
OTOMATİK PAKETLEME SİSTEMİNİN ARIZA/ TAMİR BAKIM İŞLEMLERİNDE VERİMLİLİK VE TAMPON STOK SEVİYESİ BELİRLENMESİ

Halil İbrahim KORUCA¹

Ümran KAYA²

Deniz Görkem ÖZEN³

Öz

Rekabetin artması ve müşterinin istediği ürüne ulaşmasının kolaylaşmasıyla kalite, artık tek seçim kriteri olmaktan çıkmış, müşteri isteklerini kısa zamanda karşılama ve tedarik süresi büyük önem kazanmıştır. Bunun için otomatik sistemlerin hızından yararlanmak gerekmektedir. Otomatik üretim sistemlerinde ara bölümlerde oluşturulan tampon stoklar sayesinde makinelerde yaşanabilecek herhangi bir arıza durumunda tutulan tampon stok miktarı kullanılarak arızanın tüm sistemi etkilemesine müsaade edilmez. Otomatik üretim hatları gıda işletmelerinde sıkça kullanılmaktadır. Çünkü gıda üretiminde paket sayısının yüksek ve hijyenik olması gerekmektedir. Bu çalışma, bir gıda işletmesinin sıvı dolumu yapıldığı UHT hattında gerçekleştirilmiştir. Otomatik üretim hattı olarak UHT birimindeki 200 ml'lik sade ve aromalı paket sütleri üreten A3 SPEED SLIM makinesinin bulunduğu hat analiz edilmiştir. Hat üzerindeki işlemleri farklı otomatik makineler yapmaktadır. Makinelerin arıza duruş süreleri ve arızalanma frekansları farklılık göstermektedir. Arıza ve tamir bakım sürelerinin değişken olması sistem verimliliğini etkilemektedir. En uygun seviyedeki üretim hızı, stok miktarı seviyesi ve verimlilik analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomatik üretim sistemleri, Tamir bakım süreleri, Stok yönetimi
JEL Sınıflandırması: C15, C150, C600

PRODUCTIVITY AND BUFFER STOCK LEVEL DETERMINATION IN AUTOMATIC PACKAGING SYSTEMS IN FAULT / REPAIR MAINTENANCE

Abstract

Increased competition and easier access to the customer's desired product, quality is no longer a single-choice criterion, and customer satisfaction and supply time are of great importance. It is necessary to take advantage of the speed of automatic systems for this. Buffer stocks created in intermediate sections in automatic production systems are not allowed to affect the whole system by using the amount of buffer stock held in case of any failure that may occur in the machines. Automatic production lines are frequently used in food enterprises. Because the number of packages in food production is high and hygienic requires. This work was carried out on a UHT line where a food operation was filled with liquid. The line containing the A3 SPEED SLIM machine, which produces 200 ml of plain and flavored milk packs in the UHT unit as an automatic production line, was analyzed. The operations on the line make different automatic machines. Failure downtimes and failure frequencies of the machines vary. Varying of breakdown and repair maintenance periods affect system efficiency. The most appropriate level of production speed, level of stock quantity and efficiency have been analyzed.

Keywords: Automatic production systems, Repair maintenance periods, Inventory management
JEL Classification: C15, C150, C600

¹ Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim Koruca, Süleyman Demirel Üniversitesi, halilkoruca@sdu.edu.tr

² Arş.Gör. Ümran Kaya, Antalya Bilim Üniversitesi, umran.kaya@antalya.edu.tr

³ Yük. Lisans Öğr. Deniz Görkem Özen, Süleyman Demirel Üniversitesi, d.g.ozen@hotmail.com

1. Giriş

Üretim planlama ve sistem tasarımcıları genel olarak ürün yelpazesinde bulunun ürünlerden düşük miktarda imal etmek üzere üretim sistemleri tasarlarlar. Bununla birlikte arz ve talepten değişkenliğinden dolayı ürün çeşitliliği sürekli olarak artmakta ve aynı ürün için miktar azalmaktadır. Bu durum, üretim hattının uzun süre kullanılması azaltmakta, hazırlık ve tamir bakım süreleri hat verimliliğini düşürmektedir. Bununla birlikte işlemler ve ürünler de gittikçe daha karmaşık hale gelmektedir. Bu durum iki potansiyeli problemle ilişkilendirilir. Bir taraftan makineler, sınırlı kullanılabilirlik, rekabetten kaynaklanan talepler nedeniyle daha düşük hacimler veya farklı ürünlere talebin artması nedeniyle optimum çalışma verimliliğini sağlayamayabilir. Bu durum finansal sıkıntıya ve maliyet baskısına neden olur. Diğer taraftan, miktar arttırılarak kapasitenin artırılması gerekebilir. Kapasite artışı yeni makine ve teçhizat alınmasını ve sonuç olarak yatırım gereksinimlerinde ani bir artışa neden olmaktadır. İmalat sanayiinin finansal eksiklikler ile likidite paraya olan ihtiyaç arasında bir denge kurmasını sağlamak için performansı arttırmak ve doğrudan ve dolaylı maliyetleri düşürmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

Otomatik üretim sistemleri yeni nesil üretim anlayışında üreticilerin sıkça kullanmak istediği bir sistem anlayışı olarak karşımıza çıkmaktadır. Rekabet ortamının artması ve müşteri tarafından istenilen ürüne ulaşma imkanı kolaylaştığı için artık üreticiler daha gelişmiş sistemleri tercih etmektedir. Kalite artık bir seçim kriteri olmaktan çıkmaya başlamıştır. Üreticiler kaliteli ürün sağlama aşamalarını başarı ile geçmektedir. Yeni nesil üretim anlayışında, müşteri isteklerini karşılama, tedarik süresi ve zamanında teslim büyük önem arz etmektedir. Üretici müşterinin istediği talebi, miktarı teslim tarihte karşılamak zorundadır. Bugünkü rekabet koşullarında üreticiler, bunu sağlamak otomatik sistemlerin hızını kullanarak rekabet edebilirler. Üretim sisteminde ne kadar çok manuel iş adımları var ise o kadar çok zaman, kalite ve maliyet kaybı ortaya çıkmaktadır. Otomatik üretim sistemleri hammaddeden ürüne kadar yapılan işlemleri makineler ile gerçekleştirebilir. Yarı otomatik sistemler de manuel işçilik ile birlikte makine çalışmasının harmanlanması ile oluşmaktadır. Depolama ve taşıma işlemleri de otomatik üretim sistemlerine dâhil olabildiği gibi manuel olarak da takip edilebilir. Fakat manuel olması, otomasyonu bir nevi yavaşlatmaktadır. Otomatik üretim sistemlerinde ara bölümlerde oluşturulan tampon stoklar makinelerde yaşanabilecek herhangi bir arıza durumunda tutulan tampon stok miktarı kadar yarı mamulü bitmiş ürüne çevirme açısından önem arz etmektedir. Otomatik üretim sistemlerinde tampon stok tutulacak istasyonlar hesaplamalar sonucunda seçilebilir. Ayrıca tutulacak tampon stok miktarı da maliyeti düşürme konusunda çalışma yapılan konular arasındadır.

