



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Endüstri 4.0 Çerçevesinde Akıllı Üretim Sistemlerinin Rekabet Faktörlerine Etkisinin İncelenmesine Yönelik Vaka Analizi

Arş. Gör. Dr. Emre Bilgin SARI, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İzmir, [e-posta: emre.bilgin@deu.edu.tr](mailto:emre.bilgin@deu.edu.tr)

Öz

Üretim planlama kontrol fonksiyonunun otomasyonu, uzun süredir bilgisayarla bütünleşik üretim ve yapay zeka yaklaşımlarınca hedef alınmaktadır. Ancak mevcut sistemlerin insan tabanlı olması, oluşturulmak istenen yapının otomatik sistemlerden ziyade yalnızca karar destek sistemleri olarak kalmasına neden olmuştur. Günümüzde üretim işletmeleri, giderek artan değişken talep ile karşı karşıyadır. Endüstri 4.0 ve beraberinde kullanımı yaygınlaşan teknolojiler işletmelerin, hızlı değişime hızla adapte olmalarına yardımcı olarak, enerji ve kaynak kullanımını optimize etmekte ve ürün kalitesini yükseltmelerine de fayda sağlamaktadır. Bu çalışmada, verilerin akışını ve yeniden kullanımını en üst düzeye çıkararak, bilgi merkezli, Akıllı Üretim Sistemleri incelenmekte ve bu sistemlerin başlangıç adımı kabul edilen Üretim Yönetim Sistemi'nin (MES) işletmelerin rekabet alanlarına etkisi araştırılmaktadır. Çalışmada, vaka analizi yönteminden yararlanılmış olup, MES uygulaması gerçekleştiren bir üretim işletmesinin iki farklı bölümünden elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve bulgular paylaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Akıllı Üretim Sistemi, Üretim Yönetim Sistemi, Vaka Analizi

Makale Gönderme Tarihi: 27.06.2019

Makale Kabul Tarihi: 22.09.2019

Önerilen Atıf: Sarı, B, E. (2019). Endüstri 4.0 Çerçevesinde Akıllı Üretim Sistemlerinin Rekabet Faktörlerine Etkisinin İncelenmesine Yönelik Vaka Analizi, *Yönetim, Ekonomi ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 3(5):168-181.



Journal of Management, Economic and Marketing Research

2019, 3(5):168-181

DOI: [10.29226/TR1001.2019.150](https://doi.org/10.29226/TR1001.2019.150).

ISSN: 2587-0785 Journal Homepage: <https://www.yepad.org>



RESEARCH PAPER

Case Analysis for Investigation of the Impact of Smart Manufacturing Systems on Competition Factors in the Context of Industry 4.0

Research Assistan Dr. Emre Bilgin Sarı, Dokuz Eylül University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, e-mail: emre.bilgin@deu.edu.tr

Abstract

Automation of production planning control function has long been targeted by computer integrated production and artificial intelligence approaches. However, the fact that the existing systems are human-based has led to the decision support systems rather than automated systems. Nowadays, manufacturing enterprises are facing increasing demand. Industry 4.0 and associated technologies help businesses adapt rapidly to rapid change, optimizing energy and resource use and improving product quality. In this study, Smart Manufacturing Systems, which maximize the flow and reuse of data, are examined and the effect of the Manufacturing Execution System (MES), which is accepted as the initial step of these systems, on the competition areas of the enterprises is investigated. In this study, case analysis method has been utilized and the data obtained from two different parts of a production enterprise performing MES application are evaluated and the findings are shared.

Keywords: Industry 4.0, Smart Manufacturing Systems, Manufacturing Execution Systems, MES, Case Study

Received: 27.06.2019

Accepted: 22.09.2019

Suggested Citation: Sarı, B, E. (2019). Case Analysis for Investigation of the Impact of Smart Manufacturing Systems on Competition Factors in the Context of Industry 4.0, *Journal of Management, Economic and Marketing Research*, 3(5):168-181.

© 2019 Yönetim, Ekonomi ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi.

Giriş

Küresel rekabet ortamında, daha kısa ve belirsiz yaşam döngülerine sahip ürünleri üretirken, hızlı tedarik, düşük maliyet ve daha fazla kişiselleştirme sağlamak için işletmeler yenilikçi teknolojilerden yararlanmaktadır. Tüm dünyada büyük bir dönüşüm dalgası yaratan Endüstri 4.0, farklı endüstrilere farklı oranlarda ve farklı şekillerde kullanacakları teknolojiler sunmaktadır. Yüksek ürün çeşitliliğine sahip endüstriler, verimlilik kazanımları yaratabilen ve daha yüksek derecede esneklik sağlayan teknolojilerden yararlanırken, yüksek kalite ile beslenen endüstriler, hata oranlarını azaltan veri analitiği kaynaklı gelişmelerden faydalanmaktadır. Bu noktada işletmelerin esneklik, hız, üretkenlik ve kalite gibi iyileştirme için kilit başarı alanlarını belirlemeleri önem kazanmaktadır.

Kişiselleştirilmiş ürünlerin üretim süreçlerinin verimliliğinin sağlanması arayışında olan işletmeler, tesislerin otomasyonuna, özellikle de donanım ve yazılım alımı ile makinelerin ve denetim sistemlerinin güncellenmesi, desteklenmesi ve uygulanması konusunda büyük yatırımlar yapmaktadır. Sensörlerin, aktüatörlerin, PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici/ Programmable Logic Controller), Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sisteminin kullanılması ile tesisler otomasyona yönlendirilmektedir. Özellikle Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning / ERP) gibi bütünsel sistemler işletme yönetimi alanları arasındaki birliği sağlayarak, çözümler sunmaktadır. Ancak yine de bu uygulamalarda karşılaşılan belki de en büyük eksiklik, operasyonel yönetim ile diğer alanlar arasındaki bağlantı zayıflığıdır. Üretim alanı ve ERP arasındaki bu iletişim eksikliğini çözümenin yolu ise, ilgili ilişkileri geliştirmek ve üretim sürecinin rekabet gücünü artırmak için gerekli bağlantıları sağlayan Üretim Yönetim Sistemini (Manufacturing Execution System / MES) benimsemekten geçmektedir.

