

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARINDA İÇ MEKAN
KALİTESİNE İLİŞKİN VERİLERİN
MİKRODENETLEYİCİ KULLANILARAK
TOPLANMASI VE BÜYÜK VERİ ORTAMINDA
ANALİZİ**

Ceyhan Molla

**Danışman
Doç. Dr. Can AYDIN**

İZMİR - 2022

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yükseköğretim Kurumlarında İç Mekan Kalitesine İlişkin Verilerin Mikrodenetleyici Kullanarak Toplanması ve Büyük Veri Ortamında Analizi” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

01/02/2022

Ceyhan MOLLA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Yükseköğretim Kurumlarında İç Mekan Kalitesine İlişkin Verilerin Mikrodenetleyici Kullanılarak Toplanması Ve Büyük Veri Ortamında Analizi Ceyhan MOLLA

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı

Yönetim Bilişim Sistemleri Programı

Havalandırma, sağlıklı bir iç mekan kalitesinin ayrılmaz bir parçası ve önemli bir COVID-19 önleme stratejisidir. İyi tasarlanmış çalışma alanları, her öğrencinin, çok fazla oturmak veya yanlış ergonomik duruşlar sergilemeden rahatça çalışmasına olanak tanır. Sağlıklı bir ofis ortamının sürdürülmesi, kimyasallara maruziyete, ekipman ve bina tasarımına, fiziksel çevreye (sıcaklık, nem, ışık, gürültü, havalandırma ve alan), görev tasarımına, psikolojik faktörlere (kişiler arası iletişim, iş ritmi, iş kontrolü) bağlıdır. Yükseköğretim alanında 2000'li yılların ortalarından itibaren yeni üniversitelerin kurulması ve mevcut üniversite kontenjanlarının artırılması ile uygulanan büyüme politikasını, yatırım talebinde artış izlemiştir.

T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından uygulanmaya başlanan "Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi" sayesinde üretilen metodolojik bilginin Türkiye genelinde uygulanması ve üniversite mekan yönetimi odaklı, verimlilik anlayışının gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Diğer bir deyişle, proje kapsamında ihtiyaç duyulan yöntem bilgisi oluşturulmuştur.

Bu çalışmada ESP32 Mikrodenetleyici kullanılarak, çeşitli sensörlerden alınan veriler kablosuz ağ ile veritabanına aktarılmış daha sonra büyük veri analizi gerçekleştirilmiştir. İç mekan çevre kirleticilerinin kaynaklarını anlamak ve bunları kontrol etmek, öğrencilerin daha sağlıklı ortamlarda öğrenim görebilmelerine katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde Üniversitelerin üç temel misyonu vardır: eğitim, araştırma ve topluma hizmet. Bu görevlerle ilgili etkinlikler “insan” ve “mekân” unsurları aracılığıyla hayata geçirilir. İnsan unsurları, üniversitenin beşeri sermayesini temsil eden üniversitede çalışan akademik ve idari personeli içerir. Derslikler, amfiler, laboratuvarlar ve araştırma merkezlerinden oluşan yapılar mekânın unsurlarını oluşturmaktadır. Akademik ve idari personelin hizmet sunduğu bu mekanlar aynı zamanda üniversitenin fiziki sermayesini de temsil etmektedir. Ülkemizde her alana yönelik insan faktör planlaması üzerine araştırmaları bulunmaktadır. Ancak mekansal planlama konusunda kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Öte yandan, eğitim başta olmak üzere üniversitelerin sunduğu hizmetlerin kalitesi ve kamu kaynaklarının etkin kullanımı için mekânsal unsurların planlanması oldukça önemlidir. Araştırmalar, eğitimin kalitesi ile mekanın kalitesi arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ve kaliteli mekanda öğrenci performansının arttığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Büyük Veri, İç Mekan, ESP32, Elasticsearch, GNU/Linux, DHT11, SCD30, BH1750, MAX9814, Oled, Ubuntu, Thingier, Big Data, IoT

ABSTRACT

Master's Thesis

Collection of Data on Indoor Quality in Higher Education Institutions Using Microcontroller and Analysis in Big Data Environment

Ceyhan MOLLA

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Management Information Systems

Management Information Systems of Program

Ventilation is an integral part of a healthy indoor quality and an important COVID-19 prevention strategy. Well-designed workspaces allow each student to work comfortably, without having to sit too much or take the wrong ergonomic posture. Maintaining a healthy office environment depends on chemical exposure, equipment and building design, physical environment (temperature, humidity, light, noise, ventilation and space), task design, psychological factors (interpersonal communication, work rhythm, work dec). The growth policy implemented in the field of higher education since the mid-2000s with the establishment of new universities and increasing the existing university quotas has been followed by an increase in investment demand.

T.C. It is aimed to apply the methodological knowledge generated through the "Higher Education Places Inventory Classification System", which has been implemented by the Strategy and Budget Directorate, throughout Turkey and to realize an efficiency understanding focused on university space management. In other words, the method knowledge needed within the scope of the project has been established.

In this study, data obtained various sensors were transferred to the database by wireless network using ESP32 Microcontroller and then big data analysis was performed. Understanding and controlling the sources of indoor environmental pollutants will contribute to students being able to study in healthier environments.

Universities in our country have three main missions: education, research and service to society. Activities related to these tasks are implemented through the elements of “man” and “space”. The human elements include academic and administrative staff working at the university, representing the human capital of the university. Structures consisting of classrooms, amphitheaters, laboratories and research centers constitute the elements of the space. These places, where academic and administrative staff provide services, also represent the physical capital of the university. There are researches on human factor planning for every field in our country. However, there is no comprehensive research on spatial planning. On the other hand, it is very important to plan spatial elements for the quality of services provided by universities, especially education, and for the effective use of public resources. Studies have shown that there is a direct relationship between the quality of education and the quality of space, and student performance dec in a quality space.

