

TÜRKİYE'DE HÜCRESEL ÜRETİM UYGULAMALARININ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

M. Bülent DURMUŞOĞLU¹, Osman KULAK¹, H. Hakan BALCI²

*İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü¹
Auburn University, Dept. of Industrial & Systems Engineering²*

Özet

Son yıllarda gerek sanayi kuruluşları ve gerekse akademisyenler, Hücresel Üretim (HÜ) konusuna giderek artan bir ilgi göstermektedir. Bu makalede böylesi önemli bir konunun Türkiye'deki durumunu değerlendiren ve diğer ülkelerdeki (özellikle ABD) uygulamalarla karşılaştırmasını yapan, saha analizine dayalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Saha analizi çalışmasında, uluslar arası standartlara sahip, kendi sektörlerinde Türkiye'de önde gelen 44 firma ve bu firmalara ait olan toplam 207 hücre incelenmiştir. Analiz öncesi tasarlanmış olan bir araştırma anketi, hücresel üretim uygulamalarının yerinde görülüp incelenmesi sonucu, görüşme ve gözlemlere dayalı olarak doldurulmaktadır. Analiz çalışması, HÜ proje öncesi, HÜ proje organizasyonu, HÜ tasarım süreci ve HÜ uygulama sonuçları ile ilgili dönemlere ait verilerin toplanmasını, istatistiksel analizini ve bu analizlerin yorumlanmasını içermektedir. Ayrıca HÜ sistemlerine sahip firmaların, HÜ uygulaması ile ilgili tatminini etkileyen faktörler ve etkileme dereceleri saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hücresel üretim, grup teknolojisi, güncel uygulamalar ve saha analizleri

Abstract

Both the academicians and the manufacturing industries focus on Cellular Manufacturing (CM) with a growing interest. In this paper, the field analysis has been performed to determine the situation Turkey has been in such an important subject and to compare it with the other implementations, especially in USA. 44 manufacturing firms, which are the leaders in their sectors in Turkey with international qualifications and totally 207 manufacturing cells in these firms, have been examined by the field analysis. The study has been realized by an investigation questionnaire that has been prepared beforehand based on negotiations and observations on the shop floor. The study contains the collection and the statistical interpretation of the information related to the period before the CM project, CM design process and CM implementation results. Furthermore, overall satisfaction after CM implementations is statistically analyzed.

Keywords: Cellular manufacturing, group technology, current practices and field analysis.

GİRİŞ

Günümüzde kalite, maliyet ve teslimat performansını eş zamanlı olarak artırmanın en geçerli çaresi Yalın düşünce ve üretim olarak görülmektedir [Womark and Johns,1996]. Yalın üretimin olmazsa olmaz aşamalarından biri Hücresel Üretim (HÜ)'dir. HÜ bir sistemi mümkün olduğunca bağımsız alt sistemlere ayıran ve alt sistemlerin hızlı ve etkin çalışma yeteneğini, tüm sisteme yansıtmayı amaçlayan bir yaklaşımdır.

Türkiye, Asya ile Avrupa arasında yer alan, gelişmekte olan ve aynı zamanda küreselleşen Dünyada kısıtlı kaynaklarıyla rekabet etmek zorunda olan bir ülkedir. Ayrıca imalat sanayiinin kullandığı kredilerin maliyeti, diğer ülkelerle karşılaştırıldığında çok yüksektir. Bu durum firmaları düşük maliyette ve yüksek kalitede ürünler üretmeye ve bu ürünleri hızlı bir şekilde teslim etmeye zorlamaktadır. Bu yönüyle bakıldığında Yalın Üretim ve HÜ çalışmaları, özellikle finansman

ihtiyacını azaltacağından, Türkiye için daha büyük öneme sahiptir.

Böylesi önemli bir konuda özellikle hücre tasarımına yönelik teorik anlamda literatürde oldukça fazla sayıda çalışma bulunmaktadır [Heragu,1994, Selim ve diğerleri 1998]. Buna karşılık, mevcut uygulamaların analizi ve uygulamaya alma sürecine yönelik çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır [Wemmerlöv&Johnson,1997]. Bu çalışma, Türkiye’de HÜ uygulamalarının durumunu ortaya çıkarmak, yayınlanmış ABD’deki HÜ uygulamalarıyla karşılaştırmak ve uygulamadaki sorunları analiz ederek geleceğe yönelik HÜ stratejilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Daha ayrıntılı ve güvenilir analiz yapabilmek için saha analizi tercih edilmiş ve bu şekildeki çalışmayı kabul eden firmalara gidilebilmiştir. Ziyaret edilen firmaları HÜ açısından değerlendirmek için önceden ayrıntılı olarak hazırlanmış araştırma anketi kullanılmıştır. Anket, uygulamaların yerinde görülmesi ve ilgili tartışmaların yapılması sonucu sahada titizlikle doldurulmuştur.

Saha analizi, çeşitli ölçeklerdeki 44 firma ve toplam 207 hücreyi kapsamaktadır ve 2001 ile 2002 yılları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmasının odaklandığı firmalar binek araçları ana ve yan sanayi, savunma sanayii, makina sanayiii, elektrik ve elektronik sanayii ve tarım makineleri sanayii gibi sanayii kollarını içermektedirler. 44 firma, Türkiye’de sanayiinin yoğun olduğu Marmara, İç Anadolu ve Ege Bölgelerinde, HÜ uygulaması içinde bulunduğu düşünülen ve saha analizini kabul eden firmalardan seçilmiştir.

Çalışmanın Yapısı

HÜ uygulamalarının değerlendirilmesi ile ilgili yayınların özellikle ABD’deki firmaları kapsadığı görülmektedir. ABD’de yapılan çalışmaların çoğunda izlenen yöntem hazırlanan anket formlarının firmalara gönderilip cevapların değerlendirilmesi şeklindedir [Wemmerlöv&Hyer, 1989, Choi, 1996, Olorunniwo&Udo, 1996, Wemmerlöv&Johnson, 1997]. Bu çalışmalarda incelenen firma sayısı 28 ila 57 arasında değişmektedir.

Bazı araştırmacılar da anket göndermek yerine saha analizi yapmayı tercih etmişlerdir. Bunlar arasında Harvey [1993], Suri ve diğerleri [1996], Marsh ve diğerleri [1998], Hyer ve Brown’ın [1999] çalışmaları bulunmaktadır. Saha analizi ile gerçekleştirilen çalışmalarda firma sayısı 11 ila 15 arasında değişmektedir. Bu çalışma ise, saha analizi yaklaşımı kullanılarak 44 firmada gerçekleştirilmiştir.

Analizde kullanılan anket mevcutta olan ve kapatılan hücrelerin değerlendirilmesi için tamamlanmış HÜ projeleri hakkında 36 soruyu içermektedir. Anket birden fazla seçim yapılabilen sorular, evet/hayır seçeneikli sorular, Likert ölçeği (5’li) kullanılarak hazırlanan sorular ve açık uçlu sorulardan oluşan karma bir yapıdadır. Anket sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi “SPSS 10.0 for Windows” ortamında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma, HÜ proje öncesi, HÜ proje organizasyonu, HÜ tasarım süreci ve HÜ uygulama sonuçları şeklinde dört ana grupta organize edilmiştir.

SAHA ANALİZİ

Saha analizi değişik ölçeklerde 44 firma ve bunlara ait toplam 207 hücreyi içermektedir. Bu çalışma, binek araçları ana ve yan sanayii, savunma sanayii, makina sanayii, elektrik ve elektronik sanayii ve tarım makinaları sanayii gibi sanayii kollarından seçilen firmalarda saha analizinin değerlendirilmesine odaklanmıştır. Bu firmalarda üretilen ürün çeşitleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Bu ürünleri üretmek için hücrelerde yapılan işlemler, talaşlı imalat, montaj, hassas son işlemler, kaynak, test/kontrol, plastik şekil verme, ısıl işlem, paketleme ve dökümden ibarettir.

207 hücrenin %38 gibi önemli bir oranında üretilen ürün/parça çeşitleri 1 ile 4 arasında değişmektedir. (Şekil 1). Hücrelerde üretilen ürün/parça çeşidi ile ilgili oranlar sırasıyla, yalnızca bir çeşit ürün/parça üretenler %16, 25 ve daha az sayıda çeşit ürün/parça üretenler %80, 50 ve daha az sayıda çeşit ürün/parça üretenler %82, 100 ve daha az sayıda çeşit ürün/parça üretenler ise %96' dır.

Hücresel Üretim Proje Öncesi

İncelenen firmaların yaklaşık olarak %50'si, firma çalışanlarının önerisi sonucu hücresel üretim projelerine başladıklarını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, firmaların sadece %25'i böyle bir projeyi başlatmak için danışmanların rolü olduğunu söylemişlerdir. Bu durum, Türkiye'nin henüz yaygın olarak danışman kullanma kültürüne sahip olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Araştırılan firmaların yaklaşık yarısı hücresel üretim projesine, ayrıntılı analizler sonucu karar verdiklerini, diğerleri, projeyi herhangi bir üretim sistemi üretkenlik ve etkinlik artırma projesi gibi düşündüklerini belirtmişlerdir. Üzerinde odaklanılan ayrıntılı analizler, hücre tasarımı ve hücrelerin üretim sistemi ile bütünleştirilmesinden daha ziyade özellikle hücrenin etkili bir şekilde çalıştırılmasına yöneliktir. Bu durum, hücresel üretimin, firma kültürünü baştan aşağı değiştirmeye yönelik bir yönetim felsefesi olarak değil de, sadece bir yerleşim düzenlemesi çalışması olarak görülmesi anlamını taşıması mümkündür.

