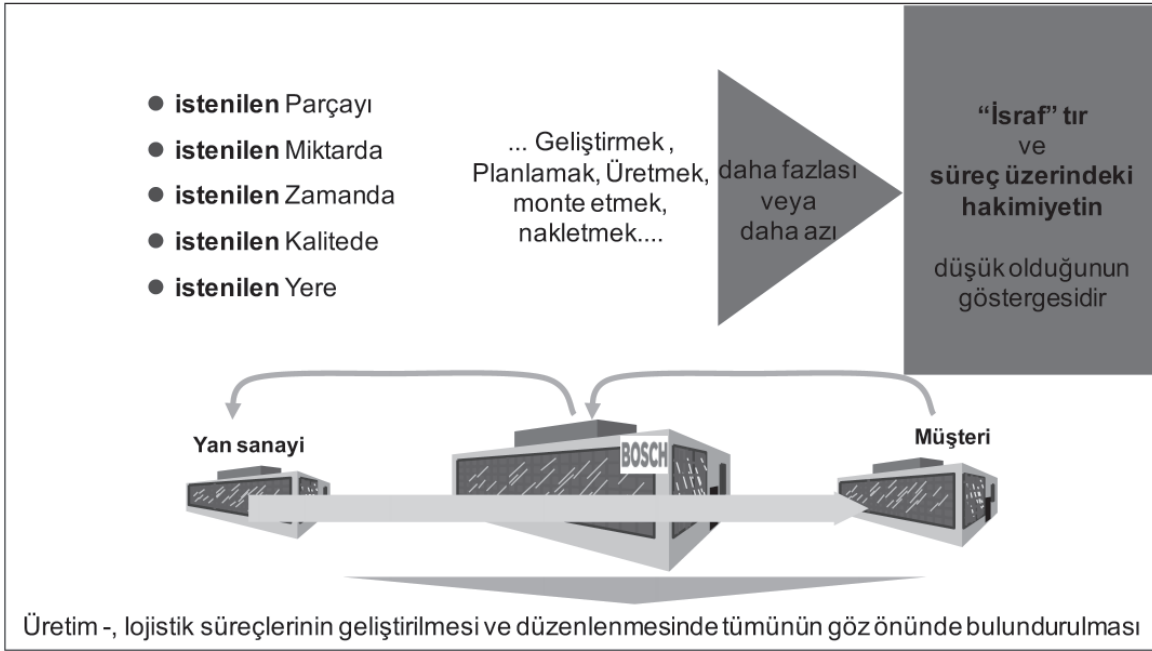
Şekil 3. Otomobil fabrikaları üretim performans karşılaştırması [4]

Yalın üretim sistemi hedeflerini gerçekleştirmek için kullanılan etkin yöntemler ve metotlar bulunmaktadır. Bu çalışmada, sürekli iyileştirme, değer akış planlama, standart iş, hat dengeleme ve çekme sistemi uygulaması gibi metotlar kullanılmıştır.

## 1.2 Bosch Üretim Sistemi Nedir?

Bosch Üretim Sistemi, günümüz rekabet koşullarında, Bosch şirketini rakiplerinin önüne geçirmek amacıyla, daha yüksek kalitede, daha hızlı ve daha uygun maliyette üretim yapabilmek için, yalın üretim tekniklerinin, Bosch üretim fabrikalarında uygulanmasını hedefleyen ve 2002 yılında kurulan bir sistemdir [5].

Şekil 4'de gösterildiği gibi Bosch Üretim Sistemi'nin hedefi, müşteri istekleri doğrultusunda talep edilen ürünü, tam olarak istenilen miktar, zaman ve kalitede geliştirip, üretip, müşteriye sevkiyatını sağlamaktır. İstenilen durumdan daha az veya daha fazla işlem yapılması, israf olarak tanımlanır ve süreç üzerindeki hâkimiyetin düşük olduğunu gösterir. Bu hedefe ulaşmak için tüm üretim ve lojistik süreçlerinin göz önünde bulundurulup, geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4. Bosch Üretim Sistemi Hedefleri [5]

