



Investigation of the effect of 5s application on production efficiency in machining: A field study at an aviation company

Ertuğrul Yağlı¹, Ayşegül Çakır Şencan^{2*}, Müberra Rüyeyda Koçak², Cevdet Şencan³

¹CRN Aerospace Hypertechnology Defense Inc. Ahi Evran OSB, 06930, Sincan, Ankara, Türkiye

²Department of Mechanical Engineering, Faculty Engineering, Zonguldak Bülent Ecevit University, 67000, Zonguldak, Türkiye

³Department of Neuroscience and Neurotechnology, Institute of Science, Middle East Technical University, 06800, Ankara, Türkiye

Highlights:

- Application of 5S in machining
- Making arrangements to increase production efficiency in the toolroom
- Application of gray relational analysis to performance criteria that determine production efficiency

Keywords:

- 5S
- Lean production
- Manufacturing
- Cutting tool
- Gray relational analysis

Article Info:

Research Article

Received: 11.04.2022

Accepted: 11.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1100151

Acknowledgement:

The authors would like to thank the managers and employees of the company of CRN Aerospace Hypertechnology Defense Inc. for all their support to this study.

Correspondence:

Author: Ayşegül Çakır Şencan

e-mail:

aysegulcakir@beun.edu.tr

phone: +90 543 916 7692

Graphical/Tabular Abstract

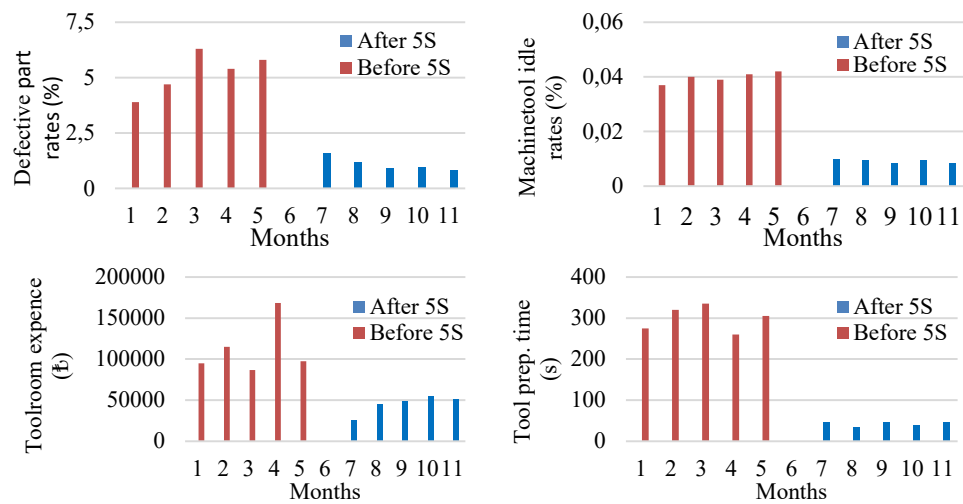


Figure A. Performance criteria before and after 5S application

Purpose: In this study, it is aimed to improve the production process by applying the 5S method in machining applications in a company operating in the field of aviation and defense.

Theory and Methods: The pilot area, where the 5S application will be made the toolroom, which is one of the most important points of machining, has been selected. The necessary methods to implement the 5S steps in the toolroom were analyzed and the necessary forms were prepared. With the trainings, the logic of the lean thinking system was explained to the company personnel. With these trainings, firstly, the steps to be implemented within the scope of 5S in the production process, secondly, how they will be implemented, thirdly, the purpose of the changes to be made during the implementation phase and last, the planned targets to be achieved are clearly explained to the employees. Within the plan, the steps of sorting, organizing, cleaning, standardizing and discipline were successfully implemented. 5S planning was worked on in June 2020 for the toolroom, and after this month, production was carried out according to the 5S order. Outputs, such as defective part rates, machinetool idle rates, toolroom expense and tool preparation time were determined as performance evaluation criteria.

Results: As a result of the 5S application, a high rate of improvement was achieved in the toolroom section of the company. According to the results obtained, 66% improvements were observed in the cost of the toolroom, 76% in the downtime of the machines due to the toolroom, 78% in the scrap rate due to the faulty cutting tool, and 85% in the unnecessary movement load rates in the toolroom. In the gray relational analysis of the outputs, the most productive month in terms of production was determined as November, and the most unproductive month was April.

Conclusion: 5S application has been demonstrated that the company of CRN Aerospace Hypertechnology Defence Inc. can be successfully applied to the toolroom. According to the performance criteria, the results observed for the first 5 months of 2020 and the 5 months after June revealed the importance of the 5S study.



Talaşlı imalatta 5S uygulamasının üretim verimliliğine etkisinin araştırılması: Havacılık firmasında bir saha çalışması

Ertuğrul Yağlı¹, Ayşegül Çakır Şencan^{2*}, Müberra Rüyeyda Koçak², Cevdet Şencan³

¹CRN Havacılık Hiperteknoloji Savunma A.Ş. Ahi Evran OSB, 06930, Sincan, Ankara, Türkiye

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 67000, Zonguldak, Türkiye

³Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nörobilim ve Nöroteknoloji Bölümü, 06800, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Talaşlı imalatta 5S uygulanması
- Takımhanede üretim verimliliğini arttıran düzenlemeler yapılması
- Üretim verimliliğini belirleyen performans kriterlerine gri ilişkisel analiz uygulanması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 11.04.2022

Kabul: 11.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1100151

Anahtar Kelimeler:

5S,
yalın üretim,
imalat,
kesici takım,
gri ilişkisel analiz

Ö Z

Bu çalışmada havacılık alanında faaliyet gösteren ve talaşlı imalat yapan bir firmanın takımhane bölümünde 5S yöntemi uygulanmıştır. Yapılan 5S çalışması için hazırlıklar 2020 yılının Haziran ayında gerçekleştirilmiş ve bu aydan sonra 5S yöntemine göre üretime geçilmiştir. Kesici takımdan dolayı hatalı parça oranları, takımhane kaynaklı maliyetler, takım tedarikinden dolayı tezgah beklemesi ve takım hazırlama zamanı gibi çıktılar performans değerlendirme kriterleri olarak belirlenmiştir. Hazırlık kapsamında öncelikle firma çalışanlarına yalın üretim ve 5S eğitimleri verilmiştir. 5S uygulanacak alan için personeller belirlenmiş ve gerekli planlamalar yapılmıştır. 5S ile ilgili sırasıyla ayıklama, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin adımları başarılı bir şekilde uygulanmıştır. İyileşme verileri için, 2020 yılının ilk yarısı ile son yarısına ait çıktılar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışma neticesinde takımhanenin maliyetinde %66, takımhane sebebiyle makinelerin duruşa geçme oranlarında %76, hatalı kesici takım sebebiyle parça hurda olma oranlarında %78, takımhane içerisinde gereksiz hareket yükü oranlarında %85 oranlarında iyileşmeler gözlenmiştir. Yapılan bu iyileştirme çalışmaları neticesinde üretimin verimliliği artmıştır. Tüm çıktuların ortak değerlendirildiği gri ilişkisel analiz ile, üretim açısından en verimli ayın 5S yaklaşımı uygulanarak üretim yapılan Kasım ayı olduğu ortaya konmuştur. En verimsiz ayın ise, 5S yaklaşımı uygulanmadan üretimin yapıldığı Nisan ayı olduğu gözlenmiştir.

Investigation of the effect of 5s application on production efficiency in machining: A field study at an aviation company

H I G H L I G H T S

- Application of 5S in machining
- Making arrangements to increase production efficiency in the tool room
- Application of grey relational analysis to performance criteria that determine production efficiency

Article Info

Research Article

Received: 11.04.2022

Accepted: 11.06.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1100151

Keywords:

Keywords:
5S,
lean production,
manufacturing,
cutting tool,
grey relational analysis

ABSTRACT

In this study, the 5S method was applied in the tool room of a company operating in the aviation field and engaged in machining. Preparations for the 5S study were carried out in June 2020, and after this month, production was started according to the 5S method. Outputs such as defective parts rates due to cutting tools, costs due to tool room, machine waiting due to tool supply and tool preparation time were determined as performance evaluation criteria. Within the scope of preparation, first of all, lean production and 5S trainings were given to company employees. Personnel for the area where 5S will be applied have been determined and necessary planning has been made. Sorting, organizing, cleaning, standardization and discipline steps related to 5S have been successfully implemented, respectively. For the recovery data, the outputs of the first half of 2020 and the last half were compared and evaluated. As a result of this study, 66% improvements were observed in the cost of the tool room, 76% in the downtime rate of the machines due to the tool room, 78% in the scrap rate due to the faulty cutting tool, and 85% in the unnecessary movement load rates in the tool room. As a result of these improvement works, the efficiency of production has increased. With the gray relational analysis, where all outputs are evaluated jointly, it has been revealed that the most productive month in terms of production is November, when production is made by applying the 5S approach. It was observed that the most inefficient month was April, when production was carried out without applying the 5S approach.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : yagliertugrul@gmail.com, *aysegulcakir@beun.edu.tr, mruveyda.kocak@beun.edu.tr, sencan.cevdet@metu.edu.tr / Tel: +90 543 916 7692

1. Giriş (Introduction)

Yalın üretim düşünce sistemi Japon Toyota Firması tarafından 1950 yıllarında ortaya konmuştur. Bu düşünce sisteminin temel amacı israflardan arındırılmış en sade ve en verimli üretim akışına ulaşmaktır. En verimli üretim akışına ulaşabilmek için günümüzde çeşitli yalın üretim düşünce sistemleri uygulanmaktadır. Kaizen, TPM (Total Productivity Maintenance), Kanban, JIT (Just In Time), SMED (Single Minute Exchange of Dies), Jidoka, POKA-YOKE ve VSM (Value Stream Mapping) uygulanan yalın üretim düşünce sistemlerindedir [1, 2]. Bu çalışmada yalın üretim tekniklerinden biri olan 5S yöntemi araştırma konusu olarak seçilmiştir. 5S, Japonca 5 kelimenin baş harflerini ifade eder. Bunlar Seiri (Ayıklama), Seiton (Düzen), Seiso (Temizlik), Seiketsu (Standardizasyon) ve Shutsuke (Disiplin)'dir. 5S, bu kelimelerle anlatılan kurallara uygun, verimli bir çalışma ortamı sağlayan düşünce sistemidir [3-5].