MES uygulanması ve kullanılması, işletmedeki üretimin otomasyonunu ve ilgili faaliyetlerin takibini mümkün kılmaktadır. Bu durum bir işletmenin Endüstri 4.0 konseptine uygun olarak ele alınmasının ilk adımı olarak görülmektedir. MES, üretim öncesi ve sonrası süreçlerin uygulanmasını doğrudan desteklerken, üretim operasyonlarını optimize etmeye yönelik dahili faaliyetleri yönetmeyi amaçlamaktadır. İşletme içinde veya dışında meydana gelebilecek olan makine arızası, sipariş dalgalanması gibi değişimlerin neden olduğu karmaşık işlemlerin yönetim ve kontrolü ERP ve MES uygulamaları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

İşyerinde gerekli tüm kaynakları, materyalleri ve bilgileri sağlayan heterojen alt sistemlerin koordinasyonu için MES ve ERP sistemleri gibi pek çok farklı özel yazılım sistemi ve uygulaması kullanılmaktadır. Bir alt sistemdeki herhangi bir değişim, tüm sistemin verimliliğini önemli ölçüde etkileyeceği için, MES üretim alanlarını planlayıp, kontrol ederken, ERP iştiraki alanların (satın alma, finansman, insan kaynakları gibi) senkronizasyonunu planlamakta ve kontrol etmektedir.

Bu çalışma MES'in uygulama süreci hakkında olup, imalatın rekabetçi boyutlarını nasıl geliştireceğine yöneliktir. Bu konuda yapılan vaka çalışması ile bir üretim işletmesinde yapılan MES uygulaması ele alınmakta ve kritik başarı faktörleri üzerinden uygulama değerlendirilmektedir.

2. Endüstri 4.0

Dördüncü Sanayi Devrimi günden güne artan dijital dönüşümün bir yansıması olarak ortaya çıkmıştır. On dokuzuncu yüzyılda endüstride dönüştürücü güç olan buhar gücü; yirminci yüzyılda endüstrinin çoğunu dönüştüren elektrik ve 1970'lerde başlayan bilgisayar dönemi birbirini izleyen teknolojik devrimler ile bütünleşmekte ve günümüz internet teknolojileri Endüstri 4.0 ile sonuçlanmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi teknolojileri, özerk iletişim

kurabilen tamamen otomasyona dayalı ve akıllı bir üretim alanı sunmaktadır. Özellikle gerçek zamanlı veri değişimi ve kişiselleştirilmiş üretimi mümkün kılan teknolojiler esnek üretim ile çalışan üretim sistemlerinin yatay ve dikey entegrasyonuna dayanmaktadır (Li, vd., 2017: 628; Thoben, vd., 2017: 5).

Endüstri 4.0, McKinsey Global Institute tarafından hesaplama işlemleri, ağ ilişkileri ve fiziksel süreçleri bütünleştiren, ve mobil cihazları, Nesnelerin İnterneti'ni (IoT), yapay zekayı (AI), robotik, siber güvenlik ve 3B yazdırma yazıcılar gibi sayısız teknolojiyi içeren "siber-fiziksel sistemler" çağı olarak tanımlanmaktadır (Buguin, vd., 2013: 17-18). Endüstri 4.0'ın temeli, kendini düzenleyen üretimi gerçekleştiren ağ bağlantılı akıllı sistemlere dayanmaktadır. Böylece insanlar, makineler, ekipman ve ürünler birbirleriyle iletişim kurmaktadır (Kovacs ve Kot; 2016: 122). Endüstri 4.0'ın endüstriyel bileşenlerin birbirleriyle iletişim kurma kabiliyetini temsil etmektedir (Pan, vd., 2015:1537). Üretim sistemleri de pek çok alt sistem gibi Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan gelişmelerden etkilenmekte ve iletişim gücü yüksek akıllı sistemlere dönüşmektedir.

2.1. Akıllı Üretim Sistemi

İlk sanayi devriminden bu yana yaşanan devrimler, su ve buharlı makinelerin kullanılmasından başlayıp elektrik ve elektronik ile otomasyona yönelmiş, bilgisayar kullanımı ise dijitalleşmenin üretime yansması olarak şekillenmiştir. Üretim süreçleri giderek daha karmaşık, otomasyona dayalı ve sürdürülebilir hale gelmiştir. Bu da, makinelerin basit, verimli ve kararlı çalışması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Üretim işletmelerinin sürdürülebilir rekabet gücü, verimlilik, kalite, maliyet, hız ve esneklik gibi konulardaki kabiliyetlerine bağlıdır [Doğan, 2010: 232]. Akıllı Üretim Sistemleri (Smart Manufacturing Systems / SMS), üretim sistemlerinin içinde dijital bilgilerin hızlı akışını destekleyen ileri teknolojiler kullanarak bu yetenekleri en üst seviyeye çıkarmaya çalışmaktadır (ElMaraghy, 2005: 262 / Lu, vd., 2016: 1). Akıllı üretim sistemleri, üretim işletmelerinin çeviklik, kalite ve verimlilik parametrelerinde önemli kazanımlar yaratmakta ve bu durum uzun vadeli rekabeti arttırmaktadır. Ayrıca akıllı üretim, diğer teknoloji tabanlı üretim paradigmalardan farklı olarak, yeni nesil üretimin gelişmiş yeteneklere sahip olduğu vizyonunu tanımlamakta ve gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerine dayanmaktadır. Tablo 1, akıllı üretim sistemleri ile önceki üretim paradigmaları arasındaki ilişkiyi gösterilmektedir.