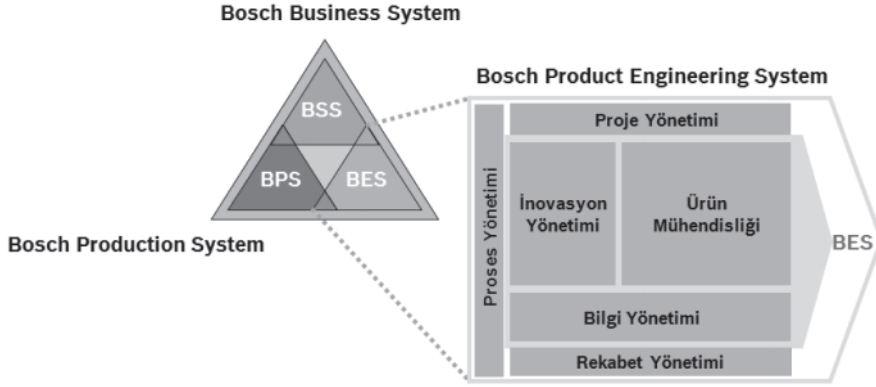
### 1.3 Bosch Ürün Mühendisliği Sistemi

Yalın Ürün Mühendisliği kaynak, zaman ve çabayı minimize ederek, maksimum katma değeri sağlamak amacıyla üretim mühendisliği sistemi tasarlamak için geliştirilmiş bir yoldur [6]. Günümüzde mühendislik firmaları müşterilerine katma değeri fazla ürünler sunabilmek için ürün geliştirme yetkinliklerini artırma ihtiyacı duymaktadırlar. Bu bağlamda Toyota tarafından ortaya çıkarılan, bir başka deyişle Yalın Ürün Geliştirme Sistemi; endüstriler arasında yeni uygulamalar için etkin bir ölçüttür. 1970-80'lerde geliştirilen ve sistematik tasarım ve mühendislik süreçlerini tanımlayan yalın terimi, geleneksel tasarım metodolojilerinin birçok elemanını içinde barındırmaktadır [7]. Yalın ürün geliştirme sistemleri temel alınarak, proses, proje, inovasyon, bilgi ve rekabet yönetimine ek olarak ürün mühendisliği disiplinleri de dikkate alınarak Bosch Ürün Mühendisliği Sistemi oluşturulmuştur. Bosch'a ait yalın üretim sistemleri ve birbiriyle olan etkileşimleri Şekil 5'de gösterilmiştir.

Bosch ürün mühendisliği sistemi (Bosch Product Engineering System-BES) yeni bir ürün tasarımı sırasında optimum bir ürün tasarımı yapabilmek için gerekli çerçeveyi oluşturur. BES ile çalışmak ilgili ürünü gereksinimler, fonksiyonlar ve sebep-sonuç ilişkisi içerisinde tasarlamaktır. Temel amaç en iyi ürünü doğru kalitede, doğru zamanda ve doğru maliyette pazara sunmaktır.

Ürün Mühendisliği sistemi bir ana bileşen olarak tüm şirket için ürün geliştirme ile beraber sistemsel düzeyde vizyon ve yönetsel strateji sağlar. Ayrıca şirket geneline yayılmış bir ürün geliştirme sistemi müşteriye veya kullanıcıya diğer paydaşları da dikkate alarak üst seviyede değer katmayı hedefler. Ek olarak işlevsel ve stratejik yönetimi içine alan sistematik açıdan en iyi müşteri çözümünü geliştirmek için etkin süreçleri kullanmaya odaklanır ve bilinen süreçlerde öngörülebilir çıktı ve minimize edilmiş teknik risk için güçlü bir temel oluşturur. Kaynakların etkin kullanımı ile sorunu hızlı bir

şekilde çözmek amacıyla paralel süreçleri takip eder [9]. Bunun için BES ürün tasarımı sürecinde görev alan tüm çalışanlara temel prosedür ve metotları sağlar.