Bu çalışmada, otomatik üretim sistemlerinde, birbirini takip eden makineler, bağlantılar, iş istasyonları, tampon stok miktarı, maliyet analizi yapılmıştır. Otomatik üretim hattında yaşanacak bir arıza ile birbirine bağlı makinelerin oluşturduğu hat tamamen durma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Yapılan bu çalışma ile birlikte otomatik üretim hattının istasyonlara bölünmesi ve bölünen noktalarda tampon stok yapılması ile makinelerde yaşanacak arızalar durumlarında tampon stokların hattın çalışır durumdaki makinelerinde işlemlerini tamamlayıp üretim miktarını arttırmak amaçlanmaktadır.

2. Literatür Özeti

İşletmelerde kullanılan makine ve tesisatlardan nominal kapasiteleri seviyesinde performans alınamamaktadır. Bunun nedenleri ise, iş gücü verimliliğinin düşük olması, yönetimin yetersizliği ve diğer ekonomik koşullardır. Arızaların sebep olduğu makine duruşlarının da kapasitenin yeterince kullanılmamasında büyük payı olmaktadır. Bakım ve onarımın yetersiz olması işletme veriminin ve kalitenin düşmesine neden olmakta, sonuçta ürün maliyetleri artmaktadır (Düzakın ve Demircioğlu, 2005:14). Buna rağmen bakım-onarım sistemlerine gerektiği kadar önem gösterilmemektedir. Bakım planlamasının önemsenmemesinin nedeni ekonomik koşullar olarak gösterilmektedir. Fakat birçok işletme arıza nedeni ile meydana gelen duruşların bakım giderlerine oranla nasıl bir ekonomik tablo göstereceğini araştırmamaktadır. Birçok işletmede bakım planlaması ihmal edilmektedir (Gürtekin, 1996:33-37). Bakım-onarım sistemlerinde, makinenin arızalandığı

durumda gerçekleşen bakım ve önleyici bakım olmak üzere iki tip bakım önerilmektedir. Makinenin arızalandığı durumda gerçekleşen bakım, üretim sistemindeki makine ve teçhizatın herhangi bir nedenle kısmen veya tamamen çalışamaz duruma girdiğinde tekrar çalışır duruma getirmek için uygulanan işlemdir. Tamir süresinin kısa tutulması kapasite kullanım oranını artırır. Buna karşılık tamir ekiplerinin maliyetinin artmamasına dikkat edilmelidir (Düzakın ve Demircioğlu, 2005:14). Koruyucu bakımda ise makine ve teçhizat, arıza meydana gelmesi beklenmeksizin, önceden tespit edilmiş süreler sonunda gözden geçirilir, gerekli parçalar değiştirilir ve ayarlamaları yapılır. Koruyucu bakım, beklenmedik arızalar sonucu meydana gelen üretim aksaklıklarını ve kapasite kayıplarını önemli ölçüde azaltır. Bu avantaja karşılık erken değişen parçaların ve muayene işlemlerinin maliyeti artar. Burada önemli olan en etkin bakım-onarım sisteminin uygulanmasıdır (Kobu, 1994). Üretim hattındaki makineler tampon stok oluşturulması duruş sırasında üretim devam etmektedir. Üretim kesilmediği için duruşlardan kaynaklanan üretim kayıpları minimuma düşmektedir. Tampon stok üretimin kesilmemesi için üretim hattının hemen yanında bulunan bir stoktur. Bu tür duruma uyan çok sayıda örnek vardır. Bu örnekler üç grupta toplanabilir (Perry ve Posner, 2000).

- 1) Tampon stoğun üretimdeki bir makine için yapılması durumu: Örneğin araba üretim hattında gövdeyi oluşturan metali kesen makine üretim hattı için gereğinden daha fazla sayıda üreterek duruş anında üretimin kesilmesini engellemektedir.
- 2) Birçok parçadan oluşan bir ürün için: Her biri parça üreten makineler gerektiğinden daha fazla üretirler ise, duruş anında makine monte işlemi kesilmeden devam edilebilecektir.
- 3) Seri haldeki makineler için: Seri haldeki makinenin durduğu anda tampon stoğu kullanılarak üretim kesilmeden devam eder (Düzakın ve Demircioğlu, 2005:14).

Her bir iş istasyonundaki amaç, tasarlanan döngü süresi içinde bitirilmelidir ve normal olarak çalışma kısmı aynı anda hareket etmesi için tasarlanmıştır. Bu nedenle, herhangi bir iş istasyonu kesildiğinde veya durdurulduğunda, tüm iş istasyonlarının da durdurulması gerekir. Tahmin edebileceği gibi, bir üretim sırasında parçanın kısa süreli alet veya makine ayarlaması, kalite kontrolü, ekipmanın arızalanması vb. gibi nedenlerle çeşitli küçük arızalar olacaktır. Bu küçük durmalar verimliliği önemli ölçüde düşürür. Dolayısıyla, iş istasyonları arasındaki bir tampon, yukarı akış ve akış yönü iş istasyonlarının, tampon bitinceye veya durdurulan iş istasyonunun iyileştirilmesi tamamlanincaya kadar görevlerini sürdürmelerine izin vermek amacıyla, yukarıda belirtilen sorunu hafifletecek şekilde tasarlanırlar (Chomnawung vd, 2016). Buzacott, sürekli bir akış aktarma hattında, üç makine ve iki tampon ile ara tamponların optimum boyutlarının belirlenmesi için denklemleri formüle etmiştir (Buzacott, 1967:183-200). Prombanpong ve ark. uygun arabellek boyutunu hesaplamak için geometrik duruş dağılımı kullanan otomobil parçası imalatçısı için otomatik aktarma hattında bir tampon tasarımı sunmuştur (Prombanpong vd, 2013). Hillier vd. (1991:2043-2055) Makine arızasında bir üretim hattı performansını araştırıp, tampon boyutunun hat performansına etkisini incelemiştir (Hillier ve So, 1991:29). Wijngaard, sınırlı tamponlu iki aşamalı bir aktarma hattının sabit durma süresi ile geometrik durma süresi dağılımı arasındaki hat verimliliğini karşılaştırmıştır (Wijngaard, 1979:11). Enginarlar ve ark. Üretim oranını korumak için minimum tampon boyutlarının hesaplamasını yapmıştır (Enginarlar vd, 2002). Üretim hatlarındaki tampon kapasite tahsisi, (Vladzieskii, 1950:4-7), (Vladzieskii, 1951:16-17), (Sevastyanov, 1962) ve (Buzocatt, 1967:183-200) tarafından klasik bildirilerde ön plana çıkarılmıştır. Bu alandaki ilk çalışmaların gözden geçirilmesi (Buzacott ve Hanifin L.E, 1978:197-207) tarafından verilmiştir. Özellikle, (Buzocatt, 1967:183-200), kesinti süresinin değişkenlik katsayısının tamponlamanın etkinliğini büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir. Buna ek olarak, Buzacott ortalama kesinti ile tampon kapasite tahsisatını ilişkilendirmiş ve beş arızadan öteye gitmenin pek haklı olmadığını belirtmiştir. Bu sonuçlar, mevcut çalışmada teyit edilmiş ve daha da nicelleştirilmiştir. Conway vd. (1988:229-241) ayrıca kesinti süresi ve tampon stok tahsisi arasında bağlantı kurmuştur. Tek duruş tamponlamanın, duruş sabitse (deterministikse), üretim kayıplarının yaklaşık % 50'sini geri kazanmak için yeterli olduğunu göstermişlerdir. Rasgele (üstel) duruş sürelerinin karşılaştırılabilir kazançlar elde etmek için iki kat daha fazla kapasite gerektirebileceğini önermişlerdir. Bu tampon