Firmalar, ayakta kalabilmeleri ve büyüebilmeleri için artan rekabet ortamına uyum sağlamak zorundadırlar. En kaliteli hizmeti veya ürünü uygun bir fiyatla en kısa zamanda müşterisine sunabilen firmaların sürekli büyüdüğü gözlenmiştir. Bu ise, israf unsurlarının ortadan kaldırılıp, verimliliğin en üst düzeye çıkarılmasıyla mümkündür [3, 6, 7] Yapılan araştırmalarda yalın üretim tekniğini kullanan kurumların/işletmelerin daha verimli bir hizmet/üretim süreci ortaya koydukları görülmüştür. Bu alanda Çavmak yapmış olduğu çalışmada [8], sağlık hizmetlerinde yalın yönetim yaklaşımını uygulamıştır. Araştırmada, bir özel hastanenin koroner yoğun bakımını inceleme bölgesi olarak seçmiştir. Bu bölgede tatbik edilen Kaizen uygulamaları sayesinde, israf noktaları tespit edilmiş; bekleme, stok hareketi, gereksiz hareket ve süreç hataları gibi parametrelerde iyileştirme sağlanmıştır. Ribeiro vd.[9], plastik firmasında bir vaka çalışması yaparak üretim sürecinin iyileştirilmesi amacıyla yalın yöntem uygulamalarının etkisini incelemişlerdir. Üretim hattında yaptıkları inceleme ve analizlerden sonra nerelerde iyileştirme yapılabileceğini değerlendirerek bir plan ve program uygulamışlardır. Uyguladıkları programlarında 5S yalın üretim yönteminin gerekli adımlarını kullanmış ve çalışma sonunda daha verimli bir üretimin mümkün olabildiğini gözlemişlerdir. Roriz vd.[10] ise yapmış oldukları çalışmada, bir karton firmasında üretim süreçlerini iyileştirmeye çalışmışlardır. İyileştirme alanı olarak firmada en fazla uygunsuzluk içeren (%60) bağlama bölümünü seçmişlerdir. Bölümde yapılan ilk analiz sonucunda operasyonların standardizasyon eksikliği nedeniyle yüksek kurulum süreleri olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca kullanılan ekipmanların uygun olmayan yerlerde konumlandırılmayı tespit etmişlerdir. 5S ve SMED yaklaşımlarının uygulandığı bölümde iyileştirmeler başarılı olmuş ve çalışma sonunda firmaya aylık 10114 € kazanç sağlanmıştır. Karşıyaka vd.[11], mobilya üretim sürecinin verimliliğini artırmaya yönelik "5S" çalışması yapmışlardır. Firmada, siparişten sevke kadar geçen süredeki işleyişle ilgili tespitler yapmış ve bu tespitler sonucunda her adımda iyileştirmeler sağlamışlardır. Yaptıkları çalışmada ağırlıklı olarak üretim hatları ve depo alanlarını düzenleyerek israfları azaltmışlardır. Akçacı ve Özyurt [12], iplik fabrikasında yalın üretim uygulaması üzerine bir saha çalışması yapmışlardır. Mevcut durumu inceleyerek tespit ettikleri problemler için, alınması gereken aksiyonları tek tek belirlemişlerdir. Problemlerin çözümü için belirlenen aksiyonları başarılı bir şekilde gerçekleştirmiş ve böylece işletmeye yıllık 170 bin TL kazanç sağlamışlardır.

Konuyla ilgili yapılan araştırmalarda 5S düşünce sisteminin hizmet sektörü ya da üretim sektörü fark etmeksizin her alanda uygulanabildiği gözlenmiştir [8, 13-15]. Bu araştırmalarda, 5S düşünce sisteminin kurumların/işletmelerin gelişmesinde önemli rol oynadığı anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda öncelikle 5S'ten sorumlu

ekipler kurulmuş ve eğitimler verilmiştir. Daha sonra pilot bölgeler seçilerek 5S yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. Uygulanacak pilot bölgeler genellikle verimsizliğin en fazla olduğu yerlerden seçilmiştir [16, 17]. Pilot bölgelerde yapılan veri karşılaştırılmaları ve çalışan personellerin performansları göz önüne alınarak, bu yöntem işletme geneline uygulanmıştır. 5S yöntemiyle ilgili yapılan çalışmaların sırasıyla; ayıklama, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin adımlarından geçtiği görülmüştür [18-19]. Bu adımlardan biri eksik uygulandığında 5S yöntemi tamamıyla tatbik edilemediği için süreç başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir. Ayrıca 5S bir üretim felsefesi olarak benimsenmeyip yönetimin dikte ettiği bir görev olarak yerine getirildiğinde sürekliliği olamamaktadır [20, 21]. Sürekliliği olmayan bir durumun da belirli bir zaman sonra başarısızlığa uğraması kaçınılmazdır. Bu sebeple 5S yönteminin sağlıklı uygulanabilmesi için çalışma ortamında 5S bilincinin oluşması ve sürdürülebilmesi önem arz etmektedir. Örneğin, Çakırkaya vd.[22]. bir makarna fabrikasının kalıp odasında gerçekleştirdikleri saha çalışmasında, "5S" yöntemi için gereken adımları uygulamışlardır. Yapılan çalışmada yalın üretimle ilgili uygulanan sistemin kalıp odası personeli tarafından benimsenebilmesi için bir baraj puanı belirlenmiş ve bu puanın üstüne çıkan personellere çeşitli hediyeler verilmiştir. Bu da 5S yaklaşımıyla uygulanan yeni üretim sisteminin benimsenmesini sağlamıştır. İlgili çalışmalar göstermiştir ki; bu prensibe göre 5S yöntemleri uygulanan işletmelerde, alan fark etmeksizin, verimlilik artmıştır [23]. Görüldüğü üzere, 5S yöntemi çok çeşitli alanlarda uygulanmış ve bu çalışmalar sonunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu alanlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Eğitim [13]
- Sağlık [6, 8]
- Haberleşme [24]
- Finans [1, 4, 5]
- Nakliye [25]
- Otomotiv endüstrisi [2, 14, 16, 17]
- Makine imalat endüstrisi [3, 18, 26]
- Elektronik endüstrisi [15]
- Metal endüstrisi [19, 27, 28]
- Cam endüstrisi [29]
- Plastik endüstrisi [7, 9]
- Kâğıt ve karton endüstrisi [10]
- Mobilya endüstrisi [11, 30]
- Tekstil endüstrisi [12]
- Gıda endüstrisi [22, 23]

5S yönteminin etkili bir şekilde uygulanabileceği başlıca alanlardan birinin de talaşlı imalat endüstrisi olduğu düşünülmektedir. Talaşlı imalat, mekanik imalat sanayisinde en yaygın kullanılan metal şekillendirme işlemidir. Talaşlı imalatın günümüzde artan işleme kabiliyetleri ve malzeme çeşitliliği sayesinde önemi artmıştır. Tornalama, frezeleme, delme ve taşlama işlemleri en sık kullanılan talaşlı imalat operasyonlarıdır. Günümüz koşullarında savunma, havacılık, otomotiv vb. sektörlerde firmalar ve ülkeler rekabet içerisinde. Bu sektörlerde üretim süreçlerinde talaşlı imalat yöntemleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Talaşlı imalat yöntemleri yıllık olarak büyük maliyetler oluşturmaktadır. Bu yöntemler uygulanırken üretim süreçleri doğru yönetilmediğinde ürün ve zaman kaybı konusunda ciddi israflar yaşanabilmektedir [25, 31].

Bu çalışmada israflardan arındırılmış şekilde verimli bir üretimin yapılabilmesi için talaşlı imalat alanında 5S yalın üretim teknikleri uygulanması planlanmaktadır. Bu kapsamda, üretim süreçlerinde talaşlı imalat yöntemlerini kullanan CRN Havacılık Hiperteknoloji Savunma A.Ş. firmasında konuyla ilgili bir saha çalışması yapılmıştır. Böylece 5S yöntemi ile talaşlı imalat süreçlerinde üretimin daha

verimli hale getirilmesi ve sağlanacak iyileşmelerin raporlanması hedeflenmiştir.

2. Geçekleştirilen Saha Çalışması ve Kullanılan Yöntemler (Field Work Conducted and Methods Used)

2.1. 5S Uygulanacak Alanın Belirlenmesi (Determination of 5S Application Area)

Çalışma ortamları iş temposu nedeniyle düzensizliğe elverişlidir. Bu düzensizlik çalışan personelin verimliliğini olumsuz anlamda etkilemektedir. Verimliliğin artırılabilmesi için ortamda doğru ekipmanların, iş sağlığı güvenliği kurallarına göre ve düzenli bir şekilde konumlandırılması gerekmektedir [30]. Bu gerekleri yerine getirebilecek felsefeye sahip “5S” yaklaşımının ihtiyaç duyulan alanlarda uygulanmasıyla, çalışma ortamında iyileşmenin sağlanması mümkün olabilmektedir. 5S yöntemi işletmede ilk defa uygulanacak ise, öncelikle pilot bölge seçimi iyi yapılmalıdır [26, 27, 29]. Pilot bölge seçimi için verimsizliğin en fazla olduğu yerlerin tercih edilmesi hızlı bir sonuç alınmasını sağlayacaktır. Bu sebeple yapılan çalışma CRN Havacılık Hiperteknoloji Savunma A.Ş. firmasının en önemli bölümlerinden biri olan takımhane alanında gerçekleştirilmiştir. Üretim başlamasında ve devam etmesinde en önemli bölümlerden birisi olan takımhane aynı zamanda firmanın giderlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu sebeple “5S” çalışması takımhane biriminde adım adım gerçekleştirilmiştir.

2.2. 5S Uygulaması (5S Application)

Pilot bölge seçiminin ardından uygulamaya katılacak personellere gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir. Yalın üretim tekniklerinden 5S’in şirket kültürü haline gelebilmesi için gerekli eğitimler ve takipler yapılması şarttır [32, 33]. 5S uygulanacak alanın büyüklüğüne göre ve katılacak personel sayısına göre yalın liderler seçilebilmektedir. Bu çalışmada Ertuğrul Yağlı liderliğinde yapılan 5S uygulamasında personele 5S konusunda eğitimler verilmiştir. Bu

iyileştirme çalışmaları çerçevesinde takımhanede görevlendirilecek personelin en az hatayla çalışabilmesi için teknik açıdan da eğitime tabi tutulması gerektiği kararlaştırılmıştır. Bu kapsamda genel takımhane kuralları eğitimi, takımhaneyle ilgili bilgisayarda depolanan verilere erişim eğitimi, takım boyu ölçme ve takım tutucuya hassas bağlama için kullanılan cihazların eğitimi verilmiştir. Eğitimler ve ekibin kurulması işlemlerinden sonra “5S” çalışması sırasıyla uygulanıp sonuçlar kayıt altına alınmıştır. 5S yöntemini oluşturan bu adımlar Şekil 1’de gösterilmiştir.

