



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Nesnelerin İnterneti Tabanlı Meteorolojik Veri Takip Sistemi

Ersoy KELEBEKLER^{a,*}

^a *Alternatif Enerji Teknolojileri Bölümü, Uzunçiftlik Nuh Çimento MYO, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE*

** Sorumlu yazarın e-posta adresi: ersoy@kocaeli.edu.tr*

ÖZET

Bu çalışmada, meteorolojik verilerin takibi, güneş ve rüzgar enerjisi açısından bölge potansiyelinin gerçek veriler ile saptanması, hava veya alternatif enerji sistemleri tahmin algoritmalarında kullanılmak üzere meteorolojik verilerin toplanması amaçlarıyla Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu çatısına kurulan hava istasyonu ele alınmıştır. Kurulan hava istasyonu ile bölgenin global ışıma, rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık ve nem verileri 32 bit Arduino Due mikrodenetleyici ile toplanarak SD hafıza modülüne kayıt edilmiştir. Ayrıca veriler ESP8266 WiFi modülü aracılığıyla ThingSpeak bulut ortamına alınarak sistem bir nesnelerin interneti uygulamasına dönüştürülmüştür. Çalışma içerisinde ek olarak Ağustos 2018-Aralık 2018 döneminde sistemden elde edilen veriler kullanılarak günlük metrekare başına toplam ışıma, günlük ortalama, maksimum, minimum sıcaklık ve nem, günlük ortalama ve maksimum rüzgar hızı verileri grafikler yardımıyla sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Meteorolojik veri takibi, Hava istasyonu, Nesnelerin İnterneti, Bulut sistemler*

Internet of Things Based Meteorological Data Tracking System

ABSTRACT

In this study, the weather station constructed on roof of Kocaeli University Uzunçiftlik Nuh Cimento Vocational High School for tracking meteorological data, determining solar and wind energy potential of the region with actual data, collecting meteorological data in order to use in estimation algorithms of air or alternative energy was discussed. With the established weather station, global radiation, wind speed, wind direction, temperature and humidity data of the region were collected with 32 bit Arduino Due microcontroller and recorded to SD memory module. In addition, the system has been converted to a application of Internet of Things (IoT) by taking the data to ThingSpeak cloud environment via the ESP8266 WiFi module. Furthermore, daily radiation per square meter, daily average, maximum, minimum temperature and humidity, daily average and maximum wind speed belonging to the term from August 2018 to December 2018 were presented with the help of graphs.

Keywords: *Meteorological data tracking, Weather station, Internet of Things, Cloud systems*

I. GİRİŞ

Hava koşulları günlük yaşantımızın planlanmasında çok önemli bir yere sahiptir. Ev ortamına veya dış ortamlara ait yapılacak planlama için havanın farklı parametrelerine ilişkin verilerin toplanması gerekmektedir. İnternet ve kablosuz sensör ağlarındaki gelişmeler verilerin yerinde toplanmasını mümkün kılarak planlamaların ve tahminlerin daha sağlıklı bir şekilde yapılmasına imkan tanımaktadır. Meteorolojik veri takip istasyonları veya otomatik hava istasyonları, insanın müdahalesi olmaksızın atmosferin bilinen parametrelerini ölçmek ve kaydetmek için kullanılan sistemlerdir. Meteorolojik veri takip istasyonları veya otomatik hava istasyonları hava koşullarının takibi, hava tahmini, iklim değişiminin uzun dönemli takibi, bitkilerdeki sağlıklı büyümeyi sağlama, endüstride sağlıklı çalışma ortamını sağlama, enerji sistemleri için meteorolojik verilerin toplanması, sel, toprak kayması veya çığ gibi doğa olaylarının öngörülebilmesi amaçlarıyla yumuşak iklim koşullarına sahip ortamlarda veya Antarktika, yüksek dağlar veya çöller gibi zor iklim şartlarına sahip ortamlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu sistemler kuruldukları yere bağlı olarak çoğunlukla şebeke beslemeli olurken, özellikler zor iklim şartlarına sahip uzak bölgelere kurulan sistemler şarj edilebilir bataryalara sahip yapılar olmaktadır. Batarya beslemeli yapılar genellikle güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi kullanılarak şarj edilmektedir. Meteorolojik veri takip istasyonları veya otomatik hava istasyonları genel olarak solar ışığa, sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönü, kar yüksekliği gibi meteorolojik verileri ölçen bir dizi sensöre bağlı bir merkezi işlemci birimi ve veri kayıt biriminden oluşur. Kablosuz iletişim ise WiFi bağlantıları, bluetooth, radyo köprüsü, GSM veya uydu bağlantıları ile sağlanabilir [1]. Teknolojinin gelişmesiyle çevre parametrelerini okuma süreci geçmiş zamanlara göre daha kolay olurken, fiziksel ve çevresel parametreleri ölçmek için kullanılan elektronik cihazlar olan sensörlerin küçülerek ucuzlaması hava koşullarının ve çevre parametrelerinin izlenmesinin de daha hızlı, daha az güç tüketilerek ve daha doğru sonuçlar elde edilerek gerçekleşmesine imkan sağlamıştır.

Nesnelerin İnterneti (IoT), bir sonraki Sanayi Devrimi ya da İnternet'in bir sonraki evrimi olarak adlandırılmaktadır. IoT, nesnelere internete bağlamak ve nesnelere elde edilen verileri toplayarak bir ağ üzerinden paylaşmak için gelişmiş ve etkili çözüm olarak tanımlanabilir. İnternet bağlantılı sensörler, kameralar, el cihazları, akıllı telefonlar ve diğer akıllı IoT cihazları aracılığıyla işletmelerin, hükümetlerin ve tüketicilerin fiziksel dünya ile nasıl etkileşime gireceğini belirleyecektir. IoT, günlük cihazların bağlantılarını arttırmayı amaçlayan teknolojik bir paradigmadır. Bu nedenle önümüzdeki yıllarda, bu tür teknolojinin büyümesi ve kullanımı, çoklu alanlardaki uygulaması nedeniyle katlanarak artacaktır. Güncel tahmin edilen büyüme, şu an kullanılan 6,4 milyar IoT cihazının 2020 yılına kadar toplam en düşük 5.5 milyon cihazın internete bağlanarak 20,8 milyar [2] cihaza – en yüksek 50 [3] milyar IoT cihazına yükselmesidir [4].

Fotovoltaik (PV) enerji üretimi ve rüzgar enerjisi gibi temiz ve çevre dostu yenilenebilir enerjiler, elektrik üretiminde giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, yenilenebilir enerjinin rastlantısallığı ve gelgeçliği, güç sisteminin güvenilirliğini ve istikrarını her zaman etkiler [5]. Bir bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin tahmin edilmesi, ayrıntılı bir güneş radyasyonu iklim tahminini gerektirir ve bölgenin tüm iklim bölgelerini kapsayan yüksek doğrulukta kapsamlı radyasyon verileri toplamak gerekir. Bu bağlamda [6] çalışmasında, bölgesel veri toplamak ve internet bağlantısı mevcut olan herhangi bir bilgisayara bu verileri aktarmak için meteorolojik veri ölçüm sensörleri kullanan düşük maliyetli, bağımsız hava durumu veri toplama sistemi geliştirilmiştir. Oluşturulan bu veri toplama sistemi verileri depolamakta ve işlemekte, bir kablosuz arabirim kullanarak uzak bir sunucuya aktarmaktadır. Sistem üzerinde güneş radyasyonu için Kipp&Zonen piranometre, hava sıcaklığı için LM335 sıcaklık sensörü, bağıl nem için Humirel HS1101 kapasitif nem sensörü, basınç için Motorola

MPX5100A basınç sensörü, rüzgar hızı için Vector Instrument A100R ve rüzgar yönü için Vector Instrument W200P gibi bir dizi sensör kullanılmıştır ve meteorolojik veriler ölçülmüştür. Sensörlerden gelen sinyaller önce hassas elektronik devreler kullanılarak filtrelenmiştir ve yükseltilmiştir. Daha sonra PIC 16F877 mikrodenetleyici ve bir kablosuz ünite kullanılarak PCI veri yolu üzerinden bir PC'ye aktarılmıştır. İlgili filtre devreleri ve yükseltme devreleri [6] çalışmasında ayrıntılı olarak sunulmuştur. Oluşturulan sistem ile toplanan veriler LabVIEW yazılımı kullanılarak oluşturulan bir arayüz yardımıyla işlenerek PC ekranında görüntülenmekte ve diske kaydedilmektedir. Oluşturulan bu sistem, hızlı veri toplama avantajına sahiptir ve sistemi kullanan operatörler için toplanan verileri kolayca işlenmesine olanak veren kullanımı kolay bir grafik ortamı mevcuttur. Sunulan kablosuz veri toplama sisteminin temel amacı büyük kapasiteli yenilenebilir enerji sistemlerinde kullanılabilir olmasıdır [6].

