


Araştırma Makalesi

RFID Tabanlı Üretim Takip Otomasyonu Sistem Tasarımı Ve Uygulaması: Metal Sektörü Saha Çalışması

Aslıhan Cıda¹, Aysun Sağbaş^{1*} 

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Geliş: 25.11.2019 Kabul: 23.12.2019

Özet: Küreselleşen dünyada, üretim ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin, rekabet güçlerinin artırılması ve sürdürülebilirliklerinin sağlanması amacıyla; üretim hızı, maliyet ve kalite ekseninde verimlilik stratejileri geliştirilmesi ve uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Bu kapsamda işletmeler, kaynaklarını daha etkin kullanabilmek için, ürün ve hizmetlerini, yönetim teknolojilerini ve iş yapma modellerini, değişen rekabet koşullarına göre sürekli olarak güncellemeli, sürece uygun olan sistemlerini mevcut sistemlerle senkronize ederek daha verimli çalışma ortamları oluşturmaları gerekmektedir. Bu çalışmada; metal sektöründe faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin, değişen rekabet koşullarına uyum sağlaması, iş süreçlerinin yeniden planlanması ve yönetilmesi amacıyla, üretim takip otomasyonu tabanlı bir RFID (radyo frekanslı bilgi aktarımı ve kimlik tanıma sistemi) tasarlanmıştır. Bilgi akışının daha hızlı, daha güvenilir ve daha kontrol edilebilir olmasını sağlayan kimlik okuma sistemleri, ürün bilgileri okuma sistemleri gibi birçok alanda uygulanmakta olan RFID teknolojileri, bu çalışmada, sevkiyat performansının iyileştirilmesi amacıyla geliştirilmiş ve uygulamada devreye alınmış olup, elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Uygulama sonucunda ürün sevkiyat hızının arttığı, sevkiyat sürecinde oluşan problemlerin minimize edildiği ve daha rahat çalışma koşullarının sağlandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Otomasyon, RFID, Metal sektörü, Verimlilik, Üretim.

RFID Based Production Follow-Up Automation System Design And Application: Metal Sector Field Study

Abstract: In order to increase the competitiveness and sustainability of the enterprises operating in the production and service sector in the globalizing world; it has become compulsory to develop and implement productivity strategies on the basis of production speed, cost and quality. In this context, enterprises should continuously update their products and services, management technologies and business models according to the changing competition conditions in order to use their resources more effectively, and more efficient working environments should be created by synchronizing the appropriate systems with the existing systems. In this study; A RFID (radio frequency information transfer and identification system) based on production follow-up automation has been designed in order to adapt to changing competition conditions of a metal manufacturing company and to re-plan and manage business processes. RFID technologies which are applied in many areas such as identification reading systems, product information reading systems, which enable information flow to be faster, more reliable and more controllable, have been developed and put into practice in order to improve shipping performance and the results obtained have been examined. As a result of the application, it was seen that the product delivery speed increased, the problems that occurred during the delivery process were minimized and more comfortable working conditions were provided.

Keywords: Automation, RFID, Metal industry, Productivity, Manufacturing.

* Sorumlu yazar.

E-posta adresi: asagbas@nku.edu.tr (A. Sağbaş)

1. Giriş

Çağımızın 4.sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0 devriminin hem üretim sektöründe hem de hizmet sektöründe kendini göstermeye başlamasıyla, bulut teknolojileri, nesnelerin interneti, yapay zeka teknolojileri gibi ileri düzey teknolojiler süreç içerisinde üretim ve hizmet sektörlerinde yerini almaya başlamıştır. Bu teknolojiler içerisinde bilgi akışının daha hızlı, daha güvenilir ve daha kontrol edilebilir olmasını sağlayan RFID teknolojileri; kimlik okuma sistemleri, ürün bilgileri okuma sistemleri, ödeme sistemleri savunma sanayi, gıda, depo yönetimi, inşaat sektörü, otomotiv sektörü, lojistik yönetimi, personel takibi, eğitim sektörü ve sağlık sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bilgi aktarımında hatasız, hızlı, güvenilir işlem yapılabilmesi için, en uygun çözümlerden biri olan RFID sistemlerinin kullanım amacı; bilgiyi en doğru ve en hızlı biçimde kullanıcıya iletilmesi, ürünü/paketi/kişiyi etiket içerisine hangi amaçla kullanıldığına uygun olarak yerleştirilmiş bilgiyi algılayarak süreçlerin daha hızlı ve hatasız bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Günümüzde, üretim ve hizmet işletmelerinin rekabet avantajı elde etmesinde önemli rol oynayan satın alma, üretim- dağıtım süreçleri ve bu süreçlerin planlaması, yönetimi ve verimliliğinin artırılması çok büyük önem arz etmektedir. RFID sistemleri ile nihai ürünlerin yanı sıra, hammadde, yedek parça, araç, iş makinesi, işletme çalışanları vb. nesnelere, ait tüm güncel verilerin takibi, analiz edilmesi ve bu kapsamda yönetilmesi mümkün olmaktadır. Çalışmanın amacı; metal sanayinde faaliyet gösteren küçük ölçekli bir işletmede; sevkiyat performansının iyileştirilmesi amacıyla RFID sistemleri kullanılarak üretim takip otomasyon tabanlı yeni bir sistem geliştirilmesi, uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesidir. Çalışmada; mevcut durumda manuel olarak gerçekleştirilen “ürün kimliği tanıma” sisteminin RFID sistem tasarımı ve uygulamada devreye alınması sonrasında otomatik olarak gerçekleştirilmesi hedeflenmiş olup, üretim süreci otomasyonu ile süreç performansının iyileştirilmesi sağlanmıştır. Küçük ölçekli bir üretim işletmesinde otomasyona yönelik böyle bir çalışmanın gerçekleştirilmesi bu kapsamda otomasyon projelerinin de öncüsü olması açısından önem taşımaktadır. Yeni teknolojilerin kullanımı; hız, kalite artışı ve sistematik çalışma sarmalında işlevişi kolaylaştırması ve hata oranını azaltıp müşteri memnuniyetini artırması nedeniyle, çalışmanın işletmede uygulanacak yeni projeler için bir başlangıç olacağı da ön görülmektedir. RFID sistem tasarımı sürecinde; RFID okuyucu içinde LCD ekran kullanılarak el terminali haline getirilmiş ve komutlar buton olarak tasarlanmıştır. Terminalin yazılımı için C++ yazılım dili kullanılmıştır. Sevkiyat işlemleriyle ilgili olarak toplanan sözel verilerden sonra çalışmanın sayısal verilerle de desteklenmesi açısından sevkiyat öncesi ve sonrası işlemlerinin zaman etüdü gerçekleştirilmiş olup, geliştirilen RFID sisteminin uygulamada devreye alınması süreci sonrasında elde edilen kazanımlar değerlendirilmiştir.