Projenin başlangıç aşamalarında üst yönetim ve genel müdür haricinde her hiyerarşi kademesinden çalışanların (müdürler, şefler, amirler ve işçiler) HÜ projesine karşı çıktıkları Tablo 2'den görülmektedir. Bu çeşit değişim projelerinde sıkça karşılaşılan doğal bir dirençtir. Ayrıca firmalardan biri, çalışanlarının bağlı olduğu sendikanın da bu çeşit bir projeye karşı çıktığını belirtmiştir. Özellikle firma çapında ayrıntılı analizler yapılmadan başlatılan projelerde, çalışanların proje hakkında yeterli düzeyde bilgi sahibi olmaları ve motive edilmeleri mümkün olmadığından, bu durumun karşı çıkmaların meydana gelmesinde etkili olduğu, görüşmeler sonucu ortaya çıkmıştır. Böylesi bir projenin, üst yönetim desteği görmeden uygulamasının da söz konusu olamayacağı, firmalar tarafından belirtilmiştir.

Firmalara hücresel üretim projelerinin başlatma nedenleri (beklenen faydalar) sorulmuştur. Gerek önem derecelerinin düşüklüğü ve gerekse, HÜ sonrası çoğunlukla performans gelişmelerinin ölçülmemiş olması nedeniyle 16 başlatma nedeni içinde 7'si, istatistiksel analize alınmamıştır. Geri kalan 9 neden için, alınan cevapların ortalama ve standart sapma değerleri, Tablo 3'de gösterilmektedir. 9 maddelik beklenen faydalara ait Cronbah Alpha [Cronbah, 1984] değeri 0.81 olarak elde edilmiştir. Nunnaly

[1978], 0.7'nin kabul edilebilir güvenilirlik katsayısı olduğuna işaret etmiştir. Ancak daha düşük eşik değerleri de bazı durumlarda kullanılabilir [Santos, 1999]. O halde 0.81 değeri, elde edilen sonuçların kabul edilebilir güvenilirlik düzeyinde olduğunu göstermektedir. Tablo 3 incelendiğinde, ürün akış süresini (temin süresini) düşürme (ortalaması 5 üzerinden 4.51), hücresele üretim projelerini başlatma nedenlerinin başında gelmektedir. Bunun dışında diğer önemli nedenler arasında, beklenildiği gibi, sırasıyla müşterilere tepki verme süresini kısaltmak, taşıma mesafelerini/sürelerini azaltmak, ürün maliyetlerini düşürmek ve hazırlık sürelerini düşürmek gelmektedir.

HÜ uygulamalarına başlamadan önce hangi gelişmelerin, ortalama düzeyden daha fazla olduğunu görmek için t testi yapılmıştır. Karşılaştırma düzeyi 3 (orta değer) olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sadece "üretim alanındaki tasarruf" beklentisi anlamlı değildir. Geriye kalan 8 maddeye ait önem dereceleri %99 güvenilirlik seviyesinde anlamlıdır. Türkiye'de HÜ çalışmalarına başlayan firmalar "üretim alanında tasarruf" dışındaki tüm diğer maddelerle ilgili gelişmeleri başarmak istemektedir.

HÜ çalışmalarına başlama nedenleri olan 9 madde arasındaki ilişkileri göstermek için "Döndürülmüş Bileşen: İng: Rotated Component" analizi yapılmıştır. Döndürülmüş bileşen analizi, belirsizlikleri azaltarak yorumlamayı etkinleştirir. [Hair ve diğerleri, 1995]. Bu analiz sonucunda Tablo 4'de görüldüğü gibi toplam varyansı %65.61 olan iki bileşen oluşmuştur. Matristeki verileri daha rahat yorumlamak için %5 güven aralığında olumsuz yükleme değerleri (± 0.4 aralığındaki değerler) matriste gösterilmemiştir. "Akış süresini düşürmek" ve "Üretim miktarını arttırmak" her iki bileşen içinde de yer almaktadır. Sonuçlara göre N1 bileşeni başarılması gereken "Dışarıya yönelik performans", N2 bileşeni de "İçeriye yönelik performans" olarak isimlendirilebilir.

Üretim miktarını arttırma ile ilgili puanın "3.76" olması, bu nedenin de hücresele üretime geçmede önemli olduğunu göstermektedir. İşgörenlerin iş tatminini sağlamak, ham madde ve mamul stoklarını düşürmek en düşük önem verilen nedenler olarak tespit edilmişlerdir. Projeleri başlatma nedenleri arasında, üretimi arttırma isteğinin fazla olmasına karşın, hammadde ve mamul stoklarını düşürme isteğinin az olması, "Tam Zamanında Üretim", çekme sistemi ve HÜ projelerinin bir bütünün parçaları olarak düşünülmediğini işaret etmektedir. İşgörenlerin iş tatminini sağlama isteğine düşük önem verilmesi, yine yukarıda belirtildiği gibi, hücresele üretim projesinin firma kültürünü baştan aşağı değiştirmeye yönelik bir yönetim felsefesi olarak değil de, sadece bir yerleşim düzenlemesi çalışması olarak görüldüğü sonucuna işaret etmektedir.

Hedef Belirleme

Hücresele üretim projesine başlarken sayısal performans hedefi koymayan firmaların sayısı sadece %14'dür. Bu oranın Wemmerlöv ve Johnson [2000]'un ABD firmalarında yaptıkları çalışmada % 30'lar düzeyinde olması, Türkiye'nin hedef belirleme açısından daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Hedef belirleyen 38 firmadan 36'sı ürün akış süresi konusunda sayısal değer belirtmiştir. (Tablo 5). Ürün akış süresinin hücresele üretimi başlatma nedenleri arasında en önemli ölçüt olarak belirlenmesi ve sayısal hedef koyan firmaların da bu ölçütü ilgili hedef koymaları, bu ikisi arasındaki kuvvetli ilişkiyi gösterir. ABD firmaları [Wemmerlöv ve Johnson 2000, Wemmerlöv ve Johnson 1997], ürün akış sürelerini ortalama %62,6 oranında düşürmek için hedef belirlerken, bu oran Türk firmalarında ortalama %31'e düşmektedir. (Tablo 5). Türk firmaları tarafından belirlenen en büyük hedef yarı mamul stokunun ortalama %53 oranında düşürülmesidir. Genellikle belirlenen hedefler, ABD firmalarındaki kadar büyük hedefler değildir. Bu da projelerin başarısı konusundaki inanç eksikliğine veya HÜ projesi öncesinde ayrıntılı analiz yapılmamasına bağlanabilir. Talepleri karşılama oranı, müşterilere tepki verme süresi ve yerleşim alanında sağlanan tasarruf kazançları gibi ölçütlerin her biri için sadece üçer firma hedef belirlediği için, HÜ projesinde bu ölçütlere yeterli düzeyde önem verilmediği anlaşılmaktadır. Firmaların çoğu ürün akış süresi, hazırlık süresi, yarı mamul stoku ve üretim miktarı ölçütleri için hedef belirlemişlerdir. Firmaların 11 tanesi üretim maliyetini performans ölçütü olarak göz önünde bulundurmasına rağmen, sadece üç firma bu ölçütü ilgili sayısal hedef belirlemiştir.

Hücresele Üretim Proje Organizasyonu

HÜ projesini başarıya ulaştırmak için proje lideri ve iyi takım oyuncularının seçilmesi son derece önemlidir. Firmalara gerçekleştirdikleri HÜ projesi için bir lider seçip seçmedikleri sorulmuştur. Firmalardan 39 tanesi bir lider seçerek bu projeye verdikleri önemi göstermişlerdir. Liderlerin pozisyonlarına göre dağılımı Tablo 6'daki gibidir. Proje liderlerinin çoğunun (28 firma) müdür veya daha üst düzey pozisyonda olması projeye önem verildiğini göstermektedir.

Firmalara proje takımında hangi pozisyonlardaki personelin çalıştığı sorulmuştur (Tablo 7). HÜ projesinde çalışanların pozisyonları, teknisyen, mühendis, şef ve müdür seviyesinde yüksek bir katılımın olduğuna işaret etmektedir. Yaklaşık her iki firmadan birinde (%45) işgörenler proje takımına girmektedir. Türkiye'de işgören katılımı ABD'deki imalat firmaları için gerçekleşen %73 işgören katılımına göre düşük olmasına karşın, 90'lı yılların başından itibaren uygulanmaya çalışılan bir yöntem için bu oran yine de sevindiricidir.

Hücre Tasarımı ve Fiziksel Yerleşime Katılım

Projenin farklı aşamalarında, genellikle proje takımının yapısı değişmektedir. Başka bir deyişle lider, projenin farklı aşamalarında, çekirdek kadroyu desteklemek amacıyla farklı grupları devreye almaktadır. Bu nedenle firmalara hücre tasarımı ve fiziksel yerleşim aşamalarında çalışan personelin ünvanları soruldu. Sonuçlar Tablo 8'de toplanmıştır. Beklenildiği gibi, hücre tasarım aşamasında üretim ve süreç mühendisi, üretim şefi, üretim müdürü ve postabaşı pozisyonlarında yoğun bir şekilde katılım gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, diğer bölümlerden kısıtlı oranlarda katılım olduğu görülmektedir.

Üretim mühendisi, üretim şefi ve üretim müdürü sırasıyla % 82, %82 ve %76 oranlarında proje takımlarında yer alırken, İnsan Kaynakları personeli (%7), Muhasebe ve Finans personeli (%6) ve Tasarım Mühendisi (%13) çok daha düşük oranlarda yer almıştır. Bu sonuç, oranları düşük olan bölümlerin projeye katkılarının beklenmediğini göstermektedir. Hücresel üretimin firma kültürünü toptan değiştirebileceğini düşündüğümüzde, bu kanının doğru olmadığını söyleyebiliriz.