Meteorolojik bilgiler, yenilenebilir enerjinin getirdiği sorunların çözmelerine yardımcı olacak temel veriler olarak kabul edilmiştir. Yüksek miktarda, doğru ve gerçek zamanlı meteorolojik verilerin elde edilmesi, modern güç şebekesi analizi için büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden modern güç şebekesi analiz ve kontrol ihtiyaçlarını karşılamak için mikro otomatik hava istasyonu konsepti önerilmiştir [5]. Li ve arkadaşları modern güç sistemleri için STM32 mikrodenetleyici tabanlı rüzgar enerjisi, rüzgar yönü, ışık şiddeti, ortam sıcaklığı ve nemi izleyebilen mikro-otomatik meteoroloji istasyonu yapısı önermişlerdir. Sistem donanımı STM32F103VETb mikrodenetleyici, DS18B20 ısı sensörü, DHT11 nem sensörü, BH1750FVI ışık sensörü, üç kupalı tip rüzgar hız sensörü, yatay rüzgar yön sensörü ve U-BLOX NEO-6M GPRS modülü kullanılarak oluşturulmuştur. Global Konumlandırma Sistemi (GPS) modülü, hava istasyonu için zaman bilgisi ve coğrafi bilgi sağlamaktadır. Hava istasyonu tarafından yakalanan tüm bilgiler, alma, çözme, kontrol etme, gösterme, depolama ve uygulama için ana istasyona gönderilmektedir. Rüzgar gücünün tahmin edilmesi ve meteorolojik felaketlerin güç sistemlerine olan etkilerinin analiz edilmesi gibi uygulamalar alt yazılım olarak sunucu yazılımına eklenmiştir. Aynı zamanda, gelecekte yeni fonksiyonlar eklemek için çeşitli arayüzler ayrılmıştır [5]. Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DÜPTAM) binası çatısına güneş enerji sistemlerinin benzetimi ve güneş enerji tahmini modellerinin geliştirilmesi amacıyla meteorolojik standartlara uygun hava istasyonu kurulmuştur [7]. Çalışmada Nisan 2013 ve Mayıs 2015 tarihleri arasında sistemden elde edilen günlük ortalama sıcaklık, güneşlenme süresi ve ışınım değerleri sunularak bölgenin güneş enerjisi potansiyeli raporlanmıştır.

Abbate ve arkadaşları İtalya Alplerinde bir buzulun üzerinde sensör verilerini neredeyse gerçek zamanlı olarak toplayan ve uydu üzerinden uzak alıcıya verileri gönderen bir meteorolojik veri takip istasyonu kurmuşlardır [8]. Sistem Young 05103-5 anemometre, Campell SR50-A sonik kar yüksekliği ölçüm sensörü, Delta Ohm LP Pyra 05 piranometre, Campbell CS215 ve Vaisala HMP45C ısı, nem sensörleri, datalogger ve modemden oluşmaktadır. Have koşulları nedeniyle 2011 yılına kadar sadece yazları ziyaret edilebilen hava istasyonuna daha sonrasında ise saha ziyaretlerinin azaltılması, bakım ve kitle dengesi ölçümlerinin programlanması, verilerin toplanması ve dağıtılması amacıyla uzaktan erişim gibi bir dizi yenilik eklenmiştir. Ayrıca, zorlu çevre koşulları için hazırlanan hava istasyonun tasarım seçimleri, enerji kısıtlamaları ve güce duyarlı programlanması gibi özellikleri çalışmada açıklanmıştır. Hava istasyonu uzak bir yerden düşük güçlü bağlantı sağlarken, buzulda çalışan bir kablosuz sensör ağı için bir baz istasyonu olarak da hizmet verebilmektedir [8]. Diğer bir çalışmada, Mauritius Üniversitesi kampüsüne kurulan meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak 20 dakika ile bir saat arasında değişen zaman aralıkları için kısa süreli hava tahminleri sağlamak için Nesnelere İnterneti tabanlı bir hava durumu tahmin sistemi oluşturulmuştur. Kurulan meteoroloji istasyonundan elde edilen sıcaklık, nem, atmosferik basınç, yağmur yoğunluğu, ışınım, rüzgar hızı ve yönü gibi meteorolojik veriler Arduino Uno mikrodenetleyici ile toplanarak JSON formatında kaydedilmiştir. Arduino Uno karta bağlı olan XBee katmanında WiFi modül aracılığıyla kablosuz olarak Raspberry Pi 3'e iletilen veriler,

buradan yerel veri tabanı serverına aktarılmıştır. Oluşturulan sistem ile Nesnelerin İnterneti tabanlı bir gerçek zamanlı hava durumu tahmin sistemi geliştirilmiştir ve uyarlanabilir olmayan ve uyarlanabilir tahmin algoritmaları performansları analiz edilmiştir [9].

Farklı bir çalışma olarak, Ortadoğu ve Kuzey Afrika'nın en dağlık bölgesi olan Kuzey-Doğu Fas'da meydana gelen, ciddi hasar ve insan yaralanmalarına ve kayıplarına neden olan toprak kaymalarını ön görmek ve erken uyarı sistemi oluşturmak için Nesnelerin İnterneti tabanlı bir izleme sistemi oluşturulmuştur. Bu model sadece sensörlerinden oluşan uzaktan izleme sistemi değil aynı zamanda sensör ölçülerinin kaydedilmesini, otomatik olarak verilerin işlenmesini ve mevcut koşulların genellikle Nesnelerin İnterneti aracılığıyla görüntülenmesini içerir. Oluşturulan sistemle rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, nem, hava basıncı, yağış yoğunluğu, toprak nemi gibi veriler bulut ortamına alınarak gerçek zamanlı olarak izlenmektedir. Çalışmada verilerin gerçek zamanlı izlenmesi için geliştirilen bulut mimarisi ayrıntılı olarak sunulmuştur [10]. Japon bir ekibin gerçekleştirdiği diğer bir farklı çalışmada, öncesinde yalnızca iki hava istasyonuna sahip Hindistan'ın Haydarabad kentinde zor çevre şartlarına sahip 10 km² lik bir alanda 19 farklı bölgelerde kurulan hava istasyonlarının yer seçimleri ve kurulum süreçlerinde yaşanan zorluklar ve çözüm yöntemleri verilmiştir [11]. İlgili çalışma ile yüksek sıcaklık, toz, şiddetli yağmur gibi zor çevre şartlarında ve elektrik kesintisi, ağ problemleri, ekipman kalitesi gibi donanımsal problemler altında kurulan düşük maliyetli hava istasyonlarının kararlı hale getirilme süreçlerindeki deneyimler paylaşılmıştır.

