

## MOBİLYA ÜRETİMİNDE KULLANILAN ÇOKLU DELİK MAKİNESİ ARIZASININ NEDEN SONUÇ DİYAGRAMI İLE ANALİZİ

Mehmet ÇOLAK<sup>1\*</sup>, Davut ÇİFTÇİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği  
ORCID No: <http://orcid.org/0000-003-4780-587X>

<sup>2</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği  
ORCID No: <http://orcid.org/0009-0000-3756-8079>

| Anahtar Kelimeler                                                                                                     | Öz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neden sonuç diyagramı<br>Çoklu delik makinesi<br>Üretim arızası<br>Yalın üretim<br>İş etüdü<br>Verimlilik<br>Ergonomi | <p>İş etüdü tekniğinin yapılmasının öncelikli amacı verimliliğin arttırılması ve sonucunda maliyetlerin düşürülmesidir. Ayrıca ergonomi ise iş güvenliği, verimlilik ve kaliteyi doğrudan etkileyen yaklaşımdır.</p> <p>Bu çalışma, İşletmelerdeki kayıp zamanların belirlenmesi amacıyla Aydın ilinde faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli mobilya işletmesinde ürün özelliklerinden ve süreç ya da yöntemden kaynaklanan kayıp zamanların bulunması amacıyla üretime kullanılan çoklu delik makinesi verimliliği neden-sonuç diyagramı yöntemiyle analiz edilmeyi amaçlanmıştır. Günde iki vardiyada ortalama 700–800 parça işleyen bu makinede yaşanan arıza, bir haftalık üretim kaybına neden olmuş ve teslimatlar da gecikmelere yol açmıştır. Analiz; ekipman, insan, yöntem ve çevresel faktörler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de benzer yöntemle yapılan çalışmalara karşılaştırmalı değerlendirmeler sunulmuş ve yalın üretim açısından önerilerde bulunulmuştur.</p> |

## ANALYSIS OF MULTI-BORING MACHINE FAILURES IN FURNITURE MANUFACTURING USING A CAUSE-AND-EFFECT DIAGRAM

| Keywords                                                                                                                                       | Abstract                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cause-and-effect diagram<br>Multi-holedrilling machine<br>Production failure<br>Lean manufacturing<br>Work study<br>Productivity<br>Ergonomics | <p>The primary purpose of conducting work study techniques is to increase productivity and consequently reduce costs. Furthermore, ergonomics is an approach that directly affects occupational safety, productivity, and quality.</p> <p>This study aims to analyze the productivity of a multi-hole drilling machine used in production at a medium and large-scale furniture company operating in Aydın province, using cause-and-effect diagrams, to identify lost time caused by product characteristics and processes or methods. A malfunction in this machine, which processes an average of 700-800 pieces per day in two shifts, resulted in a week's production loss and delays in deliveries. The analysis was conducted within the framework of equipment, human, method, and environmental factors, and supported by field observations and employee interviews. Comparative evaluations of similar studies conducted in Turkey using this method are presented, and suggestions are made from a lean manufacturing perspective.</p> |

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Araştırma Makalesi          | Research Article             |
| Başvuru Tarihi : 06.07.2026 | Submission Date : 06.07.2026 |
| Kabul Tarihi : 11.08.2026   | Accepted Date : 11.08.2026   |

\* Corresponding author e-mail: cmehmet@mu.edu.tr

## 1. Giriş

İşletmeler, küreselleşen dünyada birbirleriyle rekabet edebilmek için verimliliği artırmak, üretim maliyetlerini düşürmek, rakipler arasında maliyetlerin önceden hesaplanması büyük öneme sahiptir. Özellikle, maliyetleri düşürmek, üretim durumlarında israfi azaltmak veya bu tekniklerin kullanımı sonucunda sorunun çözülebileceği noktalarda belirlenir (Çolak ve Ulucan, 2012).

Tamir bakım sistemleri üretimde, planlı ve plansız bakım olarak iki dalda incelenir (Biroğul ve Koçer, 2018). Planlı bakım, makinelerde herhangi bir arıza veya bozulma olmadan önce bunu önlemek amacı ile yapılacak bakımdır. Buna koruyucu bakımda denilmektedir. Plansız bakım, makinelerde arıza olduğu zaman yapılan bakımdır. Düzeltici (koruyucu) bakımda denilmektedir (Tekin, 2004).

Tamir bakım faaliyetlerinin üretime etkisi oldukça fazladır. Bu durum üretim akışını, verimliliği ve dolayısıyla maliyetleri etkileyecektir.