Şekil 5. Bosch' ait yalın üretim sistemleri [8]

BES ile BPS'in kesiştiği ve yalın üretim hedeflerine hizmet eden noktada proje aşamasında dikkate alınıp incelenen 2 yalın uygulama bulunmaktadır. Bunlar:

1. Çeşitlilik/tip yönetimi
2. Değer akış planlama ve yalın hat tasarımı

## 2. HİDROLİK POMPA/MOTOR ÜRETİMİNDE BOSCH ÜRETİM SİSTEMİ YAKLAŞIMININ UYGULANMASI

Bu çalışmada, Bosch Üretim Sistemi araçlarından System CIP ve Çekme Sisteminin hidrolik pompa/motor üretiminde uygulama projesi anlatılacaktır. Bu proje, fabrikanın en yüksek adette üretilen, en yüksek ciro sağlayan ve fabrika hedeflerine en büyük etkisi olan pompa/motor üretim bölümünde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın hedefleri aşağıda yer almaktadır.

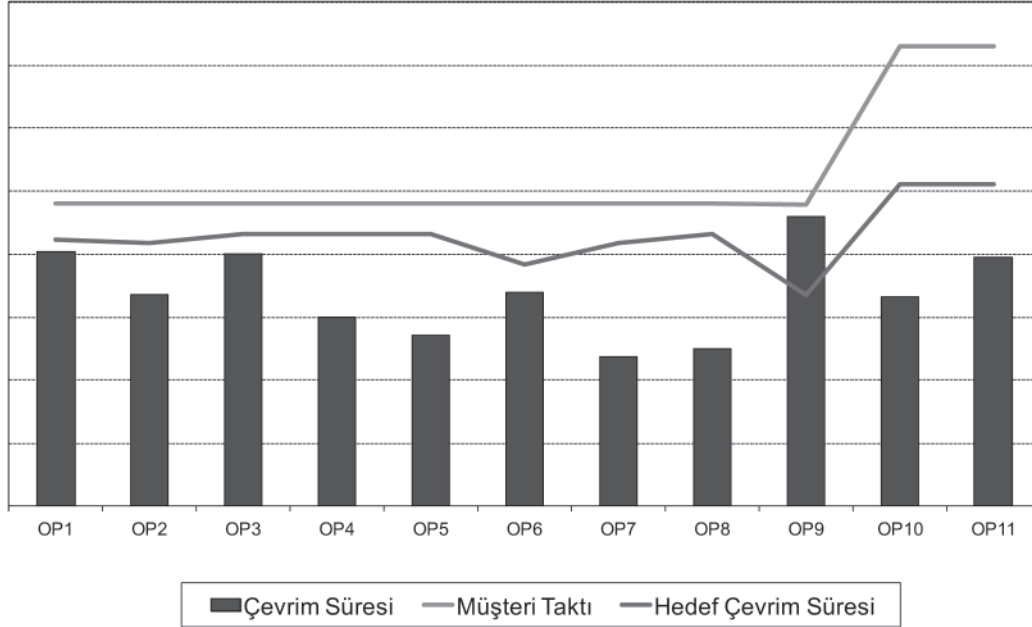
### **Proje Hedefleri:**

1. Sevkiyat Performansını %25 artırmak
2. Üretim akış süresini %30 azaltmak
3. Üretim içindeki ara stokları %20 azaltmak
4. Tanımlı ve sistematik olarak malzeme ve bilgi akışını sağlamak

### 2.1 System CIP (Sistem İyileştirme) Uygulaması

System CIP, Bosch Üretim Prensipleri arasında yer alan Süreç Odaklılık prensibine ulaşmak için kullanılan bir metottur. Süreç Odaklılık Prensipleri, tüm üretim bölümlerindeki değer akışları tasarlamayı, yönetmeyi ve iyileştirmeyi hedefler [5].

System CIP, değer akış planlama çalışmasıyla başlatılır. Bu çalışmaya ilgili üretim biriminin değer akışına hizmet eden tüm birimlerden (Üretim, Lojistik, Planlama, Bakım, Kalite) sorumlular katılır. Öncelikle Değer akış haritalama yapılarak mevcut durum ortaya konulur. Değer akış kapasite hesaplamaları yapılarak, ilgili üretim bölümünün darboğaz süreci belirlenir. (Bkz. Şekil 6) System CIP çalışmasında, mevcut kaynakların darboğaz alanda kullanılması ve bu alanda iyileştirme yapılmasının öncelikli olarak ele alınması sağlanır.