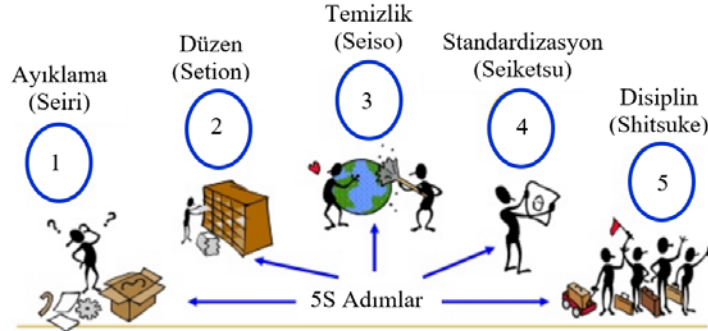
2.2.1. Ayıklama (Extraction)

5S yönteminin ilk adımı olan ayıklama adımında, çalışma ortamında bulunan ekipmanların ayrılması ve konumlandırılması için karar verilmektedir [34]. Yapılan bu çalışmada öncelikle hangi ekipmanların takımhanede durması gerektiği, alanda çalışan personel ve amir tarafından kararlaştırılmıştır. Karışık bir şekilde duran kesici takımlar ve tutucular ortak bir alana çıkartılarak ayıklama işlemi yapılmıştır. Bu adım, AS9100 ve ISO9001 standartları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ayıklama işlemi sırasında takımhanede bulunmaması gereken ekipmanlar belirli bir alanda toplanarak kırmızı etiket yapıştırılması için bekletilmiştir. Kesici takım ve tutucuların ayıklanması işleminde takımhanede bulunmaması gereken ekipmanlar ile ilgili bir görsel Şekil 2’de verilmiştir.

Takımhanede bulunmaması gereken ekipmanlara yapıştırmak için “5S” kırmızı etiket hazırlanmış ve ilgili ekipmanlara yapıştırılmıştır. Tablo 1’de kırmızı etiketin içeriğiyle ilgili bilgilere yer verilmiştir.

2.2.2. Düzenleme (Arrangement)

Düzenleme adımı “5S” yönteminin ikinci adımıdır. Bu adımda çalışma ortamında bulunması gereken ekipmanlara en uygun konumlandırma yapılmaktadır. Eşyalar, kullanım sıklığına veya sırsına göre ulaşılabilirliği dikkate alınarak konumlandırılmaktadır [34]. Yapılan çalışmada konumlandırma işlemi yapılırken spagetti



Şekil 1. Uygulanan 5S adımları (Applied 5S steps)



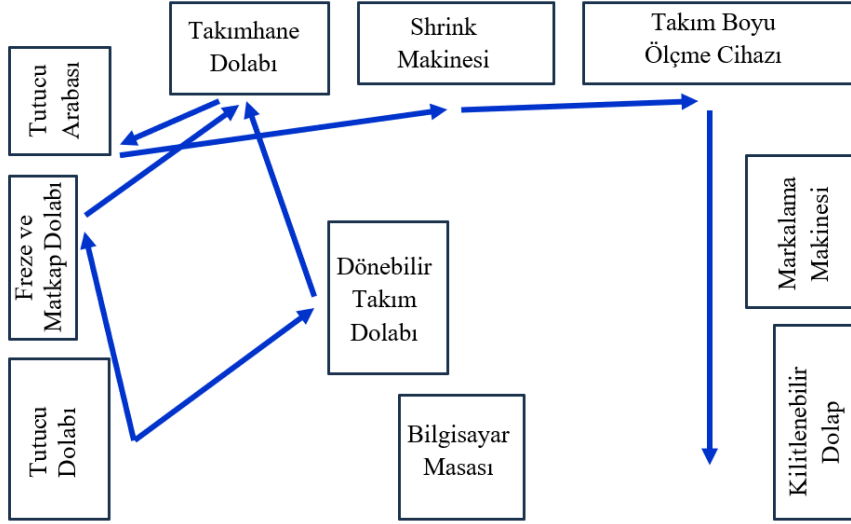
Şekil 2. Kesici takım ve tutucuların ayıklama işlemi (Sorting process of cutting tools and holders)

diyagramı yöntemi kullanılmıştır. Spagetti diyagramı çizilirken hareket yükünün en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Spagetti diyagramı, ekipmanların büyüklüğü ve ölçüleri göz önüne alınarak hareket yükünü en aza indirecek şekilde çizilmiştir. Takımhanedeki ekipmanların yerleri, spagetti diyagramına ilaveten iş sağlığı ve güvenliği kuralları da göz önüne alınarak belirlenmiştir. Şekil 3'te düzenleme adımı için spagetti diyagramının takımhanede uygulanma şeması verilmiştir.

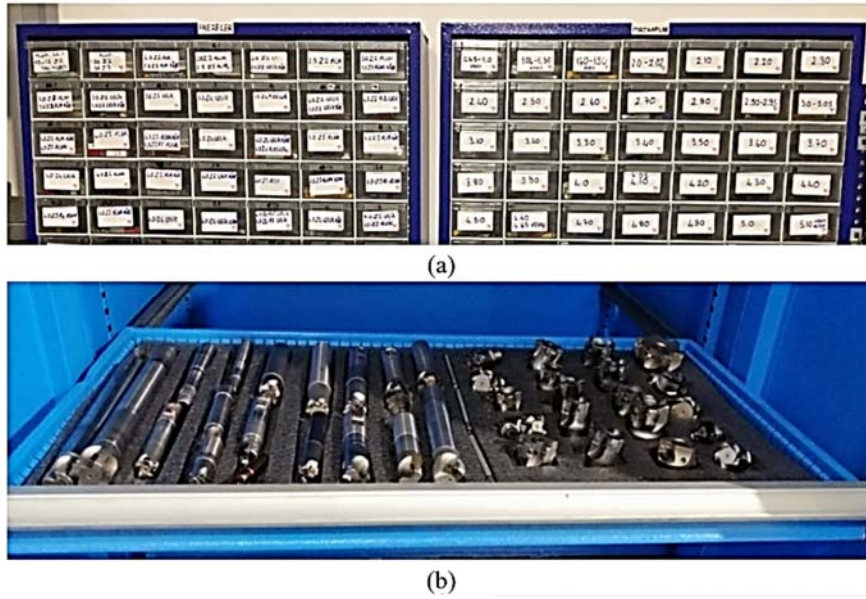
Spagetti diyagramına göre ekipmanların konumlandırılacağı alanlar belirlendikten sonra, masa yüzeylerine ve çekmecelere polietilen şilteler yapıştırılarak üzerlerine yerleştirilecek ekipmanın kalıbı şeklinde oyuklar açılmıştır. Bu şekilde ekipmanların yerlerinden kayma veya birbirlerine çarpma durumları ortadan kaldırılmıştır. Çekmecelere ve masalara yerleştirilen ekipmanların isimlendirilmesi yapılarak yerleri sabitlenmiştir. Zaman ve enerjiden tasarruf sağlayan bu yöntem ile ayar süreleri kısalmıştır. Kesici takımların bu şekilde konumlandırma işlemi Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 1. 5S Kırmızı etiket içeriği (5S Red label content)

5S Kırmızı Etiket		
Adı Soyadı:	Ertuğrul Yağlı	
Tespit Yeri:	Takımhane	
Ürün Adı:	Zımpara	
Ürün Sınıfı:	<input type="checkbox"/> Hammadde	
	<input type="checkbox"/> Yan Mamul	
	<input type="checkbox"/> Bitmiş Ürün	
	<input checked="" type="checkbox"/> Sarf Malzeme	
	<input type="checkbox"/> Alet / Ekipman / Makine	
	<input type="checkbox"/> Diğer (.....)	
Ürün Miktarı:	50 Etiketleme Tarihi:	19.06.2020
Etiketleme Sebebi:	<input type="checkbox"/> Fazla Stok	
	<input type="checkbox"/> Bozuk / Hurda	
	<input type="checkbox"/> Kullanılmayan / Az kullanılan	
	<input type="checkbox"/> Tanımsız / Bilinmeyen	
	<input checked="" type="checkbox"/> Diğer (Tesviye malzemesi)	



Şekil 3. Takımhaneye uygulanan spagetti diyagramı (The spaghetti diagram applied to the toolroom)



Şekil 4. Kesici takımların etiketleri (a) ve konumlandırma işlemi (b) (Labeling (a) and positioning (b) of cutting tools)

2.2.3. Temizleme (Cleaning)

“5S” yönteminin üçüncü adımı temizleme işlemidir. Takımhanenin dinamik yapısı nedeniyle çalışma ortamı çabuk kirlenebilmektedir. Çalışanların sağlığı ve motivasyonu açısından temizlik adımı önemlidir [35]. Düzenleme aşamasından sonra takımhanede detaylı temizlik yapılmıştır. Özellikle hedef noktayı görmeyi engelleyecek her türlü eşya ve atık ortadan kaldırılarak, ulaşılmaması hedeflenen eşya daha görünür hale getirilmiştir. Ayıklama düzenleme ve temizleme adımlarından önceki takımhanenin görüntüsü Şekil 5’te verilmiştir.

Yapılan temizlik işlemi hangi periyotlarda ve nasıl yapılması gerektiğiyle ilgili düzenlemeler yapılmış ve formlar oluşturulmuştur. Ayıklama düzenleme ve temizleme adımlarından sonraki takımhanenin görünümü Şekil 6’da verilmiştir.

2.2.4. Standartlaştırma (Standardization)

Standartlaştırma, çalışma ortamına uygulanan ayıklama, düzenleme ve temizleme adımlarının sürekliliğinin sağlanmasını hedefleyen

adımdır. Bu hedefi gerçekleştirmek için ise belirli talimatlar ve prosedürler gerekmektedir [36]. Takımhanede uygulanan ilk 3 adımdan sonra sistemin devamlılığı için hurda takip formu, tezgâh hazırlık formu, kesici takım ömür hesabı gibi formlar oluşturulmuştur. Takımhane personelinin günlük yapması gereken kuralları belirleyen formun içerdiği bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Üretime verilen ekipmanların çeşitli sebeplerden dolayı hurda olması durumunda kayıtlarda tutulması için hurda formu oluşturulmuştur. Tablo 3’te bu formun içeriğinde yer alan bilgiler verilmiştir. Bu formda tutulan bilgiler her işlem için ERP veri sistemine girilmiştir.

Üretimi yapılacak parçanın hazırlık aşamaları hızlı, kontrollü ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu sebeple programcı, operatör ve takımhane personeli arasında uyumu sağlayacak tezgâh hazırlık formu oluşturulmuştur. Bu formda takımhaneden istenen ekipmanlar ve bu ekipmanların teknik özellikleri yer almaktadır. Operatörün de parçayı nasıl bağlayacağı ve nelere dikkat etmesi gerektiğiyle ilgili bilgiler formda yer almaktadır. Tezgâh hazırlık formunun içerdiği bilgiler Tablo 4’te verilmiştir.