Keywords: Big Data, Indoor, ESP32, Elasticsearch, GNU/Linux, DHT11, SCD30, BH1750, MAX9814, Oled, Ubuntu, Thinger, Big Data, IoT

**YÜKSEKÖĞRETİM KURUMLARINDA İÇ MEKAN KALİTESİNE İLİŞKİN
VERİLERİN MİKRODENETLEYİCİ KULLANILARAK TOPLANMASI VE
BÜYÜK VERİ ORTAMINDA ANALİZİ**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ	xii
 GİRİŞ	 1

**BİRİNCİ BÖLÜM
BİNALARDA İÇ MEKAN KALİTESİ**

1.1. İÇ MEKAN KALİTESİNİN ÖNEMİ	4
1.1.1. Sıcaklık - Nem - Hissedilen Sıcaklık	5
1.1.2. Karbondioksit	9
1.1.3. Aydınlatma	10

**İKİNCİ BÖLÜM
YÖNTEM-METOD**

2.1. ESP 32 MİKROİŞLEMCİ	17
2.2. DHT11 SICAKLIK, NEM, HİSSEDİLEN SICAKLIK SENSÖRÜ	19
2.3. BH1750 ORTAM IŞIĞI SENSÖRÜ	22
2.4. MAX9814 MİKROFON	23
2.5. SCD30 KARBONDİOKSİT SENSÖRÜ	25
2.6. SSD1306 OLED EKRAN	27

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA-BULGULAR

3.1. İŞLETİM SİSTEMİNİN HAZIRLANMASI	29
3.1.1. Veritabanı	31
3.1.2. Web Sunucusu	32
3.2. BÜYÜK VERİ ANALİZİ	33
 SONUÇ	 45
KAYNAKÇA	48



KISALTMALAR

ADC	Analog sinyali dijital sinyale dönüştüren sistem
AGC	Otomatik kazanç kontrolü
BH1750	Aydınlatma şiddeti sensörü
BMP085	Barometrik Basınç Sensör Modülü
CJMCU-811	Karbondioksit sensörü
CMOS	Bir tümleşik devre üretim teknolojisi
CO2	Karbondioksit
CPU	İşlemci
CSV	Değerleri ayırmak için virgül kullanan bir metin dosyasıdır
dB	Ses şiddeti için kullanılan logaritmik ve boyutsuz bir birim
DHT11	Sıcaklık, nem ve hissedilen sıcaklık sensörü
Elasticsearch	Arama motoru ve analiz aracı
ESP32	Mikrodenetleyici
ESP8266	Mikrodenetleyici
GNU/Linux	İşletim sistemi
GPIO	Genel amaçlı bir giriş / çıkış
Hz	Frekans birimi
I2C	Çok denetleyicili bir seri veriyoludur
IoT	Nesnelerin İnterneti
JSON	Bir metin biçimidir
Kibana	Veri görselleştirme kontrol paneli yazılımı
Logstash	Sunucu tarafı veri işleme hattı
LUX	Aydınlatma şiddeti
MAX9814	Mikrofon
MH-Z19C	Karbondioksit sensörü
Modbus	Bir seri haberleşme protokolüdür
MySQL	Veri tabanı yönetim sistemi
NDIR	Dağınık olmayan kızılötesi sensör
NTC	Bir direnç türü
OPC UA	Makineden makineye iletişim protokolüdür

ppm	Milyonda bir birime verilen isim
Profibus	Otomasyon teknolojisinde bir standarttır
RAM	Bellek
REST API	Uygulamaların iletişim kurabileceğini bir dizi kuraldır
RF	Radio frekansı
SCADA	Kapsamlı ve entegre bir veri tabanlı kontrol ve izleme sistemi
SCD30	Karbondioksit sensörü
SEN0186	Hava Durumu İzleme Kiti
UART	Seri veri alışverişi için bir protokol
UV	Ultraviyole ışın
Wemos D1 R32	Mikrodenetleyici
YMESS	Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Karbondioksit Seviyelerinin Etkileri s. 10

Tablo 2: Ölçüm Yükseklikleri Ve Aydınlatma Sınır Değerleri s. 12



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Hissedilen Sıcaklık İndeksi	s. 8
Şekil 2: Projenin Şeması	s. 16
Şekil 3: Kullanılan Kütüphaneler	s. 17
Şekil 4: Temel Tanımlamalar	s. 18
Şekil 5: ESP32 Donanım Şeması	s. 19
Şekil 6: Sıcaklık, Nem Verilerinin OLED Ekranı Yazdırılması	s. 20
Şekil 7: DHT11 Donanım Şeması	s. 21
Şekil 8: BH1750 Ölçümlerinin OLED Ekranda Gösterilmesi	s. 22
Şekil 9: BH1750 Donanım Şeması	s. 23
Şekil 10: ESP32 Desibel Hesaplama	s. 24
Şekil 11: MAX9814 Donanım Şeması	s. 25
Şekil 12: SCD30 PIN Çıkışları	s. 27
Şekil 13: Proje İçin Kullanılan Sanal Sunucu Özellikleri	s. 30
Şekil 14: Ubuntu LAMP Kurulumu	s. 31
Şekil 15: Sensör Verileri İçin Hazırlanan Veritabanı	s. 32
Şekil 16: MySQL Veritabanı Bağlantısı	s. 33
Şekil 17: Sensör Verilerinin MySQL Veritabanına Eklenmesi	s. 34
Şekil 18: Büyük Veri Yapısı	s. 35
Şekil 19: Logstash & MySQL Veritabanı Bağlantısı	s. 37
Şekil 20: Kibana Yönetim Paneli	s. 38
Şekil 21: Kibana Discover Paneli	s. 39
Şekil 22: ESP 32 Kodlarının Bir Kısmı	s. 39
Şekil 23: Elasticsearch Sorgu Süresi	s. 40
Şekil 24: PhpMyadmin Sorgu Süresi	s. 40
Şekil 25: Sanal Sunucunun Htop Çıktısı	s. 41
Şekil 26: Thinger.io Örnek Bağlantı Kodları	s. 42
Şekil 27: Proje Kapsamında Hazırlanan Örnek Panel	s. 43
Şekil 28: Toplanan Desibel Verileri	s. 43
Şekil 29: JSON Olarak Verilerin Dışarı Aktarılması	s. 44
Şekil 30: Projenin 3 Boyutlu Kutu Tasarımı	s. 46
Şekil 31: Projenin 3 Boyutlu Detay Tasarımı	s. 46