Tablo 1. Akıllı Üretim Sistemleri ile Önceki Üretim Paradigmaları Arasındaki İlişki

Akıllı Üretimin Karakteristikleri	Diğer Üretim Paradigmaları	Destekleyen Teknoloji
<ul style="list-style-type: none"> • Koordinasyon ve kooperasyon ile bir üretim işletmesinin her bölümünün dijitalleştirilmesi. • Bağlı cihazlar ve gerçek zamanlı kontrol ile küçük partili ürünlerin esnek üretimi için dağıtılmış zeka. 	Yalın Üretim bir üretim sisteminde her türlü atığın tanımlanmasına ve istikrarlı bir şekilde ortadan kaldırılmasına yardımcı olan bir dizi "araç" kullanılmasına vurgu yapılması	süreç seviyelendirme; iş akışı optimizasyonu; gerçek zamanlı izleme ve görselleştirme
	Çevik üretim sisteminin müşteri ihtiyaçlarına ve piyasa değişikliklerine hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlamak için maliyet ve	Eş zamanlı mühendislik, tedarik zinciri yönetimi, ürün yaşam döngüsü yönetimi.

<ul style="list-style-type: none"> •Pazar değişikliklerine ve tedarik zinciri dağıtımına hızlı yanıt veren ortak tedarik zinciri yönetimi. •Enerji ve kaynak verimliliği için entegre ve optimum karar verme •Hızlı inovasyon döngüsü elde etmek için ürün yaşam döngüsü boyunca gelişmiş sensörler ve büyük veri analizi 	kaliteyi kontrol altına almak için etkili süreç, araç ve zorlama yöntemleri kullanmak.	
	Esnek Üretim	modüler tasarım; iş birliktelik, servis odaklı mimari.
	Değişen hacimli, prosesli ve tipli ürünler üretmek için bilgisayar kontrolünde tümleşik üretim makine modülleri ve malzeme taşıma ekipmanları sistemi kullanmak	
	Sürdürülebilir Üretim	gelişmiş malzemeler; sürdürülebilir süreç ölçümleri ve ölçüm izleme ve hokontrol
	Dijital Üretim	3B modelleme; model tabanlı mühendislik; Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi
Bulut Üretim	bulut bilişim, IOT, sanallaştırma, hizmet odaklı teknolojiler ve gelişmiş veri analitiği.	

Kaynak: Lu, vd., 2016: 1

İşletmelerin üretim stratejileri ve kurumsal rekabet stratejileri arasında önemli ve pozitif ilişkiler vardır [Sinner, 1969; Swamidass ve Newell, 1987; Gupta ve Somers, 1996; Ward ve Duray, 2000; Dangayach ve Deshmukh, 2001]. Kurumsal rekabet hedeflerine ulaşmak için, işletmeler genellikle maliyet kontrollü ve kalite, teslimat, yenilikçilik, hizmet ve çevresel açıdan sürdürülebilir üretim farklılaştırma stratejilerinden oluşan bir rekabetçi stratejiye dayanan üretim sistemi geliştirmektedir. Bu rekabet öncelikleri dikkate alındığında, akıllı üretim sistemlerini etkinleştirmek için verimlilik, çeviklik, kalite ve sürdürülebilirlik olarak dört yönetsel kategori üzerinden değerlendirme yapılmaktadır (Lu, vd., 2015: 999).

Verimlilik: Üretim verimliliği, üretim çıktısının üretim sürecinde kullanılan girdilere oranı olarak tanımlanmaktadır [Coelli, vd., 2005]. Verimlilik, işgücü verimliliği, malzeme ve enerji verimliliği gibi kısımlar altında incelenir. Üretim miktarının artması verimliliği arttırmaktadır, ancak kişiselleştirmenin bir önemli fonksiyon olduğu akıllı üretim sistemleri için, müşteri talebine daha hızlı yanıt verilmesinde verimlilik parametresine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Çeviklik: Müşteri tarafından tasarlanan ürünler ve hizmetler ile yönlendirilen piyasa değişimine hızlı ve etkili bir şekilde tepki vererek öngörülemeyen bir değişimin rekabetçi ortamında hayatta kalma ve gelişebilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Çevik üretimin başarısı için kritik olan, değişim mühendisliği, tedarik zinciri entegrasyonu ve esnek üretim sistemleri gibi teknolojileri mümkün kılmaktır. Bu teknolojiler ile çeviklik, taahhüt edilen zamanda teslimat, değişim tamamlanma süresi, sipariş döngüsü zamanı, yeni ürüne başlama oranı gibi başlıklarda etkin olmaktadır (Agarwal, vd, 2006).

Kalite: Geleneksel kalite ölçüleri, bitmiş ürünlerin tasarım özelliklerine ne kadar iyi uyduğunu yansıtmaktadır. Ayrıca, akıllı üretim sistemleri için kalite, ürün yeniliği ve kişiselleştirme önlemlerini de içermektedir. Kalite ölçütleri olarak; müşteri red oranı, verimlilik, iade, ürün ailesi çeşitliliği ve kişiselleştirme kabul edilebilir.

Sürdürülebilirlik: Verimlilik ölçütleri olarak zaman ve maliyet, üretim için geleneksel itici güçler iken, sürdürülebilirlik daha fazla önem kazanmıştır. Üretim sürdürülebilirliği için ölçüm bilimi zaman ve maliyet kadar olgun değildir ve aktif bir araştırma alanıdır (Rachuri, vd., 2013). Üretim sistemlerinin üretkenliği ve çevikliği arttıkça, bu sistemlerin sürdürülebilirlikle ilgili etkilerini daha iyi anlama ve kontrol etme gerekliliği de artmaktadır.