Firmaların %44'ü hücre tasarım aşamasında danışmanlardan yararlanmıştır. Akademik danışman katılımı toplam danışman katılımının %71'ini oluşturmaktadır. Tüm firmalar bazında (0.44*0.71) %31'lik akademik danışman katılım oranı, üniversite endüstri ilişkilerinin hücresel üretim konusunda yeterli düzeyde olmadığını göstermektedir.

Firmaların %37'si, işgörenlere yeni sistemin tasarlama aşamasında katılım fırsatı vermiştir. Hücresel üretimi başlatma nedenleri arasında "işgörenlerin iş tatminini sağlama" hedefinin çok düşük önem derecesine sahip olması ile firmaların hücre tasarım aşamasında işgörenlere yeterli katılım olanağı vermemesi arasında paralellik olması göze çarpmaktadır. Firmalar işgören katılımını sağlayarak işgören tatminini arttıracaklarını ve böylece işgörenlerin daha etkin çalışabileceklerini dikkate almamaktadırlar.

Hücre tasarımı ve fiziksel yerleşimi aşamaları karşılaştırıldığında işgören kullanımı oranı %37'den %82'ye çıkmıştır. Mevcut üretim sisteminden hücresel üretime dönüşüm imalat sisteminde büyük değişiklikler gerektirdiğinden, Makina Bakım ve Elektrik Bakım ekibinin kullanımı da sırasıyla %44'ten %75'e ve %44'ten %81'e çıkmıştır.

Kalite Kontrol ve Kalite Güvence ekiplerinin katılımı hücre tasarım aşamasında %38 iken, hücre fiziksel yerleşim aşamasında %13'e düşmüştür. Bilgi İşlem Bölümü, imalat firmalarında daha çok veri toplama ve analizi ile ilgili çalıştığından, fiziksel yerleşim aşamasındaki katılım (%6), tasarım aşamasındaki katılıma (%31) göre oldukça düşüktür.

Firmaların Proje Takımları Hakkındaki Görüşleri

Firmalara yaşadıkları deneyimlerden de faydalanarak hücrel üretim projelerinde görev alacak personelin seçimi konusunda önerileri sorulmuştur. Yöneticilerin bu konuda söyledikleri aynen şu şekildedir:

- Ürün ve süreç yeniliğine açık, üst yönetimin desteğini alan kişilerden oluşan proje takımları kurulmalı.
- Proje takımı 1/3 oranında üretimle ilgili beyaz yakalı, 1/3 oranında üretimin içinden mavi yakalı ve 1/3 oranında da üretim hattını tanımayan teknik görevlilerden oluşmalı.
- Hücre kavramını bilen, üretim sistemini tanıyan kişilerden oluşmuş bir takım kurulmalı. Bu takımdakiler firmadaki diğer kişileri motive etmeli ve onların katılımını sağlamalı.
- Hücre oluşumunda çalışacak kişiler sabırlı olmalı , farklı bölümlerden yardım almalı. Teknik bilgisi ve iletişim gücü sayesinde insanları değişime ikna etmeli.

Görüştüğümüz firma yetkilileri özellikle dünya çapında yaklaşımların takip edilebilmesi ve ek olarak takım üyelerinin değişime açık olabilmelerinin önemini vurgulamışlardır. Farklı bölümlerden ve mesleklerden katılımın sağlanması, projenin başarısını arttıracak gibi, aynı zamanda fabrika içinde değişime karşı olabilecek direnci de azaltmaktadır. Bu çeşit faaliyetlerde elde edilecek başarı, firma içinde farklı bölümlerin katılımının olmasına ve projeye olan inancın büyüklüğüne bağlı olduğu göz ardı edilemez.

Hücre Tasarım Süreci

İncelenen firmalarda, hücre oluşturma ile ilgili iki temel yaklaşım mevcuttur:

1. İlk önce ürün/parça aileleri belirlenir. Daha sonra bunların üretimi için gerekli olan donanım/makinalar ve işgörenler atanır.
2. İlk önce kilit donanım/makina seçilir. İlgili donanım/makinalar, kilit makinanın yakınına yerleştirilir.

Firmaların %94'ü öncelikle ürün/parça ailelerini belirleyip, ardından gereken donanım/makina ve işgörenleri atamıştır. Diğerleri ise, ikinci yaklaşımı uygulamıştır.

Anketi yanıtlayanlara ürün/parça ailelerini belirlemede kullandıkları yöntemler sorulmuştur. Sonuçlar Tablo9'da gösterilmiştir. Kodlama sistemlerinin kullanımı aşırı zaman harcamayı ve ciddi çalışmayı gerektirdiğinden, firmaların çoğu ürün/parça ailesi belirlerken görsel yöntemi ve parçaların izlediği rota bilgilerini kullanmışlardır. Hem görsel yöntem hem de parçaların izlediği rotaları kullanan firmaların oranı %75'tir.

Anketi yanıtlayanlara hücre tasarımı sırasında planlanan hücrelerin performansını değerlendirip değerlendirmedikleri sorulmuş; tüm firmaların % 94'ünün tasarlanan hücrelerin performansını değerlendirdikleri belirlenmiştir. Değerlendirme sırasında kullanılan yöntemler sorulduğunda; yanıtlayanların tamamı analitik yöntemleri kullandıklarını ifade etmişlerdir. Bunun yanında firmaların % 73'ü bilgisayar simülasyonunu bir araç olarak kullanmıştır. Firmalardan hiçbiri hücre tasarımı

sürecinde fiziksel simülasyon, yapay zeka, bulanık mantık gibi yöntemleri dikkate almamışlardır.

Bilgisayar Destekli Hücre Oluşturma ve Tasarım

Anketi yanıtlayanlara hücre oluşturma sürecinin belli aşamalarında bilgisayar kullanıp kullanmadıkları sorulmuştur. % 88 oranında veri toplamada, % 50 oranında ise Grup Teknolojisi Kümelendirme' de bilgisayar kullanılmıştır. Grup Teknolojisi Kümelendirme' de bilgisayar kullanımının daha düşük olmasının nedeni, uygun algoritmalar ve araçlar konusunda yeterli bilgi sahibi olunmaması veya bunlara ulaşılamaması gösterilebilir.

Firmaların hücre tasarımı boyunca kullandıkları bilgisayar verilerinin oranları Tablo 10'da verilmiştir. İki adet firma bilgisayara veri girilmesini gereksiz bulmaktadır. Bunlar, sistemlerinin, bilgisayara veri girilmesini gerektirecek kadar karmaşık olmadığını ifade etmektedirler. Ayrıca bu firmalardan birinde, tüm çalışanlar "Gemba Kaizen" çalışmalarına katılmışlardır. Bu firmanın çok sayıda hücresi bulunmakla birlikte, Gemba Kaizen'in yardımıyla çalışanlar, sistemin karmaşık olmadığını düşünmektedirler. Bilgisayara veri girmeyen diğer firma işgörenlerin katılımına önem vererek hücreleri işgörenlerinin önerisi üzerine kurmuştur.

Firmaların çoğu (% 81) ürün/parça işlemleri ile ilgili verileri bilgisayar ortamında tutmaktadır. (Tablo10). Ürün Ağacı verileri, CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) verileri, MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) ürün/parça verileri ile sınıflandırılmış ve kodlanmış GT verileri ise sırasıyla % 50, %50, %44 ve %31 oranlarında bilgisayar ortamında tutulmaktadır. Buradan imalat ile ilgili sorunların bilgisayar kullanılarak çözümünde, Türkiye'deki şirketlerin yeterli düzeye ulaşamadığı sonucuna varılabilir.

HÜ Bilgi Potansiyeli

Bu çalışmada "Hücrelerin tasarımı ve uygulamaya alınmasında kullanılan ve akademik olarak yayınlanmış veya ticari olarak kullanılan herhangi bir yöntemin bilinip bilinmediği" ile ilgili bir soru sorulmuştur. Bu soruya verilen yanıtlara dair oranlar Tablo 11'de gösterilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, firmalardaki ilgili kişilerin hücrelerin işletimi konusunda, tasarımı konusundan daha fazla bilgi sahibi oldukları görülmüştür. Bu sonuç geçmiş çalışmaların "Parça/ürün ailelerinin belirlenmesi firmalar tarafından kritik bir sorun olarak görülmemektedir." şeklindeki sonuçları desteklemektedir [Wemmerlöv & Johnson, 1997; Wemmerlöv & Johnson, 2000]. Bunun yanında "Hücrelerin oluşturulması konusunda fazla zaman harcamayan firmalar, hücrelerin etkin işletimi konusunda zaman harcamaktadır." şeklindeki hipotez de, Tablo 11 ve saha analizi tarafından desteklenmiştir.

Saha analizinden elde edilen diğer bir sonuç ise şu şekildedir: Hücrelerin oluşturulmasıyla ilgili teknikler, daha zordur ve daha fazla zaman gerektirmektedir. Bu teknikler bilinmelerine rağmen; günlük, acil işler veya yangın söndürme amaçlı işler nedeniyle uygulanamamaktadır.

Dönüşüm Stratejisi

Akademisyenlerin genellikle hücre oluşturulması sorununu fabrikanın analizi ve çok sayıda hücrenin oluşturulması olarak görmelerine karşın, gerçekte çok sayıda hücrenin oluşturulması zaman içerisinde adım adım gerçekleşmektedir.