Pareto analizi ilk kez ekonomistler tarafından uygulanmasına rağmen günümüzde, sağlık, spor, eğitim, mühendislik, projelendirme, sanayi, yazılım, kalite-kontrol, hesaplama, iş sağlığı ve güvenliği vb. durumda ve süreçte uygulanabilmektedir. Ayrıca pareto analizinin uygulanmasının oldukça kolay olması yöntemi uygulayacak kişiler tarafından sıklıkla tercih edilmesini sağlamıştır. Pareto analizi en fazla zarar veren hata ve risklerin tespit edilmesinin yanı sıra bir iyileştirme programından elde edilen sonuçların izlenmesinde de kullanılabilir. Böylelikle iyileşme etkileri gözlemlenebilmektedir (Kobu, 1996).

Ergonomi, insan ile iş sistemi arasındaki etkileşimleri inceleyen ve bu etkileşimleri optimize etmeyi amaçlayan bilimsel bir disiplindir (IEA, 2023). Ergonominin temel amacı, bireylerin fiziksel ve bilişsel kapasitelerine uygun iş ortamları tasarlayarak hem çalışan sağlığını korumak hem de sistem performansını artırmaktır. Bu bağlamda ergonomi, yalnızca bireysel konforu değil, aynı zamanda iş güvenliği, verimlilik ve kaliteyi de doğrudan etkileyen sistematik bir yaklaşımdır (OSHWiki, 2022).

Üretim, yönetim, eğitim ve sağlık alanlarında kullanılan pareto analizi, önemli sorunlar, hatalar ve riskler üzerinde yoğunlaşmaya yardımcı olması ve öncelik durumlarına göre sıralama sağlaması sebebiyle verimlilik analizi için de önemli bir yöntemdir (Çolak vd., 2013).

Balık kılçığı diyagramı, etkileri ve bu etkileri yaratan veya katkıda bulunan nedenleri sistematik olarak inceleme sağlayan bir analiz aracıdır. (Watson, 2004). İlk kez Kaoru Ishikawa tarafından geliştirildiği için "Ishikawa'nın diyagramı" olarak da

adlandırılmaktadır. Ayrıca sebep-sonuç diyagramı şekli nedeniyle "balık kılçığı diyagramı" olarak bilinmektedir (Simanová ve Gejdoš, 2015: 279).

Bu diyagramın Japon endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte tüm dünyada kalite kontrol ve kalite iyileştirme çalışmaları için kritik bir araç haline gelmiştir (Kenett, 2008: 1). Sebep-sonuç diyagramı ekiplerin, bir sonuca katkıda bulunan birçok neden olduğunu anlamalarını sağlayan ve nedenlerin birbirleriyle ve sonuçtaki etkisiyle ilişkilerini gösteren ve iyileştirme alanlarını belirleyen grafiksel bir süreç analiz yöntemidir (Lau, 2015: 180). Bir sebep-sonuç diyagramının amacı, "etki" ile "nedenleri" arasındaki ilişkiyi inceleyerek karmaşık sorunların analiz edilmesine yardımcı olmaktır (Chandra, 1993: 27).

Mobilya endüstrisinde üretim hatlarının otomasyonu, verimlilik ve kalite artışında kilit rol oynamaktadır. Özellikle hassas delik delme işlemlerinde kullanılan çoklu delik makinelerinde meydana gelen arızalar, üretim sürecinde ciddi aksamalara neden olmaktadır. Bu tür arızaların sistematik şekilde analiz edilmesi, yalın üretim anlayışı çerçevesinde israfın ortadan kaldırılması ve tekrarların önlenmesi açısından büyük önem taşır. Ishikawa (1985) tarafından geliştirilen Balık Kılçığı diyagramı, kök neden analizinde yaygın olarak kullanılan etkili bir araçtır ve mobilya sanayii dahil olmak üzere birçok sektörde başarıyla uygulanmaktadır.