stok kapasite tahsisi ile ilgili bir başka araştırma hattı, depolama kase olgusu ile bağlantılıdır (Hillier ve So, 1991:2043-2055). Bu olguya göre, dengeli hatlarda orta makinelere daha fazla tamponlama tahsis edilmelidir. Bununla birlikte, 1'den küçük olan kesinti değişim katsayısına sahip hatlardaki tamponlamanın dengelenmemesi, sonuçta yalnızca yüzde 1 ± 3 verim artışı ile sonuçlanır. (Ayrıntılı bilgi için, Optimum tamponlar, eğer iş optimum kaseye göre dağıtılsa eşit kapasiteye sahip olduğunun ispatlandığı (Jacobs ve Meerkov, 1995a:755-785)'ya bakınız). Bu gelişme oldukça küçük olduğu için mevcut kâğıt, kâse tipi depolama dağılımını dikkate almamakta ve dengeli hatlardaki tüm bu faktörlere eşit kapasiteyi atamakta ve dengesiz olanlarda uygun şekilde seçilmiş eşit olmayan tamponlamaya izin vermektedir. Sonuç olarak, optimal tampon dağılımını hesaplayan sayısal algoritmalar hakkında geniş bir literatür bulunmaktadır (örneğin, Ho vd. (1979:557-580) (jacops ve Meerkov,1995:755-785). (Buzacott,1967:183-200) ve Conway vd. (1988:229-241) çalışmalarında, kesintileri gidermek ve güvensiz makineler ile seri üretim hatlarının verimliliğini arttırmak için gerekli tampon stok kapasitesi belirlenmesi için kurallar hakkında ihtiyaç duyulan bilgiler bulunabilir.

3. Transfer Hatlarının Analizi

3.1. Üretim Sistemleri Performans Değerlendirme Ölçütleri

a) Çevrim Süresi; Gözlem yapmak suretiyle süresi ölçülmüş olan, bir parça veya ürünün bir süreçte tamamlanma sıklığı olarak tanımlanabilir. Bu süre, işleme süresine ilave olarak hazırlık, yükleme ve boşaltma için gereken süreleri de kapsar. Bir makinanın veya bir üretim hattının bir parça üzerindeki bütün işlemleri tamamlaması için ihtiyacı olan süredir. Otomatik üretim hattına parçalar arka arkaya önce birinci istasyona gelir, orada işlendikten sonra belli aralıklarla bir sonraki istasyonlara aktarılır. Bu aralıklar üretim hattının ideal çevrim süresi (T_c) bulunmasını sağlar. Çevrim süresi (T_c) en yavaş iş istasyonunun işlem süresine transfer süresinin eklenmesiyle bulunur:

$$T_c = \text{Maks} \{T_{si}\} + T_r \quad (1)$$

$$T_p = T_c + F * T_d \quad (2)$$

T_c : Çevrim süresi, T_{si} : i istasyonundaki işlem süresi (dak)

T_p : Gerçek ortalama üretim süresi,

F : Durma frekansı (hat duruşu/çevrim olarak)

T_d : hat duruşu başına ortalama süre (dak.)

$F * T_d$: Duruş süresi (dak), çevrim başına ortalaması.

Hat duruşları genellikle her istasyonun kendi arızasıyla ilişkilendirilir. Hat üzerinde bulunan herhangi bir istasyonun arızalanması hattın durmasına neden olur. Otomatik üretim hattındaki dâhili deposu olmayan tüm iş istasyonları birbiriyle bağlantılı olduğundan bir hattın arızası tüm hattı durdurmaya yeter.

$$F = \sum_{i=1}^n p_i \quad (3)$$

p_i : i istasyonunun arızalanma olasılığı veya çevrim başına hat duruş frekansı

$i = 1, 2, \dots, n$ n : hattaki istasyon sayısı

$$F = n. p_i \quad (4)$$

(her istasyonun arızalanma olasılığı eşit kabul edilirse; $p_1 = p_2 \dots p_n = p_i$)

p_i : i istasyonunun arızalanma olasılığı veya çevrim başına hat duruş frekansı

b) Üretim Hızı; Üretim hattında birim zamanda üretilen miktardır.

$$R_p = \frac{1}{T_p} \quad (5)$$

$$R_c = \frac{1}{T_c} \quad (6)$$

Rp: Gerçek ortalama üretim hızı (parça/dak.)

Rc: ideal üretim hızı (parça/dak.)

Makine arıza ve duruşlardan dolayı üretim hatları %100 verimlilikte çalışamazlar. Dolayısıyla üretim hatlarının verimliliği gerçek bir güvenilirlik ölçütü olup, çalışır kalma oranı olarak tanımlanmaktadır. Hat verimliliği;

$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + F \cdot T_d} \quad (7)$$

$$D = \frac{F \cdot T_c}{T_p} = \frac{F \cdot T_d}{T_c + F \cdot T_d} \quad (8)$$

$$E + D = 1 \quad (9)$$

E: Üretim hattının çalışır kalma oranı

D: Durma oranı

c) Birim Maliyet; Üretim hatlarının diğer önemli performans ölçütü de parça başına birim maliyettir. Parça maliyeti hatta işlenecek hammadde maliyetiyle üretim hattı üzerindeki sürenin maliyeti ve harcanan takımların maliyetinden oluşur.

$$C_{pc} = C_m + C_o \cdot T_p + C_t \quad (10)$$

Cpc: Parça birim maliyeti (\$/dak),

Cm: Hammadde maliyeti (\$/parça)

Co: Yatırım maliyeti, personel maliyeti genel gider, tamir maliyetlerinden oluşan dakika başına düşen maliyet

Tp: Parça başına ortalama üretim süresi (dak/parça)

Ct: Parça başına takım maliyeti (\$/parça)

3.2. Dâhili Depolu Üretim Hatlarında Verimlilik, Arıza Süresi ve Stok Seviyesi

Dâhili deposuz (stoksuz) bir otomasyon üretim hattında iş istasyonları birbiriyle bağımlıdır. Bir iş istasyonunun arızalanması durumunda üretim hattı üzerindeki tüm makine/iş istasyonları, birbirinden beslendikleri için hemen veya arızalı iş istasyonundan sonraki makinaların aç kalmasıyla durmak zorunda kalırlar. Arızanın meydana geldiği istasyonun önünde yığılma, sonrakilerde aç kalma sebebiyle durmak zorunda kalırlar. Duruşların etkisini azaltmak amacıyla üretim hattı iki, üç kademeye ayrılabilir. Bununla ilgili formül ve hesaplama aşağıda verilmiştir (Yıldırım, E., 2016). Bu durumda verimlilik;

$$E_k = \frac{T_c}{T_c + F_k \cdot T_d} \quad (11)$$

$$\text{Min}\{E_k \text{ her } k = 1, 2, \dots, k\} \quad (12)$$

$$E_\infty = \text{Min}\{E_k\} \text{ her } k = 1, 2, \dots, K \quad (\text{Tampon stok depoları sonsuz hat verimliliği})$$

$$k = \text{Kademe/basamak indisi } E_0 + D'_1 * h(b) * E_2$$

$$E_0 < E_b < E_\infty \quad (13)$$

$$E_b = E_0 + D'_1 * h(b) * E_2 \quad (14)$$

E_b: b kapasiteli tampon stok deposuna sahip iki basamaklı toplam hat verimliliği