Şekil 5. Takımhanenin 5S öncesi görünümü (View of the toolroom before 5S)



Şekil 6. 5S sonrası takımhanenin giriş ve çıkış yönü görünümü. (Entry and exit direction view of the tool room after 5S)

Tablo 2. Takımhane günlük iş planı form içeriği (Toolroom daily work plan form content)

Takımhane Günlük İş Planı		
<ul style="list-style-type: none"> • Gece vardiyasında değişen, hurda olan kesici takımların sisteme girişinin yapılmasını sağlamak. • Tezgah hazırlık formlarını kontrol etmek ve eksik ekipmanlar ile ilgili aksiyon almak. • Sistem üzerinden üretimde gözükten ekipmanların sahada kontrolünü sağlamak. • Bileme ve hurdaya ayrılan ekipmanların markalamasını yapmak ve sistemde kaydını tutmak. • Kesici takım kutularının içerisinde bulunan kesici takımların doğruluğunu teyit etmek, birbirlerine çarpıp zarar görmesini engellemek için kutulamak veya helis kısımlarını bantlamak. • Takım boyu ölçme cihazını kalibre etmek. • Freze, matkap ve elmas uçların adetlerinin doğruluğunu sistem ile kıyaslamak. • Takımhane temizliğini ve düzenini sağlamak. • Takımhane içerisine yetkili harici personel almamak. • Belirtilen seri işlerin yedek stok takibini yapmak. 		
Unvan:	Ad Soyad:	İmza:

Tablo 3. Hurda formu içeriği (Scrap form content)

Hurda Formu					
Tezgah	Operatör / CAM Personeli Ad Soyad	Kesici Takım	Parça No / İş Emri No	Tarih	Açıklama
Cnc-6		Ø6 Z4 Freeze	130201768	25.09.2020	Kesici takımın malzemeye çarpması sonucu kırılmıştır.
Durum Tespiti / Alınacak Önlem					
İşlenecek malzemenin stok ölçüleri yanlış belirtildiği için olmuştur. Bundan sonraki süreçte işlenecek malzemenin stok ölçülerini hem operatör hem cam personeli kontrol edecektir.					
İş Gören			Tespit Eden		
Ad-Soyad	İmza	Ad-Soyad	İmza		

Tablo.4 Tezgâh hazırlık formunun içerdiği bilgiler (Information contained in the machine preparation form)

Tezgah Hazırlık Formu												
NC Programcı İsim Soy isim		Parça Rev.	Program No	Form No	Form Rev. No	Tezgah Adı						
Sıra No	Takım No	Opr.	Takım Adı	Çap	Ağız Say.	Bağlama Boyu	Dalma Boyu	Helis Boyu	Uç Rad.	Açı	Tutucu Tipi	
1	T1	1-2	Ø 20 U-Drill	20	2	35	25				Önemsiz	
2	T2	1	Ø16 Tarama	16	2	40					Önemsiz	
3	T3	1	Ø6 Freze	6	4	40	35	30			Shrink	
4	T4	2	Ø10 Matkap	10	2	45	35	30		140	Veldon	
5												
6												
NC Program Stok Ölçüleri:		x:290 mm	y: 190 mm							z: 90 mm		
Parça Resmi												
1. Yüzey Frezeleme			X-Y: Merkez, Z: Üst				Setup Süresi (min):		20+5+13= 38			
						İşlem Süresi (min):		45				

Üretiminin daha verimli olması adına kesici takım ömür hesapları için form oluşturulmuş ve kayıtlar tutulmuştur. Fiyat-performans ilişkisi göz önüne alınarak hangi kesici takım markası ile çalışılması gerektiği tespit edilmiştir. İki farklı marka kesici takımın kıyaslanma örneği Tablo 5'te verilmiştir. Makine duruşları OEE (Overall Equipment Effectiveness) formunda tutulmuştur. Bu formda operatör günlük olarak üretim duruşlarını girmiştir. OEE formları günlük olarak toplanarak ilgili sistemde kayıt altına alınmıştır. Ay sonunda bu veriler kullanılarak duruş yüzdeleri hesaplanmıştır. Tablo 6'da OEE formunun takımhane bölümünü ilgilendiren "Set Up", "Takım ve Aparat Değişimi" ile "Planlama Duruşu" kısımları gösterilmiştir.

2.2.5. Disiplin (Discipline)

Disiplin adımı 5S' in son adımıdır. Denetim, öneri ve ödüllere oluşan bu adım sürekli iyileştirmeyi sağlamaktadır [36]. Çalışmada gerçekleştirilen bu son adımda, takımhaneye uygulanan talimatlar ve prosedürlerin uygulanabilirliği takip edilmiştir. Gelen öneriler üzerine çeşitli talimatlarda değişiklikler yapılmıştır. 5S sonrası oluşan düzenin 5 ay boyunca takibi yapılmış ve iyileştirmeler sunum haline getirilerek ilgili personele sunulmuştur (Şekil 7). 5S uygulama sürecinde veriler, Canias Erp Sistemi'nde ve OEE (Overall Equipment Effectiveness) genel ekipman etkinliği anlamına gelen

Tablo 5. Kesici takımların kıyaslanması (Comparison of cutting tools)

Kesici Takım	Marka	Fiyat	Devir / İlerleme / Paso miktarı	İşlediği Malzeme	Parça No	İşlediği Süre Parça Adedi	Açıklama	Tarih
Freze çakısı	Abc	21 €	n:4000 rev/min f:120 mm/min a _p : 3 mm	Paslanmaz Çelik -303	1234	4256	-	13.10.2020
Freze çakısı	Xyz	29 €	n:4000 rev/min f:120 mm/min a _p : 3 mm	Paslanmaz Çelik -303	1234	3952	0.02 mm Ölçü Farkı	13.10.2020

Tablo 6. OEE (Overall Equipment Effectiveness) formunun içerdiği bilgilerden bir kesit (A section of the information contained in the OEE (Overall Equipment Effectiveness) form)

CRN Aerospace CNC Ekipmanı Parça İmalat Üretim Takip ve OEE Formu											
Kalite	Prg.	CAM	Arıza	Setup	Takım ve Aprt. Değişimi	Planlama Duruşu	Diğer Duruşlar	Planlı Duruş	Başl. Duruş		
1-Kalite Ölçüm Bekleme											
2- Operatör Ölçüm Bekleme											
1-Program Yazma											
1-Cam Bekleme											
1-Mekanik Arıza											
1-Ayar											
2-Ayar Bekleme											
3-Tesviye (Dakika)											
4-Sök Tak (Adet*Süre)											
1-Takımhaneden Takım Bekleme											
2-Tezgaha Takım Bağlama											
3-Master Bekleme											
4-Aparat Değişimi											
1. İş Emri Bekleme											
2-Onay Bekleme											
3-İş Olmaması											
1-Operatör Yok											
2-Toplantı / Eğitim											
3-Mola											
4-Tanımsız Duruşlar											
5-Kişisel İhtiyaç											
1-Planlı Bakım Duruşu											
2-Otonom Bakım											
1-Makina Devreye Alma (Dakika)											
35 min											
12 min											
-											
43 min											
-											
20 min											
-											
-											
-											
55 min											
8 min											
-											
-											
-											
-											
-											
-											
75 min											
-											
-											
-											
5 min											
10 min											



Şekil 7. Disiplin adımı için sunumların yapıldığı ve önerilerin alındığı toplantı (Meeting where presentations are made and suggestions are received for disciplinary steps)

form ile kayıt altına alınmıştır. Satın alınan bütün ekipmanların girişi ve takibi Canias ERP Sistemi'ne yapılmıştır. Böylece, geçmişe yönelik bütün satın alma verileri bu sistem sayesinde kolaylıkla ulaşılabilecek duruma gelmiştir. 2020 yılı maliyet verileri bu şekilde sistemden çekilmiştir. Üretimden çıkan uygunsuz parçaların sebepleri Canias ERP Sistemi'ne girilmiştir. Bozulan parçaların sebepleri de ilgili sisteme girilerek veriler kayıt altına alınmıştır. Ay sonunda bu veriler analiz edilerek takımhane sebebiyle parça bozma oranları tespit edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussion)

İşletmenin herhangi bir alanında uygulanabilecek olan 5S yöntemi, bu çalışmada talaşlı imalatın en önemli bölümü olan takımhanede gerçekleştirilmiştir. 5S hazırlıkları 2020 yılının Haziran ayında gerçekleştirilmiştir. Takımhanenin 5S uygulanmadan önceki durumu ile 5S uygulandıktan sonraki durumu incelenmiştir. Takımhanede yapılan bu çalışmada hatalı kesici takım sebebiyle parça bozma oranları, fazla satın alma ve stoklama oranları, takım tezgâhlarının kesici takım bekleme süreleri ve gereksiz hareket yükleri gibi veriler performans kriterleri olarak kabul edilmiştir. İlgili veriler belirli formlarla kayıt altına alınmış ve işletmenin kullandığı Canias ERP Sistemi'ne girilerek ortak bir platformda toplanmıştır. Tüm bu faaliyetlerde çalışanların 5S yaklaşımını benimsemesi ve değişime açık olması, yöntemin başarısının en önemli anahtarı olmuştur. Çeşitli eğitimlerle kazandırılan bu bilincin ardından, takımhanede yapılan değişiklikler 14 başlık altında özetlenebilir. 5S öncesi ve 5S sonrası takımhanedeki durumun karşılaştırılmasını sağlayan bu başlıklar Tablo 7'de verilmiştir.

5S yönteminin uygulanmasıyla takımhanede gözlenen 14 başlıkta sıralanabilecek bu değişiklikler daha verimli bir üretim yapılmasını sağlamıştır. Üretim verimliliğini belirleyici kriterler olan hatalı kesici

takım sebebiyle parça bozma oranları, fazla satın alma ve stoklama oranları, tezgâhin kesici takım bekleme süreleri ve gereksiz hareket yükleri gibi çıktılarda ciddi iyileşmeler gözlenmiştir. Bu kriterlere bakılarak 2020 yılının ilk 5 ayı ile Haziran'dan sonraki 5 ayı için gözlenen sonuçlar, 5S çalışmalarının önemini ortaya çıkarmıştır.