Martin-Garin ve arkadaşları Açık Kaynak Platformlarına ve Nesnelerin İnterneti'ne temeline dayanan düşük maliyetli bir bina ortam/çevre koşulları izleme sistemi tasarlamış ve geliştirmişlerdir [4]. Bu amaçla ortam verileri toplamak için sensörler bir mikro denetleyiciye bağlanmıştır. Sensörlerden elde edilen bilgiler toplanmakta ve bir flash bellek kartında saklanmaktadır ve aynı anda bu bilgiler WiFi yoluyla buluta gönderilmektedir. İlgili veriler bilgilere gerçek zamanlı olarak erişebilmemizi sağlayan çevrimiçi bir e-tabloda saklanmaktadır.

Yukarıda verilen profesyonel nitelikteki hava istasyonları ile ilgili çalışmaların yanı sıra hava istasyonun niteliğinden ziyade Nesnelerin İnterneti kavramını ön planda tutan, belirli bir yerdeki hava koşullarının izlenmesi ve bilgilerin dünyanın herhangi bir yerinde görünür hale getirilmesi için mikroişlemci ve Nesnelerin İnterneti tabanlı hava izleme sistemleri çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır [12], [13], [14]. Kaynak olarak incelenen bu çalışmalar temeline Nesnelerin İnterneti kavramını ve geniş erişim imkanı sağlamak amacıyla bulut ortamını ele alan çalışmalardır. İlgili çalışmalarda ki sistemlerde kullanılan sensörler genellikle hobi amaçlı devrelerde kullanılan nispeten ucuz ve güvenilirlik seviyeleri düşük sensörlerden meydana gelmektedir. Rao ve arkadaşları tarafından geliştirilen sistem, Arduino Uno mikrodenetleyici aracılığıyla sıcaklık, bağıl nem, ışık şiddeti, ses şiddeti ve karbon monoksit (CO) seviyesi gibi çevresel koşulların izlenmesini ve kontrol edilmesini sağlayarak bu bilgileri bulut ortamına gönderir ve daha sonra sensör verilerini grafiksel istatistik olarak gösterir. Belirli zaman aralıklarıyla güncellenen verilere internet üzerinden dünyanın herhangi bir yerinden erişilebilmektedir [12]. Diğer bir çalışmada Raspberry-pi ve bulut tabanlı hava takip sistemi oluşturulmuştur [13]. Önerilen sistem, ışık şiddeti, rüzgar yönü ve hızı, sıcaklık, nem gibi hava parametrelerini toplayan sensörlerle donatılmış Raspberry-pi'yi kullanmaktadır. Sensörlerden elde edilen veriler daha fazla erişim imkanı sağlamak için bulut ortamına yüklenmektedir [13]. Diğer bir çalışmada akıllı şehir uygulamalarındaki zorluklara yardımcı olacak nesnelerin interneti tabanlı hava durumu istasyonu çalışılmıştır [14]. Sistem herhangi bir ortamdaki meteorolojik ölçümleri gerçekleştirmek ve bunları gerçek zamanlı olarak bulutta raporlamak için kullanılan çevresel sensörler ile donatılmıştır. Bunu başarmak için sistem içerisinde Raspberry pi2 ve DHT11 sıcaklık-nem, BMP180 basınç, KG004 yağmur damlası, MQ7 karbon monoksit sensör modülü gibi farklı çevresel sensörler ve bir sesli uyarı cihazı kullanılmıştır. Sensörler

sürekli olarak hava durumu parametrelerini algılamakta ve bir wifi bağlantısı üzerinden çevrimiçi web sunucusuna aktarmaya devam etmektedir. Meteorolojik veriler bulutta yüklenerek verilerin canlı raporlanması sağlanmaktadır. Ayrıca sistem, kullanıcının belirli durumlar için uyarılar yapmasına izin vermektedir. Hava parametreleri ilgili değerleri geçerse kullanıcıya uyarı verecek şekilde kurgulanmıştır [14].

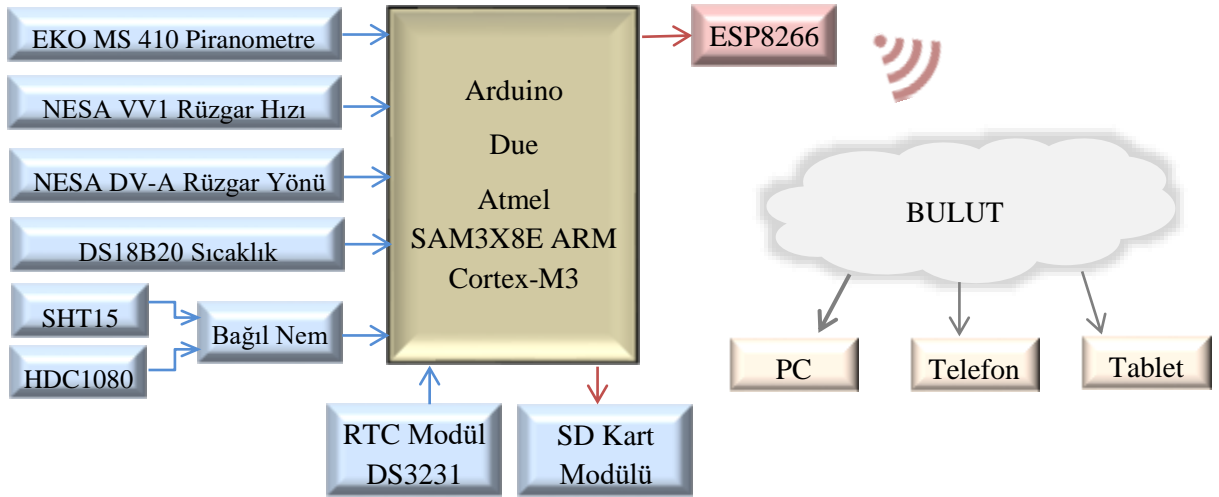
Susmitha ve Sowmyabala, bir hava izleme sistemi tasarlamak için gömülü bir sistem geliştirmektedir [15]. Gerçekleştirilen sistem ile sıcaklık, gaz ve nem gibi ortam verileri LPC1768 mikrodenetleyici (ARM9) yardımıyla izlenmektedir. Sensörlerden gelen veriler mikrodenetleyici tarafından toplanmakta ve seri haberleşme kullanarak LABVIEW'a gönderilmektedir. Ayrıca bu modül verileri excel sayfasında tutmakta ve GSM modülü üzerinden cep telefonuna SMS olarak göndermektedir [15]. Laskar ve arkadaşları [16], herhangi bir yerden ağ bilgisini kullanmadan meteorolojik verileri sağlayabilen Arduino Uno tabanlı özerk küçük bir küp uydu tasarlamışlar ve uygulamışlardır. Sistem içerisinde ADXL-335 ivmeölçer kullanılarak konum bilgisine göre ortamın basınç, sıcaklık ve nem bilgileri elde edilmiştir. Ayrıca sisteme radyo frekansı (RF) verici ve alıcı modülü bağlanarak 433MHz'te kablosuz haberleşme yeteneği kazandırılmıştır. Çalışma içerisinde belirli bir bölgenin rakım değişimlerine karşı basınç, nem ve sıcaklık değerleri sunularak sistemin geçerliliği ortaya konmaya çalışılmıştır [16]. Dada ve arkadaşları [17] çalışmada, analog ve dijital bileşenler kullanılarak ortam sıcaklığını, bağıl nemini ve ışık yoğunluğunu izleme, ölçme ve görüntüleme yeteneğine sahip Arduino Uno Mikrodenetleyici tabanlı bir uzaktan hava izleme sistemi önermişlerdir. Sensörlerin analog çıkışları, dijital sinyal dönüştürme ve veri kaydı için bir ADC aracılığıyla bir mikrodenetleyiciye bağlanmıştır. Ayrıca ölçüm göstermek için mikrodenetleyiciye bir LCD ekran bağlanmıştır. Analiz ve arşivleme amacıyla, veriler GSM ve alıcı bölümü üzerinden bir cep telefonuna aktarılmaktadır. Böylece bilgisayar veya internet servisine ihtiyaç duyulmadan konumların uzaktan izlenebilmesi sağlanmıştır. Guarav ve arkadaşları sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve ışık yoğunluğu gibi atmosferik hava koşullarının izleyerek coğrafi bölgeleri, güneş ve rüzgar enerjisi açısından düşük maliyet ile tanımlamak amacıyla meteorolojik veri takip sistemi oluşturmuşlardır [18]. Elde edilen veriler 8051 mikro denetleyici yardımıyla toplanarak GSM modül üzerinden uzaktaki kullanıcıya aktarılmaktadır. [19] çalışmada Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler (MEMS) ve kablosuz sensör ağı (WSN) teknolojilerine dayanan, tek bir çipe entegre edilmiş sıcaklık, nem, basınç, rüzgar hızı ve yönü için sensörler içeren kablosuz uzaktan hava izleme sistemi sunulmuştur. Kablosuz uzaktan hava izleme sisteminde kullanılan sensör dizisi, bir sıcaklık sensörü, bir kapasitif nem sensörü, bir piezorezici basınç sensörü ve toplu-mikro imalat teknolojisi ile entegre edilmiş anemometrelerden oluşmaktadır. Sistem analog voltaj sinyallerini dijital sinyallere dönüştürmekte ve veri kaydedicisine kablosuz olarak aktarmaktadır.