Ankette, “ Eski üretim sisteminden HÜ Sistemine nasıl geçtiniz?” sorusu sorulmuş ve yanıtlayanların %62’si “Önce bir pilot hücre kuruldu, ardından diğer hücreler kuruldu.” şeklinde yanıt vermiş; % 19’u “Başlangıçta birden fazla pilot hücre kuruldu.” şeklinde yanıt vermiştir. Kalan firmalar ise “Tüm firma bir anda HÜ’e dönüştürüldü.” şeklinde yanıtlamıştır. Firma çalışanları ifadelerinin ve saha analizlerinden elde edilen izlenimler sonucunda, pilot hücre yaklaşımının üç amacı olduğu anlaşılmıştır:

- Uygulayarak öğrenme.
- Pilot hücrede elde edilen sonuçlara göre bir strateji geliştirme.
- Çalışanların motivasyonunun ve ilgisinin sağlanması.

Türkiye’de pilot hücre yaklaşımı ile birer birer hücre kuran firmaların oranı olan % 62, geçmiş çalışmalarda elde edilen oranlardan belirgin biçimde düşüktür (Olorunniwo & Udo, 1996, 57 fabrikaya anket uygulamış ve pilot hücre yaklaşımını %86 olarak belirlemiştir. Wemmerlov & Johnson, 2000, 46 firma incelemiş ve pilot hücre yaklaşımı oranını %79 olarak saptamıştır).

Anketi yanıtlayanlara hücrelerin fiziksel olarak düzenlenmesi için geçen süre sorulmuştur. Bir hücrenin oluşturulma süresi, ortalaması 12 iş günü ve standart sapması 9.6 gündür. Farklı donanım/makina gereksinimleri nedeniyle hücre oluşturma süresi belirgin biçimde değişmektedir.

Tasarım Ölçütleri ve Kısıtları

Ankette hücre tasarımı sırasında düşünülen ölçütlerin önemi sorulmuştur. Tablo 12’de elde edilen yanıtların ortalama ve standart sapmalarını göstermektedir. Ortalama değerler, 4.38 ile 1.56 arasında değişmektedir. Tüm sonuçlar, %95 güvenilirlik aralığına düşmektedir. Elde edilen sonuçların, hücre tasarım ölçütleri arasındaki tutarlılığa karar vermek için Cronbach Alpha [Cronbah, 1984] hesabı kullanılmıştır. 14 maddeden oluşan tasarım ölçütleri için Cronbach Alpha değeri 0.74 olup, kabul edilebilir güvenilirlik düzeyindedir. Tablo 12’de görüldüğü gibi, “Parçalar/ürünler tamamen hücrede tamamlanmalı” 4.38’lik ortalama değer ile en yüksek, “Bir ürünü/parçayı birden fazla hücrede işleyebilme esnekliği” de 1.56’lik ortalama değer ile en düşük değerlere sahiptir. Diğer bir deyişle tasarım süreci boyunca, hücreyi iş akışı yönünden bağımsız hale getirmeye önem verilmiş, buna karşın parçaların/ürünlerin alternatif hücrelerde üretilebilmesi anlamına gelen dış rotalama esnekliğine önem verilmemiştir. Böylece hücre tasarımı sırasında hücrelerin bağımsızlığına çok önem verilmesinin sonucunda dış rotalama ölçütü terkedilmiştir. Tablo 12, ayrıca “Hücrede dengelenmiş donanım kullanım oranı” ve “Tek yönlü (geriye dönüşsüz) malzeme akışı” gibi ölçütlerin diğerlerine göre daha fazla önem verildiğini göstermektedir. “Hücrelere yetki göçertmesinin yapılması” ölçütü, HÜ’de yüksek performans için önemli olduğu, 3.51 puan ile yanıtlayanlar tarafından özellikle vurgulanmıştır.

Hücre tasarım ölçütleri için yanıtların ortalama değerlerinin birbirlerine göre anlamlı bir farklılığa sahip olup olmadığını göstermek için, %95 güvenilirlik sınırında Duncan testi yapılmış ve test sonuçları Tablo 12’de gösterilmiştir. Buna göre tasarım ölçüt değerlerinin ortalamaları farklılık gösteren 9 gruba ayrılmıştır.

Tablo13, hücre tasarım ölçütleri için, döndürülmüş bileşen yükleme matrisini göstermektedir. Matristeki verileri daha rahat yorumlamak için %5 güven aralığında olumsuz yükleme değerleri (± 0.4 aralığında) matriste gösterilmemiştir. Tablo13’den de görüldüğü gibi Kaiser [1960] ölçütü kullanılarak, %79.38’lük toplam varyansa sahip dört bileşen belirlenmiştir. Matristeki eşleştirmelerden, K1; “Hücredeki iş istasyonu/makina sayısı”, “Hücre içinde bir işi alternatif makinalarda işleyebilme esnekliği”, “Hücrede dengelenmiş donanım kullanım oranı”, “Yeni ürünü/parçayı hücrenin kabul edebilme esnekliği” ve “Pahalı donanımların kullanım oranını yüksek tutma” ölçütlerini içeren bir bileşendir. Matrisin tamamı değerlendirildiğinde; K1 bileşeni “Donanım yeteneği”, K2 bileşeni “Hücre etkinliği”, K3 bileşeni “İşgören yeteneği”, K4 bileşeni “Ürün esnekliği” ile ilgili tasarım ölçütleri olarak isimlendirilebilir.

Firmalar, HÜ projelerini bir takım teknik ve finansal kısıtlar altında gerçekleştirmişlerdir. Bu kısıtlar ve bunlara dair oranlar aşağıda gösterilmiştir:

- Ürün/süreç parametreleri (%81)
- Yeni donanım/makina satın alamamak (%69)
- İmalat alanı (%56)
- Parçaların/ürünlerin tamamen hücre içerisinde tamamlanması (%56)
- Finansman (%50)
- Üretim miktarı gereksinimi (%44)
- İşgücü gereksinimi (% 19)
- Üst yönetimin sabırsızlığı (%6)

Hücre tasarımı sırasında, firmaların %81'i ürün çeşitliliği ve donanımın/makinaların belli bir hücreye atanmaması gibi ürün ve süreç kısıtlarıyla karşılaşmıştır. Bir firmanın 23 hücre oluşturup, bu kısıtlardan hiçbirinin kendilerini etkilemediğini belirtmesine karşın, firmaların kalanı bu kısıtlardan ortalama dört tanesine işaret koymuşlardır.

HÜ Uygulamaya Alma ve Performans Gelişmeleri

İncelenen şirketler arasında ilk metotlu hücre uygulaması 1992'de başlatılmıştır. Bunun yanında ortalama hücre oluşturma tarihi 1997 olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Türkiye'deki HÜ uygulamalarının başlangıç aşamasında olduğunu göstermektedir. Uygulama sonuçları düşünüldüğünde belirli başarılar elde edilmesine karşın, Türkiye'de HÜ konusunda yol gösterici ve geliştirici çabaların gerekliliğinden söz edilebilir. Bu kısımda, uygulamaya alınan hücreler ve özellikle uygulama sırasında karşılaşılan zorluklar ve uygulama sonucu elde edilen performans gelişmelerinden bahsedilecektir.

Uygulamaya Alınmış Hücreler ve Özellikleri

Parça/ürün ailelerini üretmek için gereken işlemler 207 hücrede incelenmiştir (Tablo 14). Hücrelerde gerçekleştirilen işlemler genellikle test/kontrol, talaşlı şekillendirme ve montajdan ibarettir. Kaplama, boyama ve ısıl işlem gibi düşük düzeyde hücrelere atanan işlemler de mevcuttur. Hücrelere atanmayan işlemler, hücreler arası hareketlere neden olan fonksiyonel hücrelerdir. Zehirleyici işlemler, yüksek yatırım maliyetli ve büyük makinalar, kesikli parti tipi üretim ve uzmanlaşma gereksinimi gibi nedenler, bu çeşit fiziksel düzenlemelerin yapılmasını gerektirmektedir.

Sadece bir çeşit işleme sahip hücre sayısı 207 hücre içinde 8'dir. Bu 8 hücreden 7'si talaşlı şekillendirme işlemi, 1'inde ise döküm işlemi yapılmaktadır. Hücrelerin kalanı birden fazla işlem içermektedir. Hücrelerde ortalama 2,8 çeşit işlem yapılmaktadır. Farklı çeşit işlemleri bir hücrede gruplamak, istenen bir durumdur ve üretim sisteminin performansını yükseltir. Hücre tasarımı sırasında parçaları/ürünleri bir hücrede tamamlanması hedefinin en yüksek değer olan 4.38 olması, kurulan hücrelere de bir sonuç olarak yansımıştır.

Hücredeki Donanım/Makina ve İşgören Sayısı

Daha önceki çalışmalar incelendiğinde, “Kaynakların daha yüksek etkinlik ve üretkenlikte kullanımı için donanım veya işlemlerden daha az sayıda işgörenin hücrelere atanması” fikri, ortak bir görüştür. [Wemmerlöv ve Johnson,2000]. Bu görüş ancak ve ancak birden fazla makinayı kullanabilme yeteneğine sahip eğitilmiş işgörenler ile uygulanabilir. Araştırma yapılan firmalarda da “işgöreni birden fazla donanımda kullanma”, derecesi 3.91 olan önemli bir ölçüt olduğu görülmektedir. (Tablo 12). Bu ölçüt, diğer 14 ölçüt ile karşılaştırıldığında 5. sırada yer almaktadır.