3.1. Hatalı Kesici Takım Sebebiyle Parçalardaki Bozulmalar (Deterioration of Parts Due to Faulty Cutting Tools)

Kesici takımlar kullanım alanları gereği gözle ayırt edilemeyecek kadar (0.1 mm, 0.01 mm, 0.001 mm toleranslarda) hassas bir yapıya sahiptirler. Bu takımlarla saatlerce veya günlerce devam edebilecek talaş kaldırma operasyonları yapılabilmektedir. Sürecin bu denli hassas olması hata riskini, zaman alıcı olması da hatanın sebep olacağı zararı artırmaktadır. Özellikle, üretime hatalı kesici takım verilmesi parçanın hatalı üretilip hurda olmasına sebebiyet vermektedir. Bunun için üretime verilen takımlar dikkatli bir şekilde belirlenip hazırlık aşamaları hassas bir şekilde gerçekleşmelidir. Hatalı kesici takım sebebiyle parça bozma oranları belirli formlarla kayda alınmış ve Canias ERP Sistemi'de toplanmıştır. 5S uygulanmadan önceki aylar (Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs) ile 5S uygulandıktan sonraki aylara (Temmuz, Ağustos Eylül, Ekim ve Kasım) ait parça bozma oranları bu sistemden alınarak Şekil 8'de verilmiştir.

Şekil 8'e bakıldığında takımhanede uygulanan 5S yöntemi öncesi hatalı kesici takım nedeniyle parça bozma oranları aylık ortalama %5,2 civarında iken, 5S sonrası bu oranın %1,2'ye düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla yapılan 5S çalışması ile kesici takım sebebiyle parça bozma oranında %78'lik bir iyileşme sağlandığı söylenebilir. 5S yöntemi ile kesici takımlar takımhane içerisinde spagetti diyagramına göre ve farklı teknik özelliklerine göre muhafaza edilmiştir. Tezgâh hazırlık formuna, üretime verilmeden önce takımhane personelinin doğru takım ve tutucuyu bağlandığına emin

Tablo 7. 5S öncesi ve 5S sonrası takımhanedeki durumun karşılaştırılması (Comparison of the situation in the tool room before 5S and after 5S)

	Takımhanenin 5S Öncesi Durumu	Takımhanenin 5S Sonrası Durumu
1	Gece vardiyasında ve sonraki gün için işlenecek işlerin takımları hazırlanmıyordu.	Bir plan dahilinde takımlar hazır ediliyor. CNC tezgâhi takımın bağlanması için beklemiyor.
2	Takım boyu ölçme cihazı kullanılmıyordu.	Takım boyu ölçme cihazı aktif olarak kullanılıyor ve tezgâhtaki ayar süresini takım başına 2,5 dakika kısaltıyor.
3	Takımların yerleri ve düzenleri kabul edilirdi.	Her bir takım cinsi (kılavuz, matkap, freze, tarama, elmas uçlar) düzenli bir halde durmaktadır.
4	Seri işlerde takım ömrü hesabı yapılmamaktaydı.	Seri işlerde takım ömrü hesabı yapılıyor.
5	Takımhanede yaklaşık ayda bir, düzensiz olarak temizlik yapılmıyordu.	Takımhane bir plan dahilinde düzenli aralıklarla temizleniyor.
6	Bilemeden gelen takımları bilenmemiş olanlardan ayırt edecek bir yöntem kullanılmamıyordu.	Bilemeden gelen takımlara "B" harfi ile markalama yapılıyor.
7	Takımhanede stok sayımı yapılmamıyordu.	Takımhanede 6 ayda bir stok sayımı yapılacaktır.
8	Takımhanenin kapısı açıktı. Operatör takımları kendisi bulup bağlamıyordu.	Takımhanede sadece takım sorumlusu var ve takımları bulma hazır edip bağlama işini takım sorumlusu yapıyor.
9	Takımların stok, hurda ve bileme takibi yapılmıyordu.	Takımların günlük stok, hurda ve bileme takibi yapılıyor.
10	Gelen ekipmanların fiyat bilgisi kayıt altına alınmıyordu ve bundan dolayı karşılaştırma yapılamamıyordu.	Envantere alınan her ekipman fiyatları ile birlikte günlük kaydediliyor.
11	Takımhane personeli üretim kontrolü sağlamıyordu.	Takımhane personeli üretim hattını gezip tezgâhlara vermiş olduğu takımların denetimini yapıyor.
12	Takımhane personeli markalama cihazı kullanmayı bilmemekteydi.	Takımhane personeli markalama cihazı kullanmayı biliyor ve kullanıyor.
13	Takımhanenin ERP sistemi CAM personellerinin taleplerini karşılamıyordu.	CAM personeli ERP üzerinden istedikleri verileri görebiliyor.
14	Takımhane 5S kapsamındaki hiçbir dönüşüm adımına uygun değildi.	Takımhane 5S kapsamında ayıklama, düzenleme, temizleme ve standartlaştırma adımlarına uygun hale geldi. Disiplin aşaması devam etmektedir.

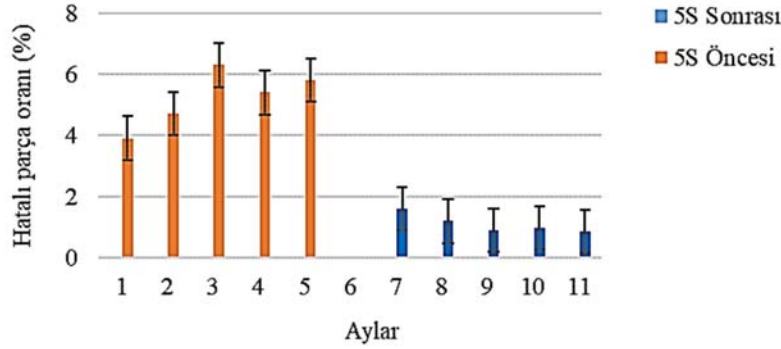
olması adına onaylaması gereken bir kutucuk yerleştirilmiştir. Bu sayede takımhaneden üretime verilen her kesici takımın ve tutucunun kontrol edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca kontrollerden geçilse bile, kesici takım üzerindeki mikronluk hassasiyet kaybı bir havacılık sektöründe kullanılacak parçayı hurda edebilmektedir. Bunun için üretime verilmeden önce her kesici takım hassas bir şekilde boy ölçme cihazıyla ölçülmüştür. Yapılan bu müdahalelerin 5S uygulaması sonrası parça bozma oranlarını ciddi oranda düşürdüğü değerlendirilmektedir.

3.2. Kesici Takım Sarfıyatı (Cutting Tool Consumption)

Talaşlı imalat sektöründe giderlerin büyük bir bölümünü takımhane oluşturmaktadır. Doğru bir şekilde yönetilmeyen takımhanenin

giderleri sürekli artacaktır. 5S uygulanması sonrasında bütün kesici takımlar ve tutucular teknik özelliklerine göre ayrılmış ve farklı yerlerde muhafaza edilmiştir. Bu şekilde envanterdeki mevcut takımlar tespit edilmiştir ve stok takibi kolaylaşmıştır. Kesici takım ve tutucularda farklı marka ve modeller kullanılmıştır. Fiyat/performans değerlendirilmesi yapılarak en uygun kesici takım ve tutucular ile çalışılmıştır. Sürekli çalışılan firmalarla görüşülerek ekipmanlarda belirli oranlarda indirimler sağlanmıştır. Stok takibi düzenli olarak yapılmıştır ve böylece acele ve pahalı ekipman alımlarının önüne geçilmiştir. Tablo 8'de ve Şekil 9'da 5S öncesi ve 5S sonrası takımhane gider maliyeti karşılaştırması yapılmıştır.

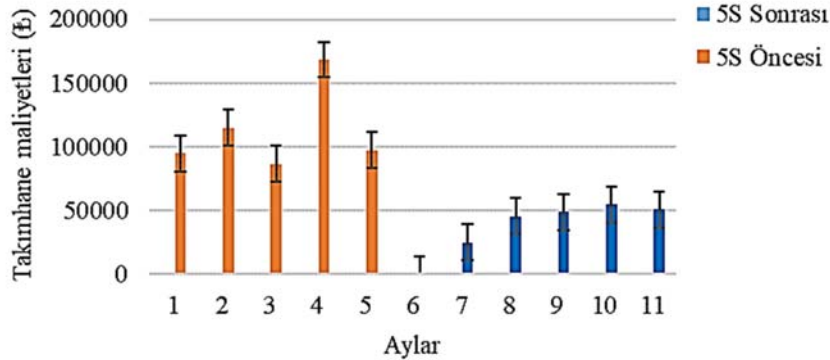
Yapılan bu çalışmalar neticesinde 5S öncesi aylık ortalama takımhanenin ekipman maliyeti yaklaşık 562 000 TL iken, 5S sonrası



Şekil 8. Hatalı kesici takım sebebiyle parça bozma oranları (Failure of parts due to faulty cutting tools)

Tablo 8. 5S öncesi ve 5S sonrası takımhane gider maliyeti karşılaştırması (Comparison of toolroom expense cost before 5S and after 5S)

Aylar	Takımhane Gider Maliyeti			Açıklama
	Maliyet	Toplam	Ortalama Döviz Kuru	
2020 Ocak	₺94969	₺ 562240	1 € = ₺ 7,2	5S öncesi durum
2020 Şubat	₺114949			
2020 Mart	₺86669			
2020 Nisan	₺168316			
2020 Mayıs	₺97337			
2020 Temmuz	₺25098	₺ 225333	1 € = ₺ 8,5	5S sonrası durum
2020 Ağustos	₺45586			
2020 Eylül	₺48877			
2020 Ekim	₺54876			
2020 Kasım	₺50896			
Sonuç	%60 oranında iyileşme söz konusudur. Ortalama dolar kur farkı dikkate alındığında %66 oranında iyileşme sağlanmıştır.			



Şekil 9. Takımhane aylık gider maliyeti (Cost of monthly expenses of the toolroom)

bu rakam 225 000 TL civarına indirilebilmiştir. Böylece 5S yönteminin uygulanması ile takımhanedeki ekipman masrafları %60 oranında azaltılmıştır. Ortalama dolar kur farkı dikkate alındığında bu oran %66 olarak da kabul edilebilir.

3.3. Kesici Takımlarda Stok Takibi (Stock Tracking of Cutting Tools)

Kesici takımlar belirli zaman aralıklarında aşınmaktadır. Bu durum yüzey kalitesi ve istenilen hassasiyetin oluşmasında sorunlar çıkartabilmektedir. Böylesi durumlarda yedek kesici takım yok ise üretimde aksamalar ve durmalar meydana gelmektedir. Özellikle sürekli kullanılan kesici takımlar tespit edilmiştir. Stok sayısında yönetimin belirlediği adet kadarıyla takibi yapılmıştır. Her bir CNC tezgâhı için aylara göre kesici takım ve tutuculardan kaynaklı tezgâh bekleme oranları Tablo 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.

