



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Endüstride Pet Şişe Üretiminde Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Önerileri

 Mustafa TİMUR<sup>a</sup>,  Halil KILIÇ<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup>Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Makine Programı, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: halil.kilic@klu.edu.tr

DOI:10.29130/dubited.927525

### ÖZ

Plastik ürünlerin imalat sürecinde kullanılan yaygın yöntemlerden biri de enjeksiyonla kalıplama yöntemidir. Enjeksiyonla kalıplama sürecinde aralarında karmaşık ilişkiler bulunan parametrelerle birçok performans göstergesinin olması, süreci daha karmaşık hale getirmekte ve son ürünlerin kalitesini büyük oranda etkilemektedir. Endüstride ortaya çıkan sorunların çözümü için görünür nedenlerinden çok kök nedenlerine ulaşılması, doğrudan üretim kalitesini ve rekabet gücünü etkilemektedir. Genel hataların belirlenmesi ile hataların zamanında önlenerek sonraki üretim süreçlerine yansımaları engellenebilir. Bu nedenle üretim süreçlerinde makinelerde planlı bakım sürecinin oluşturulmasının yanında, proses kontrolü ve optimizasyon tekniklerine de gereksinim vardır. Bu çalışmada, pet şişe üretim endüstrisinde meydana gelen hatalı ürünlerin sayısının azaltılması amacıyla çözüm teknikleri geliştirilmiş ve üretim hattına uygulanmıştır. Üretim hattında yapılan düzenlemeler sonrasında, hatalı ürün oluşumunda ve iade miktarında iyileşme sağlanmıştır. Bu yaklaşım ile karmaşık endüstriyel üretim ortamının esnek olarak yönetilebilmesi için hataların süreç içinde belirlenerek üretimden kaynaklı sorunların azaltılabileceği öngörülmektedir. Ayrıca işletmelerin üretim maliyetlerinde elde edilecek önemli azalmalarla rekabet gücünün de artacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Pet şişe, Hatalı ürün, Çözüm

## Problems Encountered in Pet Bottle Production in the Industry and Solution Suggestions

### ABSTRACT

One of the common methods used in the manufacturing process of plastic products is injection molding. The fact that there are many performance indicators with parameters with complex relationships in the injection molding process makes the process more complex and greatly affects the quality of the final products. Reaching the root causes rather than the apparent reasons for the solution of the problems arising in the industry directly affects the production quality and competitiveness. By determining general errors, errors can be prevented in a timely manner and their reflection on subsequent production processes can be prevented. For this reason, besides the creation of a well planned maintenance process in the production processes in the industry, there is also a need for process control and optimization techniques. In this study, solution techniques have been developed and applied to the production line in order to reduce the number of defective products in the plastic bottle production industry. After the adjustments made in the production line, improvements were achieved in the formation of defective products and the amount of returns. After the revises made in the production line, improvements were achieved in the formation of defective products and the amount of returns. With this approach, it is predicted that the problems arising from production can be reduced by identifying the errors in the process in order to manage the complex industrial production environment flexibly. It is thought that the competitiveness of the enterprises will increase with the significant reductions in production costs.

## **I. GİRİŞ**

Son yıllarda birçok üretim endüstrisinde polimer ürünlerin kullanımındaki artış, bu endüstrilerde kaliteli ürünlerin hızlı üretim gereksinimini de beraberinde getirmiştir [1]. Enjeksiyonla kalıplama, karmaşık geometrilere sahip parçaların yanı sıra çeşitli şekil ve boyutlarda parçalar üretmek için kullanılır. Plastik enjeksiyon kalıplama (PIM), plastik parçaların üretimi için uygulanan en yaygın işlemlerden biridir [2]. PIM, yüksek basınç altında ve yüksek hızlarda kalıbın sıcak eriyik ile doldurulduğu döngüsel bir süreçtir. Bunu, ortaya çıkan formun kalıp içinde soğutulması ve son aşamada ürünün kalıptan çıkarılması izler. Bu döngü tipik olarak yaklaşık 20 sn sürer [3].