GİRİŞ

Üniversite işletme giderlerinin önemli kalemleri ancak makul bir mekansal planlama ile gerçekleştirilebilir. Makul bir mekan planı yapabilmek için net standartlara sahip bir envanter sistemi gerekir. Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi (YMESS) ile birlikte, yeni oluşturulacak mekanlara yönelik yatırım ihtiyaçlarının değerlendirilmesi için gerekli bilgi sistemlerinin geliştirilmesi, hangi kamu kaynaklarının kullanılacağına karar verilmesi, devlet üniversiteleri ve yükseköğretim kurumlarına ait sınıf verimliliği analiz sisteminin kurulması için kılavuz hazırlanarak uygulamaya geçilmiştir.

YMESS Ver.2 Kılavuzu envanter bilgilerinin toplanması konusunda, tümevarım yöntemini benimser. Bu nedenle listede yer alan ana sınıflandırma birimi binalardır. Kampüs toplamı binaların toplamından, üniversite toplamı ise kampüslerin toplamından elde edilir. Yoğun çalışma gerektiren ölçüm aşamasının başarısı ve sürecin sonunda üniversiteler arasında karşılaştırılabilir alanların bir listesinin elde edilmesi için doğru sınıflandırma, kodlama ve numaralandırma esastır. Sağlıklı envanter bilgilerinin elde edilmesi, binanın doğru sınıflandırılmasına bağlıdır. Ayrıca üniversiteler arasında karşılaştırılabilir liste bilgilerinin elde edilebilmesi için aynı tanım ve standartlara göre sınıflandırılması gerekmektedir. Bu gereksinime dayalı olarak kılavuz, her bir ana işlevi ve alt işlevin tanımını içerir. Sınıflandırma ve kodlama bu tanımlara göre yapılmalıdır.

Ölçme aşaması, metrik ölçüm ve iç mekan kalite ölçümü olmak üzere iki alt aşamadan oluşmaktadır. Metrik ölçüm, bir alanın boyutunu belirlemek için (m² cinsinden) bir ölçümdür. İç mekan kalitesinin ölçülmesi, mekanın durumunu ortaya çıkarmayı amaçlar. Bu durumda mekanın aydınlatma seviyesi, nem ve sıcaklık seviyesi, karbondioksit seviyesi ve gürültü seviyesi ölçülerek iç mekan kalitesinin durumu hakkında bilgi elde edilecektir. Binaları yönetmek zor ve karmaşık bir iştir. Halkın sağlıklı, konforlu ve verimli bir iç ortamın önemini fark etmesiyle birlikte, iyi bir iç hava kalitesi bilinci ve talebi de artmaktadır. Herhangi bir binada sağlıklı ve konforlu bir iç ortam sağlamak, karmaşık bir sistemin birçok bileşeninin entegrasyonunu gerektirir. Binaların ve toplulukların verimliliğini artırarak sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabiliriz. Ancak, yalnızca bina tasarımına ve inşaatına

odaklanmak, bilim adamlarının iklim değişikliğini azaltmak için gerekli olduğuna inandıkları emisyon azaltımlarını sağlayamaz. Sürdürülebilir olmayan enerji arz ve talebi, hane btlerinden uluslararası ilişkilere kadar her şeyi ciddi şekilde etkilemektedir. İç mekan kalitesi birçok faktör tarafından belirlenir. Bir bina içinde bulunan kişiler, ofis makinelerine, temizlik ürünlerine, inşaat faaliyetlerine, halı ve mobilyalara, parfme, sigara dumanına, sudan zarar görmüş yapı malzemelerine, mikrobiyal büyümeye (mantar, kf ve bakteri) ve böceklere maruz kalmaktadır. İster doğal havalandırma sistemi, ister mekanik havalandırma sistemi olsun, havalandırma sisteminin doğru boyutta olduğundan ve yeterli taze hava sağlayabildiğinden emin olunmalıdır. Bina sakinlerini sürekli olarak korumak için binanın yaşam dnęs boyunca iç hava kalitesi korunmalıdır. Çok sıcak veya çok soğuk hissetmek, yetersiz ışık veya pencereden dışarı bakamamak, çok fazla gürültü ile uğraşmak veya rahatsız edici çalışma ortamı strese neden olabilir ve yaşam kalitesini düşürebilir. İnsanların ihtiyaçları farklı olduğu için, aynı kişi bile farklı zamanlarda farklı ihtiyaç ve tercihlere sahip olabilir, bu nedenle i ortamı kontrol etme yeteneği, bina sakinlerinin konforu ve memnuniyetinin önemli bir bileşenidir.

Termal konfor, sıcaklıktan daha fazlasını içerir; aynı zamanda nem ve hava hareketini de içerir. Bir alandaki sıcaklık uygun olabilir, ancak hava durgun olursa veya havalandırma kanalları doğru çalışmazsa, insanlar kendilerini rahatsız hissedecektir. Gün ışığının içeri girmesine ek olarak, insanların gözlerini daha uzak mesafelere odaklamalarını ve dışarıyı görmelerini sağlayan pencereler, bina sakinlerinin konforunda rol oynayabilir. Tabii ki, çok fazla ışık belirli görevleri engelleyebilir ve doğrudan güneş ışığı veya parlama da rahatsızlığa neden olabilir. İyi bir aydınlatma tasarımı, mekanda gerçekleşen görevleri, binanın yönünü, odanın düzenini, cam tipini, pencerelerin konfigürasyonunu hatta mobilya tipini ve yüzeyin rengini dikkate alacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi (YMESS) kapsamında yapılması gereken iç mekan kalite ölçümlerinin tek bir cihaz ile yapılabilir hale gelmesini sağlamaktır. Ortaya çıkan cihaz, taşınabilir olarak kullanılabilmekte, dilenirse çoğaltılarak bir sınıfa ait çeşitli yerlerden verileri kablosuz ağ kullanarak veritabanına kayıt etmektedir. Toplanan veriler belirli periyotlar ile

büyük veri ortamına aktarılmaktadır. Bu sayede belirlenen ortamlara ait iç mekan kirleticilerinin neler olduğu kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