Bu çalışmada, Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu (40.7513062 Enlem ve 30.0533226 Boylam) çatısına meteorolojik verilerin takibi, bölgenin güneş ve rüzgar açısından verimliliğinin gerçek zamanlı veriler ışığında ortaya koyulması, elde edilen verilerin hava tahmini veya yenilenebilir enerji sistemleri için enerji üretim tahmini algoritmalarında kullanılması amaçlarıyla kurulan Nesnelere İnterneti tabanlı meteorolojik veri takip/hava istasyonu ve sistemden elde edilen veriler sunulmuştur. Kurulan sistem ile sensörlerden alınan global ışıma, rüzgar hızı ve yönü, ortam sıcaklık ve bağıl nem verileri 32 bit Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 işlemcili Arduino Due mikrodenetleyici tarafından toplanarak ESP8266 WiFi modül üzerinden bulut ortamına taşınmıştır. Böylece veriler anlık olarak dünyanın herhangi bir yerinden takip edilebilmektedir. Ayrıca bulut ortamında sunulan güncel veriler izin gerektirmeksizin erişim sağlayıcılar tarafından edinilebilmektedir. Bu açıdan çalışma özgün bir çalışmadır ve yukarıda sunulan literatür çalışmalarından ayrılmaktadır. Literatürde sunulan çalışmalar arasında sistemlerden edinilen verileri bulut ortamında sunan çalışmalar prototip yapılar olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca oluşturulan sistemden elde edilen meteorolojik veriler

bölgeye özel veriler olması açısından da çalışma özgünlük teşkil etmektedir. Çalışma şu şekilde organize edilmiştir; Bölüm 2’de sistem mimarisi tanıtılmıştır. Bölüm 3’te ise ThinkSpeak bulut ortamı tanıtılmış ve sistemden elde edilen veriler sunulmuştur. Çalışma sonuç bölümü ile sonlandırılmıştır.

II. METEOROLOJİK VERİ TAKİP İSTASYONU

Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu çatısına meteorolojik veri takip istasyonu kurulması fikri, “Silikon Tabanlı Güneş Panellerinin Sabit Çalışma Sıcaklığında Çalıştırılabilmesi Amacıyla Kontrol ve Deney Düzenine Oluşturulması ve Gerçekleştirilmesi” isimli ve 2017/054 numaralı proje kapsamında temin edilen ve kullanılan piranometre ve anemometre gibi değerli sensörlerin proje bitiminde de kullanılması ve katma değer üretmesi gerektiği inancıyla oluşmuştur. Sistem Ağustos 2018’de devreye alınarak ilgili meteorolojik veriler takip edilmeye ve bulut ortamına aktararak internet erişimine sahip tüm kullanıcıların kullanımına açılmıştır. Sistem mimarisi Şekil 1’de verildiği gibidir.



Şekil 1. Meteorolojik veri takip sistem mimarisi

Sistemde mikrodenetleyici olarak Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 işlemcili 32 bit Arduino Due kullanılmıştır. Due, 12 tanesi PWM çıkış ve her biri giriş ve çıkış olarak kullanılabilen 54 adet dijital giriş-çıkış portuna, 12 adet analog giriş portuna, 2 adet analog çıkış portuna ve 4 adet seri porta sahiptir. Due, 32 bit işlemciye sahip olmakla birlikte çalışmamızda tercih edilmesinin en büyük nedenlerinden biri analog giriş portlarının 12 bit analog-dijital dönüştürücü (Analog to Digital Converter-ADC) çözünürlüğüne sahip olmasıdır. Bu da piranometre ve rüzgar sensörlerinden alınan analog sinyallerin standart 10 bit ADC çözünürlüğüne sahip mikrodenetleyicilere nazaran daha hassas ölçülmesine imkan tanımaktadır. Sistemde ayrıca RTC (Real Time Counter) gerçek zaman modülü ve mini SD kart modülü kullanılarak veriler bulut ortamı haricinde ikinci bir hafıza bloğunda kaydedilmektedir. Aşağıda tablo içerisinde sistem üzerinde kullanılan sensörler ve özellikleri özetlenmiştir.

Sistemde kullanılan EKO MS 410 piranometre birinci sınıf bir ışımaya sensörü olup 285-3000 nm dalga boyu aralığındaki ışınları metrekaresine düşen birim enerji miktarını 10µV hassasiyet ile analog sinyal olarak vermektedir. Arduino Due mikrodenetleyicimiz 3.3V/4096 (12 bit) yani 0.805mV hassasiyete

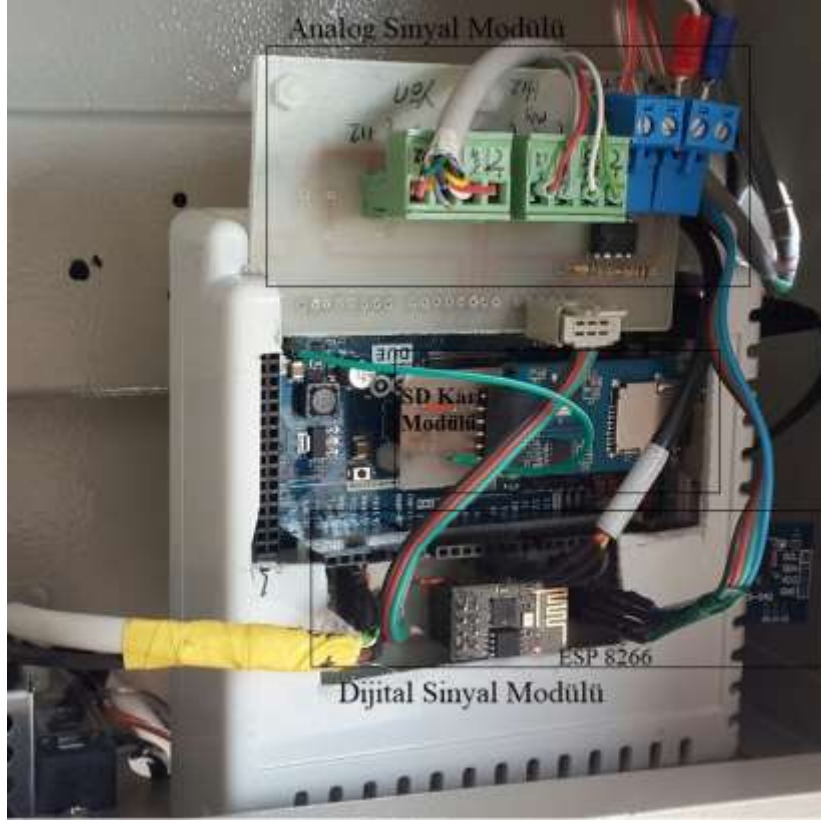
sahip olduğu için piranometre çıkışındaki $10\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ değişimi takip etmekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle piranometre ve Due A0 analog girişi arasına kazancı 500 olan bir evirmeyen yükselteç devresi konularak piranometre çıkışı yükseltilmiştir. Nem sensörleri hassasiyet açısından sistem üzerinde kullanılan diğer sensörlerden çok daha düşük değerlere sahiptir ve ölçüm değerlerinde %2'lik bir toleransa sahiptirler. Bu durum gözetilerek, bir önceki zaman çevriminde okunan değerden sensör kaynaklı sapmaları belirlemek ve bir önceki çevrim gözetilerek sensörlerden birinde meydana gelebilecek nem okuma hatalarını saptayabilmek amacıyla Şekil 1 ve Tablo 1'de görüldüğü gibi bağlı nem ölçümü iki adet sensör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bağlı nem sensörleri aynı zamanda sıcaklık ölçümü yapabilme yeteneğine sahiptir. Nem sensörleri için gerçekleştirilen yaklaşım sıcaklık ölçümü içinde kullanılmıştır.