Vardiya başına işgören sayısı ve hücrelerde kullanılan donanım/makina sayısı ile ilgili veriler de toplanmıştır. Bu verilere göre vardiya başına hücrelerdeki işgören sayısı 7.6’dır. Hücrelerin %20’si bir işgören tarafından, hücrelerin % 44’ü üç veya daha az, % 52’si beş veya daha az sayıda işgören tarafından çalıştırılmaktadır. Amerika’da yapılan anketle karşılaştırıldığında [Wemmerlöv & Johnson, 2000], Türkiye’de daha fazla sayıda işgörenin atandığı görülmektedir. Tek bir işgören ile çalıştırılan hücreler genellikle talaşlı şekillendirme ve montaj veya kaynak ve montaj işlemlerini kapsamaktadır. 10 veya daha fazla işgörenin çalıştığı hücreler sadece montaj ve test işlemlerini içeren hücrelerdir.

Hücrelere yerleştirilen ortalama donanım/makina sayısı 10.82 olarak belirlenmiştir. Beklendiği üzere, ortalama işgören sayısı 7.6, ortalama donanım/makina sayısından düşüktür. İşgören sayısındaki ve donanım/makina sayısındaki değişkenlik katsayıları sırasıyla 1.3 ve 0.81 olarak hesaplanmıştır. Bu yüksek katsayılar, hücrelerde farklı sayılarda işgörenler ve donanım/makinalar bulunduğunu açıkça göstermektedir.

Hücrelerin Uygulanması ile Oluşan Değişiklikler

Bir hücrenin tasarımı sırasında, tasarımcıların en çok dikkate aldığı ölçütlerden bir tanesi de parça rotalarıdır (işlem sıralarıdır). Tasarım sırasında rotaları göz önüne alan firmaların oranı, Tablo 9’dan da izlendiği gibi, %81 olarak tespit edilmiştir. Aynı parçanın üretiminde tek bir rota olmayıp, farklı makina ve işlem sıralarının kullanımı ile alternatif rotalar belirlenebilir (rotalama esnekliği). Bu esneklik, hücre tasarım kararlarının etkinliğini arttırabilir. Bu çalışmada hücresele üretime geçildikten sonra parça rotalarında değişiklik olup olmadığı araştırılmıştır. 207 hücreden 60 tanesi parça rotalarında değişiklik yapmıştır. Bu değişikliğin yapıldığı 60 hücreden sadece 15 tanesi rotalardaki değişimin yüzdesini verebilmiştir. Verilen hücrelerin ortalama rota değişikliği oranı % 43’dür. Bu bir anlamda hücre uygulaması sırasında, farklı işlem sırası ve/veya farklı makina kullanımları ile sıkça karşılaşılabileceği anlamına gelmektedir.

HÜ’e geçişte, parça/ürün tasarımlarında değişiklik meydana gelen hücrelerin oranı % 2.5’dir. Türkiye’deki bu düşük oranın aksine, ABD’de [Wemmerlöv & Johnson, 2000] incelenmiş olan üretim hücreleri için bu oran, %45’tir. Bu fark, ürünleri ve aynı zamanda üretim süreçlerini geliştirmeyi amaçlayan eşzamanlı mühendislik çalışmalarının [Black, 1991] Türkiye’de incelenen firmalarda yetersiz olduğunu göstermektedir.

HÜ uygulamaları sırasında hücrelerin %48’inde, donanım/makinalarla ilgili değişiklikler yapılmıştır. Bu hücrelerde değişiklik yapılan donanım/makinaların oranı %33’tür. Diğer bir deyişle hücrelerin %33’ü değişikliğe uğramıştır. 207 hücreden sadece 7’inde donanım/makinalar tamamen değiştirilmiştir.

Donanım/makinalardaki değişiklikler, ürün tasarımındaki değişikliklerden değil; rotalardaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Wemmerlöv & Johnson [2000]’ın çalışmasında gerek ürün tasarımı gerekse rotalardaki değişikliklerin güçlü etkisi nedeniyle donanım/makinalar %70 oranında değişikliğe uğramıştır.

Hücrelerin Bağımsızlığı

Hücrelerde işlenen parçaların/ürünlerin %32’si hücre içerisinde tamamlanamayıp, diğer bir hücreyi ziyaret etmek zorunda kalmaktadır. Bu oran, Wemmerlöv & Johnson [2000]’ın çalışmasındaki orana, hemen hemen eşittir. 207 hücrenin, 63’ünde, başka bir deyişle tüm hücrelerin %31’inde, hücreler arası parça/ürün hareketleri, bir donanım/makinanın sadece tek bir hücre tarafından kullanılmaması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Hücre tasarımı sırasında göz önüne alınan en önemli ölçütün Tablo 12’de görüldüğü gibi “parçalar/ürünleri tamamen hücrede tamamlanmalı” olarak belirlenmesi de, bu sonucu doğrulamaktadır.

Sonuç olarak hücre uygulamalarında, %69 oranında hücre bağımsızlığı mevcuttur [Wemmerlöv & Hyer'in, 1989, çalışmasında, bu oran % 80'dir. Harvey'in, 1993, çalışmasında da bu oran % 45'tir.).

Hücreleştirme Oranı (Cell Penetration)

İncelenen firmalardaki hücreleştirme oranı ortalama %48'dir. Diğer bir deyişle, üretim sistemlerinin yaklaşık yarısı hücreler şeklinde düzenlenmektedir. Aynı zamanda üretim sistemini tamamen hücreler şeklinde düzenlemiş olan hiçbir firma bulunamamıştır. Başka bir deyişle incelenen firmalarda melez sistemler uygulanmaktadır.

Kapatılmış Hücreler

İncelenen hücrelerden dokuzu kapatılmıştır. Bu dokuz hücreden altısı, fabrikanın şehir içindeki başka bir yere taşınmasından kaynaklanmıştır. Daha önceden HÜ projesi sürecinde bulunmayan firmanın yeni genel müdürü, çalışanlarının yeni yere taşınmalarından önce, yeni yerleşim düzenini kapsamlı biçimde analiz etmelerine izin vermediğinden, bu hücreler yeniden kurulamamıştır.

Bir hücre ise, bu hücrede üretilen parçaların dışarıda üretilmesine karar verilmesi sonucunda ortadan kaldırılmıştır. Diğer iki hücrenin ise, işletimi durdurulup yerine, fabrikada Esnek Üretim Sistemi kurulmuştur.

HÜ'yü Uygulamaya Almada Karşılaşılan Zorluklar

Firmalara, HÜ uygulamalarında karşılaşılan zorluklar sorulmuştur. Alınan yanıtların, ortalama ve standart sapmaları, Tablo 15'de gösterilmektedir. Analizi yapılan tüm veriler %95 güvenilirlik aralığına düşmektedir. Elde edilen sonuçların ortalama değerleri 1.48 ile 4.63 arasında değişmektedir. Zorluklar arasındaki tutarlılığa karar vermek için Cronbach Alpha hesabı [Cronbach, 1984] kullanılmıştır. Tüm zorluklar için Cronbach Alpha değeri 0.76 olarak hesaplanmıştır ve bu değer, kabul edilebilir güvenilirlik düzeyindedir. Tablo 15'de görüldüğü gibi "Firma kültürünün değiştirilmesi" 4.63'lük ortalama değer ile en yüksek, "Uygulama deneyimi olan firmalardan bilgi elde edilmesi" de 1.48'lik ortalama değer ile en düşük değerlere sahiptir. Diğer bir ifade ile "Firma kültürünün değiştirilmesi" üstesinden gelinmesi en zor sorun olurken, "Uygulama deneyimi olan firmalardan bilgi elde edilmesi" en kolay sorun olarak görülmektedir. Tablo15 ayrıca "Makinaların tasarlanan hücreye taşınması ve yerleştirilmesi", "Uygun proje liderinin saptanması" ve "Hücrelerin istenilen özelliklere göre kurulması" gibi faaliyetlerin de diğer faaliyetlere göre daha fazla zor olduğunu göstermektedir.

Zorluklar için yanıtların ortalama değerlerinin birbirlerine göre anlamlı bir farklılığa sahip olup olmadığını göstermek için %95 güvenilirlik sınırında Duncan testi yapılmış ve Tablo 15'de gösterilmiştir. Buna göre zorluk ortalamaları farklılık gösteren 8 gruba ayrılmışlardır.

Tablo 16, zorluklar için döndürülmüş bileşen yükleme matrisini göstermektedir. Matristeki verileri daha rahat yorumlamak için %5 güvenilirlik aralığında olumsuz yükleme değerleri (\pm 0.4 aralığında) matriste gösterilmemiştir. Tablo16'dan da görüldüğü gibi Kaiser (1960) kriteri kullanılarak, %64.33'lük toplam varyansa sahip 5 adet bileşen belirlenmiştir. Matristeki eşleştirmelerden, Z1 bileşeni, "uygulama sırasında hücrenin tasarlandığı gibi çalıştırılması", "hücresele üretim proje takımında takım çalışmasının sağlanması", "bilimsel çalışmalardan gereği kadar yararlanma", "makinaların tasarlanan hücreye taşınması ve yerleştirilmesi" ve "uygun proje liderinin saptanması" faaliyetlerini içeren bir bileşendir. Matrisin tamamı değerlendirildiğinde, Z1 bileşeni "sistemin işletilmesi", Z2 bileşeni "örgütsel yapılanma", Z3 bileşeni "radikal değişimlere direnç", Z4 bileşeni "eğitim/motivasyon" ve Z5 bileşeni de "iletişim ve işbirliği" ile ilgili zorluklar olarak isimlendirilir.

