

## Bir depolama tesisi için otomasyon sisteminin tasarımı ve uygulanması Design and implementation of automation system for a storage facility

Serkan KIRCA<sup>1</sup> , Ethem KELEKCI<sup>2\*</sup> , Murat AYZAZ<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Ekol Lojistik, Kocaeli, Türkiye.

[serkankirca@gmail.com](mailto:serkankirca@gmail.com)

<sup>2</sup>Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.

[ethem.kelekci@kocaeli.edu.tr](mailto:ethem.kelekci@kocaeli.edu.tr)

<sup>3</sup>Uzunçiftlik Nuh Çimento MYO, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.

[murat.ayaz@kocaeli.edu.tr](mailto:murat.ayaz@kocaeli.edu.tr)

Geliş Tarihi/Received: 02.08.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 18.05.2018

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2018.66742

Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

Toplam maliyeti azaltarak piyasaya hızlı ve aynı standartta ürün sunmak seri üretim yapan firmaların önemli hedefleri arasındadır. Fakat sadece üretimi değil üretimden satışa kadar olan tüm süreci (geliştirme, üretim, lojistik) hızlı, etkin, esnek ve kontrol edilebilir şekilde yönetmek gerekmektedir. Bu çalışmada, lojistik faaliyetler içerisinde yer alan, ürünlerin depolanması, ürünün müşteriye sevkiyatının yapılması, gelen ürünlerin ürün ve beden temelli ayrıştırılması gibi operasyonlar yapılan bir depolama tesisinde, depolama hattının hızını ve etkinliği arttırmaya yönelik iyileştirme çalışması ele alınmıştır. Depolama tesisi, depolama süreçlerini modüler olarak incelemek için çalışma bölgelerine ayrılmıştır. Yapılan iyileştirme bir çalışma bölgesi içerisindeki beş konveyör hattını kapsamaktadır. Hazırlanmak üzere gelen ilk ürünle, hazırlanmış son ürünün ortak kullandığı bu bölgede, sayıcılara bağlı olarak işleyen denetim yapısı gelen / giden hatların yoğunluk durumlarını temel alan denetleyici ile değiştirilerek iyileştirme sağlanmıştır. Ürün depolama kapasitesinde aynı çalışma koşulları göz önüne alındığında önemli bir artış gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Depolama sistemleri, EtherCat, Otomasyon, PLC

### Abstract

Pitching a fast product to the market as well as with the same standard along with decreasing the total cost is one of the main objects of companies engaging with serial production. Though, not only production, whole process that from production to the marketing (development, manufacturing, logistic) is required to be conducted within a way that faster, effective, flexible and manageable. This study deals with the improvement of the efficiency and speed of the storage line in a storage facility in which logistics activities include storage of products, shipments of products to customers, sorting of incoming products by product and seize based operations. The storage plant is divided to fields according to operational specifications in order to investigate the process of storage as modular. The proposed improvement contains five conveyor lines which are a part of the storage system. In these part of the storage system, where the first product to be prepared comes in common with the final product, the control structure that operates depending on the counter has been improved by replacing it with the controller based on the density states of incoming / outgoing lines. According to system's previous state, a considerable increase has been observed in the product storage capacity under the same operating conditions.

**Keywords:** Storage systems, EtherCat, Automation, PLC

## 1 Giriş

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin doğrultusunda tüketici taleplerinin çoğalması, ihtiyaçların sürekli güncellenmesi ile birlikte üretimin artması, dünyadaki pazar koşullarını değiştirmiştir. Bununla birlikte, büyük bir pazar haline gelen dünyanın daha hızlı ve esnek sistemlere ihtiyaç duyması üretim sistemlerine yenilikler getirmiştir. Bu süreçte, tüketici taleplerine hızlı karşılık vermek aynı zamanda da pazarlama yarışı içerisinde kalmak isteyen firmalar, tüm üretim işlemlerinin bilgisayarlarla takip edildiği, daha hızlı ve güvenilir bir üretim sistemi oluşturmayı hedeflemişlerdir. Bu sayede tüm süreç hem izlenebilir hem de kontrol edilebilir şekle dönüşmüştür [1]. Otomasyon kavramı, bu sistemlerin bütününde kullanılan genel bir durumu simgelemektedir. Makineleşme sürecinde yer alan tüm firmalar gerek yarı otomasyon gerek tam otomasyon sistemleri ile rekabet yarısında ayakta kalmaya uğraşmışlardır. Bunun sonucunda, otomasyon sistemleri endüstride yaygın olarak kullanılan bir sistem haline dönüşmüştür. Tüketici taleplerinin karşılanabilmesi ve rekabetçi ortamda ayakta kalabilmesi için fabrikaların üretim kapasitesini arttırması gerekmektedir. Endüstriyel üretim tesislerinde gerek rekabet gücünün

arttırılması gerekse pazar payının genişletilmesi için yapılan teknolojik sistem kurulumu veya iyileştirmeler enerji tüketim miktarının artmasına neden olacaktır. Bu durumda enerji üretim kapasitelerinin arttırılması veya mevcut enerjinin daha verimli kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Enerjiye olan talebin artması enerji maliyetlerini ve dolayısıyla üretim maliyetlerini yükseltecektir. Bu doğrultuda, üretim sistemlerinde yüksek enerji verimliliğine sahip ekipmanların kullanımı ve enerjinin daha etkin kullanımı ile enerji tüketimi azaltılması gerekmektedir. Otomasyon sistemleri, hızlı üretim, ürünlerin aynı ölçü ve standartlarda üretilmesi gibi faydalar sağlamalarının yanı sıra, enerjinin etkin kullanılabilmesi ile enerji verimliliğinin arttırılması açısından da büyük öneme sahiptir [2]. Literatürde firmaların üretim süreçlerini hızlandırmaya, izlenebilir ve kontrol edilebilir süreçler oluşmasına katkı sağlayacak model üzerinde çalışmalar [3]-[7] ve bilgisayar ortamında benzetim çalışmaları yer almaktadır [8]-[10]. Bunlara ek olarak firma içerisine doğrudan kurulum yapılmış [11]-[14] veya var olan sistemler üzerinde revizyon işlemi yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır [1]. Fakat otomasyon sistemlerinin seri üretim yapan firmalar için ne kadar önemli olduğu dikkate alındığında literatürdeki çalışmaların sayısının az olduğu görülmektedir. Özellikle

Endüstri 4.0 dönüşümü göz önüne alındığında, endüstriyel tesislerde süreç iyileştirmesi, kontrolü, izlenebilirliği ve enerji verimliliği üzerine endüstriyel otomasyon sistem tasarımı çalışmaları ulusal literatüre kazandırılmalıdır.