Tablo 1. Sistem üzerinde kullanılan sensörler, modüller ve Due bağlantı noktaları

Ölçüm	Marka/Model	Hassasiyet	Ölçü Aralığı	Arduino Bağlantısı
Işıma	EKO MS 410	$10\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	0-2000 W/m^2	Analog A0
Rüzgar Hızı	NESA VV1	0.1m/s	0-50 m/s	Analog A1
Rüzgar Yönü	NESA DV-A	0.1°	0-360°	Analog A2
Sıcaklık	DS18B20	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	$-55^\circ\text{C} - 125^\circ\text{C}$	Dijital 6
Bağlı Nem	SHT15	$\pm 2\% \text{RH}$	0-100 %RH	Dijital 13
	HDC1080	$\pm 2\% \text{RH}$	0-100 %RH	SDA1-SCL1
Gerçek Zaman Modülü	DS3231	$\pm 1 \text{ dk}/\text{Yıl}$	-	SDA-SCL
SD Kart Modülü	16 MB mini SD hafıza kartı			SPI
WiFi Modülü	ESP8266	IEEE 802.11 b/g/n haberleşme		RX3-TX3

Analog sensörlerin, dijital sensörlerin ve SD kart modülünün mikrodenetleyiciye bağlanabilmesi için üç ayrı devre oluşturulmuş ve modüler yapılar olarak mikro denetleyici üzerine Şekil 2'de gösterildiği gibi monte edilmiştir.

Analog sinyal modülü üzerinde piranometre, rüzgar hız ve yön sensörleri ile birlikte gerilim beslemesinin bağlandığı dört giriş bulunmaktadır. Ek olarak piranometre çıkışı ile mikrodenetleyici girişi arasına tampon devre olarak yerleştirilen yükselteç devresi bu modül üzerine yerleştirilmiştir. Dijital sinyal modülü üzerinde DS3231 gerçek zaman ve ESP8266 wifi modülleri ile birlikte HDC1080 ve SHT15 nem sensörleri, DS18B20 sıcaklık sensörü için bağlantı noktaları bulunmaktadır. SD kart modülü ise Arduino Due mikro denetleyicinin orta kısmında kalan SPI bağlantı noktasına entegre edilmiştir. Meteorolojik veri takip istasyonunda kullanılan sensörlerin konumları ve sistem konstrüksiyonu Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Hava istasyonu mikrodenetleyici kart modülü

