



ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

NESNELERİN İNTERNETİNİN (IoT) İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDEKİ ROLÜ: RFID UYGULAMALARI

THE ROLE OF INTERNET OF THINGS (IoT) IN CIVIL ENGINEERING: RFID APPLICATIONS

Yazarlar (Authors): Tayfun Uygunoğlu^{ID*}, İlker Bekir Topçu^{ID}

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Uygunoğlu T., Topçu İ.B. "The Role of Internet of Things (IoT) In Civil Engineering: RFID Applications" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 4(3): 270-277, (2020).

DOI:10.46519/ij3dptdi.797659

Derleme Makale/ Review Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

NESNELERİN İNTERNETİNİN (IoT) İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDEKİ ROLÜ: RFID UYGULAMALARI

Tayfun Uygunoğlu^a, İlker Bekir Topçu^b

^aAfyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar
^bEskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

* Sorumlu Yazar: uygunoglu@aki.edu.tr

(Geliş/Received: 21.09.2020; Düzeltme/Revised: 30.10.2020; Kabul/Accepted: 14.12.2020)

ÖZ

Bu çalışmada inşaat mühendisliği alanında Nesnelerin İnterneti (IoT) özeliğini kullanarak Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) yöntemiyle gerçekleştirilen uygulamalar araştırılmıştır. Başta betonarme yapılar olmak üzere, hidrolik yapılar ve yapı malzemesi alanındaki RFID etiketlerinin hangi amaçlar doğrultusunda kullanıldığı incelenmiştir. Nehir yataklarındaki oyukların takibi, betonarme yapılardaki gerinimlerin takibi, betonarme donatılarının korozyonu takibi, şantiyedeki hafriyatların takibi, beton içerisindeki nemin takibi ve prekast elemanların sevkiyatından kullanıldığı alanlardaki takibine kadar birçok uygulamalarda RFID teknolojisinin başarıyla kullanıldığı görülmüştür. Sonuç olarak, RFID etiketlerinin farklı İnşaat Mühendisliği uygulamalarından da zamanla kullanılabileceği ve oldukça büyük faydalar sağlayacağı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Nesnelerin interneti, RFID, İnşaat Mühendisliği.

THE ROLE OF INTERNET OF THINGS (IoT) IN CIVIL ENGINEERING: RFID APPLICATIONS

ABSTRACT

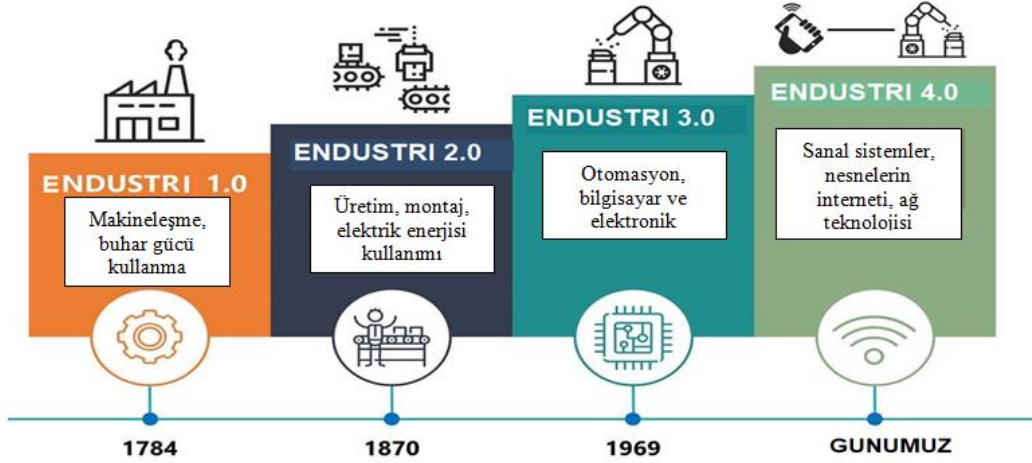
In this study, applications realized by Radio Frequency Identification (RFID) method using the Internet of Things (IoT) feature in the field of civil engineering were investigated. The RFID tags are used in hydraulic structures, building materials, especially in reinforced concrete, have been examined. It has been observed that RFID technology has been used successfully in many applications ranging from the monitoring of cavities in river beds, the monitoring of the strains in reinforced concrete structures, the monitoring of the corrosion of reinforced concrete reinforcements, the monitoring of the excavations in the construction site, the tracking of moisture in the concrete and the shipment of precast elements to the areas where they are used. As a result, it has been seen that RFID tags can also be used from different Civil Engineering applications over time and will provide great benefits.