HÜ Uygulaması Sonrası Performans Gelişmeleri

HÜ uygulamaları sonucu, elde edilen faydalar hakkında da yetkililerden bilgi alınmıştır. Sayısal gelişme konusunda görüşülen yetkililerden tahmini gelişme değerleri alınmıştır. Bu verilere dayanarak beklenen faydaları başarıma düzeyleri ile ilgili ortalama ve standart sapma değerleri, Tablo17’de gösterilmektedir. Analizi yapılan tüm veriler %95 güvenilirlik aralığına düşmektedir. Tablo17’deki tüm beklenen faydalar için Cronbah Alpha değeri 0.79 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kabul edilebilir güvenilirlik düzeyindedir. HÜ uygulayıcılarına sorulan sorular Tablo 17’de gösterildiği gibi 5’li Likert ölçeğini içermektedir. Ölçekteki değerlendirmeye göre beklenen faydaların tamamında gelişme sağlanmıştır. Uygulamalar sonucunda, 4.60’lık ortalama değer ile “Taşıma mesafelerini/sürelerini düşürmek” en yüksek, 3.64’lük ortalama değer ile “Müşteriye yanıt süresini kısaltmak” en düşük değere sahiptir.

Firmaların hangi konularda başlangıca göre gelişme sağladığını görmek için t testi yapılmıştır. 5’li ölçekte kullanılan 3, hiçbir değişiklik olmadığını gösterdiği için, 3 karşılaştırma noktası olarak belirlenmiştir. Tablo17’deki değerlerin tamamı anlamlı olduğu için, uygulamayı yapan firmaların tamamı HÜ sonrası söz konusu beklenen faydaların tümünde, başlangıca göre gelişme kaydetmişlerdir.

Tablo 18, HÜ uygulaması sonrasında başarı elde edilen beklenen faydalarla ilgili döndürülmüş bileşen matrisini göstermektedir. Matristen anlaşıldığı gibi, %63.13’lük toplam varyansa sahip 3 adet bileşen elde edilmiştir. Matristeki verileri daha rahat yorumlamak için, %5 güvenilirlik aralığında olumsuz yüklemeye değerleri (± 0.4 aralığında) matriste gösterilmemiştir. “Süreç içi stokların azaltılması” tüm bileşenler içinde yer almaktadır. Matristeki sonuçlara göre B1 bileşeni “Kalite ve üretim maliyeti performansı”, B2 bileşeni “Teslimat performansı” ve B3 bileşeni de “Üretim miktarı performansı” olarak isimlendirilebilir.

HÜ Uygulanmasında Tatminin Ölçülmesine Yönelik Regresyon Analizi

Saha analizi sonucunda, firmalarda HÜ uygulaması ile ilgili olarak karşılaşılan zorluklar, HÜ’yü başlatma nedenleri ve beklenen faydaları başarıma düzeylerinin, tatmin üzerindeki etkilerini belirlemek için, çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizi için, elde edilen 10 bileşene ait değerler “enter” regresyon yönteminde kullanılmıştır. Tablo 19, regresyon analizi sonuçlarını özetlemektedir. Bu analiz ile 6 anlamlı değişkene (kalite ve üretim maliyeti performansı, teslimat performansı, üretim miktarı performansı, radikal değişimlere direnç, örgütsel yapılanma ve iletişim ve işbirliği) bağlı $R^2 = 0.864$ olan bir regresyon fonksiyonu elde edilmiştir. Regresyon matrisinde görülen negatif değerlere sahip olan bileşenler, HÜ uygulamasını ve tatminini zorlaştıran etkiye sahiptir. Bu çalışma ile firmaların neredeyse tamamının HÜ uygulamalarından memnun oldukları anlaşılmaktadır.

SONUÇ

Türkiye’de, Toyota ve yalın üretimle birlikte ortaya çıkan yeni etkiler, 1990’ların başlangıcından itibaren uygulama açısından üretim firmalarını etkilemiştir. Bu yayılmaya neden olan diğer bir faktör, uluslararası firmaların Türkiye’deki yatırımlarıdır. Ancak firmalar, sistemlerin gerektirdiği gibi projeleri bir bütün olarak ele almadıklarından amaçlanan performansa ulaşmak güç olmaktadır. HÜ projelerinin çalışanların önerilerinden ibaret olduğunun düşünülmesi ve bölgesel fiziksel düzenlemeler olarak yürütülmesi nedenleriyle HÜ projesi öncesinde ayrıntılı inceleme yapılmamaktadır. Ayrıca projeler, üretim alanındaki Kaizen çalışmalarını ve geleneksel üretkenlik artırma amaçlı projeler şeklinde algılanmakta, iyice anlaşılmamaktadır. Böyle bir yaklaşım, bunlardan bölgesel, hızlı sonuçlar elde etmek için tercih edilebilir. Buna karşın HÜ projesinin birbirini takip eden aşamaları izlenmezse, tüm sistem için istenen performansa ulaşılması zor olacaktır [Da Silveria, 1999]. HÜ projesi öncesinde küçük hedefler belirlenmesi, şirketlerin HÜ’den beklentilerin yetersiz olduğunu göstermektedir (Tablo 5).

Özellikle İnsan Kaynakları, Muhasebe ve Finansman bölümlerinin imalat ile ilgili bu gibi projelere katkıları yetersiz kalmaktadır (Tablo 8). Bu ise, imalatın üretim fonksiyonları ile bütünleşemediğini ve eş zamanlı çalışmadığını göstermektedir. Sonuç olarak HÜ’de hedeflere ulaşmak, daha önce belirtildiği gibi güçleşmektedir.

Saha analizlerinde, proje takımı üyelerinin yalın üretim ve bunun bileşenleri konusunda yeterli bilgiye sahip oldukları gözlemlenmiştir. Anketlerden üst yönetimin projeyi desteklediği ve takımı yetkilendirdiği sonucuna varılmış olsa da; saha analizlerinden takım üyelerinin üst yönetim tarafından tatmin edici düzeyde desteklenmediği ortaya çıkmaktadır.

Genellikle hücre tasarımı sırasında hücrenin bağımsızlığına, esnekliğinden daha çok önem verilmektedir. Bu ise, hücrenin ömrünün kısalmasına neden olabilir. Hücreler, Türkiye’de 1992’ de kurulmaya başlamasına rağmen (ortalama 1997), hücrelerin ömürleri hakkında istatistiksel bilgiler toplanmamıştır. Esnekliği göz önüne alan hücre tasarım stratejileri de oldukça önemlidir ve göz önüne alınmalıdır.

Yalın üretimin firmanın vizyonuna ulaşma yolundaki rolünün belirlenmesi ve yalın üretim ile ilgili tüm projeleri göz önüne almanın bir bütün olarak çok önemli olduğunu düşünmekteyiz. Hücre mantığı ile hem imalat sistemi ve organizasyonel yapıyı şekillendirmek, hem de firma kültürünü değiştirmek başarılmalıdır.

Firmalar için uygulama planını yalın üretim ile ilişkili olarak ele almak, HÜ’in bütün içerisindeki önemini ve etkisini belirlemek uygun olacaktır. Ayrıca HÜ’in diğer projelerle iletişimi ve koordinasyonu da temel alınmalıdır. Firmaların HÜ uygulamalarını geliştirecek ve destekleyecek konulardaki akademik çalışmaların, zenginleştirilmesi çok uygun olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında özellikle firmalarda bizlere yanıt veren çalışanlara ayırdıkları zaman, verdikleri destek ve katkıları için teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKÇA

Black, J.T. (1991). *The design of the factory with a future* (Bölüm 4). McGraw Hill.

Burbidge, J.L. (1979). *Group technology in the engineering industry*. Mechanical Engineering Publications Ltd., London.

Choi, M.J. (1996). An exploratory study of contingency variables that affect the conversion to celular manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 34(6), 1475-1496.

Cronbach, L. J. (1984) *Essentials of Psychological Testing*, Harper & Row, New York.

- Da Silveira, G. (1999). A methodology of implementing of cellular manufacturing. *International Journal of Production Research*, 37(2), 467-479.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. ve Black, W. C. (1995) *Multivariate Data Analysis with Readings*, Fourth Edition, Prentice Hall.
- Harvey, N. (1993). The socio-technical implementation of cellular manufacturing in American and German metalworking firms. PhD Thesis, University of Wisconsin-Madison.
- Heragu, S.S. (1994). Group technology and cellular manufacturing. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 24(2), 203-215.
- Hyer, N.L. ve Brown, K.A. (1999). The discipline of real cells. *Journal of Operations Management*, 17(5), 557-574.
- Hyer, N.L. ve Wemmerlöv, U. (1989). Cellular manufacturing in the US industry: A survey of current practices. *International Journal of Production Research*, 27(8), 1287-1304.
- Kaiser, H. F. (1960). The Application of Electronic Computer to Factor Analysis, Education and Psychological Measurement, 20, pp. 141-151.
- Marsh, R.F., Meredith, J.R. ve McCutcheon, D.M. (1998). The life cycle of manufacturing cells. *International Journal of Operations and Production Management*, 17, 1167-1182.
- Nunnally, J. (1978). *Psychometric theory*, McGraw-Hill, New York.
- Olorunniwo, F.O. ve Udo, G.J. (1996). Cell design practices in us manufacturing firms. *Production and Inventory Management*, 37, 27-33.
- Santos, J. R. A. (1999) Cronbach's Alpha: A Tool for Assessing the Reliability of Scales, *Journal of Extension*, 37(2).
- Selim, H. M. Askin, R. G. ve Vakharia, A. J. (1998). Cell Formation in Group Technology : Review, Evaluation and Directions for Future Research, *Computers and Industrial Engineering*, 34(1), 3-20.

Wemmerlöv, U. ve Johnson D.J. (1997). Cellular manufacturing at 46 user plants: Implementation experiences and performance improvements. *International Journal of Production Research*, 35(1), 29-49.