(D'₁ * h(b) * E₂) Tampon hat kapasitesi b>0 durumunda oluşan verimlilik artışı

D'₁ Basamak 1'in arızalı olduğu toplam sürenin oranı

h(b) Arıza süresine bağımlı stok seviyesi oranı

$$E_0 = \frac{T_c}{T_c + (F_1 + F_2) * T_d} \quad b=0 \text{ durumunda İki basamaklı hattın verimliliği} \quad (15)$$

$$D'_1 = \frac{F_1 * T_d}{T_c + (F_1 + F_2) * T_d} \quad \text{Basamak 1'in arızalı olduğu toplam sürenin oranı} \quad (16)$$

Verimliliği etkileyen diğer bir faktör de arıza süresi ve arıza süresi dağılımlarıdır. Arıza süresi sabit olduğu veya iki basamağın eşit arıza süresine sahip olduğu varsayımından yola çıkarak aşağıda verilen formüller uygulanarak hesaplanır (Yıldırım E., 2016).

$$r = F_1 / F_2 \quad r: \text{Arıza frekansı oranı} \quad (17)$$

Sabit Arıza süresi: Her arıza sırasında arıza süresinin T_d sabit olduğu varsayılır. Bu arıza süresinin değişmediği bir durumdur. Tampon stok seviyesi b ise B ve L şöyle tanımlanır.

$$b = B \cdot \left(\frac{T_d}{T_c}\right) + L \quad (18)$$

Burada $B = \text{maksimum tamsayı} \leq B \cdot \left(\frac{T_d}{T_c}\right) + L$ 'de b_2 'nin $B \cdot \left(\frac{T_d}{T_c}\right)$ değerinden kalan birimleri temsil eder. Böyle iki durum vardır:

$$1: r = 1.0. \quad h(b) = \frac{B}{B+1} + L \frac{T_c}{T_d} \frac{1}{(B+1)(B+2)} \quad (19)$$

$$2: r \neq 1.0. \quad h(b) = \frac{B}{B+1} + L \frac{T_c}{T_d} \frac{1}{(1-r^{B+1})(1-r^{B+2})} \quad (20)$$

Geometrik Arıza Süresi Dağılımı: Bu arıza dağılımında çevrim süresi T_c içerisinde tamirlerin bitirilmesi olasılığı tamir başladığına göre zamandan bağımsızdır. Bu durum maksimum arıza süresi değişimlidir. Böyle iki durum vardır:

$$1: r = 1.0. \quad h(b) = \frac{b \frac{T_c}{T_d}}{2 + (b-1) \frac{T_c}{T_d}} \quad (21)$$

$$2: r \neq 1.0. \quad \text{tanımlanır} \quad K = \frac{1+r \frac{T_c}{T_d}}{1+r-r \frac{T_c}{T_d}} \quad \text{ve} \quad h(b) = \frac{r(1-K^b)}{1-rK^b} \quad (22)$$

4. Uygulama: Bir Gıda Sıvı Dolum Tesisinde Otomatik Üretim Sistemleri

Otomatik üretim hatları gıda işletmelerinde sıkça kullanılmaktadır. Çünkü gıda üretimi yüksek derecede hijyen gerektirmektedir. Üretimi yapılan gıdanın dış ortamdan mümkün olduğunca uzaklaştırılması kalite ve hijyen sağlama konusunda olumlu sonuçlar vermektedir. Manuel olarak yapılacak işlemler gıda içerisine mikro organizma bulaşması ve yabancı madde kaçması olasılıklarını yükseltmektedir. Bu çalışma, Denizli'de faaliyet gösteren bir gıda işletmesinin süt dolumu paketleme Süt-UHT hattında gerçekleştirilmiştir. Otomatik üretim hattı olarak UHT birimindeki 200 m'lik sade ve aromalı paket sütleri üreten A3 SPEED SLIM makinesinin bulunduğu hat incelenmiştir.

4.1. Kapasite ve Üretim Miktarı

A3 SPEED SLIM makinesi için; Üretim miktarında makinenin arıza olmadan ve dalgalanma yaşanmadığı durumdaki kapasitesi alınmıştır. Ayrıca, bu makinede 2016 yılında Transfer hattının kapasite = 350.000 adet/Gün ve 2016 Yılı Üretim Miktarı = 75.161.061 adet gerçekleşmiştir.

4.1.1. Hat Üretim İşlemleri

Üretim hattında bulunan makineler incelenmiş olup, farklı işlemleri gerçekleştiren makineler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır. 1.Dolum, 2.Paket Kurutma, 3.Tarih Basma, 4.Pipetleme, 5.Ürünleri Sıraya Dizme, 6.Kolileme.

1.Dolum: Makineye bağlanmış olan Tetrapak paketlerini makine keser, katlar, içerisine sütü doldurur ve paketin ağzını yapıştırır.

2.Paket Kurutma: Dolum sırasında pakette meydana gelen ıslaklığı kurutmak için bu işlem uygulanır. Uygulanması konveyörden gelmekte olan pakete basınçlı havanın püskürtülmesi şeklinde olur. Amacı bir sonraki aşamada paket üzerine basılacak olan son kullanma tarihi ve parti bilgilerinin ıslaklıktan dolayı tutmamasını engellemektir.

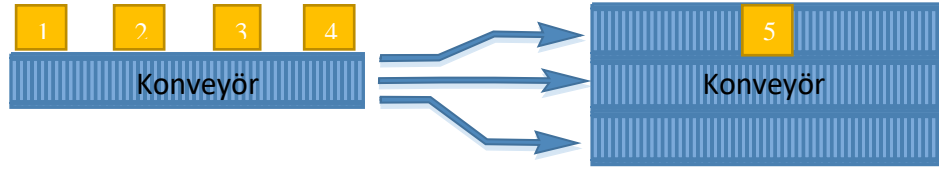
3.Tarih Basma: Paket üzerine son kullanma tarihi ve parti bilgileri basılır. Konveyörden gelmekte olan paket sensör yardımıyla görülür ve sensörün tarih makinesini tetiklemesi ile birlikte paket üzerine bilgiler basılır.

4.Pipetleme: Paket üzerine pipet yapıştırılır. Konveyörden gelmekte olan paket sensör yardımıyla görülür ve sensörün makineyi tetiklemesi ile birlikte pipet paket üzerine yapıştırılır.

5.Ürünleri Sıraya Dizme: Amaç koliye girecek olan ürünleri eşit miktarda ayrı yollara göndermektir. Konveyörden tek sıra halinde gelmekte olan ürünleri 3 farklı yola eşit şekilde girmelerini sağlamaktır. Şekil 1’de makine çalışma prensibi gösterilmektedir.