Plastik ürünlerin imalat sürecinde, hammadde, makine, kalıp, konstrüksiyon, işlem parametresi ve insan kaynaklı birçok problem ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Bu süreçlerde sıcak şekillendirme uygulandığından yüzey, renk ve boyut kusurlarının görülmesi kaçınılmaz olmaktadır. Plastik hammadde ısıtılarak şekillendirildiğinden oluşabilecek yüzey problemleri sıcaklık, soğuma hızı, hattın çalışma hızı, titreşim, hava akımı ve tezgâhların fiziksel durumunda kaynaklanabilmektedir. Renklenme hataları ise boyar madde miktarları, aşırı sıcaklıklar veya ultraviyole ışın kaynakları gibi nedenlerden oluşabilmektedirler. Boyut problemleri ise genişleyen plastiğin soğuması esnasında büzülme miktarının formüldeki değişimlerden etkilenmesi veya sıcak plastiğin titreşim ve hattın hızı gibi faktörlerin etkisi ile meydana gelmektedir.

Günümüz imalat sektörü, gelişen teknolojiye ayak uydurarak kitlesel özelleştirmeyi başarmayı hedeflemektedir. Bunun sağlanabilmesi, kullanılan teçhizat veya tezgâhların işleme esnekliğine ve verinin doğru yönetilebilmesine bağlıdır. Esnek çalışma durumlarına uyum sağlayabilen üretim sistemlerinde, verinin doğru ve etkili yönetimi başarılı sonuçlar elde etmek için hayati öneme sahiptir. Bununla birlikte, üretim sürecinde ve sonrasında olmak üzere birçok aşamada hata ya da kusur olarak nitelendirilebilecek birçok sorun oluşmaktadır [4],[5]. Shingo'ya göre, üretim sürecinde çeşitli nedenlerle oluşan hata ve kusurlar birbirinden farklıdır. Hatalar kaçınılmaz fakat kusurlar önlenilebilir sorunlardır. Tüm bunlarla birlikte hatalar için önemli olanın kök nedenleri bulmak ve ortadan kaldırmak için uyarıcı ve önleyici sistemlerin kurulması gerektiği belirtilmektedir [6].

Sun ve ark., [7] yapmış oldukları çalışmada, kalıp soğutma süresini kısaltmak için farklı soğutma kanalları oluşturmuştur. Soğutma süresinin, enjeksiyon kalıbı üzerindeki enjeksiyon konumunun uygun yere konumlandırılmasıyla azaltılabileceği belirtilmiştir [8]. Mercado ve ark., [9] plastik parçanın geometrisine dayalı olarak enjeksiyon kalıplarında soğutma sisteminin otomatik tasarımı için yeni bir algoritma geliştirmiştir. Tang ve ark., [10] plastik enjeksiyon kalıplarında soğutma kanallarının en uygun yerleşimine yönelik bir çalışma yapmışlar ve soğutma sistemi için bilgi tabanlı bir yaklaşım geliştirmiştir. Lin, [11] yaptığı çalışmada, serbest şekilli bir plastik ürün için en uygun soğutma sistemi tasarımını sinir ağları yöntemi ile oluşturmuştur. Zhou ve ark., [12] plastik enjeksiyon kalıplarında soğutma sisteminin otomatik yerleşimine yönelik bir çalışma yapmıştır. Avunduk, ve ark., [13] pet şişirme makinelerinde farklı yöntemlerle iyileştirme süreci, Brandau, [14] enjeksiyon şişirme makinelerinin donanımı, Bayram ve ark., [15] şişirme makinelerinde fırın optimizasyonu üzerine çalışmalar yapmıştır. Plastik enjeksiyon alanında yapılan birçok çalışma, üretim verimliliğini arttırmak adına soğutmayı iyileştirerek döngü süresinin (cycle time) en aza indirilmesine odaklanmıştır. Plastik şişirme kalıplama ile üretimi yapılan ürünlerin üretim süreçleri, son ürün ve karşılaşılan problemlerin daha fazla araştırılması gereken unsurlar olduğu görülmektedir.