Üretim sistemleri üzerindeki rekabet, özellikle otomasyona dayalı, esnek ve bilgisayarla bütünleşik üretim sistemleri kullanımı yönünde işletmeler üzerinde büyük bir baskı oluşturmuştur. Tam zamanında üretim (JIT), toplam kalite yönetimi (TKY) ve bilgisayarla bütünleşik üretim (CIM), bu tür kurumsal sorunları ele almak için geliştirilen baskın felsefelerdir (Akturk ve Ozkan 2001; Askin ve Standridge, 1993). Bir üretim işletmesinin üretim öncesi, üretim ve üretim sonrası aşamalarındaki faaliyetler, otomasyonun tüm bu faaliyetlerin temel taşı haline geldiği son birkaç on yılda devrim yaratmıştır. Özellikle üretim aşamasındaki otomasyon, artan müşteri memnuniyeti trendlerini, daha yüksek kalite taleplerini ve en önemlisi daha hızlı yanıt veren sistemleri karşılamada verimlilik, kalite ve esneklik, ve sürdürülebilirlikteki gelişmeleri teşvik etmektedir (Monfared, ve Yang, 2007).

3. Üretim Yönetim Sistemi / Mes

Üretim Yönetim Sistemi (Manufacturing Executon System / MES) terimi, bilgisayarların üretim alanındaki rolünü tanımlamak için ilk olarak 1990 yılında Gelişmiş Üretim Araştırmaları tarafından kullanılmıştır. MES, makineler, malzeme ve insanlar dahil olmak üzere tüm üretim süreci boyunca tüm faaliyetler ile kaynakları yöneten ve izleyen yazılımın genel adı olmakla birlikte, işletmelere tüm işlemler hakkında ayrıntılı geçmiş çalışma bilgileri sunmaktadır (Purtell, 1993).

MES'i üretim ortamındaki üretim yöntemlerini ve prosedürlerini resmileştiren ve iş emirlerini yerine getirmek için çevrimiçi araçlar sağlayan bilgisayarlı bir sistem olarak tanımlamak mümkündür. Üretim işletmelerinde, MES ile bilgisayarlı bakım yönetim sistemleri (CMMS), laboratuvar bilgi yönetim sistemleri (LIMS), istatistiksel süreç kontrol (SPC) sistemleri, kalite kontrol (QC) sistemleri gibi toplu raporlama ve kontrol özel uygulamaları arasında bağlantı kurulmaktadır. Kurulan bağlantı ile imalat esaslı iş emirlerinin ilerlemesi planlanması, gönderilmesi ve izlenmesi için kullanılan bir bilgisayar ve kontrolör sistemi oluşturulmaktadır.

MES'in birçok farklı kullanım ve formatı bulunmaktadır. MES çoğu endüstride yaygın kullanımda olmasına rağmen, ihtiyaca yönelik işlevleri farklılık gösterdiğinden, nadiren benzer şekilde tanımlanmaktadır. MES için sistem bileşenleri iki kategoriye ayrılmaktadır. Birinci bileşen, üretim sürecini yönetmekle doğrudan ilişkili olan ve çoğu pakete dahil olan çekirdek

işlevlerdir. İkincisi ise, iş süreçlerinin ilerleyişine destek fonksiyonlarıdır (McClellan, 2004). Şekil 1’de bu fonksiyonlar gösterilmektedir.

Şekil 1’de iş hedeflerinin gerçekleştirilmesinde MES’in oynadığı rolün daha iyi anlaşılması için temel işlevlerine dikkat çekilmektedir. Sistemin temelinde bir planlama sistemi arayüzü yer almaktadır. Bu fonksiyon ERP ile olan bağlantıyı açıklamakta ve hangi bilgilerin nasıl ve ne şekilde değiştirildiğini tanımlamaktadır.



Şekil 1. MES İşlevleri ve ERP İlişkisi

Kaynak: McClellan, 2004

ERP; talep planlama, satış ve dağıtım, tedarik zinciri planlaması, maliyet muhasebesi, malzeme, üretim ve depo yönetimi, insan kaynakları yönetimi gibi pek çok yönetsel alan ile ilişkilidir. İşletmede kullanılan pek çok ortak kaynak, binlerce parça, karmaşık prosedür ve birçok yarı mamul veya mamul ürün olduğunda ise ERP sisteminin doğru şekilde işlevini yerine getirebilmesi için MES'e ihtiyaç duyulmaktadır.

Bilgi sistemleri iş süreçlerini standartlaştırmayı sağlamaktadır. Benzer şekilde, MES hedefleri arasında da, gerçek zamanlı üretim, malzeme, kalite takibi ve kolayca veri toplanması bulunmakta ve bu hedefler ile üretim yönetim sisteminin yeniden tasarlanması, veri erişim süresinin kısaltılması ve üretim planlaması mümkün kılınmaktadır.

Yeni nesil bilgi teknolojileri, özellikle de kurumsal sistemler, ERP ile, şirket yönetimi alanları arasındaki bilgi uyumsuzluğu çözülebilmektedir. Ancak bu bağlamda, belki de en büyük husus, işletme tarafından benimsenen bilgi teknolojisi sistemlerinin üretimden farklı alanlara sahip olan otomatik süreçler arasında bulunan belirgin bir bağlantı eksikliği ile ilgilidir. MES işletmelerde lojistik, talep, finansman, satın alma ve insan kaynakları alanları ile üretim alanı ve ERP arasındaki bu iletişim eksikliğini çözen bir yöntem olarak görülmektedir. Ancak, literatürde, MES sistemi kullanımının katkıları hakkında az sayıda yayınlanmış araştırma bulunmaktadır. Bu çalışma belirtilen literatür açığına odaklanmaktadır ve MES'in uygulanması ile imalatın rekabetçi boyutlarını nasıl geliştireceği yönelik bulgular sunulmaktadır.