Takımhaneye 5S uygulanması ile üretime başlanmadan önce tezgâh hazırlık formu ile takımhane personeli gerekli stok takibini yapmaya başlanmıştır. Eksik kesici takım ve tutucu olduğu takdirde gerekli aksiyon alınmıştır. Yapılan bu çalışmalar neticesinde 5S öncesi kesici takım sebebiyle tezgâh bekleme oranı aylık ortalama %4 iken, 5S uygulanması sonrası bu oran %1'in altına düşmüştür. Yani, 5S yöntemi ile kesici takım ve tutuculardan kaynaklı makine duruşlarında yaklaşık %76 oranında azalma sağlandığı söylenebilir.

3.4. Gereksiz Hareket Yükü (Unnecessary Movement Load)

Takımhane içerisindeki ekipmanların yanlış ve düzensiz bir şekilde durması sebebiyle gereksiz hareket yükleri oluşabilmektedir. Bu düzensizlik, takımları CNC tezgâhına bağlamadan önce takım tutucu arama veya kesici takım aramaya sebep olmakta ve kesici takım

bağlama sürelerini artırmaktadır. 5S kapsamında Spagetti Diyagramı ile kesici takımların ve tutucularının hangi alanlarda durması gerektiği tespit edilmiştir. Takımları bağlamadan önce, takım boyu ölçme cihazıyla hassas bir şekilde kontrol edilmiştir. Takım boyu ölçme cihazı mikron hassasiyetinde olduğu için kesici takımda gerçekleşen deformasyonlar gözükmemektedir. Ölçülen değerler toleranslar dahilinde olmadığı şartlarda üretime verilmeye uygun olmadığı için, kesici takım bağlama işlemi tekrarlatılmıştır. Takımhane personelinin kesici takım bağlama ve takım boyu ölçme cihazına onaylatma süresi takibi için bir form oluşturulmuştur. Bu şekilde ekipmanlar iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak düzenli bir şekilde yerleştirilmiş ve işlem süresi kayıtları tutulmuştur. Tablo 10 ve Şekil 11'de takımhanede kesici takımların bağlanma süreleri verilmiştir.

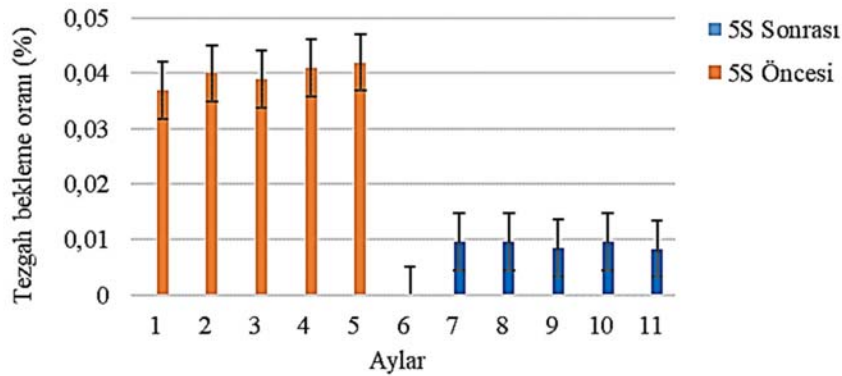
Tablo 10 ve Şekil 11'de verilen bilgilerde 5S öncesi kesici takımı hazırlayıp CNC tezgâhına bağlama süresiyle ilgili aylık ortalama 5 dakika harcanırken 5S sonrası düzenli bir şekilde yerleştirilen ekipmanlar sayesinde bu süre 1 dakikanın altına düşmüştür. Böylece takımhaneye 5S yöntemi uygulanmasıyla gereksiz hareket yükü %85 oranında azalarak, üretimin daha verimli hale getirildiği değerlendirilmektedir.

3.5. Performans Kriterlerine Gri İlişkisel Analiz Uygulanması (Applying Grey Relational Analysis to Performance Criteria)

Bir süreçte meydana gelen değime bağlı olarak birden fazla çıktı bu değışimden etkilenebilir. Bu çıktılar arasında kurulan ilişki ile süreçteki değışimin rolu hakkında tespitler yapılabilir [37]. Böyle bir durumda aranan şartları tespit etmek için gri ilişkisel analiz, kullanılan yöntemlerden biridir. Gri İlişkisel Analiz (GİA), gri sistem teorisinin bir parçasıdır. Birden çok alternatif veya değışken arasındaki

Tablo 9. Kesici takım ve tutucularından kaynaklı tezgâh bekleme oranları (Bench waiting rates due to cutting tools and holders)

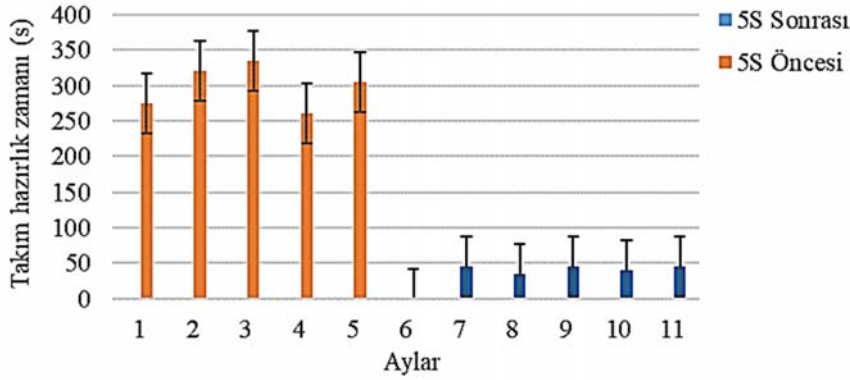
Tezgâhlar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
CNC-1 Ycm 1	17,44%	2,49%	1,19%	9,49%	22,02%	0,15%	1,25%	0,77%	0,83%	2,32%
CNC-2 Torna	2,44%	3,10%	2,38%	3,57%	7,74%	0	0,57%	0	0	0,15%
CNC-3 Ycm 3	10,00%	0	14,29%	0	2,08%	0	0	0,60%	0,65%	0,09%
CNC-4 Kay.1	0	6,07%	3,33%	0	4,17%	6,67%	0	6,49%	6,64%	0
CNC-5 İnteg.	3,57%	10,86%	4,46%	0	0	0	7,59%	0,30%	0,30%	0
CNC-6 Maz. 1	1,19%	1,79%	1,85%	14,52%	2,98%	0	0,20%	0	0	0
CNC-7 Maz. 2	1,79%	9,52%	3,99%	1,19%	2,38%	2,86%	0	0,30%	0,30%	1,49%
CNC-8 Dmf	0,60%	1,19%	2,20%	5,95%	0,60%	0	0	0	0,83%	2,56%
CNC-9 Kay.2	0	0	5,36%	6,25%	0	0	0	0	0,09%	1,79%
CNC-10Matec	0	5,54%	0	0	0	0	0	0,06%	0	0
Ortalama	3,70%	4,00%	3,90%	4,10%	4,20%	0,97%	0,96%	0,85%	0,96%	0,84%



Şekil 10. CNC tezgâhlarının kesici takım beklemesi sebebiyle aylık ortalama duruş oranları (Average monthly downtime rates due to CNC machine tools waiting for cutting tools)

Tablo 10. Takımhane ay bazlı kesici takımların bağlanma süreleri
(Connection times of month-based cutting tools in the toolroom)

Aylar	Tutucu Arama (s)	Kesici Takım Arama (s)	Takım Bağlama (s)	Takım Boyu Ölçme Cihazı Onayı	Uygunsuz ise Tekrar Takım Bağlama Süresi (s)	Açıklama	Toplam (s)
Ocak	33	85	27	X	130	Matkap kesici takımını veldon tutucuya bağlama	275
Şubat	28	50	32	X	210	Kılavuz kesici takımını pens tutucuya bağlama	320
Mart	25	95	50	X	165	Rayba kesici takımını shrink tutucuya bağlama	335
Nisan	40	45	32	X	143	Freze kesici takımını pens tutucuya bağlama	260
Mayıs	37	55	28	X	185	Rayba kesici takımını hidrolik tutucuya bağlama	305
Haziran						5S Hazırlık	
Temmuz	10	14	21	✓		Kılavuz kesici takımını pens tutucuya bağlama	45
Ağustos	5	8	22	✓		Rayba kesici takımını hidrolik tutucuya bağlama	35
Eylül	7	9	29	✓		Rayba kesici takımını shrink tutucuya bağlama	45
Ekim	7	11	22	✓		Matkap kesici takımını pens tutucuya bağlama	40
Kasım	8	10	27	✓		Freze kesici takımını veldon tutucuya bağlama	45

**Şekil 11.** Bir adet kesici takımın üretime verilmesi için geçen süre
(The time it takes for one cutting tool to be put into production)

karmaşık ilişkilerin çözümü için geliştirilmiştir. Gri ilişkisel analiz yönteminde veri setindeki muğlaklık ve zayıf bilgiye göre analiz yapılabilmektedir. Diğer yöntemlerden (VICOR, TOPSIS vb.) farklı bir teoriye sahiptir [38]. Gri ilişkisel analiz 5 adımdan oluşur. Bunlar:

1. Adım: “n” uzunluğundaki referans serilerinin belirlenmesi,
2. Adım: Verilerin normalleştirilmesi,
3. Adım: Karşılaştırılacak serilerin belirlenmesi,
4. Adım: Gri ilişkisel katsayıların belirlenmesi,

5. Adım: Gri ilişkisel derecenin belirlenmesi [39],

Verimli bir üretim için performans kriteri olarak belirlenen hatalı kesici takım sebebiyle parça bozma oranlarını, fazla satın alma ve stoklama oranlarını, takım tezgâhlarının kesici takım bekleme sürelerini ve gereksiz hareket yüklerini azaltmak gerekmektedir. Bu nedenle gri ilişkisel analiz yöntemine göre veri seti oluşturulurken minimum değerler dikkate alınır. Böylece normalleşme sürecinde “düşük-daha iyi” yaklaşımı kullanılır [40]. İlk adımda referans

serilerinin, yani karar matrisinin oluşturulması gerekir. Bu çalışmada 10 ay için 4 farklı performans kriteri incelenecektir. Değerler yerlerine yazılarak gerekli matris oluşturulmuştur. Tablo 11’de analizde kullanılacak veri seti görülmektedir.