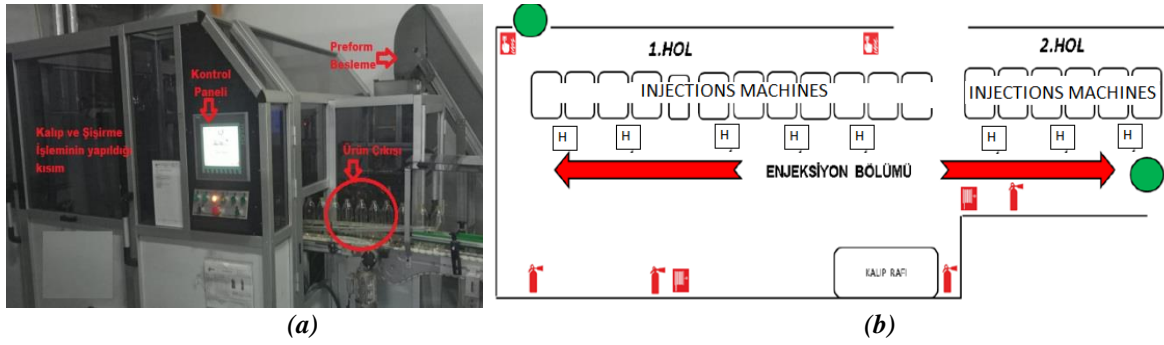
Plastik enjeksiyonla şişirme sürecinde, birçok parametre ve performans göstergesi çıkan son ürünün kalitesini etkilemektedir. Oluşan herhangi bir hata sonucunda sisteme müdahale sürecinin uzunluğu, makine, malzeme ve iş gücü kayıplarından dolayı toplam üretim maliyetlerini etkilemektedir. Üretim esnasında meydana gelen hatalar son kullanıcıya ulaştıktan sonra telafisi oldukça zor ve maliyeti yüksek olabilmektedir [5]. Üretim kayıplarının sistemli bir şekilde tanımlanarak ortadan kaldırılması

verimliliği etkileyen etkenlerin başındadır. Kaliteli üretim ve rekabet gücünü sürdürebilmek için proses ve teçhizatlar sürekli olarak optimize edilmek durumundadır. Bu çalışmada; plastik endüstrisinde pet şişe üretimi esnasında ortaya çıkan problemler incelenmiş olup, işletmedeki üretim verimliliğinin devamı bakımından, üretim hataları ve kusurlarının azaltılmasını amaçlayan bir yaklaşım ile uygulama örnekleri ve çözüm önerileri ele alınmıştır.

## II. MATERYAL VE METOT

### A. PET ŞİŞE ÜRETİM HATTI

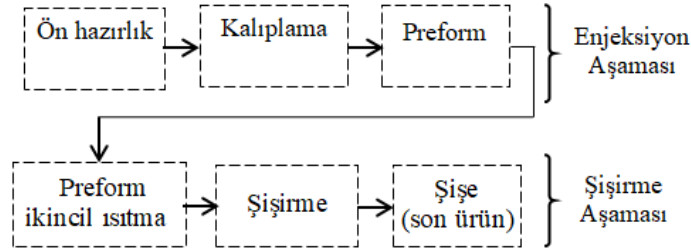
Çalışma kapsamında, işletmede kullanılan ve incelemesi yapılan pet şişirme makinesine ait kısımlar ve makinelerin enjeksiyon bölümündeki yerleşim planı Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1.(a) Pet şişe üretim makinesi ve (b) Enjeksiyon hattı yerleşim planı

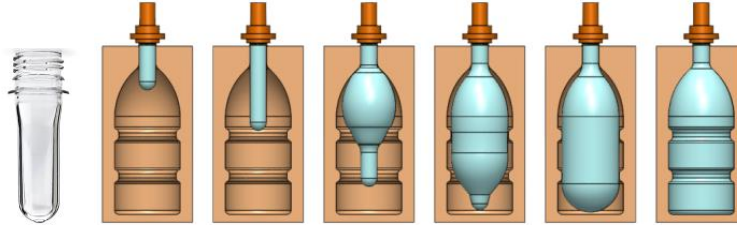
### B. ÜRETİM PROSESİ

Pet şişe üretimi iki adımlı bir proses ile gerçekleştirilmiştir. Bu adımlar plastik enjeksiyon ve arkasından şişirme ile devam eden süreçtir. Şekil 2’de üretim aşamaları görülmektedir.