Türkiye'de de bu yöntemin sanayi bağlamında uygulanabilirliğini gösteren çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Kurnaz vd. (2021), otomotiv yan sanayinde kalite problemlerinin kök nedenlerini balık kılçığı diyagramı ile analiz etmişlerdir. Benzer şekilde Yıldız ve Gülmez (2018), tekstil sektöründe üretim duruşlarının nedenlerini incelemiş ve insan, makine ve yöntem faktörlerinin önemini vurgulamışlardır. Çolak vd. (2013), Bursa İnegöl çalışmasında, orta ve büyük ölçekli işletmeler dikkate alınarak mobilya işletme sahipleri ve yöneticilerine faaliyet kaybı, verimliliklerini artırmak ve memnuniyetsizlik, müşteri eğilimleri, hedefler, beklentiler ve fikirleri açısından kaybedilen zamanı değerlendirmek amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Özcan (2006), Çimento fabrikasında meydana gelen üretim duruşlarının sebepleri araştırılarak arıza sebepleri Pareto Analizi ile önem sırasına konmuştur. Timur ve Kılıç (2013), sistem ve altyapısının tasarlanıp işletmede kullanımı gerçekleştirilen bakım modülü, kompleks bakım problemlerini ortadan kaldırmayı hedeflemiştir. Ünver vd. (2025), bakım yönetimi ve bakım planlaması konulu lisansüstü 75 adet tezin bibliyometrik analizi yapmışlardır. Toru ve Yılmaz (2023), Günlük planlanmış bakım ve onarım servis planlaması için zaman pencereli araç rotalama ve personel planlaması incelemişlerdir. Babacan ve

Meran (2019), bakıma yönelik tasarım ve uygulamaları geliştirilmek istemişlerdir. Deste ve Berber (2018), atölye tipi üretim yapan işletmelerde ergonomik açıdan yaşanan sorunların değerlendirilmesine yönelik bir mobilya ve bir tamir bakım atölyesinde örnek olay çalışması yapılmıştır. Gürsoy vd. (2019), endüstri ortamında üretilen büyük veri vasıtasıyla bakım yönetiminin potansiyellerini ve eğilimlerini dinamik olarak yönetmek için kestirimci bakımı araştırılmışlardır. Bu bağlamda, sunulan çalışma Türkiye mobilya sanayii özelinde özgün bir katkı sağlayacaktır.

## 2. Yöntem

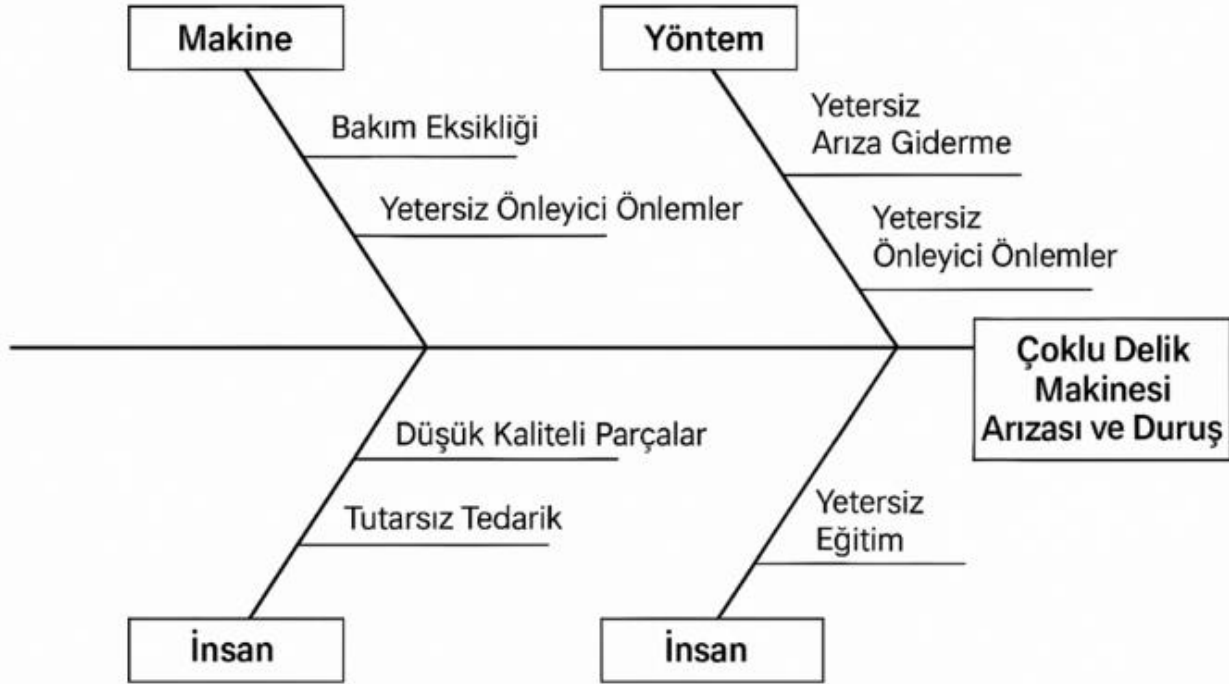
Neden-sonuç diyagramı, problem ve temel nedenler arasındaki ilişkinin grafik bir temsildir (Çolak vd., 2013). Bir sorunu görsel olarak ortaya çıkarmak, nedenleri organize etmek ve kurtarmak için etkili bir yöntemdir (Top, 2009). Sonuçları etkileyen tüm nedenleri gösteren bir neden-sonuç diyagramı ve sonuçları oluşturulur. Sorunu tespit ettikten sonra, bir arada toplanan insanlar hakkında beyin fırtınası yapar ve böylece hatanın olası nedenlerini ortaya koymaya çalışır. Diyagramın sağ tarafındaki sonuçlar veya sol taraftaki sorunlar yazılı nedenlerdir (Özcan,

