



# ENDÜSTRİ 4.0 IŞIĞINDA YENİ NESİL ÜRETİM: SESSİZ HİDROLİK POMPA UYGULAMALARI

Adem ÖĞÜT  
Fatih BOZTAŞ

## ÖZET

Küresel üretim modelleri, dördüncü sanayi devrimine ve akıllı üretim ekonomisine kapı aralamaktadır. Artan bir şekilde daha fazla kişi ve kurum tarafından tartışılan Endüstri 4.0, küresel rekabette Türk firmaları açısından da hayati önem taşımaktadır. Üretim süreçlerinde yapay zeka, akıllı robotlar, nesnelerin interneti gibi uygulamalar bir bir gündeme gelirken, ıskalamamız gereken en önemli olgular arasında işgören sağlığı ve müşteri memnuniyeti gelmektedir. Bu bağlamda, yıllar önce Robert Koch'un söylediği sözlere hak vermemek mümkün değildir. "Kolera ve veba gibi hastalıklarla olduğu gibi, gürültü ile etkin mücadele edeceğimiz yıllar yakındır" Aslında bu günler gelmiş ve geçmektedir, fakat insanlık, bu sorunla henüz yeteri kadar mücadele etmemektedir.

Hidrolik sistemlerde ve pompa üretiminde gürültünün minimizasyonu kapsamında sessiz pompa, süper sessiz pompa, silence plus vb. tanımlamalar ve uygulamalar Endüstri 4.0 vizyonunda insanı merkeze almak açısından önemsenmelidir. Bu çalışmada, müşteri beklentileri ışığında yeni nesil hidrolik pompada yaşanan dönüşümler, özellikle sessizlik parametresi bağlamında, ele alınıp incelenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Yeni Nesil Üretim, Hidrolik Sistemler, Sessiz Pompa, Gürültü Azaltımı

## ABSTRACT

Global economic production models are currently opening doors to the intelligent production economy. Industry 4.0, which is increasingly discussed by more people and institutions, is also vital for Turkish companies in the global arena. While the applications such as artificial intelligence, intelligent robots, internet of things in the production processes are taking an agenda, the important points that we need to take care of are occupational health and customer satisfaction. In this context, we need to recall Robert Koch's words many years ago. "As with the diseases like cholera and plague, the years we will struggle effectively with noise are close." In fact, these days have come, but humanity is not fighting this problem as hard as it is yet. Silent pump, super silent pump, silence plus applications are very significant steps during noise minimization in hydraulic systems and pump production in terms of centralizing human factor in the vision of the 4.0. In this study, the developments in new generation hydraulic pumps are examined in the light of changing customer expectations, especially in the context of the silence parameter.

**Key Words:** Industry 4.0, Next Generation Production, Hydraulic Systems, Silent Pump, Noise Reduction



## 1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 ile gündeme gelen yeni nesil üretim akıllı fabrikalarla geleneksel üretimi yapısal anlamda dönüştürmektedir. Makinelerin kendi aralarında konuştuğu, robotların yerini co-robotlara bıraktığı, üretimi insanların değil, makinelerin eşgüdümlediği yeni nesil üretim tesislerinde tedarikten, depolamaya, üretimden, sevkiyata, kalite-kontrolden, satış sonrası servise kadar tüm süreçleri kendi kendine kontrol edebilen akıllı fabrika sistemleri, insan kaynaklı hataları milyonda onlara düşürebilmektedir.

Uzmanlar, treni kaçırmadığımız takdirde, Endüstri 4.0 ile birlikte, 4 yıl sonra Türkiye'de yüzde 6'lık bir büyümenin de mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır. Zihinsel ve teknolojik adaptasyonu sağladığımız zaman Endüstri 4.0 sayesinde verimlilik, pazara çıkış hızı ve esneklikte de stratejik sıçrayışlara erişmemizin asla sürpriz olmayacağını bilmeliyiz.

Küresel rekabette önde olmak isteyen Türk işletmelerinin, üretim ve dağıtım süreçlerinde çalışacak akıllı robotları, Ar-Ge, satış pazarlama ve yönetim süreçlerinde kullanılacak yapay zeka sistemleri ile bunların dış dünyayla bilgi alışverişlerini sağlayacak internet nesnelere ve tüm bu akıllı sistemlerin hep birlikte uyumla çalışmasını sağlayacak becerilere sahip tasarımcı, yazılımcı ve uygulayıcı uzmanlardan oluşan yaygın bir ekip çalışmasını eşgüdümlemesi kaçınılmazdır.