Bir fabrikanın pazara hızlı ürün sunabilmesinde üretim kadar depolama da önemli olduğu için, üretim otomasyonunun yanı sıra depolama otomasyonu ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda depo otomasyonu da endüstride teknolojik gelişmelerden birisi olmuştur. Bu depo otomasyon sistemleri ile firmalar maliyetlerini ciddi oranda azaltmakta ve en asgari düzeylere getirebilmektedir. Depo otomasyonu uygulanan depolarda, malzeme yerleştirilmesi, siparişe göre malzeme çekilmesi ile ayrıştırma ve gruplama işlemleri, bilgisayar kontrollü otomatik veya robotik sistemler ile yapılabildiği için firmalara büyük kolaylık sağlamıştır.

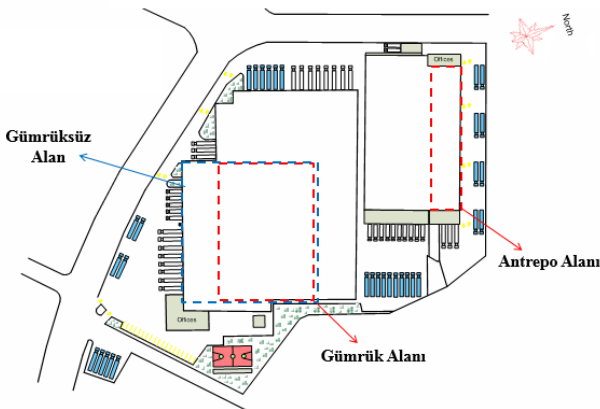
Bu çalışmada, giyim endüstrisi içerisinde görev alan bir depolama tesisinin hızını ve verimini artırmaya yönelik yapılan iyileştirme ele alınmıştır. Yapılan iyileştirme çalışmasında depolama ve operasyon maliyetlerini düşürmek, iş gücü maliyetlerini azaltmak ve ürün dönüş hızlarını artırmak hedeflenmiştir.

## 2 Depolama tesisi

Üretimin yüksek miktarlarda olması depo yönetimini lojistik faaliyetler içerisinde en önemli dilimlerden biri haline dönüştürmüştür. Bu dilimin iyi yönetilmesi, satış noktalarının planlanan zamanlarda beslenmesi, stok ve sipariş hazırlama doğruluk oranlarının yüksek tutulabilmesi lojistik maliyetinin dolayısıyla da ürün maliyetinin düşürülmesi adına büyük önem arz etmektedir.

### 2.1 Depolama tesisi yerleşim planı

İyileştirme yapılan depolama tesisinde, tedarikçiden gelen ürünlerin depolanması, ürünün müşteriye sevkiyatının yapılması, gelen ürünlerin ürün ve beden temelli ayrıştırılması gibi operasyonlar yapılmaktadır. Yapılan bu operasyonlarda süre ve depoda işlem gören ürün adedi son derece önemli parametrelerdir. Bu parametreleri daha iyi seviyeye çıkarmak adına depoya otomasyon sistemi kurulmuş ve kurulan sistemden yer yer geri dönüş alınarak depolama verimini arttırmaya yönelik iyileştirme çalışması yapılmıştır. Depolama tesisinin yerleşim planı Şekil 1'de görüldüğü gibidir.

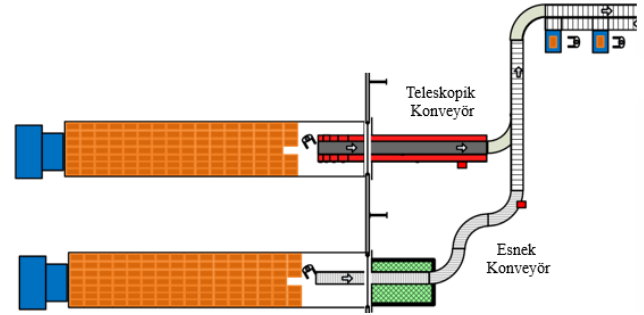


Şekil 1: Depo otomasyonu yerleşim planı.

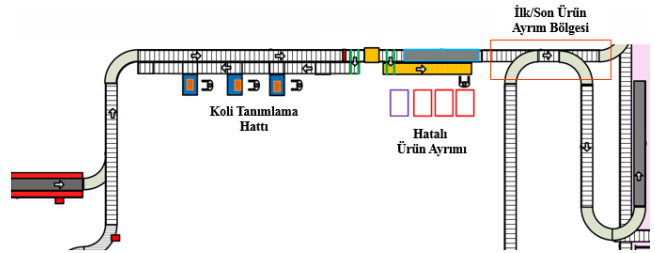
### 2.2 Depolama tesisi çalışma düzeni

Öncelikle tedarikçiden gelen ürünler Şekil 2'de görüldüğü gibi otomasyon sistemine beslenmektedir. Tırlardan konveyörlere

aktarılan ürünler paket tanımlama ve hatalı paket ayırma işlemlerine tabi tutulduktan sonra zemin katın devamında bulunan (Şekil 3) ilk/son ürün ayırım bölgesine gelmektedir. Buradan da ürünlerin talep edilen doğrultuda hazırlanması için üst kata çıkarılmaktadır. Şekil 3'te yer alan ürün ayırım bölgesi bu çalışma kapsamında iyileştirmenin yapıldığı yerdir. Üst kattan gelen hazırlanmış ürün ile hazırlanmak üzere üst kata giden ilk ürün aynı yerden geçmektedir. Dolayısıyla bu bölge iki yerden ürün alıp iki yere ürün veren bir konuma sahiptir. Bu nedenle burada yapılacak bir iyileştirme süreci açısından son derece önemlidir. Bu bölgeden kaynaklanacak aksaklıklar tesis etkinliğini olumsuz etkilemektedir.