2. Literatür Taraması

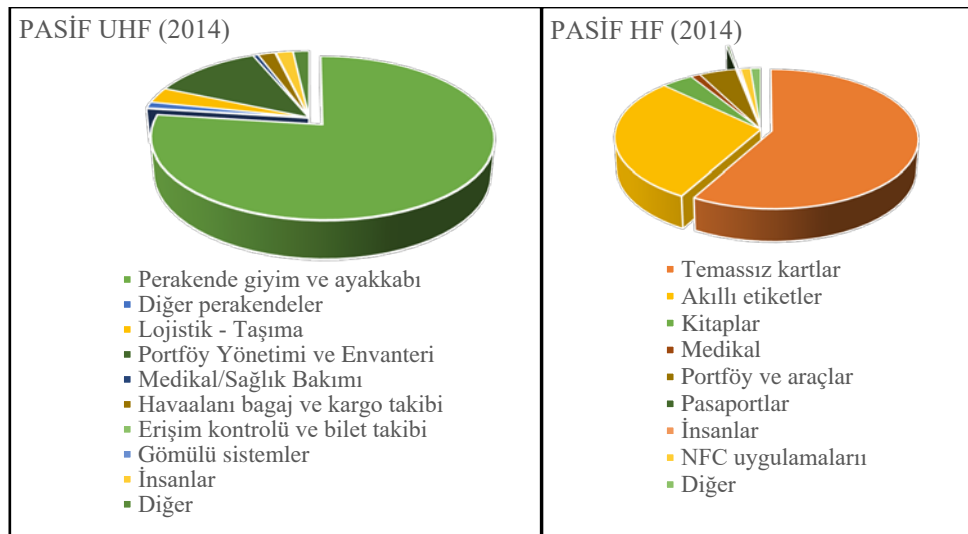
Yapılan literatür çalışması ile, RFID sistemin üretim ve hizmet sektöründen, eğitim ve sağlık sektörüne kadar çok farklı alanlarda uygulandığı görülmüş olup, yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Tuğaç ve Kavas (2007) tarafından yapılan çalışmada; iki kredi kartı ile üç ayrı ürün için alışveriş yapıldığı kabul edilerek, RFID