4. Araştırma Çalışması

4.1. Yöntem

Vaka araştırması, operasyon yönetiminde, özellikle de yeni teorinin geliştirilmesinde, en güçlü araştırma yöntemlerinden biri olarak görülmektedir (Voss, et. al., 2002: 195). Son dönemde vaka çalışmalarının kullanılmasına yönelik artan eğilim ile operasyon yönetimi alanında, özellikle teorik yapı alanında anlamlı ve önemli katkılar olmaktadır. (Barratt, et. Al., 2011: 329). Vaka çalışması, vaka araştırmasında bir analiz yöntemidir. Bu yöntem ile aynı işletmenin farklı sorunları bir arada incelenerek birbiri ile ilişkiler kurulabilir (Voss, et. al., 2002: 197). Vaka çalışmasında, incelenen olgunun zamansal ve bağlamsal yönleri dikkate alınarak, doğrudan gözlemciler tarafından veri toplamak amacıyla pek çok yöntem ve araç kullanılmaktadır. Vaka çalışması için kullanılan yöntem ve araçlar, örgüt şemaları, iş ve eylem planları, finansal veriler, röportajlar, notlar, anketler ile gözlemler olabilmektedir (Meredith, 1998: 442 - 443). Bir çok değeri verinin bir arada harmanlanması ile yapılan vaka çalışmaların güçlü ve zayıf yönleri Tablo 2'de aktarılmaktadır.

Tablo. 2 Vaka Çalışmalarının Güçlü ve Zayıf Yönleri

Güçlü	Zayıf
Araştırmaya ilişkisi	Erişim ve zaman kısıtları
Konuya Sağlanan Yaklaşım	Bulanık ifadeler
Keşfin Derinliği	Kontrol eksikliği
	Faaliyetlerin bilinmeyen yönleri

Kaynak: (Benbasat, et.a al., 1987: 370).

Vaka analizi yöntemi, çoklu bakış açılarıyla derinlemesine incelenen konularda bir problemin çalışılmasında kullanılmaktadır (Souze 2005). Bu çalışmada veri toplamanın ana yolu yarı yapılandırılmış görüşmelerden oluşmaktadır, ayrıca araştırma yöntemi iş yeri ziyaretlerini ve üretim alanı gözlemini de içermektedir. Görüşmelere yönelik soruları detaylandırmak için işletme içi belgelerden de yararlanılmıştır.

4.2. Vaka Analizi

Vaka analizi yöntemi kullanılarak yapılan bu çalışmada amaç, bağlantı elemanları üretim işletmesinde MES uygulanmasını araştırmak ve uygulamanın desteklediği rekabet önceliklerini ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla, sistemin kullanıldığı alanda görev yapan profesyonellere (teknik genel müdür, fabrika müdürü, otomasyondan sorumlu üretim mühendisi, hol şefi) görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı işletme, Türkiye'de faaliyet gösteren otomotiv sektörüne bağlantı elemanları üretmektedir. Sektörün öncü kuruluşları olan kuruluş, üstün kalite politikası ve geniş ürün yelpazesine sahiptir. Yıllık 100.000 ton üretim kapasitesiyle çalışmakta ve toplam üretiminin yarısından fazlasını sanayileşmiş ülkelere ihraç etmektedir. İşletmenin üretim süreçleri sırasıyla yumuşatma için tavlama, yüzey hazırlama, soğuk şekillendirme, ısı işlem, kaplama, ayıklama ve paketleme adımlarını içermektedir. Çalışma kapsamında yüzey hazırlama ve soğuk şekillendirme bölümünde yer alan hollerden birisinin uygulama verileri kullanılmıştır ve bu bölüme ait yöneticiler ile görüşülmüştür.

İşletmede MES uygulanması 2015 yılında başlamış olup, 2016 yılında etkin bir şekilde faaliyete geçmiştir. MES, eş zamanlı olarak, tüm yüzey işlem, soğuk şekillendirme, ısıl işlem ve kaplama bölümlerinde başlatılmıştır. İşletmenin müşteri çeşitliliği ve ürün zenginliği, makinelerin ürün değişikliğine hızlı cevap vermesi konusunda izlenebilirliğini gerektirmektedir. Ayrıca bu dönemde işletmeye yeni alınan dünya standartlarında, öncü kaliteli soğuk şekillendirme makineleri ile üretimi verimli, kaliteli ve düşük maliyetli kılma konusunda işletmenin beklentilerini arttırmaktadır.

Bağlantı elemanları üretiminin, otomasyona yönelik olması, makine operatörlerinin iş emri değişikliklerin takip etmesi ve kalıp ayarları konusunda hassasiyet göstermesini gerektirmektedir. Soğuk şekillendirme nihai ürünün form aldığı alan olduğundan, karşılaşılan kalite problemlerinin stabilizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. İşletmenin sahip olduğu otomasyon kaynaklarıyla problemlerin uygunsuzluk testlerinin yapılamadığı ve hata analizi gibi sorunların çözülemediği ve karar vermenin operatör için zorluk derecesinin yüksek olduğu ve karmaşıklık yarattığı bilinmektedir. MES ile operatörün sisteme fazla zorluk çekmeden ve uzun bir zaman harcamadan bilgi verilerini eklemesi sağlanmaktadır. Böylece, tüm alanlarda, öngörülen üretim zamanının kullanılıp kullanılmadığı ve belirli bir dönemde yaşanan problemin gözlemlenip uygulanmadığını bildirmek gibi gerçek zamanlı analiz olanaklarına sahip olmaya başlanmıştır.