Bu çerçevede yazılmış olan bu tez üç ana bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümünü iç mekan kalitesini belirleyen koşullar, tezin amacı, sorusu, kısıtları ve literatür taraması oluşturmaktadır. İkinci bölümde projede kullanılan mikroişlemci ve sensörler hakkında bilgilere değinilmiştir. Son bölümde ise, tez kapsamında hazırlanmış olan bu uygulamanın tüm aşamaları detaylı bir şekilde açıklanmış, uygulama kapsamında neler yapılabileceğine değinilmiştir.



BİRİNCİ BÖLÜM

BİNALARDA İÇ MEKAN KALİTESİ

1.1. İÇ MEKAN KALİTESİNİN ÖNEMİ

Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi (YMESS), iç mekan kalitesinin belirlenmesi için aydınlatma seviyesi, nem ve sıcaklık seviyesi, karbondioksit seviyesi ve gürültü seviyesinin ölçülmesini zorunlu tutmuştur. İnsanlar zamanlarının çoğunu kapalı mekanlarda geçirirler. Ancak bu kapalı mekanlar; dış ortamdan gelen kirleticiler ve iç ortamda yapılan çeşitli faaliyetler sonucu, insan sağlığı ve verimliliği üzerinde olumsuz etkileri olan bir ortam haline gelebilmektedir. Çevre, önce insanlar tarafından şekillendirilen, daha sonra insanları şekillendiren ekipman, düzen, sıcaklık, renk ve nesnelerden oluşur. Örneğin nem, iç kaynaklardan (sızdıran borular gibi) veya dış kaynaklardan (yağmur gibi) su girmesinden neticesinde oluşur.

Binadaki çeşitli malzemeler (halı, duvar, tavan döşemesi gibi) uzun süre ıslandığında nem bir sorun haline gelir. Havadaki aşırı nem (yani yüksek bağıl nem), uygun şekilde kontrol edilmezse bakterilerin, mantarların (yani küflerin) ve böceklerin büyümesini destekleyen bir araca dönüşür. Boşaltılmış yapı malzemelerinin varlığında, su girişinin kaynağı genellikle açıktır (örneğin, çatı veya pencere sızıntıları veya boru patlamaları). Ancak, etkilenen malzemeler ve su kaynakları gözden uzak tutulduğunda, nem sorunu daha az belirgin olabilir. Nem ayrıca hamamböceklerini, kemirgenleri ve toz akarlarını da kendine çeker. Nemden zarar gören yapı malzemelerinin, sağlık sorunlarına neden olabilecek uçucu organik bileşikler ortama bıraktığı bilinmektedir.

Yaşadığımız ortamda; aydınlatma, nem ve sıcaklık, gürültü ve karbondioksit seviyeleri iç mekan kalitesini belirleyen en önemli parametrelerdir. Bir bina tasarlanırken, enerji tasarrufu ve iç çevre kalitesi aynı anda dikkate alınmalıdır. Örneğin, günışığı ve doğal havalandırma yalnızca enerji tasarrufu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bina sakinlerinin çalışma biçimini de geliştirir. Ayrıca mimari tasarım ekibi üyeleri, bina sakinlerinin kim olduğunu, ne yapacaklarını ve nasıl yapacaklarını anladıktan sonra, yeterli kontrol ve esneklik sağlarken bu ihtiyaçlara uygun bir ortam

yaratabilirler. Koşulları izlemek ve bina sakinleri anketleri yapmak için sensörler kurmak, yeşil bina operasyonlarının önemli bir parçasıdır.

Eğitim kurumlarında bulunan kirleticilerin ortalama konsantrasyonlarına maruz kaldıktan sonra hangi sağlık etkilerinin meydana geldiğini ve kısa bir süre içinde meydana gelen daha yüksek konsantrasyonlarda hangi sağlık etkilerinin meydana geldiğini daha iyi anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Literatür taraması yapıldığında Issac Kelly, ESP8266 mikroişlemcisi ve BMP085 basınç sensörü kullanarak verileri lokal Elasticsearch sunucusuna kayıt etmiştir. (Kelly, 2016) Warren Argus, Arduino ve SEN0186 Hava Durumu Seti kullanarak, verileri Elastic, Logstash, Kibana ortamına aktarmıştır. (Argus, 2018) Fadli Pradityo ve Nico Surantha, dış mekan Karbondioksit ve hava kirliliği miktarını ölçmek için Arduino tabanlı IoT projesi geliştirmiş ve gerçek zamanlı olarak verileri Elasticsearch üzerinden izleyen bir sistem geliştirmiştir. (Pradityo & Surantha, 2019, 1)

Bu çalışmada, Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi (YMESS) Kılavuzu temel alınarak, ESP32 mikrodenetleyici ve çeşitli sensörler ile verilerin anlık olarak takip edilmesi amaçlanmıştır. Mikrodenetleyici aracılığıyla sensörlerden alınan veriler, GNU/Linux işletim sistemine üzerinde çalışan MySQL veritabanına aktarılmakta, elde edilen veriler Elasticsearch tarafından indekslenmektedir. Yükseköğretim Mekanları Envanter Sınıflandırma Sistemi (YMESS) Kılavuzunda yer aldığı üzere, her alanın farklı cihazlar ile ölçülmesi ve bu verilerin kağıt kalem kullanılarak kayıt altına alınması son derece kullanışsız bir çalışma biçimidir. Bu proje ile, belirlenen tüm alanların iç mekan kalite bilgileri kayıt altına alınabilir, büyük veri ortamında toplanan kayıtlar analiz edilebilir, problemli alanlara yönelik iyileştirme çalışmaları yapılabilir.