teknolojisi ile örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Böylece, radyo frekansı ile hem kimlik tanıma, hem ürün tanıma başarılı olarak gösterilmiştir [1]. Pala ve İnanç (2007), RFID okuyucu ve RFID etiketler kullanılarak, bir şehrin tüm otoparklarının merkezi bir veri tabanı çerçevesinde, hem ekonomik hem de hızlı olarak işletilebileceğini ispatlamıştır. Sonuçta; RFID kullanan bir otoparkın, giriş ve çıkışı için ayrı ayrı RFID okuyucu kullanabileceği gibi, tek bir RFID okuyucu da kullanılabilirliği görülmüştür. Bu model, bir şehrin tüm oto parklarını aynı cihazlar ile donatarak otomatik olarak işletilmesini ve kontrol edilmesini sağlama potansiyeli taşımaktadır [2]. Pala 2008 yılında gerçekleştirdiği çalışmada; bir okulun e-sınav sistemi için RFID teknolojisi ile çözüm aramaya çalışmıştır. Çalışmada materyal olarak; bu teknolojiyi meydana getiren RFID okuyucular, RFID etiketler, dizüstü bilgisayarlar ve bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yazılım ile okulun e-sınav salonlarının merkezi bir veri tabanı çerçevesinde otomatik olarak işletilmesi, kontrol edilmesi ve raporlanması amaçlanmıştır. Donanım olarak kullanılan RFID okuyucu ve etiketler ile de e-sınav salonlarının giriş ve çıkış kontrolü yapılmıştır. Böylece klasik olarak yapılan sınavlara alternatif olarak, çevrimiçi olarak işletilebilen, kontrol edilebilen ve otomatik öğrenci tanıyabilen e-sınav uygulaması gerçekleştirilmiştir [3]. Ergen ve diğerleri yaptığı çalışmada prekast yapı elemanlarının üretim merkezlerindeki depo alanlarında kaybolmasını önlemek ve yerlerinin belirlenmesini sağlamak için bir sistem geliştirmiştir. Depo alanlarında yapı elemanlarının yerlerinin değiştirilmesinde kullanılan mobil vinçlere RFID antenleri, RFID okuyucuları ve GPS üniteleri yerleştirilmiş; prekast yapı elemanlarına da RFID iliştirilmiştir. Mobil vinç ile prekast elemanlarının yerleri her değiştirildiğinde, RFID etiketleri otomatik olarak vinç üzerindeki RFID okuyucusu tarafından okunmuştur. RFID etiketlerinden gelen yapı elemanı kimlik bilgisi GPS'ten gelen yer bilgisi (koordinatlar) ile birleştirilerek bir veri tabanına kaydedilmiştir. Bu testlerin sonucunda, depo alanında yerleri değiştirilen yapı elemanlarının başarılı bir şekilde tanımlanabildiği tespit edilmiştir [4]. Tan ve diğerleri, RFID iletişimini sağlık sisteminde kullanmıştır. Önerilen sistem, RFID okuyucusu barındıran bir PDA cihazı ile RFID etiketi barındıran bir bileklik arasında gerçekleştirilen kablosuz iletişim rahatlığı sayesinde, hastaları takip etmede yardımcı olma potansiyeline sahiptir. Bu çalışma; RFID iletişim standartlarını inceleyip önerilen RFID tabanlı hasta takip sisteminin tasarımını ve uygulamasını aktarmaktadır [5]. Pala 2009 yılında yaptığı çalışmada; doğru zamanda ve doğru yerde bir plan çerçevesinde bir sistem kurulmasıyla, hangi yaralıya neler yapılacağı hususu daha da netlik kazanacak ve yaralılara yapılacak müdahalelerin karışma ihtimali ortadan kalkacağını belirtmiştir. Özellikle çok yaralının bulunduğu durumlarda (Deprem ve yangın gibi) bu yöntem birçok karmaşıklığın önüne geçecektir. Yaralı yakınları hastane dolaşmak zorunda kalmayacak ve kazazede web sitesi vasıtasıyla kendi yakınlarını anında sorgulayabileceklerdir [6]. Yıldırım tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada, lojistik süreçlerde tanımlanan sorunların kök nedeni bilgi eksikliği veya bilgiye kolay ulaşılamamasından kaynaklanmakta olduğunu görmüştür ve RFID sistemi getirilmesi ile yapılabilecek iyileştirme önerilerinin, sistemin bir bütün olarak ele alınması ve gelişmeye yönelik bir eğilim oluşmasına olanak sağladığı görülmüştür. Sistemin lojistik süreçlerin performansına, tedarik zincirinin etkinliğine ve maliyet kazanımlarına göre değerlendirilmesi yapılmıştır [7]. Özpınar ve diğerleri (2010), trafik yoğun bir

bölge olan İstanbul'u pilot bir bölge olarak seçmiş, RFID plaka ile şehir içi ve dışı bir trafik denetimi ortaya koymuştur [8]. Çakır ve Güngör (2011) tarafından yapılan çalışmada, mevcut kargo sisteminde görevlinin paketi teslim aldığı noktada teker teker teslimat bilgilerini girmesi gerekliliğinden dolayı kargo hizmetinde yanlışlıklar ve gecikmeler olabildiğini görmüş ve bu problemleri ortadan kaldırmak üzere gerçekleştirilen bu sistemde stoktaki bir ürünün takibi için ayrı ayrı okuma işlemi yapmadan bir anda okuma gerçekleştirilebilmesini sağlamışlardır. RFID ile kargo paketlerinin otomatik olarak yönlendirilmesi ve takip işleminin kolaylıkla yapılabilmesi sayesinde maddi giderlerde, zaman kaybında ve insandan doğabilecek hatalarda minimize edilmiştir [9]. Bal (2013); RFID destekli bakım sistemi oluşturmuştur. Elde ettiği sonuçlara göre sistemin 1, 3 ve 5 yıllık periyotlarda sırasıyla %5, %10 ve %15 güvenilirlik artışı için araştırılmıştır [10]. Özbek 2014 yılında yaptığı çalışmada, RFID sistem bileşenleri, haberleşme altyapısı gibi teknik özellikleri ve uygulama alanlarını incelemiş olup, örnek bir üs için RFID envanter yönetimi uygulaması yapmıştır. Sistem bileşenleri olarak 125 kHz düşük frekans aralığında çalışan Phidget RFID okuyucu ve pasif etiketler kullanılmıştır. RFID envanter yönetimi uygulamasında, malzemelerin envantere kaydedilmesi süreci gerçekleştirilmiştir. Otomatik tanıma sistemi sayesinde kullanıcı hataları önlenmiştir. Ayrıca RFID sisteminin envanter yönetiminde kullanılması malzeme kayıt, depolama, gönderme gibi tedarik zinciri süreçlerini daha da hızlandırmıştır [11]. Levis 2014 yılında yaptığı çalışmada minyatür boyutlarda RFID etiketli mobilyalar okuyucu tarafından okutulmuş mobilya hakkında bilgiler sunmuştur. Gerçek boyutları, renk seçenekleri, mobilya ile ilgili resimler gibi fabrikasyon haliyle bir izleme ekranında bilgiler gösterilmiştir [13]. Çavdar ve diğerleri (2014); akıllı çöp toplama sistemiyle, verimli şekilde en az harcama, en az çevreye zarar yaklaşımıyla daha sağlıklı, hijyenik, şehir mobilyasına uygun çözümleriyle, gelişmiş dünyanın sorunlarına çözüm oluşturabilecek ve günümüzün teknolojik imkânları, haberleşme teknolojileri, bu alanda yıllara dayanan tecrübe ve katı atık toplama bilgileriyle birleştirilerek olurlu bir sistem ortaya koymaya çalışmıştır. [14]. Emç ve Tecim 2016 yılında yaptıkları çalışmada, RFID teknolojisi aracılığıyla Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) akıllı