Keywords: Internet of things, RFID, Civil Engineering.

1. GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesiyle insanların buldukları ortamdan farklı yerlerdeki eşya veya makineleri internet bilişimleriyle kontrol etmeye başlaması ve bunun sanayide uygulanması süreçleri Avrupa'da Endüstri 4.0 (Industry 4.0) olarak adlandırılırken, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) "Endüstriyel İnternet (Industrial Internet)" olarak adlandırılmıştır [1]. Dünya genelinde ise bu durum ortak bir ifadeyle yani Nesnelerin İnterneti olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1'de endüstrinin zamana bağlı gelişimi görülmektedir. Basit bir deyişle, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT), İnternete bağlanan bir fiziksel eşyalar ağıdır [2]. Çoğu insan interneti bilmektedir ancak "nesne" kelimesiyle neyin ifade edilmeye çalışıldığı çoğu zaman anlaşılmamaktadır. Burada ifade edilmeye çalışılan "nesne", bir İnternet Protokolü (IP) adresine sahip olan ve durumu ve yakın çevresi hakkında veri gönderen herhangi bir nesnedir. Buradaki nesne/eşya, IoT cihazı olarak adlandırılabilir. IoT cihazları

internete/internet'ten veri gönderir ya da alır [3]. IoT cihazları ayrıca internet üzerinden birbirleriyle veri alışverişini yapabilir.

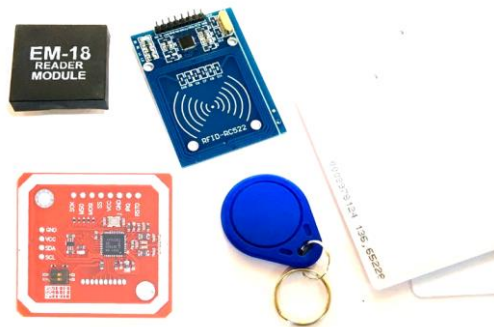


Şekil 1. Endüstrinin zamana bağlı gelişimi [2]

IoT'yi etkinleştiren teknolojiler arasında algılama teknolojileri, tanımlama ve tanıma teknolojileri, donanım, yazılım ve bulut platformları, iletişim teknolojileri ve ağları, yazılım ve algoritmalar, konum teknolojileri, veri işleme çözümleri, güç ve enerji depolama, güvenlik mekanizmaları vb. yer alır. Dördüncü Sanayi Devrimi, bilgisayar teknolojisinin toplum içinde ve hatta insanların içinde daha fazla yerleşik hale geldiği zamandır [2]. Bununla birlikte, gelecek sanayi devrimleri insanlar üzerine takılacak sensörlerle ilgili olacaktır. Örneğin, Tesla, görme engelli insanların bir Beyin Bilgisayar Arayüzü (BCI) ile görmesini sağlamak gibi sorunların üstesinden gelmek için insan beynine yerleştirilecek implantlar üzerinde çalışmaktadır.

İnşaat mühendisliği uygulamalarında da IoT başta akıllı binalar olmak üzere farklı amaçlar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sesle veya alkışla aydınlatmaların veya perdelerin açılıp kapanması, uzaktan kumandalarla kontrol edilebilen kapılar, pencereler, klimalar, ısıtma/soğutma sistemleri gibi bütün evin araçları birer IoT cihazı halini almışlardır. İnşaat Mühendisliği alanında başka IoT uygulamaları üzerine de çalışmalar yapılmıştır. En yaygın olanı RFID teknolojisidir. RFID, "Radyo Frekanslı Tanımlama" için kullanılan bir kısaltmadır. RFID etiketlerinde veya akıllı etiketlerde (smart labels) kodlanan dijital verilerin radyo dalgaları aracılığıyla bir okuyucu tarafından karşılandığı bir teknolojiyi ifade eder [4-6].