Şekil 6. Değer Akış Kapasite Diyagramı

Değer akış planlama çalışmasına Gelecek Durum Haritalaması yapılarak devam edilir. Gelecek durum haritalaması yapılırken, daha yalın bir malzeme ve bilgi akışına ulaşılması hedeflenir. Darboğaz analizi ve gelecek durum haritalaması göz önünde bulundurularak, iyileştirme projeleri belirlenir ve bu projelerin gerçekleştirilmesi için çalışmalara başlanır.

Şekil 6'da bulunan değer akış kapasite diyagramında, 9. operasyonda (OP9) mevcut çevrim süresinin, hedef çevrim süresinden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, müşteri taleplerinin bu operasyonda karşılanamayacağı ve bu proseste darboğaz yaşanacağı anlamına gelmektedir. Bu proses ön montaj prosesidir ve iyileştirme aktiviteleri öncelikli olarak bu proseste yapılmalıdır.

### 2.1.1 Darboğaz Proses İyileştirmeleri

Darboğaz prosesin mevcut durumdaki kayıplarının analizleri yapıldı. Bu analize göre darboğaz prosesin en büyük 3 kaybının;

1. Arızalar kaynaklı
2. Organizasyon kaynaklı
3. Malzeme eksikliği



kayıpları olduğu tespit edilmiştir. Bu kayıplarla ilgili, Problem Çözme Metotları kullanılıp kök neden analizleri yapıp iyileştirme aksiyonları tanımlanmıştır. Bu aksiyonlarla birlikte ekipman kullanım verimliliği %22 oranında artırılmıştır.

Ön montaj hattında çalışan ve manüel montaj yapan operatörlerin iş yükü analizleri yapılmıştır. Bu analizlere göre iş yüklerinin çalışanlar arasında dengeli olarak dağıtılmadığı tespit edilmiştir. İş adımları incelenerek toplam süresi daha uzun olan adımlar için iyileştirmeler yapılmıştır ve toplam iş yükü süresi azaltılmıştır. Yeni toplam iş süresine göre, montaj operatörleri arasında daha dengeli bir iş yükü dağılımı yapılmıştır. Bu şekilde çevrim süresinde %8'lik bir iyileştirme sağlanmıştır.

Yapılan makine kullanım oranı ve çevrim süresi iyileştirmeleriyle, müşterinin talep ettiği adette üretim sağlanmış olup, bu iyileştirmelerle sevkiyat performansında %28 bir artış sağlanmıştır.

## 2.2 Çekme Sistemi Kurulması

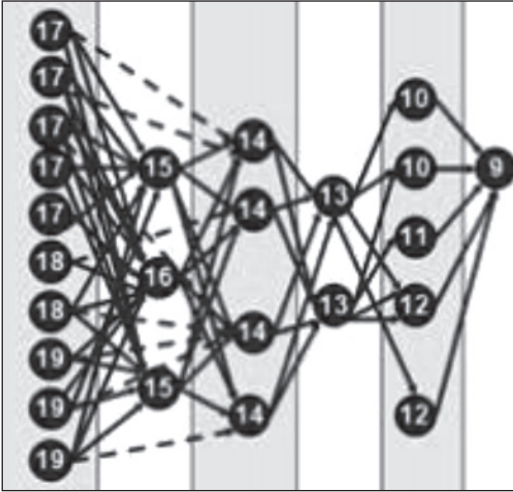
Çekme Sistemi, Bosch Üretim Prensipleri arasında yer alan Çekme Prensibine ulaşmak için kullanılan bir metottur. Çekme Prensibi, müşterinin tam olarak istediği kadar üretmeyi, müşteri ürünü tüketip, tüketim sinyali vermeden üretimi başlatmamayı hedefler. Bu prensibe ulaşmak için Süpermarket, Kanban ve FIFO metotları uygulanabilir. [1]

Darboğaz procesteki sorun çözümlü, müşterinin talep ettiği adette üretim yapılarak sevkiyat performansında hedeflere ulaşıldıktan sonra projenin ikinci aşamasına geçilir. Bu aşamada Çekme Sistemi kurularak, daha iyi organize edilmiş, müşteri talebiyle ilintili olarak, müşterinin ürün çekmesiyle üretime başlanacak ve kanban kartları kullanılarak otomatik bir üretim planlamanın sağlanacağı bir sistem kurma devreye alınır.