Şekil 2: Gelen ürünlerin otomasyon sistemine beslenmesi.



Şekil 3: Gelen ürünlerin ve hazırlanan ürünlerin yönlendirilmesi (iyileştirme bölgesi).

Bu çalışma ile birlikte belirtilen bölgede sayıcılara bağlı olarak işleyen denetim yapısı gelen/giden hatların yoğunluk durumlarını temel alan denetleyici ile değiştirilmiştir. Önerilen yöntem sadece bu çalışma için değil, konveyör hatlarının ortak kullanılması gereken çalışmalara rahatlıkla uygulanabilecektir. Özellikle gelen hatların kaynaklarının farklılık göstermesi durumunda daha verimli sonuçlar alınabilecektir. Çünkü ürünlerin aynı yerden gelmesi iki hattaki yoğunluğu aynı tutacağı için sayıcılara bağlı denetim yapıları sistemi olumsuz etkilemeyecektir. Ama bu çalışmada olduğu gibi hatların kaynaklarının farklı buna bağlı da yoğunlukların farklı olabileceği durumlar için yoğunluk temelli yöntemler daha verimli olacaktır. Depolama tesisi içerisindeki iyileştirme bölgesi Şekil 4'te yer almaktadır.



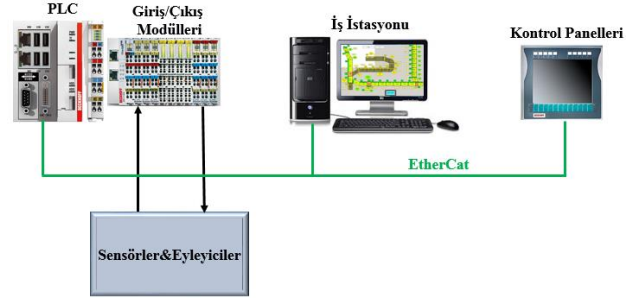
Şekil 4: Tesis içerisindeki iyileştirme bölgesi.

### 3 Depolama sistemi otomasyon tasarımı

İyileştirme yapılan depo otomasyon sisteminde yaklaşık 1200 konveyör hattı bulunmaktadır. İyileştirme yapılan bölge ise doğrudan 5 konveyör hattını içermektedir. Fakat her hat başka bir hatla ilişkili olduğu için depolama sistemi bir bütün olarak değerlendirilmekte ve bu nedenle yapılan iyileştirme tüm hattı kapsamış olmaktadır. Depolama sisteminde bulunan 1200 konveyör hattı, hatlar üzerinde bulunan sensörler ve eyleyiciler tek bir PLC'ye bağlıdır. PLC'ye her modülün 16 giriş/çıkış (I/O) bağlantısına sahip olduğu 260 modül eklenmiştir. Modül sayısının oldukça fazla olması PLC'nin yüksek işlemci gücüne sahip olmasını ve hızlı haberleşme ağının olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle tesis kontrolünde EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) haberleşme protokolüne sahip Beckhoff marka PLC, PLC'nin programlanması için TwinCat programı kullanılmıştır. Endüstride, PLC programlaması programlamanın kolay yapılması, endüstride programlama yapan kişilerin daha çok aşına olduğu kumanda teknikleri mantığına göre grafiksel olarak oluşturulması gibi nedenlerle Ladder programlama dili tercih edilmektedir. Fakat Ladder programlama dili esnek olmayan yapısından dolayı I/O sayısının fazla olduğu uygulamalarda, satır sayısının fazla olması veya hata analizinin uzun sürmesi gibi olumsuz sonuçlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, tesis içerisinde çok fazla I/O olması ve if/while/for vs. gibi 'C' temelli komutların yazımına imkân sağlaması nedenleriyle programlama dili olarak ST (Structured Text- Yapılandırılmış Metin) yöntemi kullanılmıştır.

Çok fazla I/O bulunduran sistemlerin kontrolünün hedeflenen şekilde gerçekleştirilmesi sadece programlamaya bağlı değildir. Doğru programlamanın yanında sistem girişlerinin hızlı okunmasına ve sistem çıkışlarının hızlı iletilmesine de bağlıdır. Özetle hedeflenen sistem kontrolü, haberleşme ağının çok hızlı yönetilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada kullanılan PLC'nin EtherCAT haberleşme protokolüne sahip olmasından dolayı çalışma anında haberleşme hızından kaynaklı bir veri kaybı yaşanmamaktadır. EtherCAT, iletim hızı ile topoloji özgürlüğü açısından yeni nesil kontrol teknolojisi

için esnek genişletilebilirlik özelliklerine sahip bir protokol olarak ortaya çıkmıştır [15]. Yakın tarihte geliştirilmiş olan bu haberleşme ağı çok yüksek hızlarda veri iletimine olanak sağladığı için tek bir PLC tüm depolama sistemini kontrol etmekte yeterli olmuştur. Yüksek hızda haberleşme ağının olması tüm hatların tek noktadan kontrol edilmesi için büyük öneme sahipken aynı zamanda da operatörlerin hatları izleyip gerektiği yerde sisteme müdahale etmesi için kullandığı HMI (Human Machine Interface) Panel ve SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ekranları açısından da öneme sahiptir. Depo otomasyon sistemine ait haberleşme ağı Şekil 5'te yer almaktadır.