Wemmerlöv, U. ve Johnson, D.J (2000). Empirical findings on manufacturing cell design. *International Journal of Production Research*, 38(3), 481-507.

Womack, J.P. ve Jones, D.T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.

Tablo 1. Firmalarda Üretilen Ürün Çeşitleri

Elektrik/Elektronik Ürünler ve Bileşenleri Elektrik motorları, elektrik kabloları, kablo takımları, marş motoru, regülatör, otomobil sileceği, far, radyatör.
Makina Aksamı, Mekanik Parçalar ve Bileşenleri Dişli, mil, diferansiyel dişli kutusu, debriyaj ve fren pedalları, fren diski, otomobil süspansiyonu, helikopter pervanesi, toz tutucu, jet motorlarının dairesel parçaları.
Sac Parçalar Traktörler, otomobiller, helikopterler ve uçaklar için sac parçalar, kabinler, egzoz boruları, otomobiller ve traktörler için tamponlar, akümülatör ayakları, yakıt depoları.
Plastik ve Metal Kalıplı/Döküm Ürünleri ve Bileşenleri Cam mamullerin kalıpları, farlar için plastik kalıplar, metal kalıplı motor bileşenleri
Kesici Takımlar Matkap uçları, kılavuzlar.
Motorlar Motorlar, uçak motorları, jet motorları, türbinler.
Çeşitli Ürünler ve Bileşenleri Klima bileşenleri, taşıt koltukları, taşıt mobilyaları.

Tablo 2. HÜ Projesine Karşı Çıkan Unvanların Sıklıkları

Unvan	Unvan Sıklığı
Üst Yönetim	-
Genel Müdür	-
Genel Müdür Yardımcıları	6
Müdür	6
Şef	17
Mühendis	14
Teknisyen	11
İşgörenler	22

Tablo 3. Hüresel Üretim Projelerini Başlatma Nedenleri

Neden	Ortalama Önem	Standart Sapma	t-değeri
Akış süresini düşürmek	4.51	0.55	18.48*
Müşteriye tepki süresini kısaltmak	4.47	0.79	12.52*
Taşıma mesafelerini / sürelerini azaltmak	4.29	0.84	10.26*
Parça üretim maliyetini düşürmek	4.24	0.86	9.74*
Hazırlık süresini düşürmek	4.24	0.96	8.32*
Süreç içi stokları azaltmak	3.93	0.96	6.51*
Üretim miktarını arttırmak	3.76	0.95	5.30*
Hatalı parça / mamul oranını azaltmak	3.56	0.94	3.95*
Üretim alanından tasarruf yapmak	3.34	1.31	1.70
Değerlendirme Ölçeği: 1 dikkate alınmadı. 2 düşük önem 3 orta düzeyde önem 4 önemli 5 çok önemli			

* $p < 0.01$

Tablo 4. Başlatma Nedenleri İçin Döndürülmüş Bileşen Yükleme Matrisi

Neden	Bileşen	
	N1	N2
Hazırlık süresini düşürmek	0.95	-
Müşteriye tepki süresini kısaltmak	0.94	-
Parça üretim maliyetini düşürmek	0.88	-
Akış süresini düşürmek	0.58	0.41
Taşıma mesafelerini / sürelerini düşürmek	-	0.89
Hatalı parça / mamul oranını azaltmak	-	0.80
Süreç içi stokları azaltmak	-	0.70
Üretim alanından tasarruf yapmak	-	0.58
Üretim miktarını arttırmak	0.47	0.50
Açıklanan yüzde varyans	35.46	30.15
Açıklanan birikimli yüzde varyans	35.46	65.61

Tablo 5. Hedeflenen Beklenen Faydalar

Beklenen Fayda	Firma Sayısı		Tahmin Edilen Ortalama Gelişme (%)
	Hedef Koyan	Sayısal Hedef Koyan	
Akış süresini düşürmek	36	28	31
Hazırlık süresini düşürmek	25	20	29
Süreç içi stokları azaltmak	20	14	53
Üretim miktarını arttırmak	17	11	48

Parça üretim maliyetini düşürmek	11	3	10
Talebi karşılama oranını arttırmak	3	3	100
Üretim alanından tasarruf yapmak	3	3	40
Müşteriye yanıt süresini kısaltmak	3	3	50

Tablo 6. 39 Firmalarda Proje Liderlerinin Unvanları ve İlgili Unvanı Kullanan Firma Sayıları

Liderin Unvanı	Unvanı Kullanan Firma Sayısı
Genel Müdür	3
Müdür (Üretim, Teknoloji, Malzeme ve Üretim Planlama)	25
Mühendis (Üretim Takımı, Yalın Üretim Takımı, Endüstri Mühendisi)	11

Tablo 7. HÜ Projesinde Yer Alan Katılımcılar

Unvan	Firmalarda İlgili Unvanların Katılım Yüzdesi
Başkan	18
Genel Müdür	25
Genel Müdür Yardımcısı	36
Müdür	95
Şef	88
Mühendis	88
Amir	45
Teknisyen	70
İşgören	45

Tablo 8. Hücre Tasarımı ve Hücre Fiziksel Yerleşimi Aşamalarında Unvanların Katılımı

Unvan	Hücre Tasarımı Aşamasında Katılım Yüzdesi	Hücrenin Fiziksel Yerleşim Aşamasında Katılım Yüzdesi
Süreç Mühendisi	56	50
Atölye Yöneticileri (Postabaşı ve ustabaşı)	69	63
Üretim Müdürü	82	69
Üretim Şefi	82	75
Üretim Mühendisi	76	68.8
Elektrik Bakımcısı	44	81
Mekanik Bakımcısı	44	75
AR-GE Mühendisi	38	25
Endüstri Mühendisi	31	31
Üretim Planlama ve Kontrol	31	38

İşgörenler	37	82
Kalite Kontrol ve Güvence	38	13
Tasarım Mühendisi	13	-
Satın Alma	19	6
Muhasebe ve Finans	6	-
İnsan Kaynakları	7	6.3
Bilgi İşlem	31	6
Danışman	44	13

Tablo 9. Parça/ Ürün Ailelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Yüzdesi

Yöntem	Yüzdesi
Görsel Araştırma Metodu	94
Rotalara Dayalı Analizler	81
Pareto Analizi	12
Parça Kodlama ve Sınıflandırma Sistemleri	6

Tablo 10. Hücre Tasarımında Bilgisayara Girilmiş Veri Kullanan Firmaların Yüzdesi

Bilgisayara Girilmiş Veri	Firmaların Yüzdesi
Parça İşlem Verileri	81
Ürün Ağacı Verileri	50
Bilgisayar Destekli Tasarım Verileri	50
MRP Parça / Mamul Verileri	44
Sınıflandırılmış ve Kodlanmış Grup Teknolojisi Verileri	31

Tablo 11. Hücrelerin Tasarlanması ve İşletilmesi İçin Tekniklerin Bilinme ve Uygulanma Oranları

Konu	Bilinmesi (%)	Uygulamaya Alınması (%)
Parça/ Ürün Ailelerinin Belirlenmesi	50	44
Donanım / Makina Gruplarının Oluşturulması	56	50
Kapasite ve Üretim Akışını Dengeleme	62	50
Hazırlık Sürelerinin Düşürülmesi	62	50
Ürün/ Süreç Tasarım Parametrelerine Karar Verilmesi	50	50
İşgücü Gereksiniminin Belirlenmesi	44	44
Diğer	25	25

Tablo 12. Hücre Tasarımı Sırasında Dikkate Alınan Ölçütler

Ölçüt	Duncan Testi	Ortalama	Standart Sapma
Parçalar/ürünler tamamen hücrede tamamlanmalı	A	4.38	0.65
Hücrede dengelenmiş donanım kullanım oranı	AB	4.12	0.65
Tek yönlü (geriye dönüşsüz) malzeme akışı	AB	4.11	0.66
Yüksek işgören kullanım oranı	BC	3.93	0.62
İşgöreni birden fazla donanımda kullanma	BC	3.91	0.56
Daha az işgörenle iş yapılması	CD	3.67	0.72
Hücelere yetki göçertmesinin yapılması	DE	3.51	0.69
Pahalı donanımların kullanım oranını yüksek tutmak	EF	3.28	0.76
Hücre işgören sayısı	FG	3.20	0.82
Hücreye atanan parça/ürün sayısı	G	2.92	0.61
Hücre içinde bir işlemi alternatif makinalarda işleyebilme esnekliği	H	2.47	0.89
Yeni ürünü/parçayı hücrenin kabul edebilme esnekliği	H	2.42	0.65
Hücredeki iş istasyonu/makina sayısı	H	2.20	0.66
Bir ürünü/parçayı birden fazla hücrede işleyebilme esnekliği	I	1.56	0.62

1 dikkate alınmadı 2 düşük önemde 3 orta önemde 4 önemli 5 çok önemli

Not: Aynı harfteki ortalamalar, $p=0.05$ 'de hatırı sayılır bir şekilde farklı değildir.