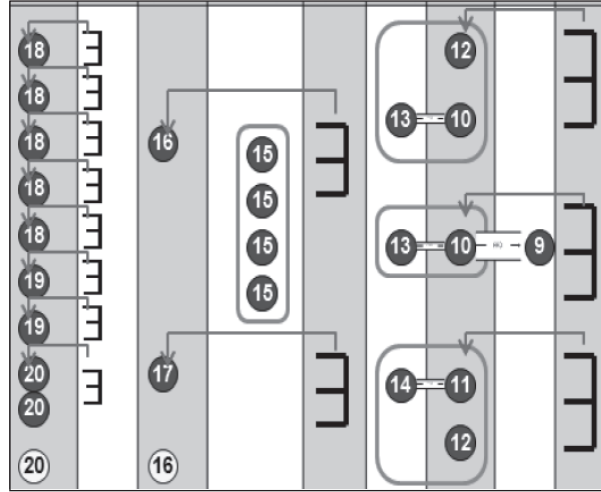
Bu çalışmanın amacı üretimde yer alan ara stokları ve üretim akış süresini azaltmak ve sistematik bir ürün ve bilgi akışı oluşturmaktır. Çalışma hidrolik pompa/motorun alt parçaları arasından en uzun üretim akış süresine sahip ve en fazla katma değerli adım içeren alt parçasında gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.1 Çekme Sistemi Kurulma Aksiyonları

Öncelikli olarak malzeme akışı analiz edilmiştir. Malzeme birbiri ardına 6 farklı iş adımından geçtiği ve her iş adımında farklı sayılarda makine bulunduğu için, malzemenin üretim akışının çok karmaşık bir yapıda olduğu gözlenmiştir. Ürünün aktif olarak üretimi yapılan 95 tipi bulunmaktaydı ve bir tipin tam olarak hangi üretim akış yolunu izleyerek montaja ulaşacağı belirlenmemiştir. Bu durum da prosesler arasında kontrolsüz stok oluşturup, üretim akış süresinin uzamasına ve üretim planlamanın manüel olarak üretim grup başları tarafından çok sık olarak yapıp kontrol etmesine sebep olmaktadır.



Şekil 7. Alt parça üretim akışı-Önceki durum



Şekil 8. Alt parça üretim akışı- Sonraki durum

Şekil 7'de görüldüğü gibi birbirini takip eden proseslerin bağlantıları arasında proje başlangıcında belli kurallar olmadığı için bir ürünün hangi yolu izleyeceği ve üretim akış süresinin ne kadar olduğu tanımlanmamıştır.

Bu durumu çözmek ve ürünlere tanımlı rotalar oluşturmak için öncelikle, kapasitelerine göre üretim makinelerine farklı tiplerin atamaları yapılmamıştır. Bu şekilde hangi tipin hangi makinelerde üretileceği netleştirilip, bir sonraki adım olarak birbirini izleyen farklı prosesler arasındaki bağlantıları daha yalın hale getirmek için, prosesler arasına Süpermarket ve FIFO bağlantıları tanımlanmıştır. Bu şekilde Şekil 8'te gösterildiği üzere prosesler arasında çekme sistemi kurulmuş ve müşteri prosesin bir önceki processten parça çekmesiyle tetiklenen ve kanban kartlarıyla otonom olarak üretim planı oluşan bir sistem kurulmuştur.