2006). Balığın omurgasına benzeyen diyagram "Balık Kılçığı Diyagramı" olarak da adlandırılır (Yucel, 2007).

Çalışmada uygulanan yöntem, Balık Kılçığı (Ishikawa) diyagramına dayanmaktadır ve analiz dört ana kategoriye ayrılmıştır:

- **Ekipman:** Pnömatik sistemde conta aşınması, bakım ihmaline bağlı gecikmeler, yedek parça temin süresi
- **İnsan:** Operatör bilgi eksikliği, yetersiz eğitim, dikkatsizlik
- **Yöntem:** Standart dışı bakım prosedürleri, uygulanamaz kontrol listeleri
- **Çevre:** Atölyede yoğun toz, sıcaklık dalgalanmaları, nem

Veriler; makinelerden çıkan parça sayısı ve hatalı parçalarla sınırlıdır, çalışma kapsamında katılımcılardan bir veri toplanmadığı için gerçekleştirilen araştırma etik kurulu onayı gerektirmemektedir. Sorun çözüm ekipleriyle yapılan grup çalışmaları sonucunda neden-sonuç ilişkileri ortaya konmuş ve diyagram oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çoklu Delik Makinesi Arızasına Ait Balık Kılçığı Diyagramı

Diyagram bir kez tüm olası sebep-sonuç ilişkilerini gösterecek şekilde çizildikten sonra; nedenlerin ortaya çıkma ve sorunu belirlemedeki ağırlıkları konusunda veri toplayarak (kanıtlanarak), sorunu oluşturan temel nedenlere inilmelidir.

İki adet işletmede bulunan çoklu delik makinesine ait haftalık üretim verileri aşağıdaki tablolar'da verilmiştir.

**Tablo 1. Birinci Çoklu Delik Makinesi Birinci Hafta Verileri**

| Birinci Delik Makinesi Günlük İşlem Sayısı |     |     |     |     |     |     |          |
|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| Gün                                        | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Ortalama |
| 1. Vardiya                                 | 375 | 400 | 300 | 325 | 355 | 360 | 352,5    |
| Hatalı Parça Sayısı                        | 15  | 10  | 5   | 12  | 5   | 4   | 8,5      |
| 2. Vardiya                                 | 310 | 380 | 372 | 400 | 346 | 335 | 357,17   |
| Hatalı Parça Sayısı                        | 0   | 12  | 2   | 14  | 2   | 15  | 7,5      |

Tablo 1'e göre, makine bazında haftalık üretim verileri incelendiğinde, birinci haftada bir numaralı çoklu delik makinesinin her iki vardiyada da düzenli olarak çalıştığı görülmektedir. Söz konusu makinede birinci vardiyada günlük işlem sayısı 300–400 parça aralığında, ikinci vardiyada ise 310–400 parça aralığında gerçekleşmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında birinci vardiyada 352,5 parça, ikinci vardiyada 357,17 parça üretim yapıldığı

anlaşılmaktadır. Buna göre, bir numaralı makinenin birinci haftadaki toplam günlük üretim kapasitesi yaklaşık 709,67 parça/gün düzeyindedir. Aynı hafta içerisinde hatalı parça sayıları da tamamen ihmal edilebilir düzeyde olmayıp birinci vardiyada ortalama 8,5, ikinci vardiyada ise 7,5 adet civarında gerçekleşmiştir. Bu durum, makinenin çalışır durumda olmasına rağmen kalite performansı açısından da belirli dalgalanmalar içerdiğini göstermektedir.