Şekil 2. Pet şişe üretim aşamaları

Granül halde bulunan ve neme duyarlı olan pet malzeme, hava kurutucu sistemler ile içindeki nemi ayrılan sıcak hava sisteme aktarılarak enjeksiyon öncesi kurutma işlemi uygulanır. Kurutulan ham malzeme atmosfere maruz kalmadan enjeksiyon kalıplama için enjeksiyon makinesine aktarılır. Enjeksiyon aşaması, ısıtılıp eritilen hammaddenin yüksek basınç altında ve yüksek hızlarda kalıba doldurularak preform olarak isimlendirilen şişenin ilk halinin üretildiği döngüsel süreç olarak gerçekleşir. Bunu, oluşan preformun aktif su soğutmalı kalıp içinde soğutulması ve son aşamada ürünün kalıptan çıkarılması takip eder. Enjeksiyon işleminden sonra infrared ısıtıcılı fırın içerisinde ortalama 110°C sıcaklıkta ikincil bir ısıtma işlemi uygulanan preforma, şişirme makinesinde basınçlı hava yardımıyla su soğutmalı kalıplarda son şeklinin verilmesi esasına dayanır. Şekil 3’te şişe oluşumundaki preform şişirme aşamaları, Tablo 1’de ise şişirme parametreleri görülmektedir.



*Şekil 3. Preform şişirme aşamaları*

*Tablo 1. Şişirme parametreleri*

Parametre	Değer
Enjeksiyon basıncı (bar)	100-120
Enjeksiyon tutma basıncı (bar)	35-75
Silindir-meme sıcaklığı (°C)	140-230
Preform sıcaklığı (°C)	110
Enjeksiyon hızı (mm/dk)	20-100
Ön şişirme / şişirme basıncı (bar)	4-8 / 10-20
Kalıp kilitleme basıncı (bar)	30-50

### III. DENEYSEL ÇALIŞMA

#### **A. PET ŞİŞE ÜRETİMDE TESPİT EDİLEN HATALAR**

Bu bölümde, işletmede pet şişe üretiminde oluşan hatalı ürünler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda belirlenen hata türleri ve çözüm teknikleri uygulama örnekleriyle ele alınmıştır.

##### **A.1. Yabancı Madde**

Preform kalitesi doğrudan üretilen şişenin kalitesini belirlemektedir. Preform üretiminde preform içerisinde oluşabilecek yabancı maddeler şişe üretiminde istenmeyen durumlara neden olmaktadır. Şekil 4'te görülen hatalı ürünler üzerinde yapılan incelemelerde, hammadde kaynaklı bulaşmalar (hammadde yanığı, erimemiş çapak), makine kaynaklı fiziksel veya kimyasal bulaşmalar (yağ, mekanik aksam veya parça düşmesi), personel kaynaklı bulaşmalar (saç, kulaklık parçası, düğme, yiyecek artığı) gibi yabancı madde kaynaklı kusurların üretimi olumsuz etkilediği belirlenmiştir.



*Şekil 4. Yabancı madde kaynaklı hatalar*

Bu tip hataların azaltılması için; preform üretimi sırasında oluşan yanık ve siyah lekeye neden olan faktörler ortadan kaldırılmalıdır. Üretim esnasında hidrolik üniteye meydana gelen basınç belirli aralıklarla piston içerisindeki sızdırmazlık elemanlarını aşındırmaktadır. Bu nedenle parçalanmış elemanlar sistem içerisine girmekte ve hammaddeye karışarak son ürünlerde siyah lekeler

oluşturmaktadır. Bu aşamada özellikle makine ve kalıp bakımları düzenli yapılarak risk oluşturabilecek parçalar belirli periyodlarla kontrol edilmeli ve üretimin her aşamasında GMP(GoodManufacturingPractices) iyi üretim kurallarına dikkat edilmelidir.