1.1.1. Sıcaklık - Nem - Hissedilen Sıcaklık

Fizikçiler, nesnelerin farklı sıcaklıklarda nasıl davrandığını anlamak için ısıyı inceler. Isı bir enerji şeklidir ve sıcaklık bir cismin ne kadar enerjiye sahip olduğunu ölçer. Isı çalışması aslında nesneleri oluşturan atomların ve moleküllerin incelenmesidir. Atomlar ne kadar hızlı hareket ederse, sıcaklık o kadar yüksek olur, çünkü daha fazla enerjiye sahiptirler. (The Wonders of Physics Traveling Outreach

Program Department of Physics, n.d.) Isı birçok şekilde üretilebilir. Bir yöntem yakmaktır. Burada yanan cismin kimyasal maddeleri diğer kimyasal maddelere dönüştürülür ve bu süreçte enerji açığa çıkar. Hava durumuyla ilgili tüm felaketler arasında, aşırı yüksek sıcaklıklar genellikle her yıl en yüksek sayıda ölüme neden olmaktadır. (FEMA, n.d.). Sıcak hava kalp ve akciğerleri strese sokar. Yaşlılar, sağlık sorunları olan kişiler ve küçük çocuklar özellikle risk altındadır. (Met Office, n.d.) İklim tahminleri, aşırı yüksek sıcaklık olaylarının önümüzdeki birkaç on yılda daha sık ve yoğun hale geleceğini göstermektedir. Bununla birlikte, son yıllarda, daha iyi tahminler, yüksek sıcaklık sağlık uyarı sistemleri ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki klima penetrasyonunun artması nedeniyle yüksek sıcaklıkla ilgili bazı hastalıklar ve ölüm riskleri azalmıştır. (Centers for Disease Control and Prevention, n.d.)

Su buharı, dünya yüzeyindeki büyük su kütlelerinden (göller, okyanuslar ve okyanuslar dahil) buharlaşarak atmosfere girer. Daha soğuk iklimler, genellikle sıcak iklimlerden daha düşük nem seviyelerine sahiptir. Çünkü soğuk hava, sıcak havadan daha az nem içerir. Kışın, nem seviyeleri genellikle düşüktür. Yaz aylarında, hava daha fazla su buharı tutabileceğinden nem seviyesi daha yüksek olacaktır. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa, havada o kadar fazla su buharı bulunabilir. (Airthings, n.d.) İnsanlar neme karşı çok hassastır, çünkü cilt nemi dışarı atmak için havaya ihtiyaç duyar. Terleme süreci, vücudunuzun serin kalmaya ve mevcut sıcaklığını korumaya çalışmasıdır. Havanın bağıl nemi %100 ise, ter buharlaşarak havaya karışmaz. Sonuç olarak, bağıl nem yüksek olduğunda, gerçek sıcaklıktan çok daha sıcak hissederiz.

Örnek vermemiz gerekirse; bağıl nem düşükse, gerçek sıcaklıktan çok daha düşük hissederiz, çünkü terimiz kolayca buharlaşır ve bizi serinletir. Örneğin, sıcaklık 24 santigrat derece ve bağıl nem sıfır ise, vücudumuz sıcaklığın 21 santigrat derece olduğunu hisseder. Sıcaklık 24 santigrat derece ve bağıl nem %100 ise, sıcaklığı 27 santigrat derece olduğunu hissederiz. Nem, atmosferimizin doğal bir parçasıdır ve havadaki su buharı miktarından gelir. Nemli ortam, bakteri ve küfün büyümesi için mükemmel bir yaşam alanı sağlar.

Bir binadaki aşırı nem, su sızıntılarından, pencerelerden ve bodrumlardan sızan yağmur sularından ve hatta zemin rutubetinden kaynaklanabilir. (Airthings, n.d.) Nem seviyesi tavsiye edilen %50 oranından daha yüksek olduğunda, hava yoğunlaşmaya ve nemli olmaya başlayacaktır. Seviye arttıkça, daha fazla sorun ortaya çıkabilir. Düşük

nem, kaşıntı ve cilt kuruluğuna neden olabilir. Araştırmalar ayrıca gözlerdeki gözyaşı filmini korumak için düşük nemden kaçınılması gerektiğini bulmuştur. (A Abusharha & Pearce, 2013, 32) Egzama gibi belirli cilt koşullarını da kötüleştirebilir. (Waley, 2018) Çok kuru hava ciltteki nemi emecek ve egzamayı daha da kötüleştirecektir. Tüm dünyada etkisini gösteren yüksek sıcaklıklar ve iklim değişikliği, ülkemiz için giderek artan problemlere neden olmaktadır. (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, n.d.) Kentleşme, şehir içinde ısı adalarının oluşumuna yol açmaktadır. Sonuç olarak, kentsel alanlarda yaşayan insanlar, kırsal alanlarda yaşayanlara göre uzun süreli sıcak hava dalgalarına maruz kalmaktadır. Asfalt ve beton ısıyı daha uzun süre depolar ve gece boyunca kademeli olarak serbest bırakır. Bu durum "kentsel ısı adası etkisi" olarak bilinen daha yüksek gece sıcaklıkları yaratır. Aşırı sıcaklık, ortalamadan çok daha sıcak ve/veya nemli olan yaz sıcaklıkları olarak tanımlanır. Nemli koşullar bu durumu daha da arttırmaktadır. İklim değişikliğine "adaptasyon", iklim değişikliğinin yol açabileceği sel, aşırı sıcaklık olayları, hava kirliliği ve bulaşıcı hastalıklar gibi tehlikelerin sağlık üzerindeki etkilerini azaltmak için birden fazla düzeyde değişiklik yapabileceğimiz anlamına gelmektedir. Yüksek öğretim kurumlarında iç mekan kalitesinin ölçümü bu nedenle önem taşımaktadır.