İleri teknolojinin insanlığın mutluluk ve sağlığını sürdürülebilir biçimde geliştirmesi modern toplumların vazgeçilmez hedefidir. Bu noktada, etkin teknoloji yönetimi, en az ileri teknoloji üretimi ya da kullanımı kadar önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada, yapılan değerlendirmeler ve geleceğe yönelik sunulan öngörülerde mühendislik bilimleri, sosyal bilimler ve yönetim bilimleri arasında bir ara yüz ya da ara disiplin olan teknoloji yönetimi perspektifinden hareket edilmektedir.

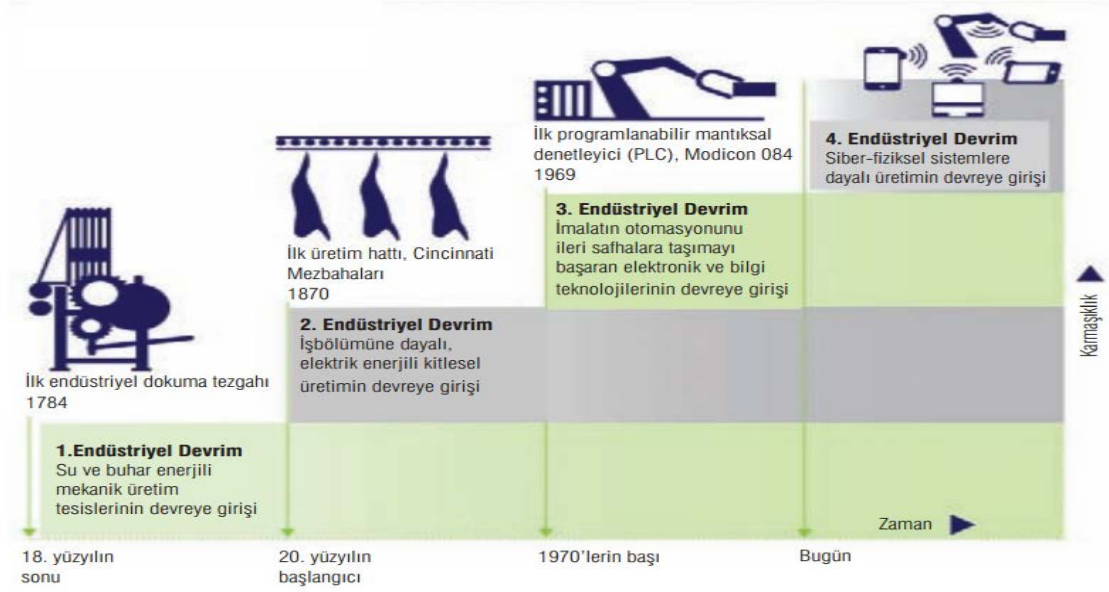
## 2. ENDÜSTRİ 4.0 IŞIĞINDA YENİ NESİL ÜRETİM

Tarih boyunca üretim alanında yaşanan trendlerin, müşteri taleplerinde gerçekleşen değişimlerin bir yansıması olduğunu ifade edebiliriz. Günümüzde pazarlar, daha kısa ömürlü, daha özelleştirilmiş ürünler gerektirmekte ve bu doğrultuda yeni nesil üretim sistemleri, esnek otomasyon yoluyla ve seri üretim maliyetlerinde "en iyisini" üretmek için kitlesel özelleştirme yoluyla geliştirilmektedir. Bu bağlamda, yeni nesil üretim sistemleri, daha fazla esneklik ve daha fazla yapay zekâ içermektedir. Özellikle, 'zeka' kavramı, belirsizlik koşulları altında asgari kesinti ile etkin ve verimli üretim operasyonlarının sürdürülmesi ihtiyacı nedeniyle yadsınamaz bir öneme sahiptir [1].

Bu noktada, Endüstri 4.0 paradigması karşımıza çıkmaktadır. Avrupa Komisyonu, Endüstri 4.0'ın üretim, lojistik ve tüketim modellerini nasıl dönüştürdüğünü araştırmakta ve bu kapsamda dijitalleşme, siber-fiziksel sistemler, nesnelere interneti, büyük veri, bulut bilişim, robotik sistemler ve yapay zeka üzerine Avrupa'nın belirleyeceği stratejiye odaklanmaktadır [2].