RFID teknolojisi, canlı ve cansız her türlü nesnenin dokunmadan belirli bir mesafeden tanınmasında ve izlenmesinde kullanılır. RFID teknolojileri giderek artan büyük bir oranda dünya genelinde ve ülkemizde yaygınlaşmakta ve birçok sektörde kullanılmaktadır. İnşaat, otomotiv, akaryakıt, lojistik, perakendecilik, tarım, sağlık, ilaç, tekstil, finans, bankacılık, enerji, kamu, üretim, güvenlik, turizm gibi birçok sektörde geniş uygulama alanlarında aktif ve yaygın olarak kullanılmaktadır [5]. RFID teknolojisi ile yapılan işlerin maliyetleri oldukça azaltmakta, iş akışlarını hızlandırmakta, verimliliği ve kaliteyi artırmaktadır. RFID teknolojisi dört bileşenden oluşur; i) RFID Etiket (çip ve antenden oluşur), ii) RFID Yazıcı, iii) RFID Okuyucu ve iv) Programlama aracıdır (Şekil 2) [7].



Şekil 2. RFID bileşenleri [8]

2. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ RFID UYGULAMALARI

Ju vd. [4] tarafından RFID, şantiyede malzeme dağıtım sisteminin bir parçası olarak ele alınırken. Wang [5] RFID'i kalite yönetim sisteminin bir parçası olarak incelemiştir. Montaser ve Moselhi [6], Ultra Yüksek Frekans (UHF) radyo dalgalarını kullanarak binaların içindeki insanları ve malzemeleri tanımlamak için RFID'i kullanışlardır. Çoklu ağ teknolojisiyle, ara yazılım ve RFID teknolojileri, ABD'de prekast sektöründe başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 3). Bu sayede üreticilerinin maliyetleri düşürmesine ve müşterilere ürünlerinin orijinalliği ve kalitesinden emin olmalarına yardımcı olmaktadır. Yetkili kullanıcılar, her bir prekast elemanın (üretim sürecinin herhangi bir aşamasında) durumu hakkında gerçek zamanlı verilere erişebilmekte, ayrıca her bir elemanın üretim, envanter ve kalite kayıtlarını çevrimiçi olarak izleyebilmekte ve hatta üretim aşamasında ürün sevkiyatında bile bu teknolojiyi kullanabilmektedir [9].



Şekil 3. RFID teknolojisinin prekast elemanlarda kullanımı [10]

Beton yapıların bozulması, üzerindeki gerilmelerin artmasına neden olur. Geleneksel gerinim (şekil değiştirme) ölçümü, kablolu gerinim ölçerler veya donatı çubuğu gerilim dönüştürücüleri veri kaydedicilere bağlanarak gerçekleştirilir. Ancak bu yaklaşımın birkaç sorunu vardır. Yapı çerçevesinin dışına uzanan kabloların bozulması, uzun süreli ölçüm yapmayı zorlaştırır ve bu kablolar yapının estetiğini bozar. RFID gerinim algılama sisteminde, veri iletişim ekipmanı (RFID etiketleri) ve sensörler yapıya gömülüdür. Elektromanyetik dalgalar, yapının yüzeyinden RFID etiketlerine sağlanarak sensörleri gerilimi ölçmeye yönlendirir (Şekil 4). Ölçüm, bilgisayar ve özel okuyucusu olan herkes tarafından kolaylıkla yapılabilir [11].



Şekil 4. Betonarme yapılarda şekil değişiminin RFID ile takibi (Taiheiyu Cement Corporation) [12]

RFID teknolojisiyle betonarme yapılarda sadece betonun kalitesi değil, aynı zamanda içerisine çekme gerilmelerini karşılaması için yerleştirilen inşaat demirlerinin korozyonu da takip edilebilmektedir. Geliştirilen ara yazılımlar sayesinde yüksek frekanslarla uzaktan ölçümler alınabildiği gibi düşük frekanslarla yakından da donatıların çapları kontrol edilerek korozyon durumu takip edilebilmektedir (Şekil 5) [13]. Bu ölçümlerle ilgili olarak Taiheiyu Cement Corporation [12] tarafından ticari RFID etiketleri ve ölçüm cihazları satışa sunulmuştur.