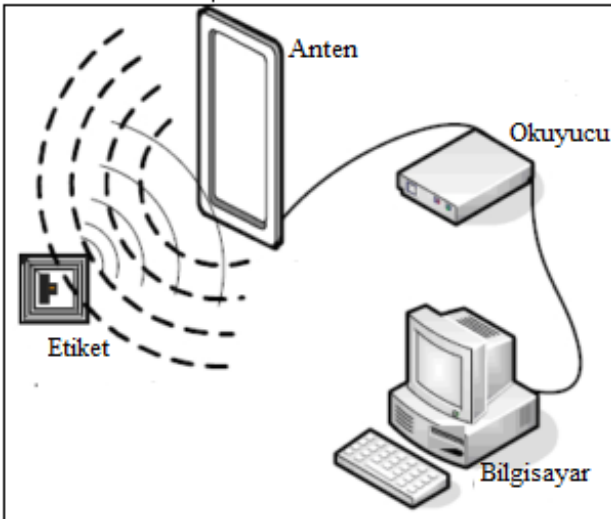
kart sisteminin kullandığı teknolojilerden faydalanılarak kampüs harcama sistemi tasarlanmıştır. Tasarımda; DEÜ akıllı kart sistemi ile bütünleştirilen harcama sisteminin kullanıldığı bir veri tabanı bulunmaktadır. DEÜ personelleri ve öğrencilerinin verileri bu veri tabanında tutulmaktadır. Personel ve öğrencilerin kullanmakta olduğu akıllı kartlar mevcut sistem yapısı içerisinde çevrimiçi olarak çalışabilmektedir. Böylelikle internet bağlantısına gerek duymadan ve veri tabanına erişim olmadan da akıllı kart sistemi aktif olarak kullanılabilir [15]. Maraşlı (2016); RFID teknolojisi kullanılarak geliştirilen yeni bir sistemle, özellikle yakıt istasyonlarında, yakıt dolumu esnasında oluşan yanlış yakıt dolumu ve yanlış pompa kullanımı sorunlarına çözüm sağlamayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda geliştirilen sistemde araçların yakıt dolum noktalarına yerleştirilen ve yakıt bilgisini de içeren RFID etiketler kullanılmıştır. Sistemin görsel takibi için C# programlama dili kullanılarak bir arayüz tasarlanmıştır [16]. Hatipoğlu ve diğerleri 2017 yılında yaptıkları çalışmada, ihracat deposunda RFID sistemleriyle oluşturdukları yeni uygulamaya ait sürecin haritasını çıkarmış, işlem sayısında ne ölçüde kazanım sağlanacağı hesaplamıştır. Geliştirilen sistemin uygulanması ile birlikte; mal kabul sürecindeki işlem sayısında % 43 oranında, optimizasyon sürecindeki işlem sayısında %50 oranında iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca; kullanılan iş gücü ve harcanan zaman açısından ise %70 civarında bir iyileşme sağlanmıştır [17]. Üstündağ ve Öztayşi (2017) tarafından yapılan çalışmada; otobüs üretimi yapan bir firmada RFID sistemleriyle oluşturulan yeni süreçte manuel kart okuma işlemleri ve insan hatası olasılığı ortadan kaldırılmakta, malzeme talebi gerçek zamanlı olarak oluşturulmaktadır. Süreç daha az personel ile daha kısa zamanda gerçekleştirilmektedir. Malzemenin toplanması ve ambar alanından çıkarılması ile birlikte stoklar gerçek zamanlı olarak kayıtlardan düşürülmektedir. Sürecin toplam süresi, hata oranı, toplam kat edilen mesafe, personel sayısı, talebin ortalama karşılanma süresi ve maliyet yeni sürecin mevcut süreç ile karşılaştırılmasın da kullanılan göstergelerdir [18]. Yapılan çalışmalar 2014 yılında sektörel olarak irdelenmiş olup, RFID tabanlı uygulamaların oransal dağılımı şekil 1. de gösterilmiştir [19-21].



Şekil 1. RFID tabanlı uygulamaların sektörel dağılımı.