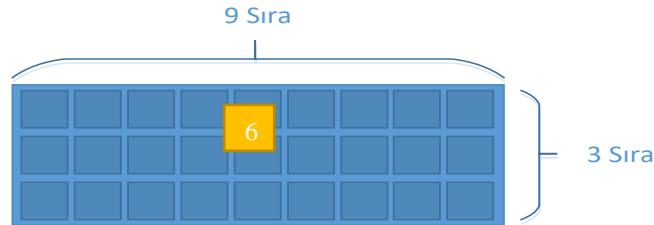
6.Kolileme: Sıralanmış olan ürünler koliye yerleştirilir ve koli bantlanır.

Şekil 1: Sıraya Dizme Makinesi Çalışma Prensibi



200 ml’lik sütler koliye 3*9’luk şekilde sıralanmaktadır. Kolidaki yerleşim Şekil 2’deki gibidir.

Şekil 2: 200 ml’lik Sütlerin Koliye Dizilme Durumu



4.1.2. Makine Arıza Duruş Süreleri ve Arızalanma Frekansı

Hat üzerindeki işlemler farklı otomatik makinelerde gerçekleştirilmektedir. Makinelerin arıza duruş süreleri ve arızalanma frekansları farklılık göstermektedir. 2016 yılında A3 SPEED makinesi toplamda 215 gün çalışmıştır. 2016 yılı temel alınarak mevcut istasyonlarda meydana gelmiş olan arızalar ve frekanslar aşağıdaki Tablo 1’de belirtilmiştir. Arıza duruş süreleri, Buzzacott’un tampon stok hesaplamalarında eşit varsayımlara göre yapıldığı için bu çalışmada da arıza duruş sürelerinin (T_d) ağırlıklı ortalamaları alınıp bütün hattaki makinelerde eşit olduğu varsayıp hesaplama yapılmıştır;

Tablo 1: Makine Arıza Duruş Süresi Ve Arızalanma Frekansları

	1.Dolum	2.Paket Kurutma	3.Tarih Basımı	4.Pipetleme	5.Ürünleri Sıraya Dizme	6.Kolileme
Arıza Duruş Süresi	80 dk	79 dk	90 dk	70 dk	60 dk	85 dk
Arızalanma Frekansı	96 kez	15 kez	11 kez	40 kez	6 kez	16 kez

$$T_d = \frac{80 \cdot 96 + 79 \cdot 15 + 90 \cdot 11 + 70 \cdot 40 + 60 \cdot 6 + 85 \cdot 16}{96 + 15 + 11 + 40 + 6 + 16} = 78,125 \text{ dk}$$

Tampon stok için Accumulator Helix-konveyörü kullanılması planlanmaktadır. Tampon Helix konveyöründe depolanıp arıza olması halinde bile manuel işleme gerek kalmadan depoladığı ürünleri bir sonraki makineye otomatik besleme yapmaktadır.

4.1.3. Tampon Stok Sağlayıcılar ve Kapasitesi

Tampon stok sağlayıcı olarak yukarıya doğru katlı mekanizmaya sahip Helix makineleri kullanılmaktadır. Helix makineleri ürünleri konveyör yardımıyla katlı mekanizmaya çıkarır ve indirerek bir sonraki adıma geçmesini sağlar. Bu sırada katlı mekanizmada çok sayıda ürün tampon stok olarak tutulmuş olur. Buradaki amaç bir sonraki işleme gitmeden önce gidilecek yolun uzatılması ile bu aralık arasındaki ürünlerin ara stok olarak tutulmasını sağlamaktır.

Kullanılabilir Tetrapak Helix Makineleri ve kapasitelerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Accumulator Helix 30 100m : Kapasite: 9000–24000 arası Adet/Saat
- Accumulator Helix 30 125m : Kapasite: 9000–24000 arası Adet/Saat
- Accumulator Helix 30 50m : Kapasite: 4000–10000 arası Adet/Saat
-

4.2. Mevcut Sistemin Hat Verimliliği

Mevcut sistemde hat verimliliği hesaplaması için formül;

$$E_0 = \frac{T_c}{T_c + F \cdot T_d}$$

Çevrim süresi olarak tüm makinelerin bir ürünü işleme süresi eşit kabul edilmiştir.

$$T_c = \text{Maks}\{T_{si}\} + T_r = \frac{510(\text{Günlük çalışma süresi,dk})}{350000(\text{Günlük üretim miktarı})} = 0,001457 \text{ dk.}$$

Tüm makinelerin çevrim başına hattı durduran istasyon arıza frekansları toplanarak bulunmuştur.

4.3. Makinelerin Arıza Frekansları

$$P_1 = \left(\frac{\text{Yıllık Hata Sayısı}}{\text{Yıllık Üretim Gün Sayısı}} \right) * \frac{1}{\text{Günlük Üretim Miktarı}}$$

$$P_{\text{Dolum}} = \left(\frac{96}{215} \right) * \frac{1}{350000} = 0,00000128$$

$$P_{\text{Paket Kurutma}} = \left(\frac{15}{215} \right) * \frac{1}{350000} = 0,00000020$$

$$P_{\text{Tarih Basma}} = \left(\frac{11}{215} \right) * \frac{1}{350000} = 0,00000015$$

$$P_{\text{Pipetleme}} = \left(\frac{40}{215} \right) * \frac{1}{350000} = 0,00000053$$

$$P_{\text{Sıraya Dizme}} = \left(\frac{6}{215} \right) * \frac{1}{350000} = 0,00000008$$

$$P_{\text{Kolileme}} = \left(\frac{16}{215} \right) * \frac{1}{350000} = 0,00000021$$

$$F = \text{Hattın durma frekansı} \left(\frac{\text{hat duruşu}}{\text{çevrim}} \right) = \sum_{i=1}^6 P_i = 0,00000245$$

4.4. Makine Verimlilikleri

$$E_{\text{Hat}} = \frac{T_c}{T_c + F \cdot T_d} = \frac{0,001457143}{0,001457143 + 0,00000245 * 78,125} = \% 88,3894$$

Buradan hareketle hat verimliliği % 88,3894'dir.

4.4.1. İki kısma Ayrılan Hattın Verimliliği

6 istasyonu bulunan hattı 3'er istasyonlu iki basamağa ayıracak olursak; ilk üç hat olan Dolum, Paket Kurutma ve Tarih Basma istasyonlarının durma frekansı şu şekilde hesaplanır;

$$F_1 = \sum_{i=1}^3 P_i = 0,00000162$$

İkinci üç hat olan Pipetleme, Sıraya Dizme ve Kolileme istasyonlarının durma frekansı şu şekilde hesaplanır;

$$F_2 = \sum_{i=4}^6 P_i = 0,00000082$$

İlk üç hat için gerçek ortalama üretim süresi şu şekilde hesaplanır;

$$T_{p1} = T_c + F_1 * T_d = 0,001457 + 0,00000162 * 78,125 = 0,0015835625 \text{ dk}$$

İkinci üç hat için gerçek ortalama üretim süresi şu şekilde hesaplanır;

$$T_{p2} = T_c + F_2 * T_d = 0,001457 + 0,00000082 * 78,125 = 0,0015210625 \text{ dk}$$