İkinci aşamada performans kriterleri 0-1 aralığında normalleştirilir. Normalizasyon değerlerini elde etmek için Eş. 1 kullanılır:

$$x_i(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (1)$$

Burada $i = 1, 2, 3, \dots, m$; $k = 1, 2, 3, \dots, n$ olan serilerdir. Serilerde m tekrarlanma sayısını, yani performans kriterlerinin incelendiği ay sayısını; n ise incelenen yanıt sayısını, yani performans kriteri sayısını ifade etmektedir. Eş. 1’de kullanılan $x_i(k)$ ifadesi normalizasyon sonrası i serisinde k . sıradaki değere, $\min x_i^0(k)$ ifadesi i serisindeki minimum değere, $\max x_i^0(k)$ ifadesi i serisindeki maksimum değere, $x_i^0(k)$ ifadesi i serisinde k . sıradaki orijinal değere karşılık gelmektedir [40]. Bu çalışma için yerel gri ilişki ölçümü uygulanacaktır. Yerel gri ilişki ölçümü, referans dizisi olarak yalnızca $x_0(k)$ gibi bir dizi olması ve diğer tüm dizilerin karşılaştırma dizileri olarak görev yapması halinde kullanılmaktadır. İki sistem veya iki dizi arasındaki ilişki düzeyi gri ilişkisel derece olarak tanımlanır. Veri ön işleme yapıldıktan sonra, i . deneydeki k . performans karakteristikleri için gri ilişkisel katsayı $\xi_{i0}(k)$ Eş. 2’de ifade edilebilir.

$$\xi_{i0}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \xi \Delta_{\max}} \quad (2)$$

Burada Δ_{0i} referans dizisinin sapma dizisi ve aynı zamanda karşılaştırılabilirlik dizisidir [Eş. 3-Eş. 4], [38].

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_j(k)| \quad (3)$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_k |x_0(k) - x_j(k)| \quad (4)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_k |x_0(k) - x_j(k)| \quad (5)$$

ξ (0-1) arasında bir değer olup genellikle 0,5 olarak alınır. ξ işlevi, Δ_{0i} ile Δ_{\max} arasındaki farkı belirlemektir [39, 40]. Gri ilişkisel derecenin hesaplanması aşağıdaki formül ile yapılır.

$$\gamma_{i0} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{i0}(k) \quad (6)$$

Gri bir sistemdeki x_i serisi ile x_0 referans serisi arasındaki geometrik benzerliğin bir ölçüsü olan γ_{i0} ne kadar büyükse, bu iki seri arasında ilişki de o kadar kuvvetlidir. Eğer karşılaştırılan iki seri birbirinin aynısı ise gri ilişkisel derece değeri 1 olarak bulunur. Dolayısıyla gri ilişkisel derecenin büyüklüğü karşılaştırılan serinin referans seriye ne kadar benzediğini gösterir [41]. Tablo 12’de performans kriterlerine yapılan gri ilişkisel analiz sonuçları verilmiştir.

Tabloda her ay için tüm performans kriterleriyle ilgili normalizasyon işlemleri yapılmış, uzaklık matrisleri ve gri ilişki katsayıları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonunda gri ilişkisel dereceler bulunmuş ve bu derecelere göre optimum durumu tespit etmek için sıralama işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilerin daha rahat karşılaştırılabilmesi adına gri ilişkisel dereceler aylara göre grafik gösterimi Şekil 12’de verilmiştir.

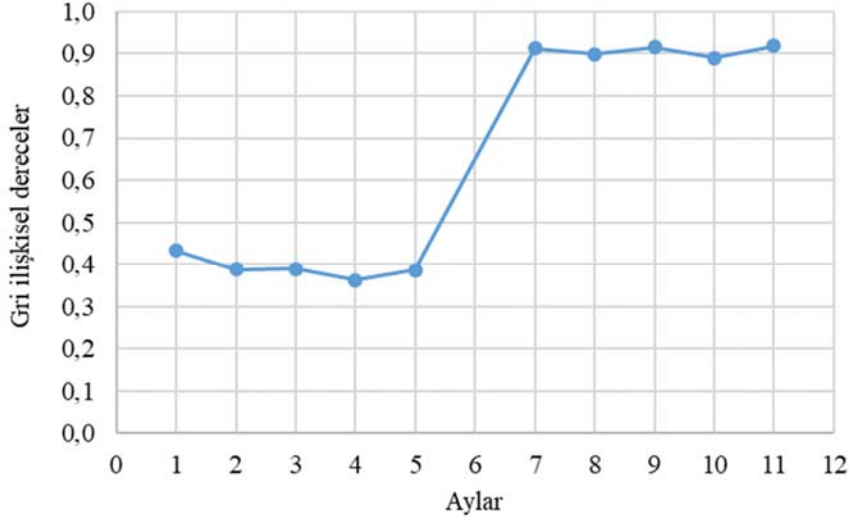
Aylık kesici takım maliyetleri, kesici takımdan kaynaklı hatalı parça üretimi oranı, takımhaneden kaynaklı CNC tezgâhlarındaki duruş oranı ve kesici takım ayar/bağlama süreleri olmak üzere 4 adet performans kriterinin etkisi Şekil 12’de tek bir etkiye indirgenerek aktarılmıştır. Gri ilişkisel derecesi en yüksek olan ay en verimli ay olarak yorumlanabilir. Şekle bakıldığında 5S yönteminin uygulandığı (Temmuz-Kasım) aylara ait gri ilişkisel dereceler 5S uygulanmadan önceki aylara (Ocak-Mayıs) göre çok yüksek olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Dolayısıyla 5S uygulamasıyla üretim verimliliğinin arttığı rahatlıkla söylenebilir. Yapılan gri ilişkisel analizde 5S uygulamasına göre üretimin yapıldığı Temmuz-Kasım arası aylar

Tablo 11. Üretim verimliliği için belirlenen performans kriterleriyle ilgili 10 aylık sonuçlar
(10-Month results on the performance criteria determined for production efficiency)

Aylar	5S	Takım Maliyeti (TL)	Hatalı Parça Oranı (%)	Tezgâh Durma Oranı (%)	Takım Bağlama Süresi (s)
1.	0	94969	3,90	3,70	275
2.	0	114949	4,70	4,00	320
3.	0	86669	6,30	3,90	335
4.	0	168316	5,40	4,10	260
5.	0	97337	5,80	4,20	305
7.	1	25098	1,60	0,97	45
8.	1	45586	1,20	0,96	35
9.	1	48877	0,90	0,85	45
10.	1	54876	0,98	0,96	40
11.	1	50896	0,85	0,84	45

Tablo 12. Gri ilişkisel analiz sonuçları (Grey relational analysis results)

Ay	Normalizasyon				Uzaklık matrisi				Gri ilişkisel katsayılar				Derece ve Sıralama	
	TM	HPO	TDO	TBS	TM	HP	TBD	TBS	TM	HP	TBD	TBS	Der.	Sı.
1.	0,51	0,44	0,15	0,20	0,49	0,56	0,85	0,80	0,51	0,47	0,37	0,38	0,4332	6
2.	0,37	0,29	0,06	0,05	0,63	0,71	0,94	0,95	0,44	0,41	0,35	0,34	0,3875	8
3.	0,57	0,00	0,09	0,00	0,43	1,00	0,91	1,00	0,54	0,33	0,35	0,33	0,3897	7
4.	0,00	0,17	0,03	0,25	1,00	0,83	0,97	0,75	0,33	0,37	0,34	0,40	0,3620	10
5.	0,50	0,09	0,00	0,10	0,50	0,91	1,00	0,90	0,50	0,36	0,33	0,36	0,3858	9
7.	1,00	0,86	0,96	0,97	0,00	0,14	0,04	0,03	1,00	0,78	0,93	0,94	0,9125	3
8.	0,86	0,94	0,96	1,00	0,14	0,06	0,04	0,00	0,78	0,89	0,93	1,00	0,8993	4
9.	0,83	0,99	1,00	0,97	0,17	0,01	0,00	0,03	0,75	0,98	0,99	0,94	0,9161	2
10.	0,79	0,98	0,96	0,98	0,21	0,02	0,04	0,02	0,71	0,95	0,93	0,97	0,8905	5
11.	0,82	1,00	1,00	0,97	0,18	0,00	0,00	0,03	0,74	1,00	1,00	0,94	0,9182	1



Şekil 12. Performans kriterleri için gri ilişkisel dereceler (Grey relational ratings for performance criteria)

içinde en yüksek üretim verimliliğine Kasım ayında ulaşıldığı görülmektedir. Temmuz ve Eylül aylarındaki verimlilik Kasım ayına yakın seviyede olmuştur. 5S uygulanmadan önceki aylara bakıldığında üretim verimliliğinin düşük olduğu görülmektedir. Nisan ayının üretim verimliliğinin en düşük olduğu söylenebilir. Bu verimsizliğin sebebi, iş yerinde yeni bir çalışma düzenine geçilecek olması bilgisinin mevcut çalışma motivasyonundaki etkileri olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Nisan ayındaki bu verimsizlik süreçten bağımsız olarak depo güncellemeleri veya personel rotasyonları ile de ilgili olabileceği değerlendirilmektedir. Kasım ayında en iyi sonuçların elde edilmesi ise, 5S yaklaşımının her geçen sürede etkisini daha fazla gösterebileceğini ortaya koymuştur. 5 ay boyunca yapılan 5S çalışmaları neticesinde geliştirilen yeni çalışma sisteminin, geçen süreyle birlikte daha fazla oturduğu söylenebilir.

4. Simgeler (Symbols)

a_p	: Kesme Derinliği
f	: İlerleme
min	: Dakika
n	: Devir sayısı
s	: Saniye
%	: Yüzde
₺	: Türk Lirası
€	: Euro

4.1. Kısaltmalar (Abbreviations)

5S	: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
6S	: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, Safety
A.Ş.	: Anonim Şirket
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CNC	: Computer Numeric Control
ERP	: Enterprise Resource Planning
GİA	: Gri İlişkisel Analiz
HPO	: Hatalı Parça Oranı
HSS	: High Speed Steel
İSG	: İş Sağlığı Güvenliği
JIT	: Just In Time
OEE	: Overall Equipment Effectiveness
PTT	: Posta Telgraf Teşkilatı
SMED	: Single Minute Exchange Of Dies

TBS	: Takım Bağlama Süresi
TDO	: Tezgâh Durma Oranı
TM	: Takım Maliyeti
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VICOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

5. Sonuçlar (Conclusions)

CRN Havacılık Hiperteknoloji Savunma A.Ş. firmasında uygulanan 5S yaklaşımı başarılı bir şekilde yönetilmiş ve neticelendirilmiştir. 5S uygulamasının yapılacağı pilot bölge olarak, talaşlı imalatın en önemli noktalarından biri olan takımhane seçilmiştir. Takımhanede 5S adımlarını uygulamak için gerekli yöntemler analiz edilmiş ve gerekli formlar hazırlanmıştır. Eğitimler ile yalın düşünce sisteminin mantığı firma personellerine anlatılmıştır. Bu eğitimler ile üretim sürecinde 5S kapsamında uygulanacak adımların neler olduğu, nasıl uygulanacağı, uygulama aşamasında yapılacak değişikliklerin amacının ve ulaşılması planlanan hedeflerin neler olduğu çalışanlara açık bir şekilde aktarılmıştır. Plan dahilinde ayıklama, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin adımları sırasıyla başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Takımhaneye 2020 yılının Haziran ayında 5S planlanması çalışılmış ve bu aydan sonra 5S düzenine göre üretim yapılmıştır. Kesici takımdan dolayı hatalı parça oranları, takımhane kaynaklı maliyetler, takım tedarikinden dolayı tezgah beklemesi ve takım hazırlama zamanı gibi çıktılar performans değerlendirme kriterleri olarak belirlenmiştir. 5S uygulanmadan önceki (2020 yılının ilk yarısındaki) veriler, 5S uygulandıktan sonraki (2020 yılının son yarısındaki) verilerle karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışma sonunda:

- 5S yaklaşımının CRN Havacılık Hiperteknoloji Savunma A.Ş. firmasının takımhane bölümüne başarılı bir şekilde uygulanabildiği ortaya konmuştur.
- Yapılan bu çalışmalar neticesinde 5S öncesi aylık ortalama takımhanenin ekipman maliyeti % 60 oranında azaltılmıştır. Dolar kurundaki değişim dikkate alındığında bu oran % 66 olarak da kabul edilebilir.
- Kesici takım sebebiyle hatalı parça üretiminde %78 oranında azalma sağlanmıştır.
- Takımhaneden ekipman beklenmesi sebebiyle CNC tezgâhlarındaki boşa bekleme zamanı %76 oranında azaltılmıştır.
- Gereksiz hareket yüklerinde %85 oranında iyileştirmeler tespit edilmiştir.