Şekil 1: Hissedilen Sıcaklık İndeksi

HEAT INDEX °F (°C)													
The heat index is an accurate measure of how hot it really feels when the affects of humidity are added to high temperature.													
Temp.	RELATIVE HUMIDITY (%)												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
110 (47)	136 (58)												
108 (43)	130 (54)	137 (58)											
106 (41)	124 (51)	130 (54)	137 (58)										
104 (40)	119 (48)	124 (51)	131 (55)	137 (58)									
102 (39)	114 (46)	119 (48)	124 (51)	130 (54)	137 (58)								
100 (38)	109 (43)	114 (46)	118 (48)	124 (51)	129 (54)	136 (58)							
98 (37)	105 (41)	109 (43)	113 (45)	117 (47)	123 (51)	128 (53)	134 (57)						
96 (36)	101 (38)	104 (40)	108 (42)	112 (44)	116 (47)	121 (49)	126 (52)	132 (56)					
94 (34)	97 (36)	100 (38)	103 (39)	106 (41)	110 (43)	114 (46)	119 (48)	124 (51)	129 (54)	135 (57)			
92 (33)	94 (34)	96 (36)	99 (37)	101 (38)	105 (41)	108 (42)	112 (44)	116 (47)	121 (49)	126 (52)	131 (55)		
90 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)	97 (36)	100 (38)	103 (39)	106 (41)	109 (43)	113 (45)	117 (47)	122 (50)	127 (53)	132 (56)
88 (31)	88 (31)	89 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)	98 (37)	100 (38)	103 (39)	106 (41)	110 (43)	113 (45)	117 (47)	121 (49)
86 (30)	85 (29)	87 (31)	88 (31)	89 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)	97 (36)	100 (38)	102 (39)	105 (41)	108 (42)	112 (44)
84 (29)	83 (28)	84 (29)	85 (29)	86 (30)	88 (31)	89 (32)	90 (32)	92 (33)	94 (34)	96 (36)	98 (37)	100 (38)	103 (39)
82 (28)	81 (27)	82 (28)	83 (28)	84 (29)	84 (29)	85 (29)	86 (30)	88 (31)	89 (32)	90 (32)	91 (33)	93 (34)	95 (35)
80 (27)	80 (27)	80 (27)	81 (27)	81 (27)	82 (28)	82 (28)	83 (28)	84 (29)	84 (29)	85 (29)	86 (30)	86 (30)	87 (31)

Kaynak: (National Weather Service, n.d.)

Hissedilen sıcaklık, insan vücudunun hissettiği ve algıladığı sıcaklıktır. Bu değer termometre ile ölçülen gerçek fiziksel hava sıcaklığından farklıdır. Hissedilen sıcaklık, termometre sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar ve radyasyon gibi meteorolojik faktörlerin yanı sıra iklimsel ortam, giysilerin ısı direnci, vücut yapısı ve kişisel sağlık durumu gibi meteorolojik faktörlerden etkilenen öznel bir kavramdır. Bu nedenle, sıcaklık algısı ve hissi kişiden kişiye değişir. Bu konuda en mantıklı yaklaşım, insan vücudunun fiilen hissettiği sıcaklığın bir ölçüsü olarak ıslak hazne hava sıcaklık

değerini kullanmaktır. (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, n.d.) Herkes sıcaklığı farklı hisseder ama bu, bu kavramın bilimsel olarak ele alınmasına ve kullanılmasına engel değildir.

Bu bilgiler insan sağlığı için önemlidir. Bu nedenle diğer tüm bilimsel çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da kriterler uç noktalara değil ortalamalara dayanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, ortalamaların kullanımının sosyal faydaları olduğu ve psikolojik faktörler ve insan fizyolojisi nedeniyle kişiden kişiye farklılık gösteren farklı duyguları bilimsel olarak tatmin edebileceğine şüphe yoktur. (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, n.d.)

Herkes yüksek sıcaklıkların sağlık üzerindeki etkileriyle karşı karşıya kalabilir, ancak hamile kadınlar, kalp veya akciğer hastalıkları olan kişiler, küçük çocuklar, yaşlılar, sporcular ve açık hava çalışanları dahil olmak üzere bazı insanlar daha savunmasızdır. Buna ek olarak, kentleşmenin hızlanması, gelecekte kentsel nüfusun ısıya bağlı sağlık etkilerine karşı savunmasızlığının artması beklenmektedir.

1.1.2. Karbondioksit

Çok sayıda kanıt, çevreyle ilgili yüksek CO₂'nin (<5.000 ppm) insan sağlığı için doğrudan bir risk oluşturabileceğini düşündürmektedir. Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artması, iç ortam havasında bulunan karbondioksit miktarının artmasına neden olacağı için maruziyetleri daha sık ve sürekli hale getirebilir. Artan atmosferik karbondioksit sürekli maruz kalma, modern gelecekteki ortamlarda gözden kaçan bir stres kaynağı olabilir. CO₂ maruziyetinin ana kaynaklarını ölçmek, olumsuz sağlık etkilerinden kaçınmak ve hassas grupları korumak için azaltma stratejilerini belirlemek bu anlamda önemlidir. Yüksek CO₂ konsantrasyonuna sahip iç mekan havasına uzun süreli veya aralıklı maruz kalmanın potansiyel sağlık etkilerini tam olarak anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. (T.A. et al., 2019, 691) Karbondioksit renksiz, kokusuz bir gazdır. Benzin, kömür, yağ ve odun yakma gibi insan faaliyetleriyle de üretilebilir. Trafik veya endüstriyel faaliyetlerin olduğu alanlarda, dış mekan karbondioksit konsantrasyonu 400 (ppm) değerinden daha yüksektir. Karbondioksit, odaya giren dış hava ile bina içinde bulunan kişi sayısı arasındaki ilişkiyi hızlı olarak değerlendirmek için genellikle bir iç ortamda ölçülür.