3. RFID Sistem Tasarımı, Entegrasyonu Ve Uygulanması

Çalışma; metal sanayiinde faaliyet gösteren küçük ölçekli bir işletmede malzemenin sevki edilmesinde yaşanan gecikmeler ve ortaya çıkan hataları minimize etmek amacıyla,RFID tabanlı bir sistem tasarımı ve uygulanması ekseninde gerçekleştirilmiştir. RFID sisteminde; okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar antenle buluşmakta ve etiket üzerindeki devreleri harekete geçirmektedir. Etiket; dalgaları modüle edilerek okuyucuya geri göndermekte, okuyucu da yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürmektedir [11]. Radyo frekanslı tanımlama olarak adlandırılan canlı veya cansız her türlü varlığı radyo frekans dalgaları ve varlıkların üzerine konumlandırılan etiketler (RFID Tag) aracılığıyla tanımlanan teknolojiler, RFID teknolojileri olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2). Radyo frekanslı bilgi aktarımı ve kimlik tanıma sistemi; etrafında anten sarılı olan bir mikroçip (etiket) ve bir okuyucudan (RFID Reader) oluşan otomatik bir sistemdir [19]. Antenler ise etiket ve okuyucu arasındaki iletişimi sağlayan birimlerdir RFID sistemi anten okuyucu ve etiket olmak üzere 3 bileşenden oluşmaktadır. Etiketler bilgiyi taşıyan birimler olup, okuyucular; kodlanmış bilgiyi radyo frekansları aracılığıyla alan bileşendir [11].



Şekil 2. RFID çalışma prensibi [20].

RFID etiketler, bir RFID sisteminde tanımlanacak tüm nesnelerin üzerine veya içine doğrudan yerleştirilebilir. Bu sayede, ürün kapsama alanına girdiğinde tanınması sağlanır, etikete kaydedilmiş bilgiler kolaylıkla elde edilir. Bir RFID okuyucu, RFID sisteminin beynidir ve herhangi bir sistemin çalışması için gereklidir. RFID okuyucu, RFID etiketleriyle iletişim kurmak için radyo dalgaları ileten ve alan aygıtlardır. Günümüzde RFID sistemleri; OGS (aktif RFID), HGS kart ve etiketler (pasif RFID), Akbil (pasif RFID), otopark otomasyonları, stok sayım sistemleri gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Üretim takip otomasyonu amacıyla kullanılan RFID sistemleri de son yıllarda üretim işletmelerinde yaygın olarak farklı uygulamalarda görülmekte olup, fabrikalarda sahadan bilgi toplanması, üretim planlaması, maliyet hesaplaması, personelin doğru ve verimli kullanılması, kaynakların doğru yönetilmesi gibi birçok konuda işletmeye avantaj sağlamaktadır. RFID etiketleri ile fabrika alanında ya da üretimin herhangi bir anında bir ürün ya da personelin hangi konumda olduğu, hangi konumdan ne zaman geçtiği, ne kadar zaman aynı konumda kaldığı bilgileri

toplanabilir. Bu bilgiler karar destek yazılımlarına gönderilerek yöneticilerin zamanlarını daha verimli kullanmasını sağlamaktadır.

Uygulamanın gerçekleştirildiği metal işletmesi için, şekil.3'de gösterilen RFID sistemi tasarlanmış ve üretim takip otomasyonu amacıyla uygulamada devreye alınmıştır . Bu kapsamda; RFID sistem tasarımı uygulamasının gerçekleştirildiği işletmede test ve deneme yazılımlar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. RFID sistem tasarımı.

Tasarlanan RFID sisteminin uygulamada devreye alınması sürecinde; sandıklara yerleştirilecek RFID kartları ayrı, ürünlere yerleştirilecek RFID ürün kartları ayrı olarak tanımlanmış ve "sandık kodu" ve "ürün kodu" olarak isimlendirilmiştir. RFID okuyucu içinde LCD ekran kullanılarak el terminali haline getirilmiş ve komutlar buton olarak tasarlanmıştır. Terminalin yazılımı için, C++ yazılım dili kullanılmıştır. Uygulamanın yapıldığı işletmenin üretim alanı; "sac parça metal" imalatıdır. Çalışma; sevkiyat bölümünde gerçekleştirilmiş olup, sevkiyat bölümü için mevcut durum analizi irdelenmiştir. Sevkiyat işlemi öncesinde, ustabaşı sipariş için iş emri esasına göre manuel olarak çalışmaktadır. Sevkiyat haftada 1 kez Salı günleri yapılmaktadır ve Salı günü yapılacak sevkiyat için aracın yüklenmesi Pazartesi günü mesai bitiminden yarım saat önce gerçekleştirilmektedir. Müşteri firma mesai bitimine kadar sevk edilecek ürünlerde değişiklik yapmakta, bazı ürünleri iptal etmekte veya ek ürün siparişi geçerek sevk edilecek ürünlere ilave yapmaktadır. Bu sebeple; sevk edilecek ürün kontrolü için araca yükleme yapıncaya kadar beklenmektedir. Yeni önerilen sistemde; sipariş planlama sorumlusu gönderilecek ürün listesi hazırlarken, her siparişte RFID kartlara yeni bilgi girişi yapılmasına gerek kalmadan, kartların kodlarına gönderilecek ürünlerin bilgilerini tanımlamaktadır. Sevkiyat işlemleri sırasında ürün etiketi ve sandık etiketi tasarımı, Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Ürün etiketi ve sandık etiketinin okuma sistem tasarımı.