İlk üç hat için verimlilik şu şekilde hesaplanır;

$$E_1 = \frac{T_c}{T_{p1}} = \frac{0,001457}{0,0015835625} = \% 92,0077$$

İkinci üç hat için verimlilik şu şekilde hesaplanır;

$$E_2 = \frac{T_c}{T_{p2}} = \frac{0,001457}{0,0015210625} = \% 95,7883$$

4.4.2. 4000 Adet kapasiteli Tek Tampon Stokla Ayrılan Hattın Verimliliği

6 istasyonu bulunan hattı 3'er istasyonlu iki basamağa ayırıp arasına 4000 adetlik tampon stok sağlayıcı olarak Accumulator Helix 30 50m makinesinden koyduğumuzu varsayarsak;

İlk üç makinenin arızalı olduğu toplam sürenin oranı;

$$D'_1 = \frac{F_1 * T_d}{T_c + (F_1 + F_2) * T_d} = \frac{0,00000162 * 78,125}{0,001457 + (0,00000162 + 0,00000082) * 78,125} = 0,076815$$

İkinci üç makinenin arızalı olduğu toplam sürenin oranı;

$$D'_2 = \frac{F_2 * T_d}{T_c + (F_1 + F_2) * T_d} = \frac{0,00000082 * 78,125}{0,001457 + (0,00000162 + 0,00000082) * 78,125} = 0,038881$$

İlk üç makinenin h(b) hesaplaması;

$$r = \frac{F_1}{F_2} = \frac{0,00000162}{0,00000082} = 1,967741935$$

$$K_1 = \frac{1 + r - \frac{T_c}{T_d}}{1 + r - r * \frac{T_c}{T_d}} = \frac{1 + 1,967741935 - \frac{0,001457143}{78,125}}{1 + 1,967741935 - 1,967741935 * \frac{0,001457143}{78,125}} = 1,000006082063$$

$$h_1(b) = \frac{r * (1 - K_1^b)}{1 - r * K_1^b} = \frac{1,967741935 * (1 - 1,00000608206339^{4000})}{1 - 1,967741935 * 1,00000608206339^{4000}} = 0,04768610193825$$

İkinci üç makinenin h(b) hesaplaması;

$$K_2 = K_1 = \frac{1 + r - \frac{T_c}{T_d}}{1 + r - r * \frac{T_c}{T_d}} = \frac{1 + 1,967741935 - \frac{0,001457143}{78,125}}{1 + 1,967741935 - 1,967741935 * \frac{0,001457143}{78,125}} = 1,00000608$$

$$h_2(b) = h_1(b) = \frac{r * (1 - K_1^b)}{1 - r * K_1^b} = \frac{1,967741935 * (1 - 1,00000608206339^{4000})}{1 - 1,967741935 * 1,00000608206339^{4000}} = 0,04768610$$

Hatta 4000 tampon stok bulunması durumundaki verimliliği;

$$E_b = E_0 + D'_1 * h(b) * E_2 \text{ formülünden hesaplanırsa;}$$

$$E_{4000} = E_0 + D'_1 * h(b) * E_2 = 0,883894 + 0,076815 * 0,0476861019382578 * 0,957883 = 0,887402 = \% 88,7402$$

4.4.3. 20000 Adet kapasiteli Tek Tampon Stokla Ayrılan Hattın Verimliliği

6 istasyonu bulunan hattı 3'er istasyonlu iki basamağa ayırıp arasına 20000 adetlik tampon stok sağlayıcı olarak Accumulator Helix 30 100m makinesinden koyduğumuzu varsayarsak;

İlk üç makinenin arızalı olduğu toplam sürenin oranı;

$$D'_1 = \frac{F_1 * T_d}{T_c + (F_1 + F_2) * T_d} = \frac{0,00000162 * 78,125}{0,001457 + (0,00000162 + 0,00000082) * 78,125} = 0,076815$$

İkinci üç makinenin arızalı olduğu toplam sürenin oranı;

$$D'_2 = \frac{F_2 * T_d}{T_c + (F_1 + F_2) * T_d} = \frac{0,00000082 * 78,125}{0,001457 + (0,00000162 + 0,00000082) * 78,125} = 0,038881$$

İlk üç makinenin h(b) hesaplaması;

$$r = \frac{F_1}{F_2} = \frac{0,00000162}{0,00000082} = 1,967741935$$

$$K_1 = \frac{1 + r - \frac{T_c}{T_d}}{1 + r - r * \frac{T_c}{T_d}} = \frac{1 + 1,967741935 - \frac{0,001457143}{78,125}}{1 + 1,967741935 - 1,967741935 * \frac{0,001457143}{78,125}} = 1,000006082063$$

$$h_1(b) = \frac{r * (1 - K_1^b)}{1 - r * K_1^b} = \frac{1,967741935 * (1 - 1,00000608206339^{20000})}{1 - 1,967741935 * 1,00000608206339^{20000}} = 0,2082397357195$$

İkinci üç makinenin h(b) hesaplaması;

$$K_2 = K_1 = \frac{1 + r - \frac{T_c}{T_d}}{1 + r - r * \frac{T_c}{T_d}} = \frac{1 + 1,967741935 - \frac{0,001457143}{78,125}}{1 + 1,967741935 - 1,967741935 * \frac{0,001457143}{78,125}} = 1,00000608$$

$$h_2(b) = h_1(b) = \frac{r * (1 - K_1^b)}{1 - r * K_1^b} = \frac{1,967741935 * (1 - 1,00000608206339^{20000})}{1 - 1,967741935 * 1,00000608206339^{20000}} = 0,2082397357195$$

Hatta 20000 tampon stok bulunması durumundaki verimliliği;

$E_b = E_0 + D'_1 * h(b) * E_2$ formülünden hesaplanırsa;

$$E_{20000} = E_0 + D'_1 * h(b) * E_2 = 0,883894 + 0,076815 * 0,2082397357195 * 0,957883 = 0,89921 = \% 89,921$$

4.4.4. Sonsuz Adet kapasiteli Tek Tampon Stokla Ayrılan Hattın Verimliliği

6 istasyonu bulunan hattı 3'er istasyonlu iki basamağa ayırıp arasına sonsuz kapasiteli tampon stok sağlayıcı olarak Accumulator Helix 30 100m makinesinden koyduğumuzu varsayarsak; Bu hesaplamanın yapabilmesi için durma frekanslarının eşit olması gerekir. Bunun için ilk önce 2 basamaklı hat için frekansların ortalaması alınacaktır;

$$F_{\text{toplam}} = \sum_{i=1}^6 P_i = 0,00000245$$

$$F_1 = F_2 = 0,000001225$$

$$T_p = T_c + F * T_d$$

$$T_p = 0,001457143 + 0,000001225 * 78,125$$

$$T_p = 0,001553$$

$$E_{\infty} = \frac{T_c}{T_p} = 0,938369$$

$$E_{\infty} = \% 93,83$$

4.4.5. Sonsuz Adet kapasiteli İki Tampon Stokla Ayrılan Hattın Verimliliği

6 istasyonu bulunan hattı 2'şer istasyonlu üç basamağa ayırıp arasına sonsuz kapasiteli tampon stok sağlayıcı olarak Accumulator Helix 30 100m makinesinden koyduğumuzu varsayarsak; Bu hesaplamanın yapabilmesi için durma frekanslarının eşit olması gerekir. Bunun için ilk önce 3 basamaklı hat için frekansların ortalaması alınacaktır;