## A.2. Dağılım (Form) Bozukluğu

Dağılım bozukluğu oldukça önemli olan bir faktördür. Doğrudan ürün yapısını etkileyecek olup hem dolum esnasında hem de üretim sonrası işletmelerde büyük zararlara neden olacaktır. Pet şişe üretim esnasında ürün makine çevrim süresinin iyi ayarlanamaması, taban kayması sonucu bölgesel zayıflık, proses ayar hatası sonucu gövde et kalınlığının zayıf kalması, preform yapısı nedeniyle proses ayarının düzgün yapılamaması nedeniyle dağılım problemleri meydana gelmektedir. Şişe üretiminde en çok görülen problemlerden biri olan dağılım sonucu üzerinde çökme meydana gelmiş hatalı ürün Şekil 5'te görülmektedir.

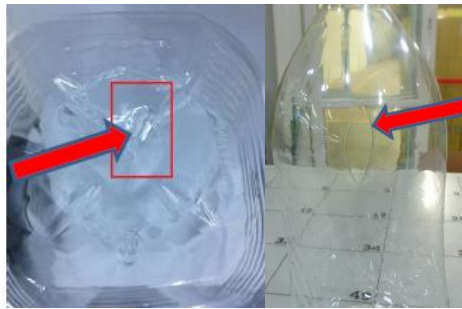


Şekil 5. Dağılım sonucu çökme

Bu durumun en aza indirilmesi için aşağıdaki uygulamalara dikkat edilmeli ve sıralanan başlıklara göre düzeltmelerin yapılması önerilmektedir. Dağılım problemlerinin çözümünde, şişe yapısına uygun preform kullanılmalı, makine Strechroot veya basınç ayarları kontrol edilerek yeniden yapılandırılmalı ve personelin teknik eğitim gereksinimleri belirli periyotlarla kontrol edilmelidir.

## A.3. Delik

Preform şişirme esnasında meydana gelen ve hiç olmaması gereken temel kusurlardan bir tanesi kılcal boşlukların neden olduğu delik oluşumudur. Şekil 6'da şişirme esnasında üzerinde delik oluşmuş hatalı ürünler görülmektedir.



Şekil 6. Şişirme sonucu delik oluşumu

Bu olumsuz durumun nedenleri, makine topacının stretch çubuğuna temas eden yüzeyinin hasarlı olması, stretch çubuğunun eğri basması, taban ısılarının çok düşük olması, stretch çubuğunun ayar mesafesinin düşük olması (topaca vurma) ve preformenjeksiyon noktasının bozuk olması şeklinde sıralanabilir. Bu problemlerin çözümünde şu öneriler sırayla uygulanmalıdır. Stretch çubuğu ve tabanlar kontrol edilmeli, preform ısıları el ile kontrol edilmeli, stretch çubuğu ayarı ve kontrolü hassas yapılmalı, özellikle kış aylarında oktabin değişiklikleri yapılırken haznede bulunan bir önceki oktabine ait preformlar tamamen bittikten sonra bir sonraki oktabinden yükleme yapılmalıdır. Makine

kontrollerinde ise ısıtıcı lambalara kesinlikle temas edilmemeli, ısıtıcı fırının titreşimli çalışması engellenmeli ve sistem basıncı mümkünse sabitlenerek sık sık kontrol edilmelidir.

#### A.4. Dolum Seviyesi

Pet şişeler imalat resimlerinde belirtilen dolum seviyelerine uygun olarak üretilmek zorundadır. Aksi takdirde şişe dolum seviyesinin değişmesine neden olur. Şekil 7’de hatalı dolum seviyesine sahip ürün görülmektedir.



Şekil 7. Hatalı dolum seviye çizgisi

Bu hatanın oluşum nedenleri arasında, proses/kalıp soğutma suyunda problem olması sonucu şişelerin yeteri kadar soğutulamaması, sıcak havalarda ürünlerin uzun süre depoda bekletilmesi, preform ısısının gerekenden ideal seviyede olmaması, hava kompresörlerinde basınç dalgalanmaları sonucu hava basıncının düşüklüğü ve ürünlerin güneş ışığına direk ve uzun süre maruz kalması gösterilebilir.