Çalışmanın kazanımını ve süreç performansını iyileştirme düzeyini ölçmek açısından, pilot ürün seçilmiştir ve seçilen pilot ürün için uygulama yapılmıştır. Bu amaçla; sandıklar içerisine yerleşmesi açısından da elverişli olan, işletmenin en çok sipariş verilen ürünü seçilmiştir. Mevcut durumda ürünler sevkiyata hazır hale gelme aşamasında kimliklendirilmektedir. Mevcut durumda 200 adet ürün başına bir etiket yapıştırılmakta iken, yeni durumda bir kasaya sadece bir ürün konularak ve sadece bir temsili ürün başına RFID kart yerleştirilmiştir (Şekil 5).



(a)

(b)

Şekil 5. Mevcut durum ürün tanımlama (a) ve RFID tasarımı sonrası ürün tanımlama (b).

Bu süreç içerisinde (ürün hazırlandıktan sonra) ürüne kart yerleştirilmesi, ürün kartının RFID okuyucu tarafından okunması ve ürünün gireceği kasanın RFID kartının okuyucu tarafından okunması süreci için zaman etüdü alınmış elde edilen iyileştirmeler incelenmiştir (Tablo 1 ve 2). İşletmede sipariş yoğunluğu ve müşteri siparişindeki değişiklik zamanın belirsizliği zamanında ürün teslimi sürecinde yaşanan sorunlar nedeniyle; zaman etüdü alınması sürecinde önemli kısıtlar yaşanmıştır. Bu süreçte tempo faktörü % 100 olarak kabul edilmiş olup, mutlak hata \pm %10, güven sınırı % 72 olarak belirlenmiş ve gözlem sayısının yeterli olduğu varsayılmıştır. Her bir iş için zaman etüdünde 5 adet gözlem yapılmış, ortalama süre 5 gözlem üzerinden alınmıştır.

Tablo 1. RFID sistem tasarımı sonrası ürün tanımlama işlemleri zaman etüdü.

İşin Tanımı/Ölçüm Sayısı	Ölçülen Süre (sn)					Ortalama (sn)
	1	2	3	4	5	
Ürün kimlik etiketinin ürüne yerleştirilmesi	8,21	7,54	8,65	9	7,54	8,18
Sandığın RFID etiketinin okutulması	1,71	1,65	2	2,02	1,5	1,77
Ürünün RFID etiketinin okutulması	1,71	1,65	2	2,02	1,5	1,77
	Toplam (sn)					11,72

Sevkiyata hazırlanmış ürünlerin araca yüklenmesi sürecinde zaman etüdü alınmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo.3'te gösterilmiştir. Yapılan etüd çalışması, bir sandık ARS2009 ürünün araca yüklenmesi üzerinden alınmıştır. Bir sandık, hacim olarak 6000 adet ARS2009 ürünü almaktadır. Bu ölçüm

sonucunda; 6000 adet ürünün araca yüklenmesi işlemi 18,43 sn olarak ölçülmüştür (Tablo 3).

Tablo 2. RFID sistem tasarımı sonrası kontrol işlemleri zaman etüdü.

İşin Tanımı/Ölçüm Sayısı	Ölçülen Süre (sn)					Ortalama (sn)
	1	2	3	4	5	
Sandığın Etiketini Okutma	1,71	1,65	2	2,02	1,5	1,77
Listenin Oluşması ve Kontrol	7,55	8,74	8,35	8,49	8,65	8,35
	Toplam (sn)					10,12

Tablo 3. RFID sistem tasarımı sonrası araç yükleme işlemleri zaman etüdü.

İşin Tanımı/Ölçüm Sayısı	Ölçülen Süre (sn)					Ortalama (sn)
	1	2	3	4	5	
Forkliftin sandığı alması	7,47	8,01	9,33	8,44	9,27	8,5
Forkliftin araca yanaşması	4,55	5,08	5,12	4,34	4	4,61
Sandığın araç içine konulması	5,26	6,1	5,77	4,84	4,67	5,32
	Toplam (sn)					18,43

RFID sistem tasarımı öncesinde; uygulamanın yapıldığı işletmede, RFID sistemi uygulanmadan önce; ürün tanımlama işlemlerinin tek tek etiket bağlama şeklinde yapıldığı ve tamamen çalışana bağımlı bir süreç olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca; kontrol işlemlerinin de tamamen çalışana bağımlı olarak gözle yapıldığı, yine araç yükleme işlemleri sırasında duruşların söz konusu olduğu ve ergonomik anlamda eksiklikler olduğu belirlenmiştir. Çalışanların palettteki ürünleri eğilerek alıp araca yükledikleri görülmüştür. RFID sistem tasarımı sonrasında; sandıkların forklift ile yüklenmesine karar verilmiş olup, taşıma işlemleri azaltılmış ve gereksiz duruşların önüne geçilmiştir. Ayrıca araç içi ürün dizimi ile alakalı da bazı iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda; ürünler yatırıp konmak durumunda olduğundan bağ içerisinde ayrışmakta ve üstlerine tekrar ürün konduğu için özellikle 1mm kalınlığında ürünlerde bazı şekil bozukluklarının olduğu gözlemlenmiştir. Çember şeklinde bağ adedi içerisinde 200 adet ürünün yan durduğu takdirde birbiri içerisine geçme durumunda da ürünlerin müşteri firmada indirileceği sırada takılmalar gerçekleşmekte ve taşıma işlemi zorlaşmaktadır. RFID sistem tasarımı ve uygulanması sonrasında; ürünler sandıklar aracılığıyla araca yerleştğinde bu durum ortadan kalkmış, ürün dizimi hasar görme durumundan korunmuş ve standart hale gelmiştir. Ayrıca; ürünün müşteri firmaya iletilmesi sürecinde taşıma işlemlerinde yaşanan aksaklıkların da önüne geçilmiştir.