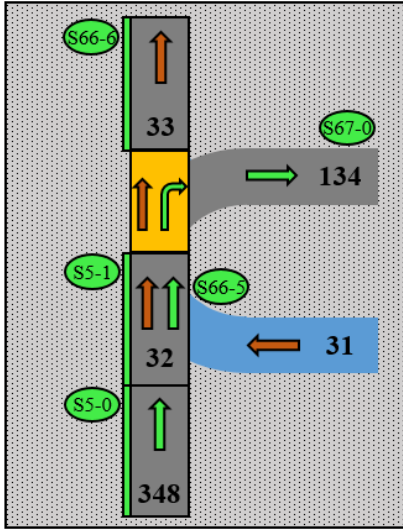
Şekil 5: Depolama otomasyonu haberleşme ağı.

İş istasyonu üzerinde tüm tesisin izlendiği ve kontrolünün gerçekleştirildiği SCADA ekranı bulunmaktadır. Sistem içerisinde çok sayıda çalışma bölgesi bulunmasından dolayı genel ekranda tüm sistemi izlemek ve sistem ekipmanlarına müdahale etmek güç olmaktadır. Bu nedenle genel ekrandan farklı olarak her bölge için de SCADA ekranı tasarlanmıştır. Şekil 6'da gösterilen iyileştirme bölgesinde de çok sayıda konveyör hattı yer almaktadır. Bu çalışmayı doğrudan ilgilendiren konveyör hatları Şekil 7'de gösterildiği gibidir. Şekilde görülen oklar ürün paketlerinin konveyör hattındaki hareket yönünü, yeşil yuvarlak simgeler sensörleri ve konveyörlerin yanında bulunan yeşil renkli dikdörtgenler frenleri temsil etmektedir.



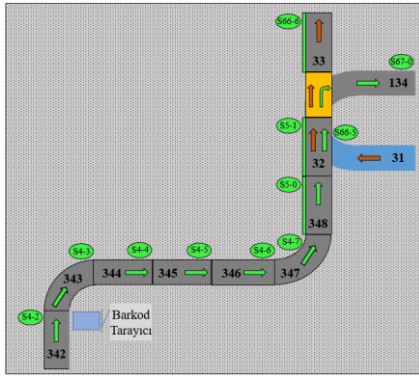
Şekil 6: Depolama tesisi SCADA ekranı.





Şekil 7: İyileştirme bölgesindeki konveyör hatlarının hareket yönleri.

İyileştirme yapılan bölge, hazırlanan ürünlerle hazırlanmak üzere gelen ürünlerin ortak kullanıldığı bir bölgedir. 134 No.lu hattan geçen ürünler hazırlanmak üzere üst kata çıkmakta, 33 No.lu hattan geçen ürünler ise depolanmak üzere depolama alanına ulaştırılmaktadır. Ortak kullanım bölgesi olmasından dolayı buradaki yönlendirme işlemlerinin doğru planlanması depolama tesisinin performansını önemli derecede etkilemektedir. Şekil 7’de görüldüğü gibi 31 ve 348 No.lu hatlar ürünlerin bu bölgeye geldiği, 33 ve 134 No.lu hatlar ise 31 ve 348 No.lu hatlardan gelen ürünlerin yönlendirildiği noktalarıdır. Depolama tesisinde yaklaşık 2000 konveyör hattı, her hat üzerinde ürün algılama sensörü bulunmaktadır. Tesis üzerinde belirli bölgelerde ise ürün barkodunun okunması için Şekil 8’de yer aldığı gibi barkod tarayıcılar bulunmaktadır. Ürün tarayıcı tarafından algılandıktan sonra okunan barkod numarasına bir ürün numarası atanmaktadır. Tarayıcıdan geçen ürün kendine ait numarası ile hatta ilerlemeye devam etmektedir.



Şekil 8: Barkod tarayıcıdan geçen ürünlerin iyileştirme bölgesinde yer alan 348 No.lu hatta yönlendirilmesi.

Ürün numaralarında karışıklık olmadan ilerlemenin sağlanması için Tablo 1’de görülen ürün takibi yapılmaktadır. Hatta aktarılan ürün sonrası ilgili konveyör stok durumu “1” olmakta ve ürün numarası konveyör numarasıyla ilişkilendirilmektedir. Ürün konveyör sonunda bulunan sensöre ulaştıktan sonra ilgili konveyörün stok durumu “0”

olurken sonraki konveyör stok durumu “1” olmakta ve ürün numarası yeni konveyöre aktarılmaktadır.

Tablo 1: Barkod tarayıcıdan geçen ürünlerin takip edilmesi.

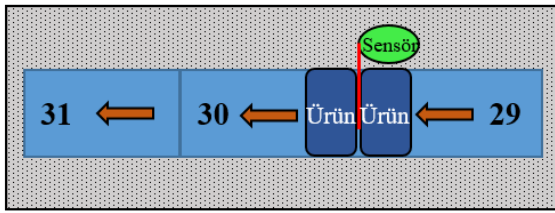
	Konveyör 343	Konveyör 344	Konveyör 345	Konveyör 346	Konveyör 347
1	Stok:1 Ürün No:1	Stok:0	Stok:0	Stok:0	Stok:0
2	Stok:1 Ürün No:2	Stok:1 Ürün No:1	Stok:0	Stok:0	Stok:0
3	Stok:1 Ürün No:3	Stok:1 Ürün No:2	Stok:1 Ürün No:1	Stok:0	Stok:0
4	Stok:1 Ürün No:4	Stok:1 Ürün No:3	Stok:1 Ürün No:2	Stok:1 Ürün No:1	Stok:0
5	Stok:1 Ürün No:5	Stok:1 Ürün No:4	Stok:1 Ürün No:3	Stok:1 Ürün No:2	Stok:1 Ürün No:1