Bu problemin çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir. Üretim esnasında chiller soğutma sistemi yakından takip edilerek optimum seviyede çalışması sağlanmalı, özellikle yaz aylarında yüksek miktarda stok yapılmamalı, hacim düşük ise tüm ısılar artırılmalı, yüksek ise düşürülmeli, basınç dalgalanmalarından dolayı kompresör hava basıncı belirli aralıklarla kontrol edilmeli, elektrik dalgalanması veya kesilmesi durumlarında ürünler blokeye alınarak kontrol edilmeli, ürünlerin kapalı ve serin ortamda depolanması sağlanmalıdır.

#### A.5. Ağızda Açma

Üretim esnasında çeşitli sebepler sonucunda ağız kısmında bozulma meydana gelen ürün Şekil 8’de görülmektedir. Bu problemin oluşum sebepleri, şişirme esnasında pinoleninpreforma aşırı baskı yapması sonucu ağızda genişleme oluşması ve preform boğazının sıcak kalması sonucu iç basıncın şişe ağzını açması olarak sıralanabilir. Bu hata oluşumunun en aza indirilebilmesi için, üretim başlangıcında pinole kontrol edilerek yukarıya kaldırılmalı ve fırın lamba ayarı yapılırken, preform boğazı aşırı ısınmayacak şekilde malzemeye uygun olarak ayarlanmalıdır.



Şekil 8. Şişe ağzında açma



## A.6. Kılcal Çatlak

Hatalı üretim sonucunda yüzeyinde kılcal çatlak oluşmuş son ürün Şekil 9'da görülmektedir. Bu problem, preform tabanının soğuk kalması, stretch milinin tabana aşırı baskı yapması, stretch milinin uç kısmında yaranma olması ve preformenjeksiyon noktasının bozuk olması sonucu meydana gelebilmektedir. Bu problemin çözümünde ise preformun taban ısı artırılmalı ve stretch mili kontrol edilerek mil ayarı uygun seviyeye getirilmelidir.



Şekil 9. Kılcal çatlak oluşumu

## A.7. Ağız Deformasyonu

Ağız kısmında deformasyon meydana gelen hatalı son ürün Şekil 10'da görülmektedir. Bu problemin oluşumunda, şişe taşıyıcı kollarının ayarsız olması, kalıpta veya topaçta istenmeyen çapak ve yaraların bulunması, çıkış kollarının şişeyi konveyöre sağlıklı bırakamaması, preform üretimi sırasında boğaz kısmının deforme olması ve kalıp boğaz parçalarının deforme olması veya yanlış takılması gibi nedenler sıralanabilir. Bu problemin çözümünde, taşıyıcı kolların hareket ayarı kontrol edilerek tekrar yapılandırılmalı, kalıp ve topaç yüzeyleri kontrol edilmeli, çıkış ayarı tekrar gözden geçirilmeli ve preformlar kontrol edilerek hata oranı yüksek oktabinlerin bloke edilmesi etkili öneriler arasındadır.



Şekil 10. Şişe ağzında deformasyon

## A.8. Beyazlama (Yanma)

Üretim esnasında preform ısılarının tümüyle veya bölgesel olarak uygun olmaması sonucu şişe yüzeyinde beyazlanma oluşmuş son ürün Şekil 11'de görülmektedir. Preform ısılarının düşük olması durumunda, genellikle köşe ve tabanlarda kristalleşme, yüksek olması durumunda ise bölgesel olarak veya tümüyle flulaşma-sedefleşme meydana gelir. Böyle bir problemin çözümünde, ısı ayarı (şişe üzerindeki görüntüye göre) bölgesel veya tümüyle artırılmalı, kış aylarında preformoktabinlerinin art arda beslenmesinde sorun yaşamamak için ortam ısısında stoklanma sağlanmalı ve beyazlamanın içten veya dıştan olduğu durumlar tespit edilerek, dıştansa proses ayarlarına, içten ise ortam nem dengesizliği olduğu düşünülerek gerekli nem azaltıcı (nem alma cihazı, klima vb) müdahaleler yapılmalıdır.