Çekme sistemi kurulması sonucunda üretim akış süresinde %32, üretim içindeki ara stoklarda %21 azaltma sağlanmıştır. Ayrıca buna ek olarak üretim içindeki malzeme ve bilgi akışı daha yalın bir hale geldiği için, üretim planlamasında harcanan endirekt çalışan kapasitesi, sistemi iyileştirmek için yapılması gereken aksiyonların yönetimine yönlendirilmiştir.

### 3. HİDROLİK POMPA/MOTOR PROJE AŞAMASINDA BES YAKLAŞIMININ UYGULANMASI

Yıllardır süregelen aksel pistonlu pompa ve motor üretiminde maliyet, ergonomi, performans gibi piyasa beklentileri sonucunda yeni bir ürün tasarım gereksinimi duyulmuştur. Bu doğrultuda bugün üretilen ve pazarda büyük bir pay sahibi olan sabit deplasmanlı aksel pistonlu pompa ve motorun günümüz beklentileri, imalat teknolojileri ve edinilen tecrübeler dikkate alınarak yeniden dizayn edilmektedir. Henüz tasarım aşamasında yalın üretimle paralel olarak altta isimlendirilen 3 adet yalın uygulama ayrı ayrı değerlendirilmiş ve etkileri ortaya konmuştur.

1. Çeşitlilik/tip yönetimi
2. Değer Akış Planlama
3. Yalın Hat Tasarımı

### 3.1 Çeşitlilik/tip yönetimi

Üründe ve üretim proses akışında tip azaltılması, bir başka deyişle minimum efor ve maliyet harcanması için ürünün yeniden tasarım süreçlerini kapsar.

Her müşteri beklentisine veya talebine cevap verebilmek adına fazla adette çeşitlilik gösteren alt parça dizaynının bulunması üretimdeki kayıpları arttırmaktadır. Bu durum maliyet, kalite ve sevkiyat hızını negatif yönde etkilemektedir. Mevcut durumda ve yeni ürünlerdeki ana parçaların adetsel analizi Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Ana Parçaların Adetsel Analizi

| Mevcut Ürün                      |                                  |                        |                                    | Yeni ürün                        |                                  |                        |                                    |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Alt Parça 1 hammadde (tip adedi) | Alt Parça 1 işlenmiş (tip adedi) | Alt Montaj (tip adedi) | Toplam kullanılan alt parça (adet) | Alt Parça 1 hammadde (tip adedi) | Alt Parça 1 işlenmiş (tip adedi) | Alt Montaj (tip adedi) | Toplam kullanılan alt parça (adet) |
| 9                                | 11                               | 15                     | 57                                 | 4                                | 7                                | 11                     | 37                                 |

Yapılan analizler, edinilen tecrübeler ve müşteri beklentileri göz önünde bulundurularak gene olarak tip çeşitliliği yaklaşık % 35 oranında azaltılmıştır.

### 3.2 Değer akış planlama

Müşteri sevkiyat süresi baz alınarak, müşteride başlayan ve üretim fabrikası üzerinden tedarikçiye olan akışın senkronize edilmesini ele alır.

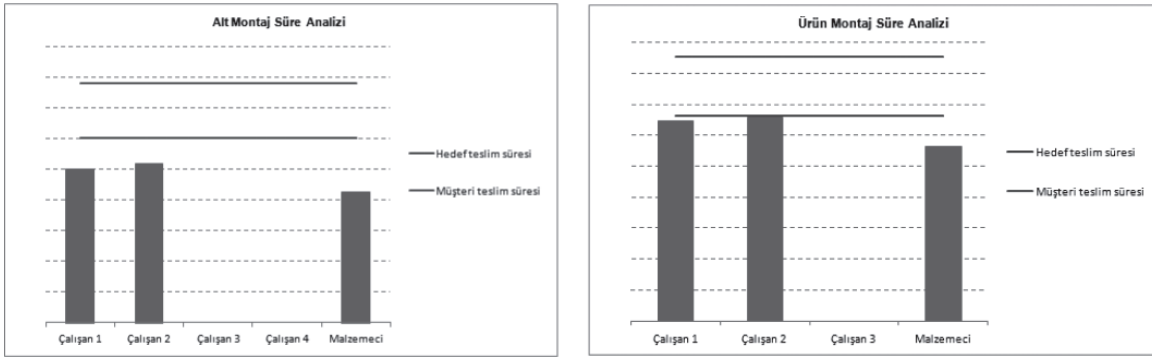
Müşteri sevkiyat zamanını iyileştirebilmek adına tasarım değişiklikleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu yolla hatta çalışan operatörlerin çalışma sürelerini dengeleyecek tasarım değişiklikleri uygulanmıştır. Mevcut ürün montajı yapılırken, ürün montaj hattında diğer alt parçaların montaj edilebilmesi için 3 kez 180° döndürülerek montaj tamamlanmaktadır. Bu durum yeni tasarımda gövde ve kapak tasarımı sırasında dikkate alınmış ve tek yönlü montaj akışı ünite montaj hattında döndürülmeden sağlanmıştır.