4. Sonuç Ve Öneriler

Uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede RFID sistemin kurulması sırasında mevcut durum ve süreçte yapılan değişiklikler sonrası alınan zaman etütleri yardımıyla tablo.4'te görüldüğü üzere, önemli iyileştirmeler sağlanmıştır.

Tablo 4. RFID sistem performansı.

İşlem Tanımı	Mevcut Durum (sn)	RFID Sonrası (sn)	İyileştirme (%)
Sevkiyat Öncesi Ürün Tanımlaması	470,7	11,72	%97
Sevkiyat Sırasında Kontrol	10,15	10,12	%1
Ürünlerin Araca Yüklenmesi	245,47	18,43	%92
		Ortalama İyileştirme	%63

Elde edilen sonuçlara göre; ARS2009 ürünü için, (1 palet, 6000 adet) 2018 yılında sevk edilen ürün üzerinden hesaplama yapılmış ve 482.400 adet sevk edilen ürün grubundan 80 adet palet kullanılmıştır. RFID sistem tasarımının sevkiyat sürecinde uygulanması ile elde edilen zaman kazanımı Tablo 5.'te RFID sistem tasarımının uygulanması sonrasında iyileştirmelerin maliyet boyutu Tablo.6'da verilmiştir.

Tablo 5. RFID sistem tasarımının sevkiyat sürecinde uygulanması ile elde edilen zaman kazanımı.

İşlem Tanımı	Mevcut Durum	Proje Sonrası (dk)	Kazanılan Süre
Sevkiyat Öncesi Ürün Tanımlaması	10,46 saat	15,62	10,19 saat
Sevkiyat Sırasında Kontrol	13,53 dk	13,49	2,4 sn
Ürünlerin Araca Yüklenmesi	5,45 saat	24,57	5,04 saat
		Toplam	15,236 saat

Tablo 6. RFID sistem tasarımının uygulanması ile elde edilen yıllık maliyet kazanımı.

Maliyetler	Mevcut Durum (TL)	RFID Sonrası (TL)	Maddi Kazanım (TL)	İyileştirme (%)
İşçilik Maliyeti	166,73	9,244	157,48	%94
Etiket Maliyeti	312,65	8,25	304,4	%97
		Toplam	461,88	%96

Geliştirilen RFID sistem tasarımı ve uygulanması pilot ürün olarak seçilen ARS2009 ürününün sevkiyat işlemleri için değerlendirilmiş olup, 1 palet üründe elde edilen kazanımlar 80 palet ürün için adapte edilmiş olup; 461.88 TL/yıl kar elde edileceği hesaplanmıştır. Geliştirilen RFID sisteminin diğer ürün çeşitlerine entegre edilmesiyle bu kazanımın boyutunun artacağı tahmin edilebilir.

RFID sistem tasarımının uygulamada devreye alınması ile, sayısal olarak ifade edilebilen iyileştirmelerin, verimlilik artışının yanında, sayısal olarak gösterilemeyen fakat süreç kalitesini artırıcı sonuçları da elde edilmiş olup, aşağıda özetlenmiştir.

- Ürün başına etiket bağlamak yerine, tüm ürünleri bir sandıkta gruplandırarak çeşit bazında tek bir kimlik verilmiş olması, iş yükünü azalttığı gibi, etiket masrafını da minimize etmiştir. Tek kullanımlık etiketler yerine sürekli kullanılabilen RFID kartlar bu anlamda da maliyeti düşürmekte ve kaynak masrafını azaltmaktadır.
- Elle yapılan işlemler ve çalışanın hafızasında tutması gereken bilgiler minimize edilmiş, veriler sistem üzerinden takip edilerek hata oranı azaltılmıştır.
- Kontrol işlemleri ustabaşının yükünü azalttığı gibi, yanlış yapma korkusunu da ortadan kaldırmış, kişi üzerindeki iş yükünü sisteme ve yazılıma yüklemiştir.
- Ürün hazırlama işlemleri de kontrol işlemleri de sistemde görülebilir ve geriye dönük kontrol edilebilir bir formata dönüştürülmüştür.
- Ürünlerin araca yüklenme işlemleri sırasında önemli ergonomik iyileştirmeler yapılmıştır. Çalışanların eğilme ve yük taşıma işlemleri büyük oranda azaltılmıştır.
- Yükleme işlemleri sırasında 4 eleman taşıma işlemi yapmakta iken, RFID sisteminin uygulanması sonrasında; taşıma için sadece bir kişinin forklifti kullanmak üzere görevlendirilmiş olmasının yeterli olduğu belirlenmiştir.
- Araç içi ürün yerleştirme konusunda standart bir düzen sağlanmış, yanlış yerleştirmeden ötürü ürünün zarar görme ihtimali minimize edilmiştir.
- Araç yükleme işlemlerinin RFID uygulamasının gerçekleştirildiği işletme için kolaylaştırılmasının yanısıra, ürünlerin indirilmesi açısından müşteri firma için de aynı iyileştirmeler sağlanmış olup, müşteri firma çalışanlarının iş yükünün hafifletilmesine katkı yapılmıştır.