İşletmede kurulan sistem ile sürece odaklanan bir otomasyon yapısı mevcuttur, ancak makine kesintileri sıklıkla meydana gelmekte ve makine durma göstergesi takip edilen verilerin doğruluğundan şüphe duyulmaktadır. Bu şüphenin temel kaynağı ise soğuk şekillendirme alanında metalin boyutuna, alaşım türüne ve hatta üretim listesindeki konumuna bağlı olarak duruşların yaşanmasıdır. Ayrıca bu bölümde, üretilecek her parti ürün için gereken spesifikasyonların (en, boy, genişlik, diş sayısı gibi) net bir şekilde ürün emri ile belirtilmesi gerekmektedir. İşletmede çoğu zaman belirli bir ürün partisinin üretimine geçebilmek için makine kurulumuna ve kalıp ayarına geçilebilmesi için 50'ye yakın parametre girişi yapılmakta ve makine operatörlerinin bu parametreleri manuel girişi yapması beklenmektedir.

Uygulamada ERP ile ürünün üretilmesinde hangi hattın kullanılacağını ve hangi ürünün üretileceği dair bilgiler sunmaktadır. Ancak MES, üretim sırasındaki ürün pozisyonunu seçmemekte, sadece seçilen üretim siparişinin ilerlemesini izlemektedir. Bu durum ise ERP'nin mevcut üretim modüllerinin MES ile entegre bir şekilde oluşturulmamasından kaynaklanmaktadır. Gerekli olan ayarlamaların yapılmamış olması, işletmenin üretim bilgi ihtiyaçlarının ve otomasyona uygun entegrasyon seviyesinin karşılanmamasına neden olmaktadır. Bu nedenle, MES'in işlevselliğini sağlayabilmesi ve otomasyonla aynı seviyede entegrasyon sunabilmesi için çeşitli uyarlamalar gerekli görülmektedir. Ayrıca MES'in uygulanması ERP'deki girdi verilerinin doğruluğunu arttırmaktadır.

4.3. Bulgular

Teorik açıdan ele alınan ve vaka analizine dayalı gerçekleştirilen kalitatif araştırmanın bulgularını açıklamak amacıyla, öncelikle imalatın rekabetçi öncelikleri ile ilgili gözlenen iyileşmelere yer verilmektedir. Literatürde mevcut olan teorik çerçevede, maliyet, kalite, teslimat, esneklik, güvenilirlik, ürün uygunluğu ve işletme ile üretim entegrasyonu olarak yedi rekabetçi üretim önceliği ele alınmaktadır (Ward, vd., 1998 / Hayes, 2006). Bu öncelikler işletmenin çalışma alanı, uygulamaları, çalışanlar ve uygulanan eylemlerin uyumu göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir.

Üretim alanlarından sorumlu yöneticilerle yapılan görüşmelerde, MES uygulamasının maliyet azaltma ve uygunluğa katılım konusunda ortak kaniya sahip oldukları bilgisi edinilmiştir. Tüm üretim yöneticileri MES'in tasarımına ve uygulanmasına yönelik eğitim sürecinin içerisinde yer

almıştır. Bu durum sistemin üretim alanına tam entegrasyonunu sağlamıştır. Soğuk şekillendirme alanında, yalnızca MES'in performansı değil aynı zamanda uygulanan diğer yalın üretim araçları da etkili olmaktadır. Ancak operatörler tarafından yapılan ve MES sistemi tarafından doğrulanan hammaddelerin veri girişinin iki kez kontrol edilmesi işinde önemli miktarda bir tasarruf sağlanması yalın bakış açısıyla da israfın ortadan kaldırılması için bir iyileştirme olarak görülmektedir.

MES üretim alanın güvenilirliğini de arttırmaktadır ve ürün üretiminin bir veri günlüğüyle tüm sürecin iki yıla kadar geriye dönük izlenmesini sağlamaktadır. Ekipmanın kurulumundaki arızaların azaltılmasıyla ise ürün kalitesinde önemli bir iyileşme görülmektedir. Tablo 3, MES uygulaması sonucu soğuk şekillendirme alanındaki gelişmeleri göstermektedir.

Tablo 3. Soğuk Şekillendirme Bölümü MES Uygulaması Sonuçları

Faktör	Yeniden İşleme	Gözlem
Maliyet	a) Enerji tüketimini azaltması (Yaklaşık % 5). Enerji kullanımı, en büyük ikinci maliyet kalemidir. b) Yeniden işleme oranında düşüş.	MES ile birlikte kullanılan enerji azaltılmasına katkıda bulunan diğer kalite araçlarının uygulanmasından da kaynaklanmaktadır.
Kalite	a) Kurulumdaki arızaları azaltması. b) Kalıp ayar giriş hatalarının azaltılması.	Sadece MES'in, çifte kontrol uygulanması için olan katkısıdır.
Teslim	Kalıp ayar sürelerinin kısaltılması	Operatör eğitimi ve MES uygulamasının katkısıdır.
Esneklik	Üretim hattını bir başkası ile değiştirme ile esnekliğin artırılması.	Sadece MES'in katkısıdır.
Güvenilirlik	a) Kayıt verilerinin çevrimiçi mevcut olması ve tüm sürecin takip edilmesi b) Daha şeffaf bilgi sağlanması	Sadece MES'in katkısıdır.
Ürün Uygunluğu	Uygun olmayan işaretlerin azaltılması.	MES ile birlikte diğer kalite araçlarının uygulanmasından da kaynaklanmaktadır.
İşletme ile üretim entegrasyonu	Tüm süreçte bulunmaktadır.	İş için esastır.

Yüzey işleme alanında, hedef olarak, üretim maliyetlerinde azalma ve MES'in uygulanmasıyla verimliliğin artırılması yanı sıra, enerji tüketiminin azalmasıyla birlikte ekipmanın daha etkin

kullanımı ortaya çıkmıştır. Makine ayar ve kurulum süresi ürün başına 10 - 15 saniye aralığında düşürülerek verimlilik ve esneklik artırılmıştır. Performans göstergelerinin çevrimiçi kullanılabilirliğine ek olarak, üretimi izlemek ve kontrol etmek kolaylaşmış, alanda daha hızlı bir şekilde güvenilirlik sağlanmıştır. Tablo 4, yüze işleme alanında MES'in uygulanmasındaki gelişmeleri göstermektedir.