Bugün kullandığımız birçok havalandırma sistemi, enerji tasarrufu sağlamak için havayı dolaştırır. Temelde yeni havayı dolaştırmak yerine kirli havayı hareket ettirir. (Airthings, n.d.) Bu durum, yüksek CO₂ konsantrasyonlarına ve düşük iç hava kalitesine yol açar. Araştırmalar, CO₂ seviyeleri arttıkça insanların öğrenme, basit ve karmaşık görevleri yerine getirme ve karar verme konusunda çok daha zor zamanlar geçirdiğini göstermiştir. (Airthings, n.d.) CO₂ seviyesi 2500 ppm olan bir sınıfta, 1000 ppm seviyesine göre daha kötü test puanları vardır. (Airthings, n.d.) Havalandırma, insan sayısı ve kapalı alanlarda geçirilen süre gibi CO₂ seviyelerini etkileyen birçok faktör vardır.

Tablo 1: Karbondioksit Seviyelerinin Etkileri

250-400 ppm	Dış ortam havasında normal konsantrasyon
400-1.000 ppm	İyi hava değişimi olan bir kapalı alanda tipik konsantrasyon
1.000-2.000 ppm	Uykusuzluk ve kötü havadan şikayet etmek
2.000-5.000 ppm	Baş ağrısı, uyuşukluk ve durgunluk, boğucu hava. Dikkatsizlik, dikkatsizlik, artan kalp hızı ve hafif mide bulantısı.
> 40.000 ppm	Ciddi hipoksiye neden olan kalıcı beyin hasarına, komaya ve hatta ölüme neden olabilir.

Kaynak: Airthings, n.d.

1.1.3. Aydınlatma

Eğitim ortamını iyileştirmek için okulların ve sınıfların iyi bir aydınlatmaya ihtiyacı vardır. İyi aydınlatma öğrencilerin kendilerini güvende hissetmelerini sağlar ve öğrenmeyi destekler. Ayrıca okulun marka değerini güçlendirmek. Çok sayıda çalışma, aydınlatma ile öğrenci performansı arasında güçlü bir ilişki olduğunu

göstermiştir. (U.S. Department of Energy, 2017, 3) Genel olarak konuşursak, okullarda elektrik tüketiminin yaklaşık %30'u aydınlatmadan kaynaklanmaktadır. İyi öğrenme koşulları yaratmak, enerji tasarrufu yapmaktan daha önemlidir. Çünkü sınıfta iyi bir aydınlatma öğrencilerin daha fazla öğrenmesine yardımcı olur.

Herhangi bir bina türünde, iyi aydınlatma tasarımının temel amacı, iyi aydınlatılmış ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak, bina sakinlerine iyi olma hissi vermek ve görsel görevleri yerine getirmelerini sağlamaktır. Aydınlık ve karanlık alanlara sahip alanlar genellikle hoş karşılanır ve eğlencelidir, ancak değişikliğin çok büyük olmaması önemlidir. Farklı lamba türleri değişen derecelerde "sıcaklık" veya "soğukluk" ürettiğinden, lambanın renk görünümünün dikkate alınması gerekir. Modern öğrenme ve öğretme daha kişisel ve çeşitlidir, bu da öğrencilerin çeşitli alanlarda ve çeşitli şekillerde öğrenmelerine neden olur. Örneğin, yemek alanları grup tartışmaları veya bireysel okumalar için kullanılabilir. Çoğu bina tipinde, kullanıcılar gün içerisinde odaların gün ışığı alan görünümünü tercih etmektedirler. Okullarda, ışık kalitesi ve sürdürülebilirlik açısından gün içinde doğal gün ışığı her zaman ana ışık kaynağı olmalıdır. Elektrik ışığı ve doğal ışığı tamamlayıcı olmalıdır. Elektrik aydınlatması karanlık saatlerde devreye girmeli ve doğal ışığı desteklemelidir.

Zayıf aydınlatma, kullanım sırasında fark edilmesi kolay olsa da, tasarım aşamasında genellikle gözden kaçırılır. Görme duyumuz esnektir, bu nedenle okullarda yetersiz aydınlatmanın neden olduğu sorunların farkında olmayabiliriz. Bununla birlikte, daha yavaş okumaya, kötü duruşa, zayıf konsantrasyona olabilir. Okullarda aydınlatma sadece genel güvenlik için değil, aynı zamanda görsel görevler içindir.

Tablo 2: Ölçüm Yükseklikleri Ve Aydınlatma Sınır Değerleri

Eğitim binası	European norm EN 12464-1, 2011 aydınlatma dizayn değerleri	
	Çalışma alanında sağlanan aydınlatma (lüks)	Ölçüm yüksekliği (m)
Derslik	500	0,8
Amfiler	500	0,8
Teknik çizim odaları	750	0,7
Laboratuvarlar	500	0,6
Müzik çalışma odaları	300	0,6
Bilgisayar laboratuvarları	300	0,6
Dil laboratuvarları	300	0,6
Güzel sanatlar çizim sınıfları	750	0,7
Kütüphane, raflar arası	200	0,6
Kütüphane, okuma alanları	500	0,6
Spor salonları, yüzme havuzları	300	0,6
Kafeterya ve Yemekhaneler	500	0,6
Merdivenler	150	0,4
Koridorlar, boşluklar	100	0,4

Kaynak: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, n.d.