### 3.3 Yalın hat tasarımı

Optimize edilmiş bir montaj hattı için, üretilebilirlik, esneklik, ergonomi ve alan kullanımı göz önünde bulundurularak geliştirme süreçlerini dikkate alır. Montaj hattında ve ürün tasarımında yapılan değişiklikler ile müşteri teslim süresinin karşılanması hedeflenir.

Mevcut durumda gövde ve kapak montajı sırasında 6 adet bağlantı elemanı kullanılırken, yeni ürün tasarımında bu konu dikkate alınarak bağlantı elemanı sayısı 4'e düşürülmüştür. Tasarımda yapılan değişiklik ile Semi-manuel tork kontrollü elektrikli sıkıcıların kullanımına olanak sağlanarak değer akış planlamada bahsedilen çalışan başına düşen iş zamanı azaltılarak dengelenmiştir.

Montaj hattı dengelemedeki temel öge, hat üzerinde aynı işlem zamanına sahip iş istasyonu sayısını ya da çevrim süresini minimize etmektir. İstasyonlardaki zaman fazlalıklarını azaltmak için montaj hattındaki toplam iş yükünü istasyonlara eşit olarak dağıtmak hedeflenir. Bu amaçla çalışanlar, birbirleri ile öncelik ilişkilerine ve istasyon boş sürelerine göre iş istasyonlarına atanır. Alt montaj grubu ve ünite montaj hattı için yapılmış hat dengeleme çalışması Şekil 9'da gösterilmiştir ve çalışanların süreleri dengelenmek suretiyle müşteri sevkiyat süresini sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 9. Montaj hatlarındaki hat dengeleme

## SONUÇ

Yalın Üretime hizmet eden BPS ve BES proje ve seri üretim aşamasında uygulanan Sistem CIP, Çekme Sistemi Kurulması, Çeşitlilik/tip yönetimi, Değer Akış Planlama ve Yalın Hat Tasarımı konuları ele alınarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak sevkiyat performansında %28 artış, Üretim Akış Süresinde %32 iyileşme, Üretim İçindeki Ara Stoklarda %21 oranında azalma, Malzeme ve Bilgi akışında daha yalın bir sistem kurulumu sağlanmıştır. Ayrıca tasarım aşamasında ele alınan noktalar, çeşitlilik tip yönetimi ile % 35 azaltılarak, seri üretim aşamasında yalın üretime zemin hazırlanmıştır. Yalın hat tasarımı ile de müşteri sevkiyat süresindeki iyileşmeye katkı sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] MURMAN E., et. al, "Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative", Palgrave, 2002.
- [2] WOMACK J. P., JONES D. T., ROOS D., "The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production", Free Press, 1990.
- [3] "Automotive News Market Data Book", calculated by the authors from 1989; 1990 pg. 25.