Tablo 4. Yüzey İşleme Bölümü MES Uygulaması Sonuçları

Faktör	Yeniden İşleme	Gözlem
Maliyet	a) Daha iyi planlama ve enerji tüketiminin azaltılması. b) Ters haddehane için yanlış kurulumdan kaynaklanan israfın giderilmesi. c) Operatörler için veri atama süresinin azaltılması (1,5 dk.).	
Kalite	a) Ters haddehanede reddetmenin azaltılması. (% 1.7 ile % 0 oranında). b) Fabrika katındaki bilgi kalitesinin artırılması.	
Teslim	Planlama iyileştirmesi sonucu teslim sürelerinin kısaltılması	Sadece MES'in uygulanmasıyla elde edilen iyileştirmeler
Esneklik	Kangal başına kurulum süresinin 10 – 15 saniye aralığında düşürülmesi.	
Güvenilirlik	Performans göstergelerinin çevrimiçi erişilebilirliğinin yanı sıra daha hızlı izlenebilirlik ve üretim kontrolü sağlanması	
Ürün Uygunluğu	Uygun olmayan kangalların azaltılması.	
İşletme ile üretim entegrasyonu	Tüm süreçte bulunmaktadır.	

MES'in uygulanmasından sonra, enerji tüketimi ile ilgili olarak doğal gaz kullanımını düşürülmüştür. Bu rakamlar, MES uygulamasının sonucunda doğal gaz kullanımında ilk yılın sonunda toplam 252.070 m³ azalma ve ikinci yılda toplam 690.120 m³ azalma göstermektedir. Bu düşüş, birinci yılda 337.780 TL, ikinci yılda 678.095 TL tasarruf değeri sağlamaktadır.

MES uygulamasından bu yana, soğuk şekillendirme bölümünde işlenecek ürünler hakkında veri kaydı oluşturulmaya başlanmıştır. Ekipman ayar ve kurulumu planlı ve koordineli gerçekleştirilmekte ve hata olasılığı önemli ölçüde azaltılmıştır, özellikle kalıp ayar hatası nedeniyle hiçbir reddedilme yaşanmamıştır. Üretimin rekabetçi önceliklerinin iyileştirilmesinin yanı sıra, hammaddenin elleçlenmesi de dahil olmak üzere tüm sürecin başından itibaren (ürün siparişlerinin alınması) nihai ürün imalatı ve müşterilere son teslim kademeye kadar büyük bir kazanım olduğu rapor edilmiştir.

Bilimsel literatürde mevcut olan az sayıda çalışma, MES sistemlerini üretim alanı için değerlendirirken, uygulanan üretim sistemlerinin diğer işletme yönetimi sistemleriyle ilişkisini dikkate almamaktadır. Bu araştırma sırasında, ERP'nin üretim sürecindeki gelişmelere, özellikle de tesis tabanının otomatik ve bilgisayarlı işlemlerine yardımcı olmak için tasarlanmış bir sistem olmadığı ortaya çıkarılırken, ancak MES uygulaması ile işbirlikçi bir arayüz üzerinden

çalıştığı taktirde etkili olacağı anlaşılmaktadır. Vaka analizi gerçekleştirilen üretim işletmesinde MES'in uygulanmasının, üretim alanlarının rekabet önceliklerini arttırmasının yanı sıra bu uygulamayı destekleyebilecek organizasyonel faktörlerin tanımlanmasına izin verilmesinin önemi de göz önünde bulundurulmaktadır. Üretim alanında kullanılan MES'in işletme yönetimi sistemi (ERP) ile bütünleşmesi algısının artması için incelenen işletmede çalışan alanların, üretim süreçleri hakkında bilginin güvenilirliği ve ERP'nin fonksiyonel alanlarında bu bilginin yayılmasının önemini göstermekte yarar sağlamaktadır.

Uygulamada MES'in ERP sistemlerine tamamlayıcı olduğu tespit edilmiştir ve üretim alanlarına odaklanarak süreçlerde izlenebilirlik sağlanmıştır. Ayrıca, bu araştırma izlenebilirliğin işletme için rekabetçi bir avantaj olabileceğini de göstermektedir. Herhangi bir ürün için tedarikçiden gelen ham maddeden müşteriye gönderilen son ürüne kadar tüm yolu tanımlanmakta ve gerçek zamanlı kontrol sağlanmaktadır. Ürünün online olarak konumunun takip edilebilmesi ise son müşterinin siparişinin nerede olduğunu bilmesini sağlamaktadır.

Vaka çalışmasıyla, MES'in uygulanmasını desteklemek için çeşitli organizasyonel faktörlerin önemli olduğu bulunmuştur: Örgüt kültürü, örgütsel öğrenme, takım çalışması ve eğitim gibi konularda işbirlikçi yaklaşım geliştirilmiştir. Ayrıca, tüm uygulama süreçlerinde, üst düzey yönetim desteğinin, satın almaların finanse edilmesinde ve performans iyileştirmelerinden yatırımın geri dönüşünün göz önünde bulundurulmasında önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

5. Sonuç

Büyük örgütsel yapılara sahip olan üretim işletmeleri hem kaynakların etkin kullanımı hem hataların minimizasyonu hem de nihai müşteri memnuniyeti için çeşitli üretim yönetim sistemlerini bünyelerine adapta etmektedir. MES bu konuda ERP ile işbirlikçi bir yaklaşım ile işletme kaynakları kullanımı, verimlilik ve diğer stratejik hedeflere ulaşmak için entegrasyon sağlamaktadır. Bu çalışmada Endüstri 4.0 devrinde akıllı üretim sistemleri ile artan bu entegrasyonun işletme için kritik başarı faktörleri ile takip edilmesi ve işletmelerin rekabet önceliklerine etkisi gösterilmektedir.