Takip sırasında meydana gelen bir hata ürünün yanlış yere yönlendirilmesine sebep olacağı için bu işlemin hatasız yapılması gerekmektedir. Bu takip sistemi hatasız ürün akışını sağlarken aynı zamanda sensör veya hat motoru arıza tespitinde ve yığılma analizinde de görev yapmaktadır. 344 No.lu konveyörde meydana gelen arıza sonrasında sistem akışının nasıl ilerlediği Tablo 2’de örnek olarak gösterilmiştir. 345 No.lu konveyör sonrasında bir arıza olmadığı için ürün hatlardan ilerlemiş ve stok değerleri “0” olmuştur. 344 No.lu konveyör ve öncesinde arızadan dolayı ilerleme sağlanamamış ve stok değerleri “1” olarak kalmıştır. Arıza durumunda PLC programı stok bilgilerini kullanarak arıza bilgisinin operatör tarafından görülmesi için SCADA ekranında akış sağlanmayan konveyörleri koyu yeşil renge dönüştürmektedir. Hat üzerinde ilerlemenin durması; motor arızasından, sensör arızasından veya hatta çalışan operatörün görev yerinde bulunmamasından kaynaklanabilir. İlerlemeye engel senaryolar farklı nedenlerden dolayı çoğaltılabilir. Bu çalışma kapsamında önemli olan durum, konveyör üzerinde bulunan ürünün ilerlememesidir. Ayrıca Konveyör sonlarında yer alan sensör arıza tespiti de sistem akışının sorunsuz sağlanması için önemli değere sahiptir. Depolama tesisine gelen ürün paketlerinin standart ölçüleri vardır. Bu ölçü değerlerini ve konveyör hızı kullanılarak bir ürünün sensörden tamamen geçme süresi hesaplanabilmektedir (Şekil 9a).

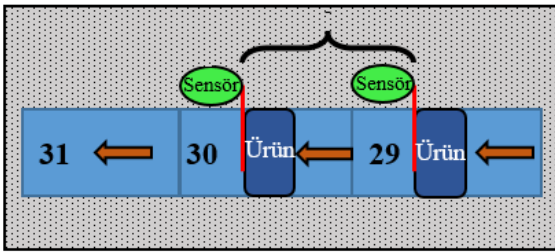
Tablo 2: Hat durması sonrası ürün akışı.

	Konveyör 343	Konveyör 344	Konveyör 345	Konveyör 346	Konveyör 347
1	Stok:1 Ürün No:5	Stok:1 Ürün No:4	Stok:0	Stok:1 Ürün No:3	Stok:1 Ürün No:2
2	Stok:1 Ürün No:5	Stok:1 Ürün No:4	Stok:0	Stok:0	Stok:1 Ürün No:3
3	Stok:1 Ürün No:5	Stok:1 Ürün No:4	Stok:0	Stok:0	Stok:0
4	Stok:1 Ürün No:5	Stok:1 Ürün No:4	Stok:0	Stok:0	Stok:0
5	Stok:1 Ürün No:5	Stok:1 Ürün No:4	Stok:0	Stok:0	Stok:0

Ürün paketi sensör tarafından ilk olarak görüldüğünde sensörün değeri "1" olmaktadır. Normal durumda hesaplanan süre boyunca sensör değeri "1" olması beklenmektedir. Sensörün ürün geçişinde arızaya geçmesi, ürün tamamen geçmeden sensör değerinin "0" olmasına neden olacak dolayısıyla da bu durum ürün geçiş süresini kısaltacaktır. Sensör değeri 1'den 0'a döndüğü için bu durum PLC tarafından ürün tamamen geçti olarak algılanacak ve ilgili konveyörün motoru kapanacaktır. Ama gerçekte ürün tamamen diğer konveyöre geçmediği için ilerleme sağlanamayacaktır. Bu nedenle ürünün sensörden geçiş süresinin takip edilmesi gerekmektedir. Ürün geçiş süresi beklenen süreden az olması durumunda ilgili konveyör rengi kırmızıya çevrilmekte ve motoru kapatılmakta ayrıca SCADA ekranında "Sensör Arıza" bilgisi iletilerek operatör uyarılmaktadır. Depolama otomasyon sisteminde hataya sebep olabilecek bir diğer durum konveyör üzerindeki ürün paketinin düşmesidir. Konveyör sonlarındaki sensörler dijital olarak ürün var ya da yok bilgilerini vermektedir. Bu bilgiler kullanılarak Tablo 1'de belirtilen yöntemle ürünler takip edilmektedir. Fakat ürünün konveyörden düşmesi sonrasında ürün takibinde kaymalar meydana gelecektir. Bu durumu engellenmesi için ise ürünün bir konveyörden diğer bir konveyöre geçme sürelerinin incelenmesi işlemi yapılmaktadır (Şekil 9b).



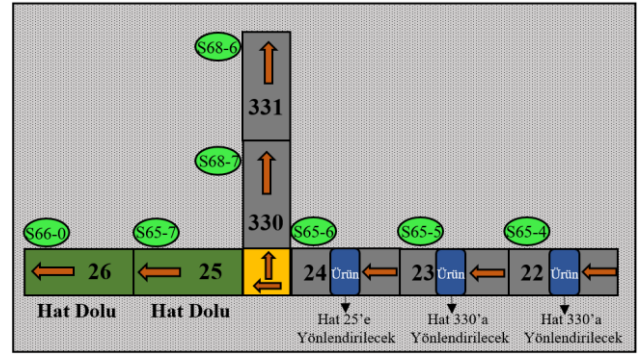
(a)



(b)