**Tablo 2. İkinci Çoklu Delik Makinesi Birinci Hafta Verileri**

| İkinci Delik Makinesi Günlük İşlem Sayısı |   |   |   |   |   |   |          |
|-------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|----------|
| Gün                                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ortalama |
| 1. Vardiya                                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0        |
| Hatalı Parça Sayısı                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0        |
| 2. Vardiya                                | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0        |
| Hatalı Parça Sayısı                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0        |

Tablo 2'de görüldüğü gibi, birinci haftada iki numaralı çoklu delik makinesine ait veriler tüm günler ve her iki vardiya için sıfır olarak verilmiştir. Bu durum, ilgili makinenin söz konusu hafta boyunca tamamen devre dışı kaldığını ve üretime hiçbir katkı sağlayamadığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Dolayısıyla birinci hafta için üretim yükünün fiilen

yalnızca bir numaralı makine üzerinde toplandığı anlaşılmaktadır. Bu tür bir durum, yalnızca kapasite düşüşü yaratmakla kalmayıp, aynı zamanda üretim hattında dengesiz yük dağılımına, istasyonlar arasında bekleme ve planlanan üretim miktarlarının gerisinde kalınmasına yol açabilecek niteliktedir.

**Tablo 3. Birinci Çoklu Delik Makinesi İkinci Hafta Verileri**

| Birinci Delik Makinesi Günlük İşlem Sayısı |     |     |     |     |     |     |          |
|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| Gün                                        | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Ortalama |
| 1. Vardiya                                 | 385 | 398 | 387 | 404 | 413 | 375 | 393,67   |
| Hatalı Parça Sayısı                        | 5   | 0   | 7   | 2   | 3   | 1   | 3        |
| 2. Vardiya                                 | 405 | 395 | 423 | 390 | 376 | 377 | 394,33   |
| Hatalı Parça Sayısı                        | 2   | 14  | 13  | 0   | 6   | 2   | 6,17     |

Tablo 3'de ikinci haftadaki verilere bakıldığında, bir numaralı makinenin performansında birinci haftaya kıyasla belirgin bir artış olduğu görülmektedir.

Birinci vardiyada ortalama 393,67 parça, ikinci vardiyada ise 394,33 parça üretim gerçekleştirilmiştir. Böylece makinenin toplam günlük ortalama üretimi yaklaşık 788 parça/gün

düzeyine yükselmiştir. Bu artış, birinci haftaya göre yaklaşık 78 parça/günlük ek üretime karşılık gelmektedir. Hatalı parça sayılarında da azalma dikkat çekmektedir; birinci vardiyada ortalama hata

sayısı 3'e, ikinci vardiyada ise 6,17'ye gerilemiştir. Bu sonuç, ikinci haftada yalnızca çıktı miktarının değil, aynı zamanda kalite performansının da görece iyileştiğine işaret etmektedir.

**Tablo 4. İkinci Çoklu Delik Makinesi İkinci Hafta Verileri**

| İkinci Delik Makinesi Günlük İşlem Sayısı |     |     |     |     |     |     |          |
|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| Gün                                       | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Ortalama |
| 1. Vardiya                                | 255 | 378 | 399 | 404 | 413 | 375 | 370,67   |
| Hatalı Parça Sayısı                       | 0   | 3   | 2   | 5   | 8   | 12  | 5        |
| 2. Vardiya                                | 267 | 435 | 423 | 390 | 389 | 377 | 380,17   |
| Hatalı Parça Sayısı                       | 0   | 4   | 1   | 0   | 3   | 6   | 2,33     |

Tablo 4'te ikinci haftada iki numaralı makinenin yeniden devreye girdiği ve üretime katkı sağlamaya başladığı görülmektedir. Birinci vardiyada günlük işlem sayıları 255 ile 413 parça arasında, ikinci vardiyada ise 267 ile 435 parça arasında değişmektedir. İlk gün değerlerinin diğer günlere göre belirgin biçimde düşük olması, makinenin yeniden devreye alınma, ayar, test veya kısmi kapasiteyle başlatılma sürecine işaret ediyor olabilir. Buna rağmen hafta geneline bakıldığında iki numaralı makinenin yeniden aktif hale geldiği ve toplam üretim kapasitesine anlamlı katkı sunduğu anlaşılmaktadır. Bu makinede hata sayıları birinci vardiyada ortalama 5, ikinci vardiyada ise 2,33 olarak saptanmıştır. Buda, yeniden devreye alınan makinenin üretim çıktısı sağlamakla birlikte özellikle bazı günlerde kalite kararlılığı açısından izlenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Genel olarak tablolar birlikte değerlendirildiğinde, üretim sisteminde yaşanan temel problemin tek bir makinedeki arızanın tüm hattın verimliliğini etkilemesi olduğu görülmektedir. Birinci haftada ikinci makinenin tamamen devre dışı kalması, hattın kapasitesini ciddi biçimde sınırlamış; ikinci haftada ise makinenin tekrar devreye girmesiyle toplam üretim performansında toparlanma meydana gelmiştir. Bu durum, çoklu delik makinelerinin üretim hattında paralel kapasite oluşturan ve birbirini tamamlayan kritik ekipmanlar olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu makinelerden birinde meydana gelen duruş, yalnızca ilgili ekipmanın değil, tüm üretim sisteminin performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Tabloların ortaya koyduğu bir diğer önemli sonuçta, arıza etkisinin yalnızca "üretim adedi düşüşü" ile sınırlı kalmadığıdır. Hatalı parça sayılarındaki değişim, bazı günlerde kapasite baskısı ile kalite performansı arasında da bir ilişki olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle bir makinenin devre dışı kaldığı durumda diğer makinenin yükünün