Şekil 11. Şişe yüzeyinde beyazlama

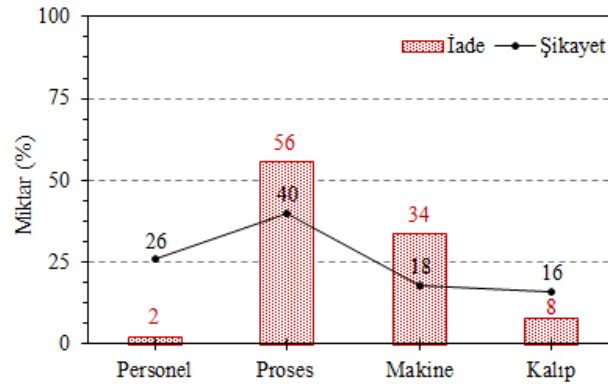
## IV. ARAŞTIRMA BULGULARI

İşletmenin pet şişe üretiminde karşılaştığı, Bölüm 3’te belirtilen problemler adet sayılarıyla birlikte Tablo 2’de özetlenmiştir. Ortaya çıkan problemler üretimde iade nedenlerini oluşturmaktadır. Bu durum üretim verimliliğini, maliyetleri dolayısıyla müşteri davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Tablo 2. Üretimde oluşan hataların 2020 yılı içerisindeki dağılımı

No	Hata tanımı	Şikâyet sayısı	İade adedi
1	Yabancı madde	28	6.368
2	Dağılım bozukluğu	22	132.221
3	Delik	17	54.924
4	Dolum seviyesi	16	55.971
5	Ağızda açma	11	24.605
6	Kılcal çatlak	3	57.380
7	Ağız deformasyonu	6	3.289
8	Beyazlama	5	193

Tablo 2’de tanımlanan başlıklar incelendiğinde, üretimde oluşan hataların 2020 yılında oluşturduğu müşteri şikayet ve ürün iade oranları Şekil 12’de görülmektedir. Bu hatalara sebep olan etmenlerin başında ise proses ve makine kaynaklı hataların geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 12. Üretim hatalarına sebep olan etmenlerin dağılımı

Tablo 3’te, işletmenin 2019 yılındaki ve iyileştirme çalışmalarının yapıldığı 2020 yılındaki üretim ve ürün iade miktarları görülmektedir. Yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda, işletmenin son ürünleri içindeki hatalı ürün miktarında bir önceki yıla kıyasla azalma görülmüştür. Ancak hata oranı



sıfırlanamamıştır. Bunun nedeni olarak yıl içerisinde aynı makinede farklı tür ürünlerin üretiliyor olması ve her birinin kalıp, proses ve makine üretim parametrelerinin değişiyor olması gösterilebilir. Her ürünün sabit bir makinede üretilmemesi makine ve proses bazlı yapılan iyileştirmeleri bir sonraki üretimde etkilemektedir. Bunun nedeni olarak işletmelerin yıl içerisinde mali açıdan kendilerini destekleyecek farklı firmalarla çalışmak istemeleridir. Bu durum üretim hattında yapılan iyileştirmelerin etki oranını değiştirmektedir. Üretimde meydana gelen hataların makine ve teçhizat kaynaklı olmasının yanında personel kaynaklı da olması, üretim için teknik eğitim sürecini tamamlamış insan gücüne ihtiyaç olduğu sonucunu da ortaya çıkarmaktadır.