- [4] “UMAP Dünya Montaj Fabrikası Araştırması ve POWER J. D. Başlangıç Kalite Araştırması” 1989, Erişim Tarihi: 08 Eylül 2014, <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/10212.pdf>
- [5] “Bosch Production System Handbook” – 2013, Bosch Manufacturing Coordination.
- [6] BEST R., DE VALENCE G., “Design and Construction: Building in Value”, Butterworth-Heinemann, 2002, pg. 211-226; Edition of KOSKELA, L., et. Al “The foundations of lean construction”.
- [7] ULONSKA, S., WELO, T., “New Perspectives in the Quest for Unification of ‘Lean’ with Traditional Engineering Design Methodology”, Norwegian University of Science and Technology – Dep. of Engineering Design and Materials, 2013.
- [8] SCHMALE, B. (2010), BES-Passion for Engineering, CMagazin, 2, pg.16-17.
- [9] ABRAMOVICI, M. STARK, R., “Smart Product Engineering”, Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference, Bochum, Germany, 2013.

## ÖZGEÇMİŞ

### Mehmet YILDIZ

1984 Bursa doğumludur. 2007 yılında Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Borusan Mannesmann A.Ş.’de 2007 – 2008 yılları arasında Bakım Mühendisi, 2008 – 2011 yılları arasında Üretim Birim Yöneticisi olarak çalışmıştır. 2011 yılından beri Bosch Rexroth A.Ş.’de Bosch Üretim Sistemleri Fabrika Koordinatörü olarak görev yapmaktadır. Yalın üretim teknik ve metotlarının Bosch Rexroth fabrikasında yayılımı ve uygulaması konularında çalışmaktadır.

### Mehmet PEK

1984 yılı İzmir doğumludur. 2008 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği (İngilizce) Bölümünü bitirmiştir. Mezun olduktan sonra 1 yıl süre ile Almanya’da Avrupa Gönüllü Hizmeti yapmış olup, 2010 yılında Yedek Subay olarak askerliğini tamamlamıştır. 2011 başı itibariyle Bosch Rexroth Oto. San A.Ş. ailesine katılmış, Bursa fabrikasında Ar-Ge bölümünü kurma görevinin üstlenerek 1 yıl 2 farklı lokasyonda Bosch Rexroth AG Almanya’da bulunmuştur. 2012 yılından beri varlığını sürdüren Ar-Ge bölümünde Ar-Ge mühendisi olarak görevine devam etmektedir.

### Umut UYSAL

1985 yılı Bursa doğumludur. 2007 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 2010 yılında Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2007-2010 yılları arasında Ford Otosan A.Ş.’de Ürün Geliştirme Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2011-2012 yılları arasında Bosch Rexroth A.Ş.’de Planlama Mühendisi olarak çalışmış ve 2012-2013 yılları arasında Bosch Rexroth AG Almanya’da Ar-Ge Departmanı’nda görevler üstlenmiştir. 2014 yılından beri Bosch Rexroth A.Ş.’de Geliştirme Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Hidrolik motor ve pompaların geliştirme konularında çalışmaktadır.



## **Doğuş KILIÇ**

1983 yılı Nevşehir doğumludur. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Mezun olduktan sonra 1 yıl İzmir/ Kemalpaşa'da Aydınlar Dişli&Makine Sanayi Tic. Ltd. Şti'de üretim mühendisi olarak çalışmıştır. Askerlik görevini tamandıktan sonra 2008 yılı başı itibariyle Bosch Rexroth A.Ş. ailesine katılmış, 2011 yılına kadar üretim mühendisi olarak görev yapmıştır. Sonrasında Bosch Rexroth A.Ş. Ar&Ge ekibinin ilk üyelerinden biri olarak 1 yıl merkez fabrika olan Bosch Rexroth AG. Ar&Ge departmanında görev almış ve 2012 yılında tekrar Bosch Rexroth A.Ş.'ye dönmüştür. Sonrasında 2014 yılına kadar hidrolik pompa ve motor Ar&Ge aktiviteleri olarak farklı birçok görev üstlenmiştir. 2014 yılı başı itibariyle Bosch Rexroth AŞ. Ar&Ge kısım yöneticiliği yapmaktadır.

## **Müge METİN**

1986 Bolu doğumludur. 2010 yılında Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2010 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Malzeme Mühendisliği alanında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2012-2013 yılları arasında Bosch Rexroth A.Ş.'de Isıl İşlem Planlama Mühendisi olarak çalışmaya başlamış ve Eylül/2013' den itibaren Fabrika Yönetimi Teknik Asistanlığı görevini yürütmektedir.