artması, operatör baskısı, bakım gecikmesi veya süreç dengesizliği nedeniyle kalite sapmalarını da beraberinde getirebilir. Bu nedenle veriler, arızanın hem kapasite hem kalite boyutunda değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

### 3. Bulgular

Çoklu delik makinesine ait haftalık üretim verileri, incelenen arızanın yalnızca ekipman bazlı kısa süreli bir durum oluşturmadığını, üretim hattının genel performansını etkileyen sistematik bir kayıp zaman problemine dönüştüğünü göstermektedir. Birinci ve ikinci hafta için her iki makineye ait verilerin birlikte değerlendirilmesi, arızanın meydana geldiği dönemde planlanan üretim ile gerçekleşen üretim arasındaki farkın belirgin biçimde arttığını ortaya koymaktadır. Özellikle arıza süresince gözlenen üretim azalması, hattın ilgili istasyonunda darboğaz oluştuğunu ve bunun izleyen operasyonlara da yansıtılarak üretim akışında yığılmaya neden olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmada belirtilen bulgulara göre, söz konusu arıza bir haftalık süreçte günlük ortalama 352,5 parça üretim kaybına yol açmıştır. Bu düzeydeki kayıp, makine arızasının yalnızca teknik bakım perspektifinden değil, işletme performansı ve teslimat güvenilirliği açısından da kritik olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, arıza yalnızca ekipmanın çalışmaması ile sınırlı kalmamış; günlük üretim planlarının sapmasına, haftalık hedeflerin gerisinde kalınmasına ve istasyonlar arası üretim dengesinin bozulmasına neden olmuştur.

Balık kılıcı diyagramı ile elde edilen neden-sonuç ilişkileri, sayısal verilerde gözlenen bu üretim kaybının tek bir nedene bağlanamayacağını göstermektedir. Ekipman boyutunda pnömatik sistemdeki conta aşınması ve bakım gecikmeleri ön plana çıkarken; insan faktörü açısından operatörlerin teknik bilgi eksikliği ve müdahale

süresindeki gecikmeler arızanın etkisini büyümüşür. Yöntem boyutunda bakım prosedürlerinin yeterince standartlaştırılmamış olması ve kontrol listelerinin güncel olmaması, arızanın erken tespitini zorlaştırmıştır. Çevresel koşullar bakımından ise atölye ortamındaki yoğun toz birikimi ve değişken ortam koşullarının sensör ve makine performansını olumsuz etkilediği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, haftalık verilerde gözlenen düşüşler yalnızca mekanik bir bozulmanın sonucu değil; bakım, insan, yöntem ve çevre boyutlarının birbirini beslediği bütünleşik bir sistem sorununun çıktısı olarak değerlendirilmelidir.

Elde edilen bulgular, çoklu delik makinesinin üretim hattında kritik bir istasyon işlevi gördüğünü de ortaya koymaktadır. Kritik istasyonlarda meydana gelen arızaların etkisi, yalnızca ilgili makinenin kapasite kaybı ile sınırlı kalmamakta; hattın tamamında çevrim süresini uzatmakta, ara stok birikimine neden olmakta ve teslim sürelerini olumsuz etkilemektedir. Bu yönüyle incelenen arıza, yalın üretim anlayışında tanımlanan bekleme, gereksiz hareket, dengesiz akış ve kapasite kaybı gibi israf türleriyle doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla çalışma, bakım kaynaklı bir teknik problemin aynı zamanda önemli bir üretim verimliliği problemi olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Analiz sonucunda şu temel bulgular elde edilmiştir:

*Ekipman:* Pnömatik sistemdeki conta aşınması, periyodik bakım planlarında yer almadığı için arızanın büyümesine neden olmuştur.

*İnsan:* Operatörün teknik bilgi eksikliği arızanın tespiti ve müdahalesinde gecikmelere yol açmıştır.