Şekil 5. Betonarme yapılarda donatı korozyonu takibi (Taiheiyo Cement Corporation) [12]

RFID kartlarının bir prototip kullanım alanı da, asfalt yol kaplamalarında olmuştur. Yine ABD'de asfalt yol kaplamasından sonra asfaltın yüzey kısmına RFID çip elemanlar yerleştirilmiştir (Şekil 6). Buradaki amaç, yoldan geçen arabaların hız kontrolü başta olmak üzere, kullanıldığı asfalt kaplamasının sıcaklık değeri, nem içeriği ve çatlama gibi özellikleri de kablosuz olarak iletilebilmesidir [14]. Asfalt yolda hız kontrolü yaparken, aracın hızlanmasıyla RFID kartın okuma yeteneği azalmaktadır.



Şekil 6. RFID kartlarının asfalt yol kaplamasına montajı [14]

Wu vd. [15] kablosuz ağ iletişim yöntemi olarak RFID kullanarak ani şantiye kazalarının gerçek zamanlı takibi üzerine çalışmışlardır. Diğer bir ifadeyle işçi sağlığı üzerine RFID kullanımı üzerine bir sistem geliştirmişlerdir. Öncelikle şantiye ortamındaki ani iş kazalarını incelemişler ve analiz etmişlerdir. Daha sonra, kazaya neden olan araç-gereçlere ve işçilerin kullandığı baretlere RFID etiketleri yerleştirmişlerdir (Şekil 7). İşçiler kazaya neden olabilecek riskli bölgelerde bulduklarında kablosuz ağ ile nesnelere haberleşmek suretiyle uyarı veya ikaz sistemi oluşturulmuş ve kazaların en aza indirilmesi sağlanmıştır [16].



Şekil 7. RFID ile şantiyede işçi sağlığı ve güvenliği sağlanması [17]

Tayvan'daki büyük inşaat projelerinde her yıl büyük miktarda inşaat hafriyat toprağı üretilmektedir. Ülkede ortaya çıkan hafriyat ve bunun kullanım yerleriyle ilgili rapor düzenlenmesi gereken bir sistem oluşturulmuşsa da süreç oldukça yoğun ve bazen yanıltıcı da olabildiği belirtilmiştir [18]. Bu nedenle, RFID'nin tanımlama ve güvenlik avantajlarından ve gerçek zamanlı olarak çevrimiçi web sisteminin sağladığı imkanlardan yararlanarak inşaatta hafriyat miktarını izlemek üzere kamyonlara RFID etiketi takılmış ve entegre bir sistem geliştirilmiştir (Şekil 8). Geliştirilen RFID sistemi, alanda yapılan incelemelerle başarılı bir şekilde doğrulanmıştır.



Şekil 8. İnşaat alanında RFID ile hafriyat takibi [18]

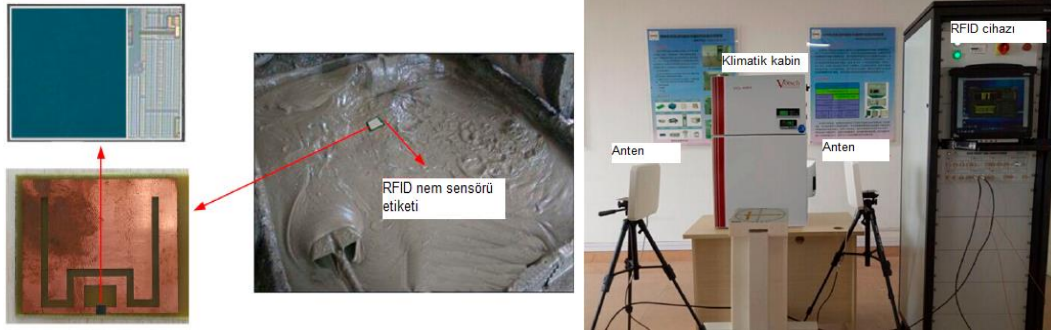
Tsakiris vd. [19] RFID ve oyulma tespit sistemi (RSDS) geliştirilerek hidrolik yapılarda köprü ayakları ve su kaynağındaki oyulmayı otonom, sürekli ve uzaktan izlemeyi hedeflemiştir. Bu amaçla ABD’de bulunan Raccoon Nehri üzerindeki bir köprü etrafında hem nehir içerisine hem de makilik alana RFID etiketleri yerleştirilmiştir (Şekil 9). Papanicolaou [20] tarafından geliştirilen ve rapor edilen yöntemlerle uzaktan kablosuz ağ ile RFID etiketlerinden suyun akışı ve nehir yatağındaki ve özellikle de köprü ayaklarının etrafındaki alanda oluşan oyulmalar zamana bağlı izlenmiştir. Böylece olası sel veya dinamik yüklemelerde köprünün yıkılmaması için erken önlem alma imkânı oluşturmuşlardır. Hidrolik yapılar için RFID teknolojisiyle başka bir çalışma da, deneysel kanalda tortu izleme için Hufnagel ve MacVicar [21] tarafından gerçekleştirilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre kanal içerisinde dikey yönlendirilmiş 23 mm boyundaki RFID etiketleri ile yapılan ön testler, kanalın 21 cm yukarısına kadar tortu yüksekliğinin ± 1 cm doğrulukla belirlenebileceğini göstermişlerdir.