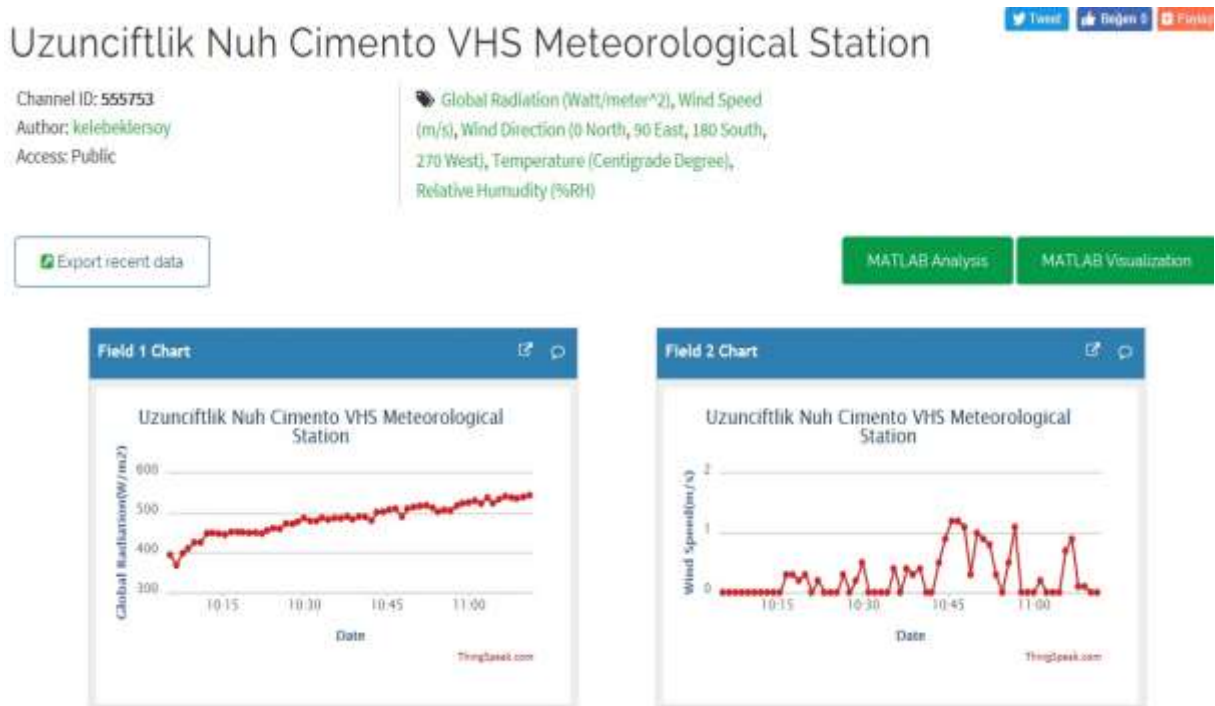


Şekil 3. Hava istasyonu ve sensör konumları

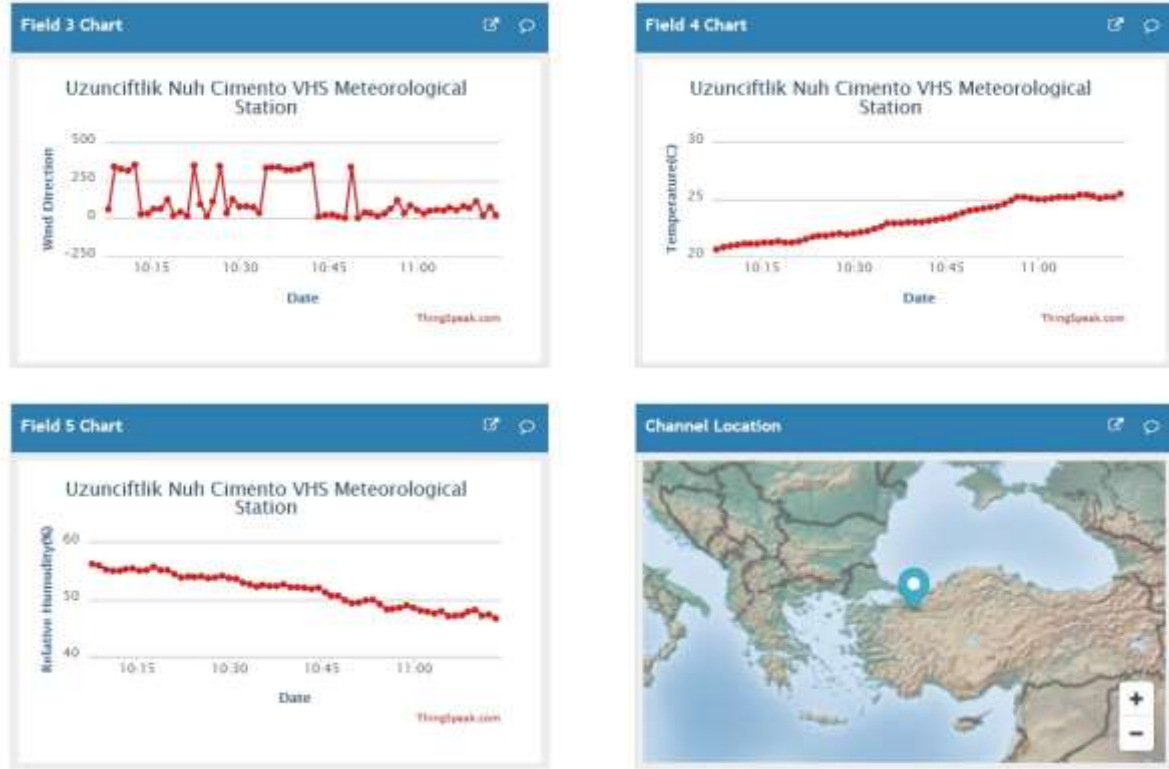
Şekil 3'te sağ üst köşede piranometre verilirken, alt köşede ise sıcaklık ve nem sensörlerini içinde bulunduran ve direkt güneş almayacak şekilde konumlandırılan sensörler kutusu verilmiştir. Oluşturulan hava istasyonunun sensör seçimleri, yazılımı ve konstrüksiyonu Ağustos 2018 itibarıyla tamamlandıktan sonra sistem üzerinden veri alınmaya ve bulut ortamına gönderilmeye başlanmıştır.

III. THINGSPEAK VE HAVA İSTASYONUNDAN ELDE EDİLEN VERİLER

Sistemde kullanılan EKO MS 410 piranometre birinci sınıf bir ışınma sensörü olup 285-3000 nm dalga boyu aralığındaki ışınları metrekareye düşen birim enerji miktarını $10\mu\text{V}$ hassasiyet ile analog sinyal olarak vermektedir. Arduino Due mikrodenetleyicimiz $3.3\text{V}/4096$ (12 bit) yani 0.805mV hassasiyete sahip olduğu için piranometre çıkışındaki $10\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ değişimi takip etmekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle piranometre ve Due A0 analog girişi arasına kazancı 500 olan bir evirmeyen yükselteç devresi konularak piranometre çıkışı yükseltilmiştir. Nem sensörleri hassasiyet açısından sistem üzerinde kullanılan diğer sensörlerden çok daha düşük değerlere sahiptir ve ölçüm değerlerinde %2'lik bir toleransa sahiptirler. Bu durum gözetilerek, bir önceki zaman çevriminde okunan değerden sensör kaynaklı sapmaları belirlemek ve bir önceki çevrim gözetilerek sensörlerden birinde meydana gelebilecek nem okuma hatalarını saptayabilmek amacıyla Şekil 1 ve Tablo1'de görüldüğü gibi bağıl nem ölçümü iki adet sensör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bağıl nem sensörleri aynı zamanda sıcaklık ölçümü yapabilme yeteneğine sahiptir. Nem sensörleri için gerçekleştirilen yaklaşım sıcaklık ölçümü içinde kullanılmıştır.