$$F_{\text{toplam}} = \sum_{i=1}^6 P_i = 0,00000245$$

$$F_1 = F_2 = F_3 = 0,000000817$$

$$T_p = T_c + F * T_d$$

$$T_p = 0,001457143 + 0,000000817 * 78,125$$

$$T_p = 0,00152094$$

$$E_{\infty} = \frac{T_c}{T_p} = 0,9580$$

$$E_{\infty} = \% 95,80$$

4.4.6. Sonsuz Adet kapasiteli Beş Tampon Stokla Ayrılan Hattın Verimliliği

6 istasyonu bulunan hattı, 1'er istasyonlu 6 basamağa ayırıp arasına sonsuz kapasiteli tampon stok sağlayıcı olarak Accumulator Helix 30 100m makinesinden koyduğumuzu varsayarsak; Bu hesaplamanın yapabilmesi için durma frekanslarının eşit olması gerekir. Bunun için ilk önce 6 basamaklı hat için frekansların ortalaması alınacaktır;

$$F_{\text{toplam}} = \sum_{i=1}^6 P_i = 0,00000245$$

$$F_1 = F_2 = \dots = F_6 = 0,000000408$$

$$T_p = T_c + F * T_d$$

$$T_p = 0,001457143 + 0,000000408 * 78,125$$

$$T_p = 0,001489044$$

$$E_{\infty} = \frac{T_c}{T_p} = 0,9785$$

$$E_{\infty} = \% 97,85$$

4.5. Üretim Hızları

Mevcut durum, 2 istasyonlu yapı ve tampon stoklarla birlikte geliştirilen sistem için üretim hızları aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

Mevcut durum için;

$$R_p = \frac{E_0}{T_c} = \frac{0,883894}{0,001457} = 606,65 \text{ Parça/dk}$$

2 İstasyona ayrılan hatta 1.istasyon için;

$$R_p = \frac{E_1}{T_c} = \frac{0,920077}{0,001457} = 631,48 \text{ Parça/dk}$$

2 İstasyona ayrılan hatta 2.istasyon için;

$$R_p = \frac{E_2}{T_c} = \frac{0,957883}{0,001457} = 657,43 \text{ Parça/dk}$$

2 İstasyona ayrılan ve 4000 adet stoka sahip hat için;

$$R_p = \frac{E}{T_c} = \frac{0,887402}{0,001457} = 609,06 \text{ Parça/dk}$$

2 İstasyona ayrılan ve 20000 adet stoka sahip hat için;

$$R_p = \frac{E}{T_c} = \frac{0,89921}{0,001457} = 617,109 \text{ parça/dk.}$$

2 İstasyona ayrılan ve sonsuz kapasiteli stoka sahip hat için;

$$R_p = \frac{E}{T_c} = \frac{0,9383}{0,001457} = 643,97 \text{ parça/dk.}$$

3 İstasyona ayrılan ve sonsuz kapasiteli stoka sahip hat için;

$$R_p = \frac{E}{T_c} = \frac{0,9580}{0,001457} = 657,485 \text{ parça/dk.}$$

6 İstasyona ayrılan ve sonsuz kapasiteli stoka sahip hat için;

$$R_p = \frac{E}{T_c} = \frac{0,9785}{0,001457} = 671,5718 \text{ parça/dk.}$$

5. Değerlendirme Ve Analiz

Otomatik üretim sistemleri için birbirine bağımlı makinelerin istasyonlara ayrılması ve tampon stoklar ile desteklenmesi durumu incelenmiştir. Yapılan uygulamada mevcut sistem incelenmiş ve verimlilikleri hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak 6 makinelik bu hat 2 istasyona, 3 istasyona ve 6 istasyona bölünüp bu istasyonların ayrı ayrı verimlilikleri ve üretim hızları analiz edilmiştir.

Tablo 2: Değerlendirme Tablosu

	Mevcut	Bir Tampon Stoklu (4000)	Bir Tampon Stoklu (20000)	Bir Tampon Stoklu (Sonsuz)	İki Tampon Stoklu (Sonsuz)	Beş Tampon Stoklu (Sonsuz)
Verimlilik	%88,38	%88,74	%89,921	%93,83	%95,80	%97,85
Üretim Hızı	606,65 Parça/dk	609,06 Parça/dk	617,109 parça/dk	643,97 Parça/dk	657,48 Parça/dk	671,57 Parça/dk

Mevcut sistemde hattın verimliliği %88,38 iken hattın ikiye bölünmesi ve istenildiği kadar stok yapılması durumunda bölünen Dolum, Paket Kurutma ve Tarih Basma makine grubunun verimliliği % 92,0077 iken Pipetleme, Sıraya dizme ve Kolileme makine grubunun verimliliği ise %95,7883 olarak ölçülmüştür. Bu durumda hattın 2 istasyona bölünmesi verimlilik üzerinde olumlu bir etki yaratmıştır. Dolum, Paket Kurutma ve Tarih Basma makinelerinin oluşturduğu hattın verimliliğinin Pipetleme, Sıraya dizme ve Kolileme makinelerinin oluşturduğu hattın verimliliğinden düşüktür. Bunun sebebi ise Dolum, Paket Kurutma ve Tarih Basma makinelerinde meydana gelmiş olan arıza sayıları ve bu arızaların tamir edilme sürelerinin yüksek olmasındandır. Dolum, Paket Kurutma ve Tarih Basma makinelerinin 2016 yılında toplam arıza miktarı 122 iken Pipetleme, Sıraya dizme ve Kolileme makinelerinde 2016 yılında toplamda 62 arıza meydana gelmiştir. Aynı şekilde Dolum, Paket Kurutma ve Tarih Basma makinelerinin tamir süreleri toplam 249 dakika iken Pipetleme, Sıraya dizme ve Kolileme makinelerinin tamir süreleri toplamı 215 dakika olmaktadır.

20000 adet tampon stok bulundurulması halinde ise % 89,921'lik hat verimliliği bulunmaktadır. Bu da mevcut sistem verimliliğinin yaklaşık olarak % 1,6 üzerinde verimliliğe sahip olması demektir. Hatta bir ara tampon stok yerleştirirsek ve bu stoğun kapasitesini sonsuz varsayılırsa hattın verimliliği % 93,83 olur ve bu sistem dakikada 643,97 parça ürün üretir. Sistemde ise % 5,5'lik bir iyileştirme yapılabilir. Bu sistemi sonsuz kapasiteli tampon stoklarla 3 ve 6 istasyona böldüğümüzde mevcut sistemin verimliliğinin % 95,80 ve % 97,85'lere ulaştığı görülmektedir. Üretim hızı hatta herhangi bir arıza olmadığı durumda dakikada 686,272 iken arızalı hatta sonsuz kapasiteli stok kullanıldığında üretim hızı dakikada 657,48 ve 671,57 olduğu görülmektedir. Hatta istasyon sayısı ve tampon stok sayısı artırdıkça verimliliğin ve üretim hızının arttığı görülmektedir.