- “En küçük en iyidir” yaklaşımına göre verilere yapılan gri ilişkisel analiz sonucunda 4 adet performans kriterinin üretim verimliliğine etkisi tek bir etkiye indirgenerek değerlendirilmiştir. Yapılan analiz neticesinde en yüksek üretim verimliliğine 5S uygulamasına göre üretim yapılan Kasım ayında ulaşılmıştır. Kasım ayını sırasıyla Eylül ve Temmuz ayları takip etmiştir. 5S uygulamasının yapılmadığı Nisan ayında ise en düşük üretim verimliliği gözlenmiştir.
- Performans kriterlerine göre, 2020 yılının ilk 5 ayı ile Haziran’dan sonraki 5 ayı için gözlenen sonuçlar, 5S çalışmasının önemini ortaya koymuştur.
- Takımhanelerdeki rutin denetimlerde 5S yöntemiyle oluşturulan üretim yaklaşımına uyumlu çalışılmaya devam edildiği tespit edilmiştir.
- Tüm bu faaliyetlerde çalışanların 5S yaklaşımını benimsemesi ve değişime açık olması, yöntemin başarısının en önemli anahtarları olduğu görülmüştür.
- 5S yaklaşımı ile firmanın takımhane bölümünde ulaşılan yüksek orandaki iyileşmelerin firmanın diğer birimlerinde bu yaklaşımın uygulanması için teşvik edici olacağı düşünülmektedir.
- Bu hedefle, pilot bölge olarak seçilen takımhane bölümünde uygulanan 5S yaklaşımı ve bu yaklaşımın başarılı sonuçları raporlanarak işletme içerisindeki diğer bölümlerde sunulmuştur.

Teşekkür (Acknowledgement)

Yazarlar, CRN Havacılık Hiperteknoloji Savunma A.Ş. firmasının değerli yöneticileri ve kıymetli çalışanlarına bu çalışmaya vermiş oldukları her türlü destek için teşekkür eder.

Kaynaklar (References)

1. Çeviren S., Türk Z., Yalın Üretim Ortamında Yalın Muhasebe ve Yalın Performans Değerlemesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2 (2), 221-245, 2018.
2. Kılıç A., Ayvaz B., Türkiye Otomotiv Yan Sanayinde Yalın Üretim Uygulaması, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Özel Sayı: 29, 29-60, 2015.
3. Özyörük B., Küçük D., İş Ortamını Yeniden Düzenlemenin İş Verimliliğine Etkileri, Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi, 2 (2), 73-81, 2014.
4. Öner S., Adiloğlu B., İşletmelerde Kurumsal Risk Yönetimi ve İç Denetim Farklı Bir Bakış Açısı 5S Uygulaması, Muhasebe Enstitüsü Dergisi, 61, 67-82, 2019.
5. Schonberger R., The disintegration of lean manufacturing and lean management, Business Horizons, 62 (3), 359-371, 2019.
6. Akçün S., Sağlık hizmetlerinde yalın yönetim “5S” yaklaşımının uygulanması, Sağlık Akademisyenlerin dergisi, 2 (1), 1-7, 2015.
7. Akyurt İ., Eren E., Hazırlık Süresinin Azaltılmasında SMED Yöntemi Uygulaması, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 15, 315-331, 2019.
8. Çavmak D., Sağlık Hizmetlerinde Yalın Yönetim: Bir Özel Hastane Koroner Yoğun Bakımı Değerlendirmesi, Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi, 4 (1), 54-73, 2018.
9. Ribeiro P., SA J., Ferreira L., Silva F., Pereira M., Santos G., The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: A case study, International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Limerick- Ireland, 765-775, 24-28 June, 2019.
10. Roriz C., Nunes E., Sousa S., Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017, Modena-Italy, 27-30 June, 2017.
11. Sütçü A., Karşıyaka O., Burhan M., Bir Mobilya Üretim Tesisinde İş Analizi ve Benzetim Uygulaması ile Süreç Verimliliğinin Artırılması, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (17), 45-57, 2019.
12. Akçacı T., Özyurt S., Yalın Üretim Geçiş: İplik Sektöründe Bir Uygulama, İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 9 (2), 85-103, 2021.
13. Sremcevic N., Lazerevic M., Krainovic B., Mandic J. and Medjevic M., Improving teaching and learning process by applying Lean thinking, 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Columbus-USA, 595-602, 11-14 June, 2018.
14. Ertaş C., Bulut Y., Pres Bölümü Ergonomi Faaliyetleri, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5 (ÖS: Ergonomi2016), 13-22, 2017.
15. Deros B., Haz T., Abdurrahman M., Benchmarking Technique in Lean Manufacturing (5s) Practice, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 59, 111-114, 2012.
16. Uslu S., Taş Ü., Pak E., Otomotiv Sektöründeki Bir Üretim Tesisindeki Montaj Hattına Kaizen Metodolojisinin Uygulanması, Politeknik Dergisi, 24 (4), 1533-1541, 2021.
17. Veres C., Marian L., Moica S. and AKEL K., Case study concerning 5S method impact in an automotive company, 11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, Tirgu-Mures, Romania, 900-905, 5-6 October, 2017.
18. Sarı E., Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 17.UİK Özel Sayısı, 585-600, 2018.
19. Sharma K., Lata S., Effectuation of Lean Tool “5S” on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India Materials, Today Proceedings, 5 (2), 4678-4683, 2017.
20. Ribeiro I., Godina R., Pimentel C., Silva F. and Matias J., Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line, 29th international Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Limerick-Ireland, 1574-1581, 24-28 June, 2019.
21. Azevedo J., SA J., Ferreira L., Santos G., Cruz F., Jimenez G., Silva F., Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy, Procedia Manufacturing, 41, 1023-1030, 2019.
22. Çakırkaya M., Acar Ö., 5S Tekniği Aşamaları ve Makarna Sektöründe Bir Uygulama. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 30 (4), 0-0, 2016.
23. Şeremet M., Yalın üretim araçlarından 5S’in bir gıda işletmesinde örnek olay incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara, 2019.
24. Kaymakçı Ö., Bir PTT şubesinde yalın üretim – 5S uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2012.
25. Ramirez M., Soler V., Lean Manufacturing Implantation 5S, 3C Tecnologia (Edición 20), 5 (4), 16-26, 2016
26. Monteiro C., Ferreira L., Fernandes N., SA J., Ribeiro M., Silva F., Improving the Machining Process of the Metalworking Industry Using the Lean Tool SMED, Procedia Manufacturing, 41, 555-562, 2019.
27. Keleş A., Gürsoy G., Çelik G., 5s Sistematiği Aşamaları ve Örnek Bir Uygulama, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28 (2), 51-60, 2016.
28. Falkowski P., Kitowski P., The 5S methodology as a tool for improving organization of production, PhD Interdisciplinary Journal, 3, 69-75, 2013.
29. Gupta S., Jain S., The 5S and Kaizen concept for overall improvement of the organisation: a case study, International Journal of Lean Enterprise Research, 1 (1), 22-40, 2014.
30. Çukurluoğ S., Birgören B., Yalçınkaya M., Orçanlı K., Yalın Üretimde 6S Uygulamaları İçin Bir Denetim Yöntemi Önerisi. International Journal of Engineering Research and Development, 12 (2), 358-369, 2020.
31. Sharma V. S., Dogra M., Suri N. M., Cooling techniques for improved productivity in turning. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 49 (6), 435-453, 2009.
32. Omogbai O., Salonitis K., The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach, Procedia CIRP, 60, 380-385, 2017.
33. Lee S., Polancich S. Pilon B., The Application of the Toyota Production System LEAN 5S Methodology in the Operating Room Setting, Nursing Clinics of North America, 54 (1), 53-79, 2019.
34. Khanna V., 5S and TQM Status in Indian Organizations, The TQM journal, 21 (5), 486-501, 2009.
35. Pheng L., Towards TQM – Integrating Japanese 5-S Principles with ISO 9001:2000 Requirements, The TQM Magazine, 13 (5), 334-341, 2001.
36. Chourasia R., Nema A., Review on Implementation of 5S methodology in the Services Sector, International Research Journal of Engineering and Technology, 3 (4), 1245-1249, 2016.
37. Ünlü A., Gezmişoğlu G., Çağlı G., Supplier evaluation with factor analysis based hybrid SWARA-VIKOR methods, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 38 (4), 2231-2240, 2023.

38. Rençber Ö.F., Gri İlişkisel Analiz ve VIKOR Yöntemlerinin Karşılaştırılması: İmalat Sektörü Üzerine Örnek Bir Uygulama1, Journal of Yasar University, 14 (Special Issue), 69-81, 2019.
39. Supçiller A.A., Bayramoğlu S., Wind farm location selection with interval grey numbers based I-GRA and grey EDAS methods, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (4), 1847-1860, 2020.
40. Uzun G., Analysis of grey relational method of the effects on machinability performance on austempered vermicular graphite cast irons, Measurement 142, 122–130, 2019.
41. Siyambaş Y., Turgut Y., HSLA Çeliğinin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Çap Değişimi ve Çapak Yüksekliği Üzerindeki Etkilerinin Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Araştırılması, Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 8 (2), 320-334, 2020.