Geleneksel fabrika anlayışında depolardan vinçlere, makinelerden robotlara kadar birçok üretim süreci insanlar tarafından yönetilmektedir. Bu süreçlerden birinin aksaması durumunda ise üretim yavaşlamakta ve hatta durma noktasına kadar gelebilmektedir. Yeni nesil üretim akıllı fabrikalarla geleneksel üretimi yapısal anlamda dönüştürmektedir [3].

Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a ilerleyen süreçte yıllarca üretim modellerinde sıradışı atılımlara tanık olduk ve olmaktayız. Endüstri 4.0, diğer tüm modellerden farklı olarak, birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişlerini ve üretim teknolojilerini içeren kolektif bir terimdir. Nesnelere interneti, internetin hizmetleri ve siber-fiziksel sistemlerden oluşan bir değerler bütünüdür. Yeni devrimsel sistem; akıllı fabrika sisteminin oluşmasında büyük rol oynamakta ve endüstriyel ortamda her bir spesifik verinin toplanmasına ve optimal biçimde analiz edilmesine olanak sağlayacak bütünsel ve verimli iş modellerini ortaya çıkarmaktadır [4].



**Grafik 1. Endüstriyel Devrim Süreci [5]**

Akıllı fabrikalar ve siber-fiziksel sistemlerin bir takım halinde yeni nesil üretim zihniyetini gerçekleştirmeye yöneldiği Endüstri 4.0 düzleminde [6]; yüksek derecede mekanizasyon ve otomasyon ile materyaller üretilmektedir [7]. Gerçek ve sanal anlamda iş dünyası “nesnelerin interneti” paradigması çerçevesinde “akıllı fabrikalara” doğru hızlı bir ilerleyiş sergilemekte ve bu süreçte müşteriler, üreticiler ve tedarikçiler arasında yaygın ve sürdürülebilir entegrasyona gereksinim duyulmaktadır [8].

### 3. YENİ NESİL SESSİZ HİDROLİK POMPA UYGULAMALARI

Siber-fiziksel sistemlere dayalı üretim ve inovasyona dayalı hizmetin bütünleşmeye başladığı endüstriyel süreçlerde verimlilik ve şeffaflık ön plana çıkmaktadır [9]. Bu bağlamda, esnek güç aktarma kabiliyetinden dolayı inşaat sektöründe, endüstriyel makinelerde ve otomotiv sektöründe geniş kullanım alanına sahip olan hidrolik pompalarda bu yeni trendden etkilenmektedir.

Kullanıldığı makinelerde adeta “kalp” görevini üstlenen hidrolik pompalar, ulaştığı her yeri durağanlıktan harekete geçirmekte ve makinenin merkezinde konularak sistemin en uç noktalarına kadar adeta hayat vermektedir. Hidrolik pompa kendisine özgülenen bu görevi farklı şekillerde yerine getirebilmektedir. Bunlar paletli pompa, pistonlu pompa ve dişli pompalardan oluşur. Bizim üzerinde duracağımız dişli pompa grubundan dıştan dişli hidrolik pompalar; maliyeti ve geniş kullanım aralığı açısından sektörde geniş pazar alanına sahiptir.

Endüstri 4.0 yolunda ileri teknoloji uygulamalarının devreye girmesi ve konfora verilen önemin artmasıyla birlikte hidrolik pompalardan beklenen performans kalitesi düzeyi de eş zamanlı olarak artmaktadır. Günümüzde hidrolik pompalardan beklenen temel nitelikleri aşağıdaki biçimde sıralayabiliriz:

- 1- Hacimsel verimlilik,
- 2- Mekanik verimlilik,
- 3- Uzun servis ömrü,
- 4- Düşük maliyet,
- 5- Kompakt yapıda olması (Valf sistemlerinin adapte edilmesi),
- 6- Sessizlik,
- 7- Mini boyutlarda olması,
- 8- Hafiflik.

Sürekli gelişen teknolojiye koşut olarak dıştan dişli hidrolik pompalarda da sözü edilen bu kriterler çitasını her geçen gün artırmakta ve üreticiler teknik araştırmalarını bu alanda yoğunlaştırmaktadır. Sürdürülebilir seri üretimin daha hassas takım tezgâhlarında sağlanmasıyla, pompanın sonlu elemanlar yöntemi analiziyle birlikte hacimsel verimlilik, mekanik verimlilik, uzun servis ömrü beklenen kaliteyi yakalayabilmektedir.