6. Sonuç

Sonuç olarak, bir gıda işletmesinin 200 ML'lik UHT paketleme hattında otomatik üretim sistemleri mevcut durumları incelenmiş ve analiz edilmiştir. Hat üzerinde bulunan makineler, iş sıraları gözlemlenmiştir. Yıllık üretim miktarları, makine kapasiteleri, arıza süreleri, arıza miktarları veri olarak alınmış ve verimliliği iyileştirilmesi öneri sunulmuştur. Geliştirme olarak hattın istasyonlara bölünmesi ve istasyonlar arasına Accumulator Helix konveyör sistemi ile tampon stok yapabilen makine bağlanması önerilmiştir. Yapılacak bu geliştirmede 4000, 20000 ve daha yüksek sayıda stok sağlayabilen durumlar analiz edilmiş ve hat verimliliği ölçülmüştür. Tampon stok konveyörünün yapılması ile mevcut durumdan daha yüksek bir hat kapasitesine ulaşım sağlanacağı gözlemlenmiştir.

Kaynakça

- Buzacott, J. A. (1967). Automatic Transfer Lines with Buffer Stocks. *International Journal of Production Research*, 5(3), 183-200.
- Buzacott, J., ve L.E. H. (1978). Models Of Automatic Transfer Lines With Inventory Banks A Review and Comparison. *AIIE Transactions*, 10(2), 197-207.
- Chomnawung, Y., Prombanpong, S., ve Klavohm, C. (2016). A Buffer Analysis in a Transfer Production Line. *MATEC*, 68, 4.
- Conway, R., Maxwell, W., McClain, J., ve Thomas, L. (1988). The Role of Work-in-Process Inventory in Serial Production Lines. *Operations Research*, 229-241.
- Düzakın, E., ve Demircioğlu, M. (2005). Bakım Stratejileri ve Bekleme Hattı Modeli Uygulaması. *Çukurova Üni. Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 211-230.
- Enginarlar, E., Li, J., Zhang, R., ve Meerkov, S. M. (2002). Buffer Capacity for Accommodating Machine Downtime in Serial Production Lines. *International Journal of Production Research*, 601-624.
- Gürtekin, O. (1996). Genel Değerlendirme ve TOSYÖV'ün Türkiye'de Bakım ve Onarım Yönetimi Destekleme Çalışmaları. *Uluslar Arası Bakım ve Onarım Yönetimi Kongresi* (s. 47-63). Ankara: Ofset Fotomat.
- Hillier, S. F., ve So, K. C. (1991). The Effect Of Machine Breakdowns And İnterstage Storage On The Performance Of Production Line Systems. *International Journal Of Production Research*, 29, 2043-2055.
- Ho, Y., Eyler, M., ve Chien, T. (1979). A Gradient Technique for General Buffer Storage Design in a Production Line. *International Journal of Production Research*, 557-580.
- Jacobs, D., ve Meerkov, S. (1995). A System-Theoretic Property of Serial Production Lines: Improvability. *International Journal of Systems Science*, 755-785.
- Kobu, B. (1994). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Fatih Yayınevi.
- Perry, D., ve Posner, M. J. (2000). A Correlated M/G/1 Type Queue with Randomized Server Repair and Maintenance Modes. *Operation Research Letters*, 137-147.
- Prombanpong, S., Kaewyu, J., Thanadulthaveedech, N., ve Matwangsang, M. (2013). A Buffer Design for Mitigation Downtime Effect in an Automated Transfer Line. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 155-158.

Sevastyanov, B. (1962). Influence of Storage Bin Capacity on the Average Standstill Time of a Production Line. *Theory of Probability and Its Applications*, 429-438.

Vladievskii, A. (1950). The theory of internal stocks and their influence on the output of automatic lines. *Stanki i Instrumenty*, 4-7.

Wijngaard, J. (1979). The effect of Inter-Stage Buffer Storage on the Output of Two Unreliable Production Units in Series, with Different Production Rates. *AIE Transaction*, 42-47.

PRODUCTIVITY AND BUFFER STOCK LEVEL DETERMINATION IN AUTOMATIC PACKAGING SYSTEMS IN FAULT / REPAIR MAINTENANCE

Extended Abstract

Aim: Increased competition and easier access to the customer's desired product, quality is no longer a single-choice criterion, and customer satisfaction and supply time are of great importance. It is necessary to take advantage of the speed of automatic systems for this. Buffer stocks created in intermediate sections in automatic production systems are not allowed to affect the whole system by using the amount of buffer stock held in case of any failure that may occur in the machines. Automatic production lines are frequently used in food enterprises. Because the number of packages in food production is high and hygienic requires. This work was carried out on a UHT line where a food operation was filled with liquid. The line containing the A3 SPEED SLIM machine, which produces 200 ml of plain and flavored milk packs in the UHT unit as an automatic production line, was analyzed. The operations on the line make different automatic machines. Failure downtimes and failure frequencies of the machines vary. Varying of breakdown and repair maintenance periods affect system efficiency. The most appropriate level of production speed, level of stock quantity and efficiency have been analyzed.

Method(s): Setting up an intermediate buffer stock so that the efficiency of the system is not affected by faults in the production line and using BUZOCATT's approach to calculate the capacity of these buffer stocks.

Findings: For automatic production systems, interdependent machines are separated from stations and supported by buffer stocks. In the application, the existing system is examined and the efficiency is calculated. Accordingly, this 6-machine line was divided into 2 stations, 3 stations and 6 stations, and the individual efficiencies and production rates of these stations were analyzed. In the current system, the efficiency of the line is 88,38%, while the efficiency of the divided group of Dolum, Package Drying and Date Stamping machines is 92,0077% in case of dividing the line and stocking as desired, while the productivity of piping, rowing and sorting machine group is measured as 95,7883% . In this case, the division of the line into 2 stations has had a positive effect on productivity. The efficiency of the line created by Filling, Package Drying and Date Stamping machines is lower than the productivity of pipeline, rowing and sorting machines. This is because of the number of breakdowns that have occurred in the Filling, Packet Drying and Date Stamping machines and that the repair times of these failures are high. In 2016, 62 breakdowns occurred in Piping, Sorting and Sorting machines, while the total amount of breakdowns in Filling, Packet Drying and Date Stamping Machines was 122 in 2016. In the same way, the repair times of Filling, Packet Drying and Date Stamping machines are 249 minutes in total, while the sum of repair times of Piping, Sorting and Crimping machines is 215 minutes. If 20,000 buffer stocks are available, there is 89,921% line efficiency. This means that the efficiency of existing systems is approximately 1.6% higher. Assuming an infinite amount of storage capacity, even with an intermediate buffer stock, the line efficiency is 93.83%, and this system produces 643.97 parts per minute. In the system, an improvement of 5.5% can be made. When this system is split into 3 and 6 stations with infinite capacity buffer stocks, the efficiency of the existing system is 95.80% and 97.85%, respectively. The production speed is 686,272 per minute in the case of no failure and it is seen that the production speed is 657,48 and 671,57 per minute when defective or even endless stock is used. In fact, as the number of stations and the number of buffer stocks increase, productivity and production speed increase.

Conclusion: As a result, the availability of automated production systems in a foodstuff's 200-ml UHT packaging line has been examined and analyzed. The machines, business lines are observed on the line. Annual production quantities, machine capacities, downtime and failure quantities are taken as data and the proposal for improving productivity is presented. As development, it has been proposed to divide the line into stations and connect the machine with the Accumulator Helix

conveyor system, which can store the buffer between the stations. In this development to be made, 4000, 20000 and more stock availability situations were analyzed and line efficiency was measured. It has been observed that the construction of the buffer stock conveyor will lead to a higher line capacity.