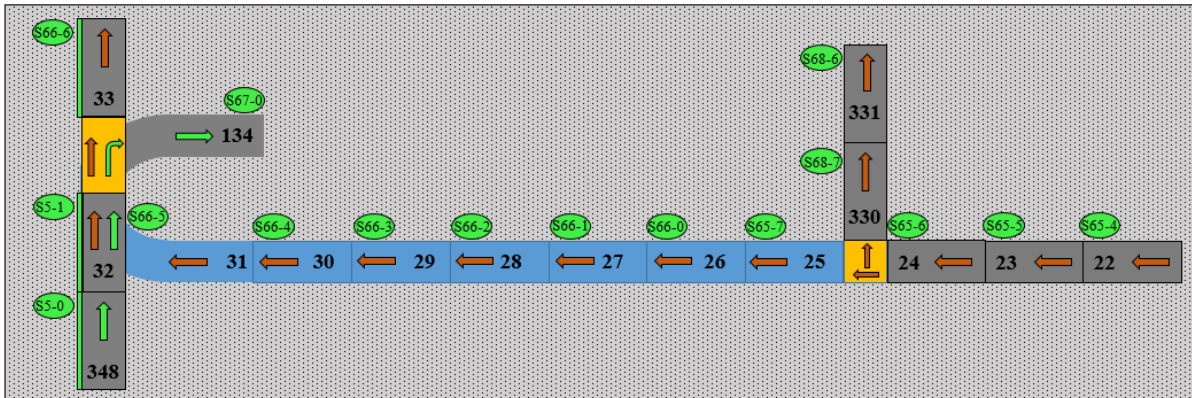
Şekil 9(a): Ürünün konveyör sensöründen tamamen geçme süresinin incelenmesi, (b): İki konveyör sensörü arasında ürünün hareket süresinin incelenmesi.

Sistem üzerindeki konveyör hız bilgileri ve uzunlukları kullanılarak ürünün bir sensörden diğer sensöre ulaşma süresi tespit edilmektedir. Tespit edilen süre içerisinde ürün diğer sensöre ulaşmazsa operatöre uyarı verilmekte ve hat motoru durdurulmaktadır. Bu bölgenin yoğunluk durumuna göre etkili kullanımının sağlanması için 348 ve 31 No.lu konveyörlere gelen ürünlerin izlediği yolları da incelemesini gerektirmektedir. Şekil 8'de 348 No.lu konveyöre gelen ürünlerin izlediği yollar gösterilmiştir. 348 No.lu konveyör öncesinde ayırım noktaları olmadığı için ortak kullanım alanının kontrolünde özel durum oluşturulmamıştır. Şekil 10'da ise 31 No.lu konveyör öncesindeki hat yerleşimleri gösterilmiştir. 24 No.lu konveyörün sonrasında ayırım noktası bulunmaktadır. İyileştirme bölgesinin kontrolüne bağlı olarak ayırım noktasındaki konveyörlerin bekleme süreleri de etkilenebilmektedir. 25 yönünde meydana gelen yığılma 330 yönünde ilerleyecek ürünlerin gereksiz yere beklemesine neden olabilmektedir. Şekil 11'de görüldüğü gibi 24 No.lu konveyörün arkasında bulunan 22 ve 23 No.lu konveyörlerde 330 yönünde ilerleyecek ürünler 24 No.lu konveyörden kaynaklanan beklemeden dolayı ilerleyememektedir. Bu nedenle iyileştirme bölgesinde bulunan ortak kullanım hattının etkili kullanımının sağlanması için Şekil 11'de yer alan konveyörlerin de dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 11: 31 No.lu konveyör öncesinde bulunan konveyör kesişme noktasında ürünlerin bekleme yapması.

Şekil 12'de iyileştirme sonrası kontrol yapısına ait akış diyagramı verilmiştir. Bununla beraber iyileştirme bölgesinde bulunan 31 No.lu konveyör öncesinde yer alan ayırım bölgesinin kontrol yapısı da revize edilmiştir. Şekil 13'te yer alan yeni kontrol yapısı 24 ve 31 No.lu konveyör aralığını kapsamaktadır. Fakat Şekil 12 ve 13'te ayrı ayrı verilen kontrol yapıları arka planda etkileşimli çalışmaktadır.

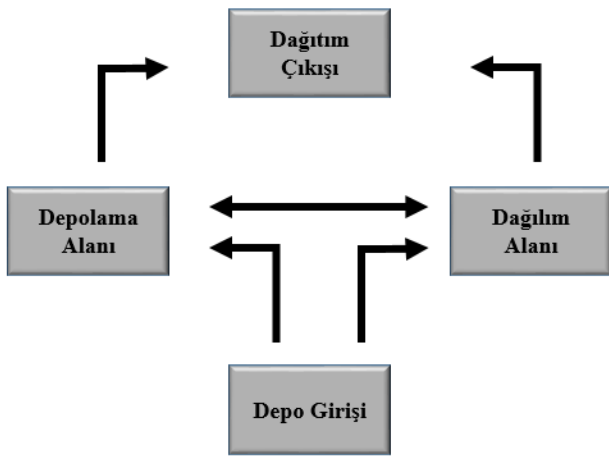


Şekil 10: İyileştirme bölgesinde yer alan 31 No.lu konveyörde ürünlerin yönlendirilmesi.



arası oluşan yığılma sonrasında 24 No.lu konveyöre gelen ürünler 330 yönünde ilerleyecekse öncelik durumu oluşmamaktadır. Bu öncelik tamamen 330 yönündeki hattın gereksiz yere beklemesinin önüne geçilmesi için verilmiştir. Bu çalışmanın amacı depolama tesisinin çalışma kapasitesinin artırılmasıdır. Bu nedenle, sadece iyileştirme bölgesinde bulunan 5 konveyör hattının denetimi revize edilmemiş aynı zamanda bu bölgeyle ilişkili olan 24-31 arası konveyör hatlarının da yoğunluk temelli denetimi sağlanmıştır.

Yapılan iyileştirmelerin etkinliğin test edilebilmesi için iyileştirme bölgesiyle ilişkili alanlardaki çalışma verilerinin incelenmesi gerekmektedir. Depolama tesisine alınan ürün paketleri iyileştirme bölgesiyle ilişkili olarak temelde Şekil 14'te görüldüğü gibi depolama alanı, dağılım alanı ve dağıtım çıkışı olmak üzere üç alan arasında hareket etmektedir

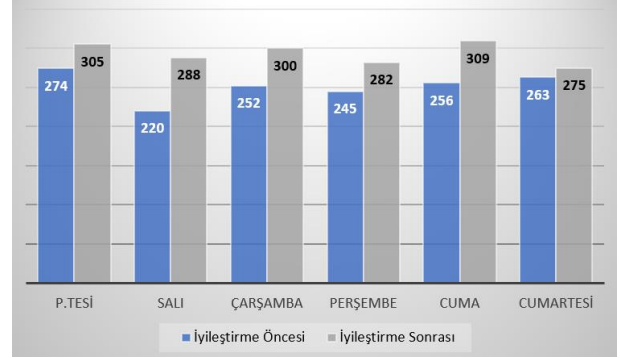


Şekil 14: İyileştirme bölgesiyle ilişkili alanlar arası ürün paket hareketleri.