Şekil 9. Raccoon Nehri üzerindeki bir köprü etrafında RFID kullanarak oyulmanın izlenmesi (a: Veri toplama yeri; b: RFID etiketlerinin bulunduğu alanlar) [21]

Zhou vd. [22] RFID etiketini (çip) betonun üretimi aşamasında içerisine gömülü olarak yerleştirmiştir. Betonlar sertleşip dayanım kazandıktan sonra, içerisindeki nem miktarının kablosuz olarak RFID

teknolojisiyle ölçmeyi amaçlamışlardır. Betonlar iklimlendirme kabineye yerleştirilmiş ve belirli nem oranına getirilmişlerdir (Şekil 10). RFID ile betonun içinde oluşan nem ve kabin içerisindeki nem değerleri ölçülerek karşılaştırılmıştır. Kabinden alınan nem değerlerine çok yakın ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. RFID ile beton içerisinde nem takibi [22]

Ülkemizde betonların kalite denetimleri ilgili bakanlık tarafından Yapı Denetim firmaları aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Yapı Denetim firmaları, kontrolündeki inşaatlarda dökülen betonlardan standartlara göre numuneler alarak deney gününe kadar bakımlarını (kürleme) yapmakta ve dayanım deneyi sonuçlarını bakanlık sistemine rapor etmektedirler. Gelişen teknolojiyle birlikte, 2019 yılından bu yana kalıba yerleştirilen betonlar içerisine RFID yöntemiyle haberleşmeyi sağlayan çipler konularak, betonların üretimlerinden kırım sonuçlarına kadar tüm bilgiler Elektronik Beton İzleme Sistemi (EBİS) aracılığıyla bakanlık sistemlerinde toplanması gerçekleştirilmektedir [23]. Bakanlık adına RFID kartların üretimi ve bilgilerin toplanması Aselsan tarafından yapılmaktadır. Buna ilaveten, betonların dayanım deneylerinin yapılacağı basınç presleri yine Aselsan tarafından bakanlık onaylı Yapı Laboratuvarlarına verilmiştir. Sürecin işleyişi hakkında kısaca bilgi vermek gerekirse; taze betondan numune alma sırasında beton içerisine RFID kartlar (çipler) beton içerisine gömülü olarak yerleştirilir. El terminalleri kullanılarak çip ile telefon kablosuz özelliklerle eşleştirilerek konum bilgisi de olmak üzere gerekli bilgiler girilir. El terminali kullanılarak beton numunelerin şantiyeden çıkışları, kürden alınmaları, 7 ve 28 günlük dayanım deneyleri gibi aşamalarda telefonla eşleştirilmek suretiyle sürekli takibi yapılır (Şekil 11). Basınç deneyleri sırasında da beton basınç presiyle numunelerin irtibatlanması sağlanır. Böylece deney sırasındaki yüklemeler ve deney sonucu anlık olarak sistem üzerinden bakanlığa da takip edilebilmektedir.