Tablo13. Hücre Tasarım Ölçütü için Döndürülmüş Bileşen Yükleme Matrisi

Ölçüt	Bileşen			
	K1	K2	K3	K4
Hücredeki iş istasyonu/makina sayısı	0.91	-	-	-
Hücre içinde bir işi alternatif makinalarda işleyebilme esnekliği	0.89	-	-	-
Hücrede dengelenmiş donanım kullanım oranı	0.81	-	-	-
Yeni ürünü/parçayı hücrenin kabul edebilme esnekliği	0.74	0.45	-	-
Hücelere yetki göçertmesinin yapılması	-	0.87	-	-
Parçalar/ürünler tamamen hücrede tamamlanmalı	-	0.81	-	-
Bir ürünü/parçayı birden fazla hücrede işleyebilme esnekliği	-	-0.81	-	-
Yüksek işgören kullanım oranı	-	0.66	-	-
Tek yönlü (geriye dönüşsüz) malzeme akışı	-	0.51	-	-
İşgöreni birden fazla donanımda kullanma	-	-	0.90	-
Hücre işgören sayısı	-	-	0.89	-
Daha az işgörenle iş yapılması	-	-	0.73	-
Hücreye atanan parça/ürün sayısı	-	-	-	0.83
Pahalı donanımların kullanım oranını yüksek tutmak	-0.53	-	-	-0.72
Açıklanan yüzde varyans	25.96	24.32	18.02	11.08
Açıklanan birikimli yüzde varyans	25.96	50.28	68.30	79.38

Tablo 14. Hücrelerde Kullanılan İşlemlerin Yüzdesi

İşlem Türü	Bu İşlemi Kullanan Hücrelerin Yüzdesi
Test/Kontrol	70
Talaşlı Üretim	63
Montaj	42
Hassas İşlemler	25
Kaynak	24
Plastik Şekil Verme	13
Paketleme	9
Isıl İşlem	8
Diğerleri (Kaplama, Boyama, vs.)	5
Döküm	2

Tablo 15 . HÜ'yü Uygulamaya Almada Karşılaşılan Zorluklar

Zorluklar	Duncan Testi	Ortalama	Standart Sapma
Firma kültürünün değiştirilmesi	A	4.63	0.75
Makinaların tasarlanan hücreye taşınması ve yerleştirilmesi	A	4.61	0.72
Uygun proje liderinin saptanması	B	4.09	0.47
Hücrelerin istenilen özelliklere göre kurulması	BC	3.93	0.81
Çalışanların katılımını sağlamak	BC	3.84	0.60
Eğitim ihtiyaçlarının giderilmesi	C	3.78	0.79
Uygulama sırasında hücrenin tasarlandığı gibi çalıştırılması	D	3.18	0.89
Hücresele üretime geçişle artması olası makina ihtiyacının karşılanması	D	3.04	0.60
Hücrelere yetki göçertmesinin yapılması	D	3.02	0.69
Çok fonksiyonlu işgören ihtiyacının karşılanması	D	3.00	0.52
Bilimsel çalışmalardan gereği kadar yararlanma	E	2.42	0.97
Hücreler arası koordinasyonun sağlanması	EF	2.31	0.93
Hücresele üretim proje takımında takım çalışmasının sağlanması	FG	1.98	0.50
Üst yönetimin desteğini sağlamak	G	1.85	0.47
Uygulama deneyimi olan firmalardan bilgi elde edilmesi	H	1.48	0.84
1 hiç zorlanmadık 2 zorlanmadık 3 kısmen zorlandık 4 zorlandık 5 çok zorlandık			

Not: Aynı harfteki ortalamalar, $p=0.05$ 'de hatırı sayılır bir şekilde farklı değildir.

Tablo16. Karşılaşılan Zorluklar için Döndürülmüş Bileşen Yükleme Matrisi

Zorluklar	Bileşen				
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Uygulama sırasında hücrenin tasarlandığı gibi çalıştırılması	0.79	-	-	-	-
Hücreyel üretim proje takımında takım çalışmasının sağlanması	0.69	-	-	-	-
Bilimsel çalışmalardan gereği kadar yararlanma	0.69	-	-	-	-
Makinaların tasarlanan hücreye taşınması ve yerleştirilmesi	0.46	-	0.43	-	-
Üst yönetimin desteğini sağlamak	-	0.80	-	-	-
Hücrelere yetki göçertmesinin yapılması	-	0.76	-	-	-
Hücreler arası koordinasyonun sağlanması	-	0.72	-	-	-
Çok fonksiyonlu işgören ihtiyacının karşılanması	-	-	0.77	-	-
Firma kültürünün değiştirilmesi	-	0.53	0.59	-	-
Hücreyel üretime geçişle artması olası makine ihtiyacının karşılanması	-	-	0.45	-	-
Hücrelerin istenilen özelliklere göre kurulması	-	-	-	0.85	-
Çalışanların katılımını sağlamak	-	-	-	0.64	-
Eğitim ihtiyaçlarının giderilmesi	-	-	-	0.44	-
Uygulama deneyimi olan firmalardan bilgi elde edilmesi	-	-	-	-	0.88
Uygun proje liderinin saptanması	0.49	-	-	-	0.56
Açıklanan yüzde varyans	16.90	15.24	11.19	10.89	10.11
Açıklanan birikimli yüzde varyans	16.90	32.14	43.33	54.22	64.33

Tablo 17. Beklenen Faydaları Başarma Düzeyi

Beklenen Fayda	Ortalama	Standart Sapma	t-değeri
Taşıma mesafelerini / sürelerini düşürmek	4.60	0.58	18.51*
Üretim miktarını arttırmak	4.27	0.78	10.89*
Üretim alanından tasarruf yapmak	4.20	0.79	10.24*
Akış süresini düşürmek	4.13	0.66	11.51*

Süreç içi stokları azaltmak	3.96	0.71	9.08*
Hazırlık süresini düşürmek	3.92	0.68	9.15*
Hatalı parça / mamul oranını azaltmak	3.73	0.76	6.55*
Parça üretim maliyetini düşürmek	3.68	0.83	5.21*
Müşteriye yanıt süresini kısaltmak	3.64	0.69	6.36*
1 %30dan fazla kötüleşti 2 %0-30 kötüleşti 3 değişmedi 4 %0-30 iyileşti 5 %30 dan fazla iyileşti			

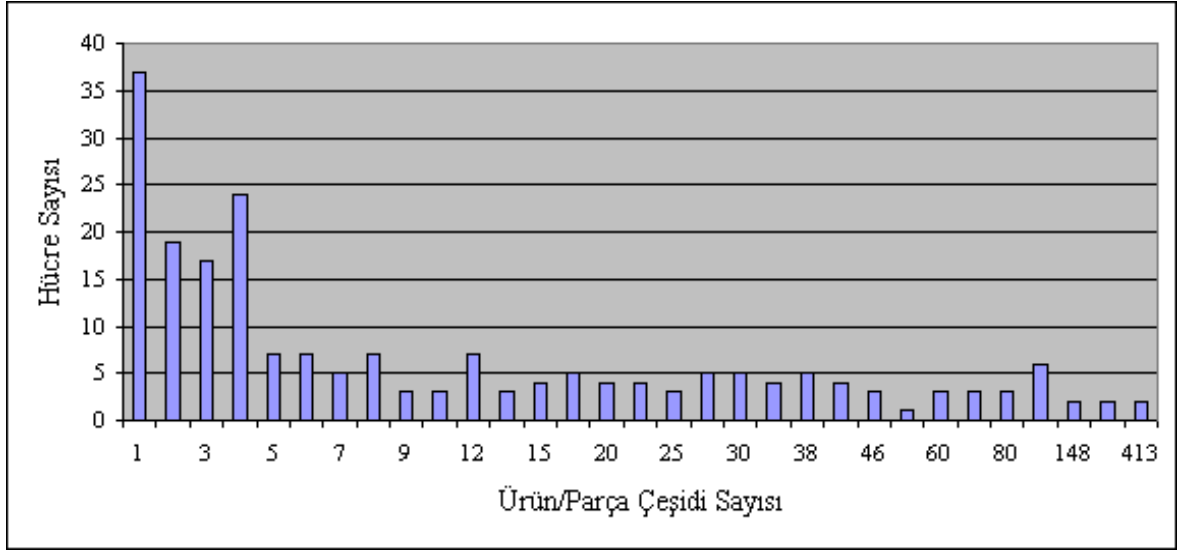
* $p < 0.01$

Tablo 18. Başarı İçin Döndürülmüş Bileşen Yükleme Matrisi

Beklenen Fayda	Bileşen		
	B1	B2	B3
Parça üretim maliyetini düşürmek	0.75	-	-
Hazırlık süresini düşürmek	0.73	-	-
Hatalı parça / mamul oranını azaltmak	0.66	-	-
Akış süresini düşürmek	0.63	0.58	-
Süreç içi stokları azaltmak	0.51	0.43	0.49
Üretim alanından tasarruf yapmak	-	0.78	-
Müşteriye yanıt süresini kısaltmak	-	0.71	-
Taşıma mesafeleri / süreleri düşürmek	-	0.63	-
Üretim miktarını arttırmak	-	-	0.91
Açıklanan yüzde varyans	24.78	23.82	14.53
Açıklanan birikimli yüzde varyans	24.78	48.60	63.13

Tablo 19. HÜ Uygulanmasında Tatmine Yönelik Regresyon Analizi

R ²	Düzeltilmiş R ²		F	Prob>F	n
0.864	0.824		21.621	0.000	44
Tahmin Edilen Parametreler					
Kestirimci	Tahmin	St. Sapma	Beta	t	Anlamlılık
Durdurma	4.067	0.043			
B1 (Kalite ve Üretim Maliyeti Performansı)	0.327	0.064	0.476	5.083	0.000
B2 (Teslimat Performansı)	0.293	0.049	0.426	5.995	0.000
B3 (Üretim Miktarı Performansı)	0.184	0.051	0.267	3.599	0.000
Z2 (Örgütsel Yapılanma)	- 0.121	0.049	-0.176	-2.487	0.018
Z3 (Radikal Değişimlere Direnç)	- 0.140	0.047	-0.203	-2.943	0.006
Z5 (İletişim ve	- 0.133	0.046	-0.193	-2.913	0.007



Şekil 1. Hücrelerde Üretilen Ürün/Parça Çeşidi Frekansları