Yapılan vaka çalışması, MES ile verimliliğin arttığını ve mevcut veri güvenilirliğini göstermektedir. Dijital bir veri tabanına sahip olması ile ürünlerin izlenebilirliği sağlanmıştır. Online teknolojilerin desteğiyle, işletme öngörülen üretim süresini elde edilen gerçek zaman ile karşılaştırılabilir hale gelmekte ve bu bilgiler üretim ve ekipman kullanımı konusundaki karar alma sürecini de iyileştirmektedir.

MES genellikle planlamayı pekiştirmekte ve tüm üretim aşamalarını haritalandırmaktadır. Üretim süreçlerinin iyileştirilmesine olanak tanıyarak. İşletmeyi üretim alanıyla bütünüyle gerçek zamanlı olarak entegre ederek, güvenilir ve önemli bilgileri ERP aracılığıyla diğer örgütsel birimler ile paylaşmaktadır.

KAYNAKÇA

- Agarwal, A., Shankar, R., ve Tiwari, M. K. (2006). Modeling The Metrics of Lean, Agile and Leagile Supply Chain: An ANP-based Approach. *European Journal of Operational Research*, 173(1), 211-225.
- Akturk MS ve Ozkan S (2001). Integrated Scheduling and Tool Management in Flexible Manufacturing Systems. *International Journal of Production Research*, 39(12), 2697-2722.
- Amoako-Gyampah, K., ve Acquaah, M. (2008). Manufacturing Strategy, Competitive Strategy and Firm Performance: An Empirical Study in A Developing Economy Environment. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 575-592.

- Askin RG ve Standridge CR (1993) *Modelling and Analysis of Manufacturing Systems*. Wiley, New York.
- Barratt, M., Choi, T. Y., ve Li, M. (2011). Qualitative Case Studies in Operations Management: Trends, Research Outcomes, and Future Research implications. *Journal of Operations Management*, 29(4), 329-342.
- Benbasat, I., Goldstein, D. K., ve Mead, M. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS quarterly*, 369-386.
- Buguin, J., Dobbs, R., Bisson, P. ve Marrs, A. (2013). *Disruptive Technologies: Advances That Will Transform Life, Business, and the Global Economy; McKinsey Global Institute: San Francisco, CA, USA*.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C.J., ve Battese, G.E., (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer, 2005.
- Dangayach, G.S. ve, Deshmukh, S.G., (2001). Manufacturing Strategy: Literature Review and Some Issues. *International Journal of Operations and Production Management* 21, 884–932
- Doğan, M. (2010). *İşletme Ekonomisi Ve Yönetimi*. Nobel Yayın Dağıtım, 6. Baskı.
- ElMaraghy, H. A. (2005). Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems Paradigms. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 17(4), 261-276.
- Gupta, Y.P. ve Somers, T.M., (1996). Business Strategy, Manufacturing Flexibility, and Organizational Performance Relationships: A Path Analysis Approach. *Production and Operations Management*, 5, 204–233.
- Hayes, R. (2006). Operations, Strategy, and Technology: Pursuing The Competitive Edge. *Strategic Direction*, 22(7).
- Kovacs, G. ve Kot, S. (2016). New Logistics and Production Trends as the Effect of Global Economy Changes. *Polish Journal of Management Studies*, 14, 115–126.
- Li, G., Hou, Y. ve Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: Technological Drivers, Impacts and Coping Methods. *Chinese Geographical Science*, 27(4), 626-637.
- Lu, Y., Morris, K. C., ve Frechette, S. (2015). Standards Landscape and Directions for Smart Manufacturing Systems. In *Automation Science and Engineering (CASE), 2015 IEEE International Conference on* (pp. 998-1005)..
- Lu, Y., Morris, K. C., ve Frechette, S. (2016). Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems. *National Institute of Standards and Technology, NISTIR, 8107*, 39.
- Meredith, J. (1998). Building Operations Management Theory Through Case and Field Research. *Journal of Operations Management*, 16(4), 441-454.
- Monfared, M. A. S., ve Yang, J. B. (2007). Design of Integrated Manufacturing Planning, Scheduling and Control Systems: A New Framework for Automation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(5-6), 545-559.
- Pan, M., Sikorski, J., Kastner, C.A., Akroyd, J., Mosbach, S., Lau, R., ve Kraft, M. (2015). Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco-industrial Park. *Energy Procedia* 75, 1536–1541.
- Rachuri, S., Morris, K.C., Roy, U., Dornfeld, D., ve Kumara, S. (2013). Sustainable Manufacturing Program Workshop Report, *NISTIR 7975, National Institute of Standards and Technology*, November 2013.

- Skinner, W., (1969). Manufacturing-Missing Link In Corporate Strategy. *Harvard Business Review* 47, 136–145.
- Souza, R. (2005). Case Research in Operations Management. *EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management*, Brussels, Belgium, 31st Jan.-4th Feb.
- Swamidass, P.M., ve Newell, W.T., (1987). Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: a Path Analytic Model. *Management Science* 33, 509–524.
- Thoben, K. D., Wiesner, S., ve Wuest, T. (2017). Industrie 4.0 and Smart Manufacturing—A Review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-16.
- Voss C.A., Frohlich M. ve Tsikriktsis N. (2002), Case Research in Operations Management, *International Journal of Operations and Production Management*, 22, 2, 195–219.
- Ward, P. T., McCreery, J. K., Ritzman, L. P., VE Sharma, D. (1998). Competitive priorities in Operations Management. *Decision Sciences*, 29(4), 1035-1046.
- Ward, P.T., Duray, R., (2000). Manufacturing Strategy İn Context: Environment, Competitive Strategy And Manufacturing Strategy. *Journal of Operations Management* 18, 123–138.
- Younus, M., Peiyong, C., Hu, L., ve Yuqing, F. (2010). MES Development and Significant Applications in Manufacturing-A Review. In *2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer*, 5, 97.