Şekil 11. Çipli beton uygulama aşamaları [24]

Betonlardaki RFID kartlar sayesinde aşağıdaki takipler sağlanabilmektedir;

- 16 saat – 72 saat içerisinde numunenin şantiye çıkışının yapıldığı teyit edilebilmekte
- Beton numunesinin kürleme sürelerini takip edilebilmekte
- Laboratuvar ortamında basınç dayanım deneyleri denetlenebilmekte
- Beton numunesinin deney sonuçları doğru veriler ile raporlanmakta
- Dışarıdan gelebilecek müdahaleleri önleyerek deney sonuçlarının takibi sağlanabilmektedir.

Yukarıda verilen özellikler Android market ve iOS marketten indirilebilecek olan bir mobil uygulama ile numune alma, numune şahitliği, şantiye çıkışı ve kürlenme işlemleri denetim elemanları (denetçi mühendis, kontrol elemanı vb.) tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Aynı zamanda numune alma süreci anlık olarak web üzerinden denetleyici kurumlar tarafından da denetlenebilmektedir.

3. DEĞERLENDİRME

Yukarıda verilen uygulama örneklerinden de görüldüğü gibi özellikle ABD'de RFID teknolojisi İnşaat Mühendisliği alanında farklı amaçlar doğrultusunda oldukça etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak ülkemizde İnşaat Mühendisliği uygulamalarında yaygın olmadığı görülmektedir. RFID teknolojisinin sağladığı avantajlar içerisinde bulunan IoT özeliğı ile birleştirilip kullanım alanları İnşaat Mühendisliği uygulamaları açısından daha da geliştirilebilir. Örneğin, barajlardaki su seviyesinin ölçümü, beton baraj gövdelerinin iç sıcaklık ve nem gibi ölçümleri, şantiyelerdeki önemli malzemelerin takibi gibi işlemler ağ teknolojisi ile kablosuz olarak RFID teknolojisiyle yapılabilir. Bu gibi farklı uygulamaların gerçekleştirilmesiyle RFID teknolojisi Endüstri 4.0 ile daha kullanışlı hale getirilebilecektir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Akıllı ve IoT tabanlı teknolojilerin hızlı gelişimi ve uygulanması, yaşamın farklı yönleri için teknolojik ilerlemelerde çeşitli olasılıklara izin vermektedir. Bu alanlardan birisi de RFID etiketlerinin kullanımınıdır. Sağladığı büyük avantajlar ile İnşaat Mühendisliği alanında da bu teknolojinin oldukça yaygınlaştığı görülmüştür. Hidrolik yapılarda, köprü gibi önemli yapı elemanlarının su yatağı problemlerinden dolayı göçmesini önlemek amacıyla başarılı çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, firmalar tarafından İnşaat Mühendisliği alanında farklı amaçlar için kullanılmak üzere RFID kartları ve okuyucularının pazarlandığı görülmektedir. Bu sayede özellikle betonarme yapıların hem statik hem de dış dinamik yükler altında gerek şekil değiştirme oranının gerekse içerisindeki donatıların korozyonu kablosuz ağ teknolojisi ile takip edilebilmektedir. Ülkemizde RFID teknolojisi bir çok alanda kullanımı bulunmasına karşın, diğer şantiyelerde henüz etkim bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada verilen bilgiler ile akıllı şantiyelerin ülkemizde de yaygınlaşabilecektir. Sonuç olarak IoT yönteminin gelecekte İnşaat Mühendisliğindeki farklı uygulamalarda çok daha büyük faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Nizetic S., Solic P., Artaza D.L.I.G., Patrono L., "Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future", Journal of Cleaner Production Vol. 274, Issue 122877, Pages 1-32, 2020.
2. Aazam, M., Zeadally, S., Harras, K.A., "Deploying fog computing in industrial internet of things and industry 4.0". IEEE Transactions on Industrial Informatics. Vol. 14, Issue 10, Pages 4674 - 4682, 2018.
3. Jin, R., Zhang, H., Liu, D., Yan, X., "IoT-based detecting, locating and alarming of unauthorized intrusion on construction sites", Automation in Construction Vol. 118, Issue 103278, Pages 1-13, 2020.
4. Ju, Y., Kim, C., Kim, H., "RFID and CCTV-based material delivery monitoring for cable stayed bridge construction", Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 26, Issue 2, Pages 183–190, 2012.
5. Wang, L.C., "Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology", Autom. Constr., Vol. 17, Issue 3, Pages 467–479, 2008.
6. Montaser, A., Moselhi, O., "RFID indoor location identification for construction projects", Autom. Constr. Vol. 39, Pages 167–179, 2014.
7. Chu, B., Jung, K., Lim, M., Hong, D., "Robot-based construction automation: an application to steel beam assembly (part I)", Autom. Constr., Vol. 32, Pages 46–61, 2013.
8. Delebe, E., "Projelerle Arduino", Kodlab Yayınları, 15. baskı, 528 sayfa, 2019.