Kaynakça

- [1]Tuğaç B, Kavas A,(2007). Radyo Frekans Kimlik Tanıma Sistemleri ile Elektronik Para Uygulamasının Gerçeklenmesi. III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi-Adana.
- [2]Pala Z, İnanç N, (2007). Smart Parking Applications Using RFID Technology. 1st Annual RFID Eurasia 2007, Istanbul.
- [3]Pala Z, (2008). RFID Teknolojisi ile E-Sınav Uygulaması. Akademik Bilişim, Çanakkale
- [4]Ergen, E., Akinci, B., Sacks, R. (2007) "Tracking and Locating Components in a Precast Storage Yard Utilizing Radio Frequency Identification Technology and GPS", Automation in Construction, v.16, Issue 3, pp. 354-367
- [5]Tan O, Korkmaz İ, Gidiş O, Uygun S, (2009). Hasta Takip Sistemlerinde RFID Uygulaması. XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Şanlıurfa.

- [6] Pala Z, (2009). RFID Teknolojisinin Acil Müdahalede Kullanımı. Akademik Bilişim. p. 3. Şanlıurfa
- [7] Yıldırım M, (2009). RFID Sistemi Kullanılarak Lojistik Süreçlerin İyileştirilmesi Bir Uygulama Önerisi. İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- [8] Özpınar A, Kazasker E, Öz Ö, (2010). Akıllı Trafik Denetimi ve Yönetimi için RFID ile Elektronik Plaka Uygulaması. Akademik Bilişim, Muğla.
- [9] Çakır A., Güngör O., (2011). RFID ile Kargo Yönetimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik - Bilgisayar Eğitimi Bölümü, ISPARTA
- [10] Bal, (2013). Üretim Tesisleri İçin RFID Destekli Bakım Yönetimi. İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [11] Özbek G, (2014). Savunma Sektöründe RFID Sistemlerinin Uygulanması. Selçuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- [12] Souvik S, Subhashis R, Subir KS, (2014). A Proposal for Enhancing Museum Visiting Experience Implementing Active RFID Technology. 2014 Fourth International Conference on Advances in Computing and Communications, Cochin.
- [13] Vary J, (2014). John Lewis Store to Furnish Its Customers. RFID Journal. pp. 1-3.
- [14] Çavdar K, Köroğlu M., Akyıldız B., Akyıldız M., 2014. Katı Atık Toplama Amaçlı Bir Akıllı Sistemin Tasarımı ve Uygulanması. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 3, Sayı 2, (2014), 29-37
- [15] Tecim ve, EMÇ M., (2016). RFID Teknolojisi Kullanarak Kampüs Harcama Sistemlerinin Tasarlanması ve Uygulanması. Yönetim ve Bilişim Sistemleri Dergisi, Cilt:2, Sayı:3, Sayfa: 77- 90
- [16] Maraşlı, F., (2016). RFID Tabanlı Yeni Bir Yakıt Tanıma Sistemi Tasarımı. Bitlis Eren Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Bitlis.
- [17] Hatipoğlu T., Sağlam M.D., Atasever A., Fırlı A., (2017). Bir Otomobil Firmasının İhracat Deposunda Tedarik Zincir Performansının Artırılmasına Yönelik Sistem Fizibilitesi. Journal of Current Researches on Business and Economics ISSN:2547-9628.
- [18] Üstündağ A., Öztayşi B., (2017). Otomotiv Sektöründe RFID Sistemlerinin Kullanılması
- [19] Deniz Ö., Ceylan O., Ulusoy A., (2017). RFID Kart Sistemi İle Personel Odası, Sınıf ve Laboratuvar Giriş Kontrolü, MAKÜ FEBED Özel Sayı:1 ISSN ONLİNE:1309-2243,
- [20] Weis SA, (2007). RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications. <http://www.eecs.harvard.edu/cs199r/readings/rfid-article.pdf>. (Erişim Tarihi: 14.05.2014)
- [21] Arslan, (2010). RFID'nin Lojistikteki Genel Kullanımı, FBE Matematik Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanan, Yüksek Lisans Tezi
- [22] Satish, B., (2005), "Report Of Work Conducted Under The Aegis Of Celdistrategic Research Grant: Experimental Test Bed For Performance Evaluation Of RFID", Oklahoma State University, Oklahoma.
- [23] Koç Sistem, (2008), RFID, Radyo Frekanslı Tanıma, <http://www.kocsistem.com.tr> (Erişim Tarihi: 08.01.2009).
- [24] Das R, (2014). Passive RFID grows by 1.12 billion tags in 2014 to 6.9 billion. IDTechEx. <http://www.idtechex.com/research/articles/passive-rfid-grows-by-1-12-billion-tags-in-2014-to-6-9-billion-00007031.asp>. (Erişim Tarihi: 31.10.2014).
- [25] Üstündağ, Alp. (2008). RFID ve Tedarik Zinciri. Sistem Yayıncılık. İstanbul