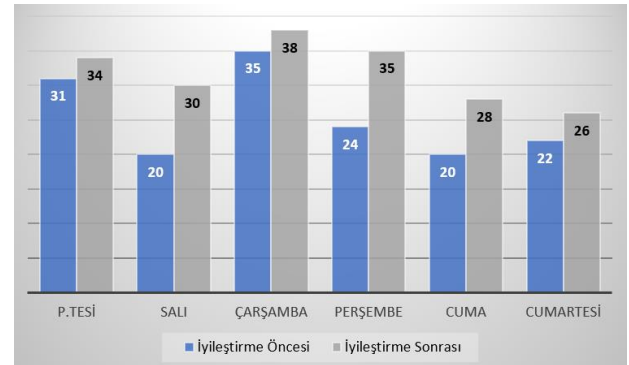
Depolama alanı; daha sonra kullanılmak üzere bekletilen ürünlerin yer aldığı, dağılım alanı ise verilen siparişler doğrultusunda hazırlıkların yapılması için ürün yönlendirilmelerinin yapıldığı bölümdür. Ürün paketlerinde aynı modelden farklı bedende veya farklı renklerde çok sayıda ürün bulunabilmektedir. Bu nedenle depolama alanında bekleyen ürün paketleri duruma göre doğrudan dağıtım çıkışına gidebilirken, yeni sipariş doğrultusunda hazırlanmak için önce dağılım alanına gidip içerisinden gerekli ürünler alındıktan sonra tekrar depolama alanına gönderilebilmektedir. İçerisinden alınan ürünlerle oluşturulan yeni ürün paketi ise dağılım alanından gerekli yerlere yönlendirilmektedir. Ürün hareketleri tamamen tesisi kullanan firmanın siparişleri doğrultusunda değişiklik göstermektedir. Bu nedenle depolama tesisinin günlük çalışma senaryoları farklılık gösterebildiği için aynı şartlarda iyileştirme öncesi ve sonrası tesisin çalışma performanslarının karşılaştırılması bir haftalık veriler üzerinden yapılmıştır. Depolama alanına giden, dağılım alanına giden ve dağıtıma çıkan ürün paketleri üzerinden yapılan karşılaştırma sonuçları Şekil 15-17'de görülmektedir.

Bir haftalık veriler üzerinden yapılan karşılaştırma sonuçları, depolama tesisinin her gün aynı sipariş talebiyle çalışmamasından dolayı tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle tüm alanlarda işlem gören toplam ürün paketi sayıları hesaplanmıştır. Şekil 18'de görüldüğü gibi günlük işlem gören paket sayısında yaklaşık %10-%15 arasında artış görülmektedir. Günlük işlem gören değerler üzerinden farklı

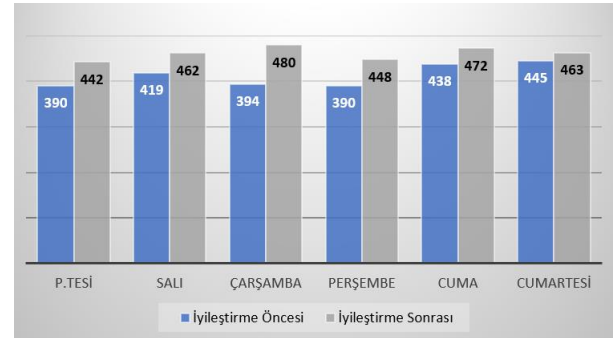
bir çıkarım yapılırsa, bir hafta üzerinden altı günde ortalama 4138 ürün Şekil 14'te görülen alanlar arası hareket etmektedir. İyileştirme sonrası ise bu değer ortalama 4717'ye yükselmiştir. Haftalık bazda 579 paket artışı neredeyse bir günlük işlem gören paket sayısına eş değerdir. Bu sonuçlardan yaklaşık haftada bir gün kazanç sağlandığı görülmektedir.



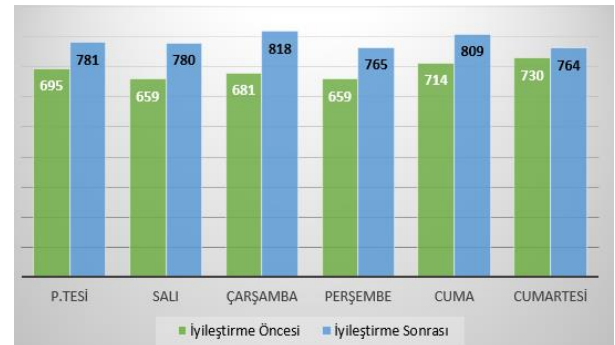
Şekil 15: Depolama alanına giden paket sayısı.



Şekil 16: Dağılım alanına giden paket sayısı.



Şekil 17: Dağıtıma çıkan paket sayısı.



Şekil 18: Tesis içerisinde işlem gören toplam paket sayısı.