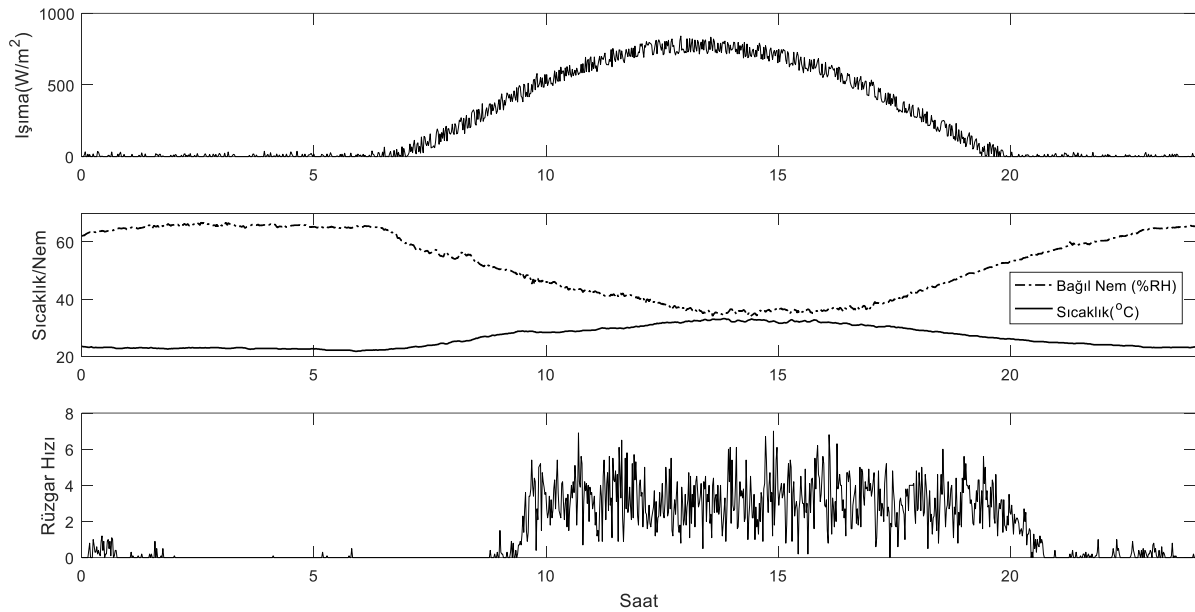


Şekil 4. ThingSpeak arayüzü, alan 1; global ışınma ve alan 2; rügar hızı

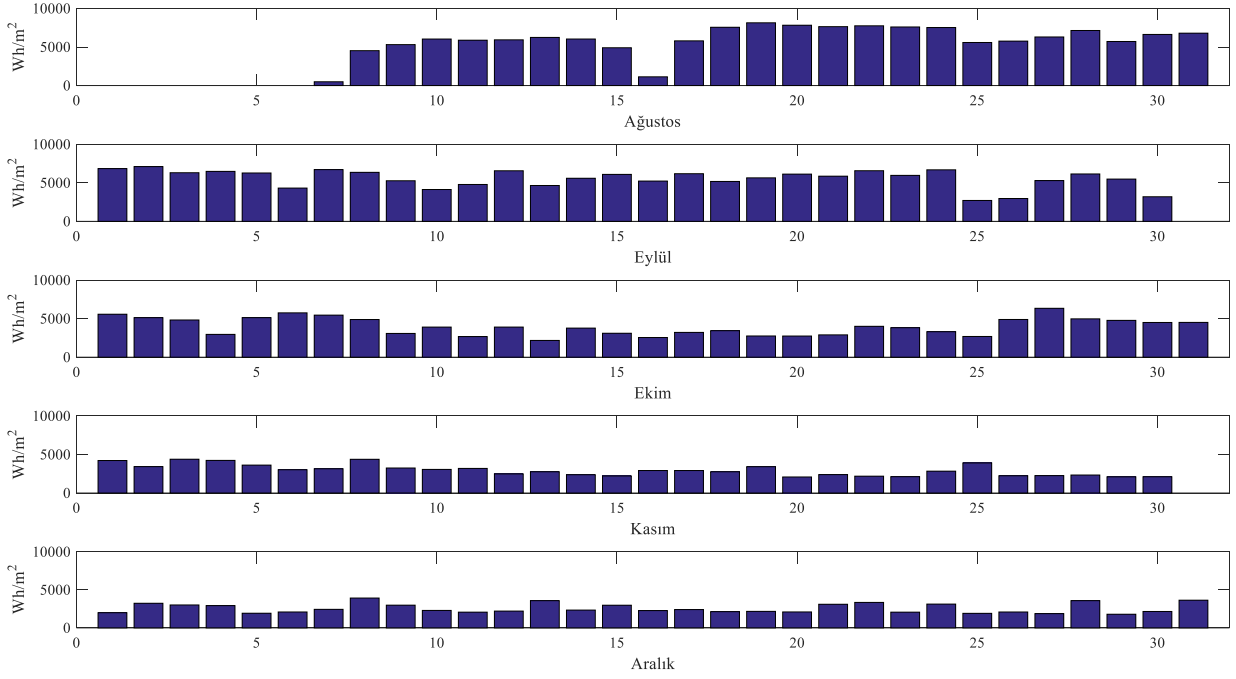


Şekil 5. ThingSpeak arayüzü, alan 3; rüzgar yönü, alan 4; sıcaklık, alan 5; bağıl nem ve kanal konumu

Uzunciftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu hava istasyonundan 8 Ağustos 2018 tarihi ile 31 Aralık 2018 tarihi arasında elde edilen global ışıma, rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık ve nem verileri kullanılarak oluşturulan grafikler aşağıda sunulmuştur. Şekil 6'da 13 Ağustos 2018 tarihine ait global ışıma, sıcaklık, nem ve rüzgar verileri sunulmuştur.



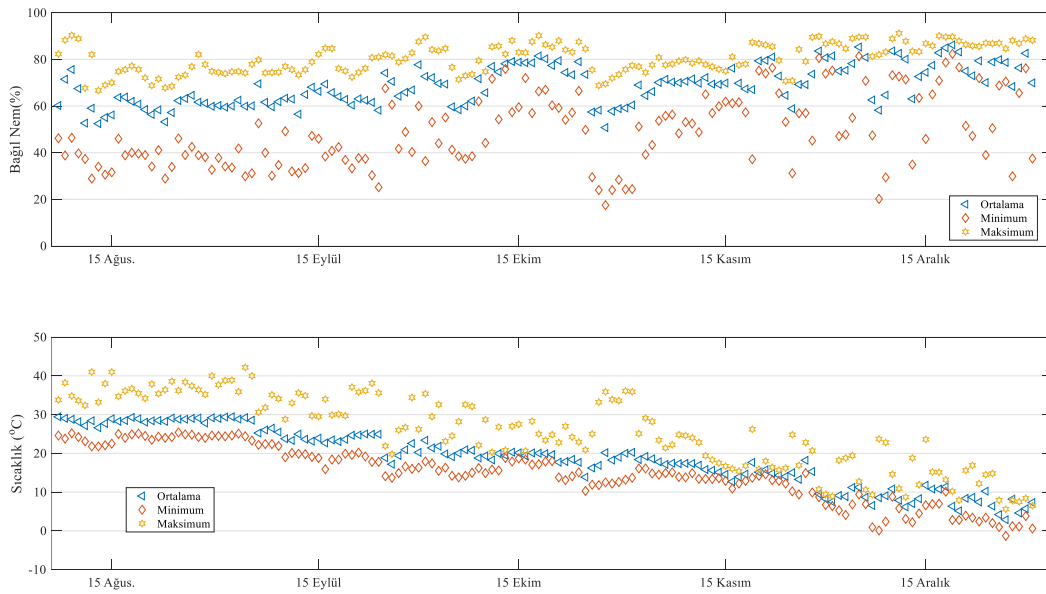
Şekil 6. 13 Ağustos 2018 tarihine ait günlük global ışıma, sıcaklık, nem ve rüzgar hızı



Şekil 7. Ağustos 2018-Aralık 2018 için günlük toplam global ışınma değerleri

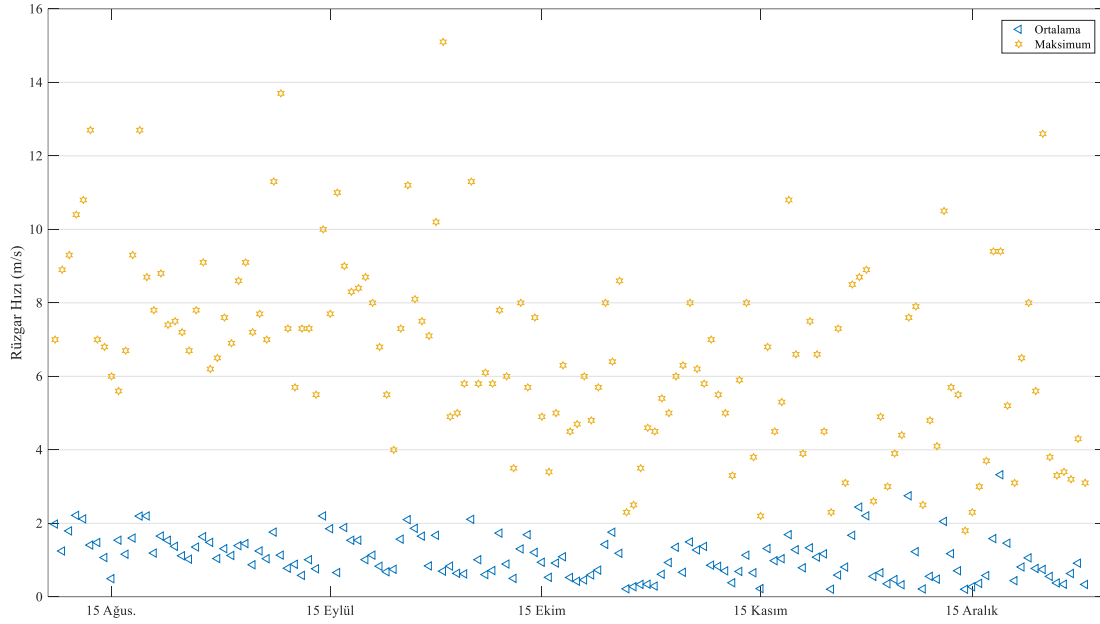
Şekil 7'de Ağustos 2018- Aralık 2018 döneme ait günlük metrekaresine toplam ışınma miktarları verilmiştir. Ölçüm değerleri, ilgili dönem için günlük güneşlenme süreleri dikkate alınarak elde edilmiştir. Ortalama olarak günlük toplam ışınma değerleri Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları için sırasıyla 6313 Wh/m², 5829 Wh/m², 4352 Wh/m², 2880 Wh/m² ve 2573 Wh/m² olarak ölçülmüştür. Bu değerlere göre metrekaresine aylık toplam ışınma miktarları Ağustos ayı için 195 KWh/m², Eylül ayı için 174 KWh/m², Ekim ayı için 134 KWh/m², Kasım ayı için 86 KWh/m² ve Aralık ayı için 79 KWh/m² olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 8'de İlgili dönem için günlük ölçülen ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri, gün içerisinde ölçülen maksimum ve minimum sıcaklık ve nem değerleri ile birlikte verilmiştir.