Dıştan dişli hidrolik pompalardan istenen bir özellik daha var ki o da kompakt yapıda olmasıdır. Başka bir deyişle; görevi sadece hidrolik yağı aktarma olan yalın pompa talepleri yerini zamanla; basınç sınırlayıcı, anti kavtasyon sistemli, debi sabitleyicili gibi valf sistemlerinin de adapte edildiği pompalara bırakmaktadır. Günümüzde mühendisler dar alanda özgün tasarımlar gerçekleştirerek yeni nesil hidrolik pompa alanında kendilerini ispatlamaktadır. Haricen valf bloklarıyla sağlanan bu sistemlerin pompaya adapte edilmesi ile otomotiv sektöründe hacimden büyük kazanç sağlanmış ve haricen blok maliyeti stratejik anlamda minimize edilmiştir.

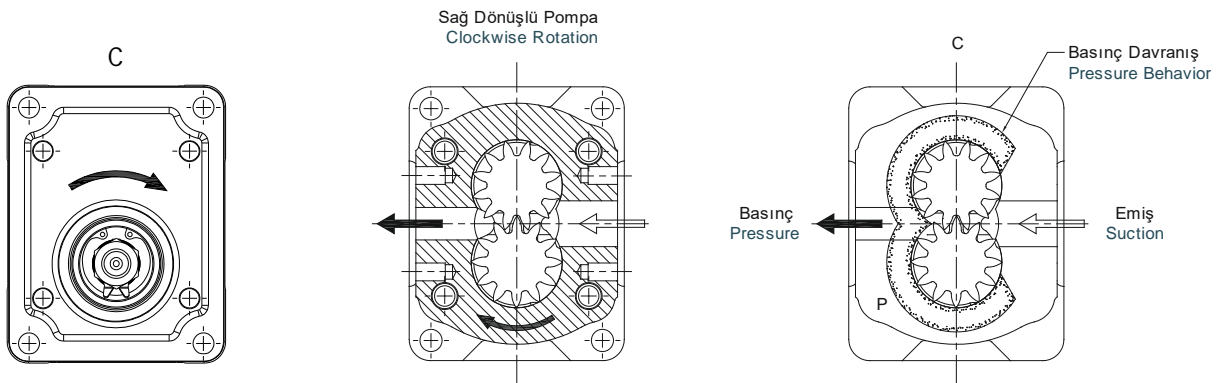
Dıştan dişli hidrolik pompaların büyük sorunlarından olan gürültü olgusu ar-ge mühendislerinin en çok üzerinde durduğu husus olmuştur. Maliyet olarak avantajlı olan dıştan dişli pompayı gürültülü çalışması görece dezavantajlı konuma itmekte ve bu sorunun bir an önce aşılması gerekiyordu. Endüstri 4.0 paradigması bağlamında konfora yönelen dünyada bu ürünlerin konumunu koruyabilmesi gürültü sorunsalının giderilmesine bağlıydı. Birey olarak bizler fizyolojik sistemin merkezinde yer alan kalbimizin çalıştığı farkında bile değiliz. Mekanik sistemlerin kalbi konumunda olan hidrolik pompaların da son yıllarda benzer bir dinginlik hedefine odaklandığını görüyoruz.

Hidrolik sistemlere yönelik ar-ge çalışmalarının ve kök neden araştırmalarının sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir;

- 1- Aşınma plakası
- 2- Hava kabarcıkları
- 3- Valf geçişleri
- 4- Dişli geometrisi

Aşınma plakası tasarımı sonlu elemanlar yöntemiyle optimum seviyeye getirilerek pompa içindeki basınç ve yağ tahliyeleri dengelendi. Bu verilere göre yapılan tasarımla aşınma plakalarının gürültüye olan etkisi minimuma indirildi. Normal şartlarda çalışan pompada oluşan hava kabarcıklarının sese sıra dışı bir etkisi olmadığı için bunun üzerine çalışma yapılmadı. Valf geçişlerinde oluşabilecek gürültünün önüne geçmek için geçiş çapları ayarlandı ve hızlı akışın önüne geçildi. Bu çalışmalar olayın görünen kısmıydı ve çok uzun çalışmalar gerektirmeden çözüldü. Pompada gürültüye sebep olan bir diğer unsur ise dişli geometrisidir. Dişli geometrisinde gürültüye neden olan unsurları şu şekilde sıralayabiliriz:

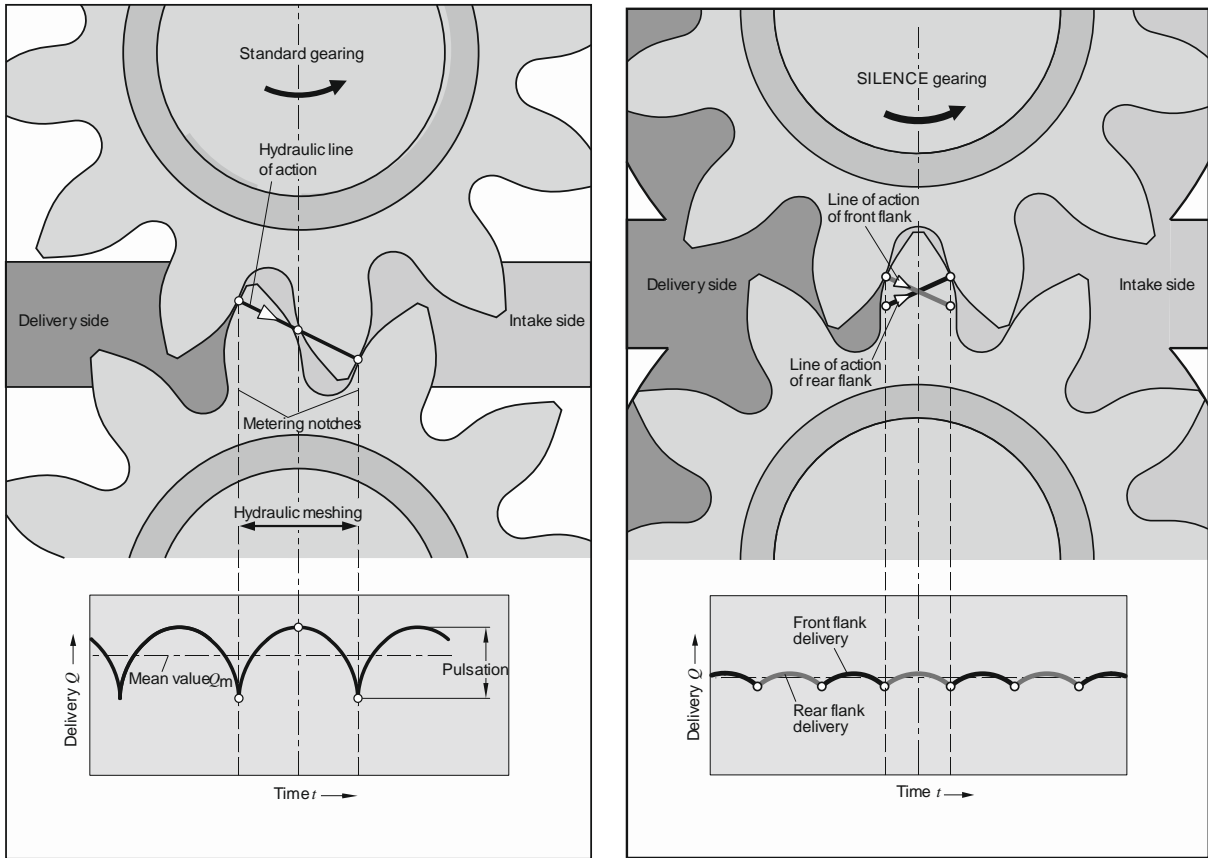
- 1- Akış darbesi
- 2- Frekans
- 3- Dişli profil yüzeyi kalitesi



Şekil 1. Dıştan Dişli Pompanın Çalışma Prensibi [10].

Dıştan dişli hidrolik pompanın çalışma prensibine göre Şekil-1 'de olduğu gibi dişli yağı gövdeyle arasına hapsederek basınç tarafına aktarmaktadır. Kapsül görevi gören dişli boşluklarına, dişlinin girmesiyle beraber hapsettiği yağı boşaltmakta ve yağ aktarım görevini bu şekilde tamamlamaktadır. Buradaki ana sorun hapsettiği yağı boşalttıktan sonra ne kadarlık kısmının emiş kısmına geri gönderiliyor olmasıdır. Geri kaçak (backlash) dediğimiz bu durum akış darbesini oluşturur. Akış darbesi ne kadar fazla olursa o kadar gürültü meydana gelir. Şekil-2 'de görüldüğü gibi geri kaçak miktarı azaltılmaya çalışılmış. Dişlide gürültüyü oluşturan bir diğer unsur akış darbesindeki frekanstır. Frekans ne kadar büyük olursa akış darbesi sıklığı da arttığı için gürültü düzeyi de o oranda artmaktadır.