Bir günlük işlem artışı, depolama tesisin performans etkinliğine faydasının yanında enerji maliyeti yönünden de önemli katkısı bulunmaktadır. Depolama alanı, dağılım alanı ve dağıtım çıkışı arasında çalışan konveyör motor sayıları ve enerji tüketimleri Tablo 3'te verilmiştir. Günde 3 vardiya çalışan bu tesiste 6 gün boyunca çalışma gerçekleştirilmektedir. Vardiya değişimleri, yemek ve çay molaları göz önüne alınarak haftalık çalışma süresi yaklaşık 120 sa.'tir. İyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası aynı sayıda paketin işlem gördüğü varsayılarak enerji tüketim karşılaştırması yapılırsa, iyileştirme öncesi yaklaşık olarak 6960 kWh elektrik enerjisi harcanarak 4138 ürün işlem görmüştür. İyileştirme sonrası ise aynı sayıdaki ürün 106 sa.'lik bir çalışma süresinde ve yaklaşık 6150 kWh elektrik enerjisi kullanılarak işlenebilmektedir. Sonuç olarak, gerçekleştirilen iyileştirme çalışması ile %10-%12 oranında enerji tasarrufu ve verim artışı sağlanmıştır.

Tablo 3: Konveyör motor sayıları ve enerji tüketimleri.

	24 Volt (Adet)	380 Volt (Adet)	Enerji Tüketimi
Dağılım alanına giden hattaki toplam motor sayısı	53	26	28.1 kWh
Depolama alanına giden hattaki toplam motor sayısı	59	14	16.3 kWh
Dağıtım çıkışına giden hattaki toplam motor sayısı	42	12	13.6 kWh

#### 4 Sonuçlar

Bir firmanın pazara hızlı ürün sunabilmesinde üretim kadar depolama da büyük öneme sahip olduğu için, üretim otomasyonunun yanı sıra depolama otomasyonu çalışmalarına da değer verilmelidir. Çünkü günümüzde firmalar ürünlerini sınırlı bölgelerde değil, ulusal veya uluslararası pazarda satışta sunmakta ve bunun sonucu olarak da üretilen ürün sayıları çok fazla miktarlara çıkmaktadır. Ürün sayısının fazla olması hızlı paketleme ve depolama işlemini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle hızlı ve etkin depolama tesisleri kurmak veya var olan tesislerin etkinliğini arttırmak firmalar için büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, bir depolama tesisinin hızını ve verimini arttırmaya yönelik bir iyileştirme ele alınmıştır. Depolama tesisine gelen ürünün istenilen doğrultuda hazırlanması sıralı işlem paketlerini gerektirmektedir. Bu işlemlerin her hangi birinde meydana gelen gecikmeler tüm tesisin depolama performansını etkilemektedir. Bu çalışmaya konu olan depolama tesisinde, ortak kullanım gerektiren konveyör hatlarının bulunduğu işlem bölgesindeki gereksiz beklemler giderilerek %10-%15 oranında daha fazla ürünün işlenmesi ve dolayısıyla tüm tesisin %10-%12 oranında daha verimli çalışması sağlanmıştır. Günümüzde üretim ve tüketimin çok hızlı olması, ihtiyaç ve gereksinimlerin çok hızlı değişmesi, firmalar arasındaki rekabetlerin üst seviyeye ulaşması 4. Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) sinyallerini vermeye başlamıştır. Hedefleri arasında, internet temelli, az enerji tüketimli, düşük maliyetli, hızlı ve güvenilir üretime imkân veren bir akıllı elektronik bir sistem kurmak olan bu devrimle birlikte üretim ve depolama otomasyonu üzerindeki çalışmaların da hız kazanacağı görülmektedir.

#### 5 Teşekkür

Vermiş oldukları destek ve katkılarından dolayı Ekol Lojistik Firmasına ve bu firmanın çatısı altında bulunan otomasyon

birimi yöneticisi Sayın Fatih Güven'e ayrıca otomasyon ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

#### 6 Kaynaklar

- [1] Ayaz M, Erhan K, Aktaş A, Özdemir E, Salihoğlu H. "Araç yakıt tankı montajı için otomasyon sistem tasarımı ve uygulaması". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 357-366, 2015.
- [2] Alphonsus ER, Abdullah MO. "A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs)". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1185-1205, 2016.
- [3] Öztürk N, Yılmaz C, Kahraman A. "Endüstriyel otomasyon ağı ile asenkron motorun uzaktan denetimi ve performans analizi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2), 195-201, 2007.
- [4] Toylan H, Kuşçu H. "Mass sensitive apple classification industrial automation design". *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 3(1), 210-216, 2013.
- [5] Fidan U, Satuk S. "Bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sistemi tasarımı". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 1-14, 2011.
- [6] Bayındır R, Cetinceviz Y. "A water pumping control system with a programmable logic controller (PLC) and industrial wireless modules for industrial plants-an experimental setup". *ISA Transactions*, 50, 321-328, 2011.
- [7] Kürklü A, Çağlayan N. "Sera otomasyon sistemlerinin geliştirilmesine yönelik bir çalışma". *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 25-34, 2005.
- [8] Yılmaz C, Üncü İS. "Profibus-Dp ağ tabanlı bina otomasyonu tasarımı". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 161-166, 2006.
- [9] Mhatre L. "Study on industrial automation: PLC control system". *International Journal of Advances in Computer and Electronics Engineering*, 1(3), 31-34, 2016.
- [10] Akın K, Durmuş MS, Söylemez MT. "Demiryolu sinyalizasyon sistemi bileşenlerinin otomasyon petri ağları ile modellenmesi ve PLC ile gerçekleştirilmesi". *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Gebze, Türkiye, 21-23 Eylül 2010.
- [11] Canıgür S. Banvit Bandırma Tesisi OG-AG Enerji Dağıtım ve İzleme Otomasyon Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2001.
- [12] Kılıç M, Özdemir Ş. "SCADA sistemi ile bir işletmenin dış saha otomasyonu". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 59-67, 2010.
- [13] Ayaz M, Erhan K, Taşdemirci E, Karaçor M. "Bir katı atık bertaraf tesisi için otomasyon sistem tasarımı ve uygulaması". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 178-190, 2014.
- [14] Kaya B, Altıntaş A, Kök Ü. "Esnek otomasyon sistemli veri takip sisteminin tasarım ve uygulaması". *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 7(2), 30-38, 2015.
- [15] Rutagangibwa V. "Ethercat technology for reliable industrial communication networks". *International Journal for Scientific Research & Development*, 2(12), 14-18, 2015.