**Tablo 3.** 2019 ve 2020 yıllarındaki üretim ve iade adedi

	2019	2020
Üretim adedi	648.521.451	645.843.472
Hatalı ürün iade adedi	1.293.440	334.951
İade oranı (%)	0.20	0.05

## **V. SONUÇ**

Bu çalışmada, pet şişe imalatı yapan bir işletmenin son ürünlerinde meydana gelen hatalı ürünlerin sayısının azaltılarak, ürün kalitesini arttırmak amacıyla çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu öneriler doğrultusunda üretim prosesi ve teçhizatlarında bir dizi düzenlemeler yapılarak üretim hattı optimize edilmiştir. Çözüm odaklı yapılan düzenlemeler doğrultusunda, üretimden kaynaklanan problemlerin önemli derecede azalmasıyla son ürünler içindeki hatalı ürün sayısı da azalmıştır. Dolayısıyla hatalı ürün iade miktarında bir önceki yıla kıyasla % 0.15 oranında iyileşme sağlanmıştır. Bu yaklaşım ile karmaşık endüstriyel üretim ortamının esnek olarak yönetilebilmesi için hataların süreç içinde belirlenerek üretimden kaynaklı sorunların azaltılabileceği öngörülmektedir. Ayrıca işletmelerin üretim maliyetlerinde elde edilecek önemli azalmalarla rekabet gücünün de artacağı düşünülmektedir.

**TEŞEKKÜR:** Uygulama çalışmalarının gerçekleştirilmesinde vermiş oldukları katkılardan dolayı Plaş Plastik Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

## **V. KAYNAKLAR**

- [1] Z. Chen and L. S. Turng, “A review of current developments in process and quality control for injection molding,” *Advances in Polymer Technology*, vol. 24, no. 3, pp. 165–182, 2005.
- [2] D. Kozjek, R. Vrabič, D. Kralj, P. Butala and N. Lavrač, “Data mining for fault diagnostics: A case for plastic injection molding,” *In Procedia CIRP*, vol. 81, pp. 809–814, 2019.
- [3] D. V. Rosato and M. G. Rosato, Injection molding machines, *In Injection Molding Handbook*, 2nd ed., Boston, MA: Springer, 2000, pp. 28–150.
- [4] M. Zerenler ve K. Karaboğa, “Müşteri memnuniyetinin sağlanmasında hataların önlenmesine yönelik üretim odaklı bir bakış açısı: Poka-Yoke sistemleri,” *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, s. 31.1, ss. 263–275, 2014.
- [5] H. Kılıç ve M. Timur “Plastik enjeksiyon tezgâhlarında vida kırılmasının akustik emisyon yöntemi ile tespit edilmesi,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, s. 28, ss. 126-129, 2021.

- [6] T. A. Saurin, J. L. D. Ribeiro and G. Vidor, "A framework for assessing poka-yoke devices," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 31, no. 3, pp. 358–366, 2012.
- [7] Y. F. Sun, K. S. Lee and A. Y. C. Nee, "Design and FEM analysis of the milled groove insert method for cooling of plastic injection moulds," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 24, no. 9–10, pp. 715–726, 2004.
- [8] H. S. Park and X. P. Dang, "Development of a smart plastic injection mold with conformal cooling channels," *Procedia Manufacturing*, vol.10, pp. 48–59, 2017.
- [9] J. M. Mercado-Colmenero, M. A. Rubio-Paramio, J. de J. Marquez-Sevillano and C. Martin-Doñate, "A new method for the automated design of cooling systems in injection molds," *CAD Computer Aided Design*, vol. 104, pp. 60–86, 2018.
- [10] L. Q. Tang, C. Chassapis and S. Manoochchri, "Optimal cooling system design for multi-cavity injection molding," *Finite Elements in Analysis and Design*, vol. 26, no. 3, pp. 229–251, 1997.
- [11] J. C. Lin, "Optimum cooling system design of a free-form injection mold using an abductive network," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 120, no. 1–3, pp. 226–236, 2002.
- [12] H. Zhou and D. Li, "Mold cooling simulation of the pressing process in TV panel production," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 13, no. 3, pp. 273-285, 2005.
- [13] H. Avunduk, "Yalın altı sigma, bir pet şişirme makinasında süreç iyileştirme uygulaması," *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 18, s. 70, ss. 633–653, 2019.
- [14] O. Brandau, *Stretch Blow Molding*, 3rd ed., Cambridge, United States: Elsevier, 2016, pp.300-374.
- [15] B. Bayram ve Z. Oralhan, "Pet şişe şişirme makinelerinde fırın optimizasyonu," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel sayı, ss. 494–504, 2020.