Pompada çalışan dişli çiftinin dişli profil yüzey kalitesi gürültü de etkili olan bir diğer unsurdur. Yüzey kalitesi pürüzlülük değeri iyileştikçe seste de iyileşme ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. Dıştan Dişli Hidrolik Pompada Hidrolik Yağ dalgalanması [11].

Bu bilgiler ışığında geliştirilen tasarımlarla helisel dişli hidrolik pompa üretilmiştir. Dişli çiftinin birbirine kademeli kavuşması ve basınç tarafından emiş tarafına yağın geri dönüşünün kademeli şekilde gerçekleşmesi helisel dişli pompaları düz dişli pompaya oranla daha sessiz yapmaktadır. Helisel dişli pompa örneği Şekil-3 'te şematize edilmiştir.

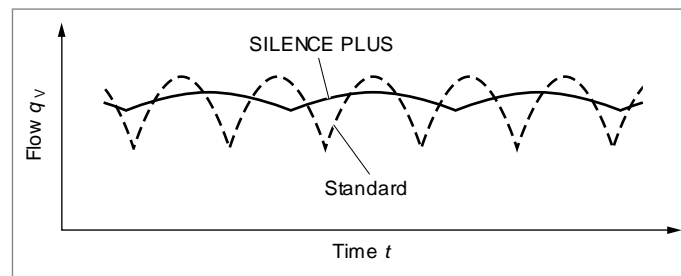


Şekil 3. Helisel Dişli Hidrolik Pompanın Kesitsel Görünümü [12].

Akış darbesi ve frekans değerini düşürdükçe daha sessiz pompa üreteceğini bilen ar-ge mühendisleri yeni bir dişli tasarımı üzerine yoğunlaşmışlar ve geri kaçakları yok denecek seviyeye indirecek ve bunu düşük frekans değerinde gerçekleştirecek dişliyi "non-evolvent" dişli formuyla üretmeye yönelmişlerdir. Şekil-4 'te dişli çifti sürekli temas halinde olduğu ve akış darbesinin ve frekansın çok aşağılara çekildiği görülebilir.



▼ Flow pulsation



Şekil 4. Yeni Nesil Hidrolik Pompada Sessiz Dişli Formu [13].



Bunun dışında taleplere göre hafif ve küçük boyutlarda müşteriye özel tasarımlar yapılarak dıştan dişli pompanın müşteri beklentileri doğrultusunda üretilmesi başarılmıştır. Tüm bu çalışmalarla birlikte, yeni nesil dıştan dişli pompalarla günümüzde daha verimli, daha uzun ömürlü, daha kompakt ve daha sessiz sonuçlara ulaşılmıştır. Konfor beklentisinin her geçen gün arttığı dünyamızda yakın bir gelecekte kütüphane sessizliğini yakalayacak pompalar üretilecek ve bir hayal daha gerçeğe dönüşecektir.

## SONUÇ

Üretim süreçlerinde yapay zeka, akıllı robotlar, nesnelerin interneti gibi çağdaş uygulamalar yanında önemli yadsınamaz olgular arasında işgören sağlığı ve müşteri memnuniyetini sayabiliriz. Hidrolik sistemlerde ve pompa üretiminde gürültünün minimizasyonu kapsamında sessiz pompa, süper sessiz pompa, silence, silence plus vb. uygulamalar, Endüstri 4.0 vizyonunda insanı (işgören ve müşteri) merkeze almak açısından stratejik değer taşımaktadır.

Mekanik sistemlerde adeta kalp görevini üstlenen hidrolik pompalar, ulaştığı her yeri durağanlıktan harekete geçirmekte ve makinenin merkezinde konumlanarak sistemin en uç noktalarına kadar adeta hayat vermektedir. Hidrolik sistemler esasen sessiz çalışan sistemlerdir. Ancak bazı durumlarda ses seviyesi oldukça yükselmekte ve bu durum kullanıcıları rahatsız etmektedir. Bu rahatsızlığın giderilmesi açısından son yıllarda hidrolik pompaların verimliliği kadar sessizliği gündemde yer almaktadır.