*Yöntem:* Mevcut bakım prosedürlerinin belirsizliği ve kontrol listelerinin güncel olmaması, teşhis sürecini aksatmıştır.

*Çevre:* CNC atölyesindeki yoğun toz birikimi, makine sensörlerinin performansını olumsuz etkilemiştir.

Bu bulgular, Yıldız ve Gülmez'in (2018) çevresel faktörlerin üretim verimliliği üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin sonuçlarıyla da örtüşmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Gittikçe artan yoğun rekabet ortamı ve gelişen teknoloji ile birlikte hayatta kalmak isteyen işletmelerin tümü, tüketicilerin rakip ürün ve hizmetler arasında seçim yaparken dikkate aldığı en önemli unsurlardan biri haline gelen kalite kavramını önemsemek ve iyileştirmek mecburiyetindedir.

Endüstri 4.0'a dair çalışmalar yapılması, gelişen teknoloji karşısında ülke sanayisinin gelişimine katkı bulunacak. Bu sayede diğer ülkelerin sanayileri ile olan rekabette olumlu bir ivme kazanılmasına

yardımcı olunacak ve önleyici bakım uygulamaları, geçmiş verileri kullanarak gelecekteki sonuçları tahmin etmemizi neden olacak, makine arızalarının canlı takibi için veri kalitesinin iyileştirmesini sağlayacaktır.

Ergonomi, modern iş yerlerinde sadece bir gereklilik değil, aynı zamanda iş gücünün sağlığını ve verimliliğini artırmanın temel bir aracı olarak değerlendirilmektedir.

Tamir bakım uygulamasının başarısı için iyi bir tamir bakım biriminin olması gerekmektedir. Sistemin aksamadan çalışmasını sürdürmek için tamir bakım belli bir program dahilinde yürütülmesi gerekmektedir. Bu program arızaları en düşük seviyede tutacak planlı bakımlardan oluşmalıdır.

Balık Kılıcı diyagramı yöntemiyle yapılan bu analiz, çoklu delik makinesi arızasının kök nedenlerinin sistematik biçimde ortaya konmasını sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, üretim kayıplarının tek bir nedenden değil, birbirine bağlı birçok etkenden kaynaklandığını göstermiştir. Bu doğrultuda öneriler aşağıda sunulmuştur:

- Pnömatik sistem bileşenleri için detaylı bakım protokolleri oluşturulmalıdır.
- Operatörlerin teknik yeterliliğini artıracak düzenli eğitim programları uygulanmalıdır.
- Günlük kontrol listeleri güncellenmeli ve uygulanmaları denetlenmelidir.
- Atölye temizliği ve havalandırma sistemleri iyileştirilmelidir.

Bu çalışma, Türkiye imalat sanayinde sistematik problem çözme araçlarının etkinliğini ortaya koymakta ve yalın üretim ile TPM uygulamalarına katkı sağlamaktadır. Ulusal düzeyde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Balık Kılıcı analizi hem operasyonel iyileştirme hem de eğitim planlaması açısından değerli çıktılar sunmuştur.

Elde edilen veriler, çoklu delik makinesi arızasının işletme açısından kritik bir darboğaz etkisi yarattığını, üretim planlarını bozduğunu ve üretim sisteminin sürekliliğini zayıflattığını göstermektedir. Söz konusu arıza, istasyonlarda meydana gelen kriz nedeniyle üretim sürecinde bir yığılmaya sebep olmuştur. Neticede hem zaman kaybı yaşanmış hem de günlük ve haftalık üretim planları arasında uyumsuzluk oluşmuştur. İkinci haftadaki toparlanma ise bakım, müdahale ve yeniden devreye alma faaliyetlerinin üretim performansı üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır. Bu yönüyle tablolar, balık kılıcı diyagramı ile belirlenen ekipman, insan, yöntem ve çevre kaynaklı nedenlerin sayısal çıktılar üzerindeki etkisini destekleyen nicel kanıt niteliğindedir.

Sonuç olarak, haftalık üretim verileri ile neden-sonuç diyagramından elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, çoklu delik makinesi arızasının öngörülebilir ve önenebilir nitelikte bir kök neden yapısına sahip olduğu söylenebilir. Bu durum, önleyici bakım uygulamalarının güçlendirilmesi, operatör eğitimlerinin artırılması, bakım ve kontrol prosedürlerinin standartlaştırılması ve çalışma ortamı koşullarının iyileştirilmesi halinde benzer kayıpların önemli ölçüde azaltılabileceğine işaret etmektedir. Bu açıdan çalışma, yalnızca mevcut arızanın açıklanmasına değil, aynı zamanda işletmede sürdürülebilir verimlilik artışı sağlayacak iyileştirme alanlarının belirlenmesine de katkı sunmaktadır.

### Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada veri toplama sürecindeki katkılarından dolayı OR-GE Grup A.Ş.'ye müteşekkirdir.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

- Almeanazel, O. T. (2010). Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(4), 517-522.
- Babacan, U.C., Meran, C. (2019). Bakıma Yönelik Tasarım ve Uygulamalar, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 60(695), s.119-131.
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J., Ait-Kadi, D. (2009). *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Springer.
- Biroğul, S., Koçer, K. (2018). Web ve Mobil Tabanlı Bakım Onarım ve Varlık Yönetim Sisteminde Ön Bellekleme Yaklaşımları. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(4), 579-589.
- Chandra, M. (1993). Total Quality Management in Management Development. *Journal of Management Development*, C:12, No:7, s.19-31.
- Çolak, M., A. Ulucan, (2012). Mobilya Endüstrisinde Karlılığı Etkileyen Faktörlerin UTADİS Yaklaşımı ile Belirlenmesi. *Sosyo Ekonomi Dergisi*, No.2012-1/120111, s.249-262.
- Çolak, M., Cetin, T., Yılmaz, Y., Yıldız, T., Korkmaz, Y. (2013). Furniture Industry in Turkey Due to Product and Process Additional Work or The

Scope of The Method. *Asian Economic and Financial Review*, Vol. 3(7), p.817-830.

- Dal, B., Tugwell, P. Greatbanks, R. (2000). Overall Equipment Effectiveness As A Measure of Operational Improvement – A Practical Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488-1502.
- Deste, M., Berber, G. (2018). Atölye Tipi Üretim Yapan KOBİ'lerde Ergonomi: Mobilya ve Tamir Bakım Atölyeleri Örneği, İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 7(1), s.80-.
- International Ergonomics Association [IEA]. (2023). Definition and domains of ergonomics. Erişim Tarihi: 20.03.2026, Url: <https://iea.cc/about/what-isergonomics/>.
- Ishikawa, K. (1985). *What Is Total Quality Control The Japanese Way*. Prentice-Hall.
- Kenett, Ron S. (2008). Cause and Effect Diagrams. *Encyclopedia of Statistics in Quality and Reliability*, s.1-5.
- Kurnaz, A., Özdemir, A., Şahin, R. (2021). Otomotiv Yan Sanayinde Kalite Problemlerinin Nedenlerinin Balık Kılçığı Diyagramı ile Analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 45-53.
- Kobu, B. (1996). Üretim Yönetimi. (9.Baskı). Avcıol Basım. İstanbul.
- Lau, Catherine Y. (2015). Quality Improvement Tools and Processes. *Neurosurgery Clinics*, C:26, No:2, s.177-187.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- OSHWiki. (2022). Ergonomics. European Agency for Safety and Health at Work. Erişim Tarihi: 20.03.2026, Url: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/ergonomics>.
- Simanová, L., Gejdoš, P. (2015). The Use of Statistical Quality Control Tools to Quality Improving in the Furniture Business. *Procedia Economics and Finance*, C:34, s.276-283.
- Tekin, M. (2004). Üretim Yönetimi. Detay Yayıncılık.
- Timur, M., Kılıç, H. (2022). İşletmelerde Bakım Onarım Süreci için Yenilikçi Bakım Modülü. *Akıllı Sistemler Dergisi*, 1(1), s.1-13.
- Top, S. (2009). *Sürekli İyileştirme Bağlamında Toplam Kalite Yönetimini Anlamak*. Beta yayınları.
- Toru, E., Yılmaz, G. (2023). A Multi-Depot Vehicle Routing Problem With Time Windows For Daily Planned, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(8), s.913-919.

- Özcan, S. (2006). Pareto analiz: istatistiksel süreç kontrolü teknikleri ve çimento endüstrisinde uygulamalar. *Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:2, Sayı: (2).
- Ünver, G.M., Güven, E., Pınarbaşı, M., Eren, T. (2025). Bakım Yönetimi ve Bakım Planlaması Konulu Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), s.15-30.
- Watson, G. (2004). *The Legacy Of Ishikawa. Quality Progress* 37(4), 54-47.
- Yıldız, G., Gülmez, T. (2018). Tekstil Sektöründe Üretim Duruşlarının Nedenlerinin İncelenmesi: Ishikawa Diyagramı Yaklaşımı. *Tekstil ve Mühendis*, 25(113), 32-39.