Şekil 8. Günlük ortalama, minimum ve maksimum nem ve sıcaklık

Yine ilgili döneme ait günlük ortalama rüzgar hızı, gün içerisinde ölçülen en yüksek rüzgar hız değeri ile birlikte Şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 9. Günlük ortalama ve maksimum rüzgar hızı

Elde edilen verilerden de görüldüğü gibi Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulunun bulunduğu bölge güneş enerjisi açısından Kocaeli ili ortalamasında (1400-1450 KWh/m²-yıl) iken rüzgar enerjisi açısından Kocaeli ili ortalamasının da (4 m/s) altında oldukça verimsiz bir bölgedir. Kurulan hava istasyonu ile bölgenin anlık meteorolojik verileri takip edilebiliyorken uzun süreçte elde edilecek olan verilerin analiz edilmesi ile bölgenin güneş ve rüzgar enerjisi açısından verimliliği gerçek veriler temel alınarak en doğru biçimde ortaya konulacaktır.

IV. SONUÇ

Hava istasyonları, hava tahmini, güneş ve rüzgar gibi elektriğe dönüştürülebilir kaynakların takibi ve tahmini, doğa olaylarının ön görülebilmesi amaçlarıyla meteorolojik verilerin toplanması için çok çeşitli coğrafi bölgelere kurulan sistemlerdir. Çalışmamızda meteorolojik verilerin takibi, bölgenin güneş ve rüzgar enerjisi açısından verimliliğinin ortaya konması, elde edilen verilerin enerji tahmini veya hava tahmini amacıyla algoritma geliştirme veya ilgili algoritmaları gerçek veriler ile test etme amaçlarıyla Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu çatısına kurulan hava istasyonu mimarisi ve sistemden elde edilen veriler sunulmuştur. Kurulan sistem ile global ışımaya, rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık ve nem verileri takip edilmektedir. Sensörlerden elde edilen veriler Arduino Due mikrodenetleyici tarafından toplanmakta ve ESP8266 WiFi modül üzerinden bulut ortamına alınmaktadır. ThingSpeak bulut ortamında saklanan veriler “<https://thingspeak.com/channels/555753>” kanalında yayınlanmaktadır. Ayrıca bulut ortamında sunulan güncel veriler izin gerektirmeksizin erişim sağlayıcılar tarafından edinilebilmektedir. Çalışmada, Ağustos 2018- Aralık 2018 döneme ait günlük metrekare başına toplam ışımaya miktarları, günlük ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık-nem değerleri, günlük ortalama ve maksimum rüzgar hızı verileri grafikler kullanılarak verilmiştir. Sistemden elde edilen verilere göre metrekare başına aylık toplam ışımaya miktarları Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayları için sırasıyla 195 KWh/m², 174 KWh/m², 134 KWh/m², 86 KWh/m² ve

79 KWh/m² olarak gerçekleşmiştir. Uzun süreçte hava istasyonundan elde edilecek olan veriler ile bölgenin güneş ve rüzgar enerjisi açısından verimliliği gerçek veriler temel alınarak analiz edilecektir. Bu gerçek veriler aynı zamanda hava tahmini veya alternatif enerji üretimi tahmini için geliştirilen algoritmaların sınanmasında kullanılabilir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2017-054). Hava istasyonunun mekanik kurulumunda verdiği destek için Öğretim Görevlisi Serkan AKTAŞ'a teşekkür ederim.

V. KAYNAKLAR

- [1] D. Cesarini, L. Cassano, M. Kuri, V. Bilas, and M. Avvenuti, "AENEAS: An energy-aware simulator of automatic weather stations," *IEEE Sens. J.*, vol. 14, no. 11, pp. 3932–3943, 2014.
- [2] G. Says, "Gartner Says 6.4 Billion Connected 'Things' Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015," Gartner, Inc., 2015. [Online]. Available: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>.
- [3] D. Evans, "IoT by Cisco 2011," Cisco Internet Bus. Solut. Gr., April, 2011. [Online]. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
- [4] A. Martín-Garín, J. A. Millán-García, A. Bãiri, J. Millán-Medel, and J. M. Sala-Lizarraga, "Environmental monitoring system based on an Open Source Platform and the Internet of Things for a building energy retrofit," *Autom. Constr.*, vol. 87, pp. 201–214, 2018.
- [5] H. Li, M. K. Ochani, H. Zhang, and L. Zhang, "Design of micro-automatic weather station for modern power grid based on STM32," *J. Eng.*, c. 2017, no. 13, pp. 1629–1634, 2017.
- [6] M. Benghanem, "Measurement of meteorological data based on wireless data acquisition system monitoring," *Appl. Energy*, vol. 86, no. 12, pp. 2651–2660, 2009.
- [7] H. Kiliç, B. Gümüş, and M. Yılmaz, "Diyarbakır İli İçin Güneş Enerjisi Verilerinin Meteorolojik Standartlarda Ölçülmesi ve Analizi," *EMO Bilimsel Dergi*, , vol. 5, no. 1, pp. 47–52, 2016.
- [8] S. Abbate, M. Avvenuti, L. Carturan, and D. Cesarini, "Deploying a Communicating Automatic Weather Station on an Alpine Glacier," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 19, pp. 1190–1195, 2013.
- [9] T. P. Fowdur, Y. Beeharry, V. Hurbungs, V. Bassoo, V. Ramnarain-Seetohul, and E. C. M. Lun, "Performance analysis and implementation of an adaptive real-time weather forecasting system," *Internet of Things*, no. 3–4, pp. 12–33, 2018.
- [10] M. El Moulat, O. Debauche, S. Mahmoudi, L. A. Brahim, P. Manneback, and F. Lebeau, "Monitoring System Using Internet of Things for Potential Landslides," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 134, pp. 26–34, 2018.
- [11] M. Yamanouchi, H. Ochiai, Y. K. Reddy, H. Esaki, and H. Sunahara, "Case Study of Constructing Weather Monitoring System in Difficult Environment," in *Proceedings - 2014 IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing*, 2014, ss. 692–696.
- [12] B. S. Rao, K. S. Rao, and N. Ome, "Internet of Things (IOT) Based Weather Monitoring system," *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 5, no. 9, pp. 312–319, 2016.
- [13] K. N. V Satyanarayana, S. R. N. Reddy, P. V. Y. N. S. Teja, and B. Habibuddin, "IOT Based

Smart Weather Station Using Raspberry-PI3,” no. 10, pp. 1–6, 2016.

[14] A. H. Malik and B. A. Parray, “Smart City IoT Based Weather Monitoring System,” c. 7, s. 5, ss. 3–8, 2017.

[15] P. Susmitha and G. Sowmyabala, “Design and Implementation of Weather Monitoring and Controlling System,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 97, no. 3, pp. 975–8887, 2014.

[16] M. R. Laskar, R. Bhattacharjee, M. S. Giri, and P. Bhattacharya, “Weather Forecasting Using Arduino Based Cube-Sat,” *Procedia Comput. Sci.*, no. 89, no. 320–323, 2016.

[17] E. G. Dada, S. B. Joseph, D. Mustapha, and B. I. Hena, “Microcontroller Based Remote Weather Monitoring System,” vol. 5, no. 4, pp. 276–287, 2018.

[18] D. Gaurav, D. Mittal, B. Vaidya, and J. Mathew, “A GSM based low cost weather monitoring system for solar and wind energy generation,” *5th Int. Conf. Appl. Digit. Inf. Web Technol. ICADIWT 2014*, 2014, pp. 1–7,.

[19] R. H. Ma, Y. H. Wang, and C. Y. Lee, “Wireless remote weather monitoring system based on MEMS technologies,” *Sensors*, vol. 11, no. 3, pp. 2715–2727, 2011.