Siber-fiziksel sistemlere dayalı üretim ve inovasyona dayalı hizmetin bütünleşmeye başladığı endüstriyel süreçlerde müşteri odaklı felsefenin bir gereği olarak konfor, verimlilik ve şeffaflık ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, esnek güç aktarma kabiliyetinden dolayı inşaat sektöründe, endüstriyel makinelerde ve otomotiv sektöründe geniş kullanım alanına sahip olan hidrolik pompalarda bu yeni trendden etkilenmektedir.

Günümüzde hidrolik pompalardan beklenen temel nitelikler arasında; hacimsel verimlilik, mekanik verimlilik, uzun servis ömrü, düşük maliyet, kompakt yapıda olması, sessizlik, mini boyutlarda olması ve hafiflik gibi parametreler arasında "sessizlik" parametresi incelenmiş ve bu bağlamda, hidrolik endüstrisinde erişilen düzeyin evreleri ele alınıp değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] MOLINA, A., C. A. Rodriguez, H. Ahuett, J. A. Cortés, M. Ramírez, G. Jiménez, and S. Martinez, Next-generation manufacturing systems: key research issues in developing and integrating reconfigurable and intelligent machines, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* Vol.18 , 7, 2005.
- [2] ŞUMAN, N., Akıllı Üretim Çağı: Endüstri 4.0, *Fortune Türkiye Dijital*, Şubat 2017.
- [3] CAN, A., Yeni Sanayi Devrimi ve Akıllı Fabrikalar, *Hürriyet Ekonomi*, 28 Eylül 2016.
- [4] WAHLSTER, W., **From Industry 1.0 to Industry 4.0: Towards the 4th Industrial Revolution**, *Forum Business meets Research* (2012)
- [5] [www.endustri40.com](http://www.endustri40.com)
- [6] LEE, J, B. Bagheri, and Hung-An Kao. "A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems." *Manufacturing Letters* 3 (2015): 18-23.
- [7] HEINER, L., Fettke, P.; Feld, T., and Hoffmann, M. (2014) "Industry 4.0," *Business & Information Systems Engineering*, 6 (2014), 239-242



- [8] SHROUF, F., J. Ordieres, G. Miragliotta, Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm, 2014 IEEE International Conference (2014), pp. 697-701
- [9] LEE, J., Hung-An Kao, and Shanhu Yang. "Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment." Procedia CIRP 16 (2014): 3-8. Blue Ascend, Re 13/02.13, sayfa 3
- [10] [www.blueascend.eu](http://www.blueascend.eu), Blue Ascend, Re 13/02.13, Sayfa 3.
- [11] [www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com), Bosch Rexroth, Re 10 095/02.12, Sayfa 2
- [12] [www.blueascend.eu](http://www.blueascend.eu), Blue Ascend, Gen.Catalogue, 2016, Sayfa 7
- [13] [www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com), Bosch Rexroth, Re 10094/07.2016, Sayfa 2

## ÖZGEÇMİŞ

### Adem ÖĞÜT

1971 yılı Konya doğumludur. 1993 yılında Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi'ni bitirmiştir. ABD New Haven Üniversitesi'nden 1996 yılında İşletme alanında (MBA) yüksek lisansını tamamlamıştır. Selçuk Üniversitesi İİBF İşletme Bölümüne 2000 yılında yardımcı doçent, 2004 yılında doçent ve 2009 yılında profesörlüğe atanmıştır. World Business Institute (WBI) onur kurulu üyesidir. Stratejik yönetim, kurumsal yönetim, bilgi yönetimi ve teknoloji yönetimi konularında çalışmakta ve danışmanlık yapmaktadır.

### Fatih BOZTAŞ

1983 Konya doğumludur. 2009 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2009-2013 yılları arasında İstanbul'da mekanik salmastra sektöründe Ar-ge mühendisi olarak çalışmıştır. 2013-2015 yılları arasında Konya'da treyler sektöründe analiz mühendisi olarak çalışmıştır. 2015 yılından itibaren Konya'da hidrolik pompa sektöründe ASC Blue Ascend Hidrolik bünyesinde Ar-ge sorumlusu olarak görev yapmaktadır.