9. Cai, H., Andoh, A.R., Su, X., Li, S., "A boundary condition based algorithm for locating construction site objects using RFID and GPS", *Adv. Eng. Inform.*, Vol. 28, Pages 455–468, 2014.
10. RFID Journal, <https://sites.google.com/site/rfidjournalusa/use-of-rfid-technology-in-construction-management>, Eylül 20, 2020.
11. Tan, N., Mohan, R.E., Watanabe, A., Toward a framework for robot-inclusive environments, *Autom. Constr.*, Vol. 69, Pages 68-78, 2016.
12. Taiheio Cement Corporation, <https://www.taiheiyo-cement.co.jp/english/rd/rfid/fushoku/index.html>, Eylül 20, 2020.
13. Lee, U.K., Kim, J.H., Cho, H., Kang, K.I., "Development of a mobile safety monitoring system for construction sites", *Autom. Constr.*, Vol. 18, Issue 6, Pages 258–264, 2009.
14. Valeroa, E, Ad'an, A, "Integration of RFID with other Technologies in Construction", *Measurement*, Vol. 94, Pages 614-620, 2016.
15. Wu, W., Yang, H., Chew, D.A.S., Yang, S., Gibb, A.G.F., Li, Q., "Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites", *Autom. Constr.*, Vol. 19, Pages 134–141, 2010.
16. Kelm, A., Laußat, L., Meins-Becker, A., Platz, D., Khazaei, M.J., Costin, A.M., Helmus, M., Teizer, J., "Mobile passive radio frequency identification (RFID) portal for automated and rapid control of personal protective equipment (PPE) on construction sites", *Autom. Constr.*, Vol. 36, Pages 38–52, 2013.
17. Marlex, <http://www.marlexeng.com/rfid-solutions/presence-alerter-for-conveyor-equipment/>, Eylül 20, 2020.
18. Huang, RY, Tsai, TY, "Development of An RFID System For Tracking Construction Residual Soil In Taiwan", *The International Association for Automation and Robotics in Construction*, Pages 935-940, 2011.
19. Tsakiris, A.G., Papanicolaou, T., Moustakidis, I.V.I., Abban, B., "Methodological Considerations for Particle Tracking in Riverine Applications Using Radio Frequency Identification (RFID)", *World Environmental and Water Resources Congress 2015*.
20. Papanicolaou, T., "A Radio Frequency Identification (RFID) Detection System for Assessing Scour Countermeasures and the Stability of Hydraulic Structures", *Final Report for NCHRP IDEA Project No 183*, 2019.
21. Hufnagel, J., MacVicar, B., "Design and Performance of a Radio Frequency Identification Scanning System for Sediment Tracking in a Purpose-Built Experimental Channel", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 144, Issue 2, Pages 1-8, 2018.
22. Zhou, S, Deng, F, Yu, L, Li, B, Wu, X, Yin, B, "A Novel Passive Wireless Sensor for Concrete Humidity Monitoring", *Sensors*, Vol. 16, Issue 9, Page 1-15, 2016.
23. Resmi Gazete, 4708 Sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun Kapsamında Denetimi Yürütülen Yapılara Ait Taze Betondan Numune Alınması, Deneylerinin Yapılması, Raporlanması Süreçlerinin İzlenmesi Ve Denetlenmesine Dair Tebliğ, Sayı 30629, Aralık 18, 2018.
24. Zeki Yıldırım, <https://www.zekiyildirim.com.tr/ebis-elektronik-beton-izleme-sistemi-nedir-cipli-beton-nedir>, Eylül 20, 2020.