Korunması gereken iki ana sorun parlama ve titremedir. Bu, parlak bir görüntü (görmeye çalışılan bir nesne değil) doğrudan veya yansıyan ışık yoluyla görüldüğünde olur. Bu, görme görevlerinde ciddi zorluklara yol açabilir. Öğrenciler göz kamaşmasını başlarını çevirerek veya gözlerini kısmak suretiyle telafi etmeye çalışsalar da, kamaşma göz yorgunluğuna, baş ağrısına neden olabilir. Beyaz tahtanın aydınlatması güneş ışığına ve gün ışığı parlamasına ve ayrıca aydınlatma armatürlerinin parlamasına göre dikkatlice konumlandırılmalıdır. (Department for Children, Schools and Families, 2007, 9) Çalışma yüzeyinde, öğretmenin yüzü, beyaz tahtası ve bilgisayarı, yansımalar, gölgeler ve güçlü kontrastlar olmadan açıkça görülebilmelidir. Daha iyi sonuçlar için ışık kaynağının görünmemesi, ışık kaynağında titremeden kaçınılması ve yukarı doğru aydınlatıcılar kullanılması gerekir. (Department for Children, Schools and Families, 2007, 10)

Personel ve öğrenciler her zaman mevcut gün ışığından yararlanmalıdır. Gün ışığı seviyeleri, yılın büyük bir bölümünde okulun bazı bölümlerinde ışıkları kapalı tutacak kadar yüksek olmalıdır. Çoğu insan, güneş parlaması ve aşırı ısınmanın en aza indirilmesi şartıyla güneşli bir alanda çalışmayı tercih eder. Mevcut binalar, mevcut gün ışığı seviyeleri açısından seçeneklerinde daha sınırlı olabilir. Mevcut aydınlatma armatürleri, öğretmenleri ve öğrencileri ihtiyaç olmadığında aydınlatmayı kapatmaya teşvik etmek için düşük enerjili armatürler ve tabelalarla değiştirilmelidir.

1.1.3. Gürültü

Kolayca erişilebilen okullar genellikle trafik gürültüsünden etkilenir. Mevcut okullardaki birçok akustik sorun, doğrudan okulun gürültülü bir bölgedeki konumundan kaynaklanmaktadır. Karayolu trafiğinden kaynaklanan gürültü yaygın bir sorundur, ancak bazı bölgelerde demiryolu veya uçaklardan gelen gürültü baskın durumdadır. Araştırmalar bu kaynaklardan gelen gürültünün öğrencilerin bilişsel performansını ve başarısını etkilediği gösterilmiştir. (Institute of Acoustics (IOA) and the Association of Noise Consultants (ANC), 2015) Oyun alanları, açık hava rekreasyon alanları ve spor sahaları genellikle gürültüye nispeten duyarsız olarak kabul edilir. Hatta spor sahası, gerektiğinde okul binasını işlek yoldan ayıran bir tampon bölge olarak da kullanılabilir. Bununla birlikte, öğretim durumunda (örneğin

beden eğitimi dersleri), dış ortam gürültü seviyelerinin, akustik olarak zaten daha az elverişli olan ortamlarda iletişim üzerinde önemli bir etkisi vardır. Yeterince sessiz alanların olmaması nedeniyle bu mümkün değilse, akustik perdeleme kullanılmalıdır.

Bu alanlardaki gürültü seviyelerini mümkün olduğunca en aza indirilmeli ve gürültüleri azaltmak için seçenekler değerlendirilmelidir. Sıcaklık değişimleri gürültü iletimini kökten değiştirebilse de, bu genellikle yalnızca geceleri ve dolayısıyla okul saatleri dışında gerçekleşir. Toplam iç ortam gürültü seviyesi, ilgili tüm kaynakların gürültü seviyelerinin birleştirilmesiyle belirlenir. Mekanik havalandırma, ısıtma sistemleri, aydınlatma ve diğer eğitim binası hizmetlerinden kaynaklanan gürültüye trafik gibi dış kaynaklardan kaynaklanan iç ortam gürültü seviyeleri de eklenmelidir. Dikkat edilmezse, bu ayrı ses kaynakları, özellikle düşük gürültü seviyelerinin gerekli olduğu alanlarda parazite neden olacak kadar yüksek olabilir. Balkonlardan, merdivenlerden ve sirkülasyon yollarından gelen ayak sesleri veya mobilyaların hareketinden veya diğer sınıf aktivitelerinden gelen darbe sesleri, öğretme ve öğrenmede büyük bir dikkat dağıtıcı olabilir. Darbe gürültüsünü sınırlamak için, arkası esnek vinil veya kauçuk döşeme malzemeleri gibi halı ve diğer yumuşak zemin kaplamaları kullanılabilir. Bina hizmetleri gürültüsünü maskeleye için kullanmadan önce profesyonel akustik tavsiye gereklidir. Diğer olası maskeleye gürültüsü kaynakları arasında fanlı ısıtıcılar ve sabit seviyeler bulunur. (Institute of Acoustics (IOA) and the Association of Noise Consultants (ANC), 2015) Ayrıca, bazı bina hizmetleri sistemlerinin yılın yalnızca belirli zamanlarında çalışabileceği de akıldan çıkarılmamalıdır.

Birçok işitme engelli öğrenci, konuşmadan bilgi elde etmek için 500 Hz'nin altındaki düşük frekansları kullanır. Bu nedenle, işitme engelli öğrencilerin, işiten öğrencilerle derslere gitmeleri için düşük frekanslı iç ortam gürültü seviyelerinin en aza indirilmesine özel önem verilmelidir. Geçici işitme kaybına neden olan enfeksiyonların yaygınlığı göz önüne alındığında, özellikle genç öğrenciler tarafından kullanılanlar olmak üzere tüm sınıflarda düşük frekanslı iç ortam gürültü seviyelerinin en aza indirilmesi önerilir. (Institute of Acoustics (IOA) and the Association of Noise Consultants (ANC), 2015) Düşük frekanslı gürültünün sorun olabileceği durumlarda, bir akustik danışmanından profesyonel tavsiye alınmalıdır. Bina bileşenlerinin havayla yayılan ses yalıtımı, temel olarak bileşenlerin kalitesi tarafından belirlenir. Ancak

bileşenlerin sertliği de düşük frekanslı ses yalıtımını etkiler. Genel olarak konuşursak, belirli bir kalitedeki çift katmanlı cam, boşluklu duvar veya çift kanatlı alçıpan bölmeler gibi yapılar, daha iyi ses yalıtımı sağlar. Çift kanatlı yapının iki kanadının birbirinden ayrılması, özellikle kanatlar arasındaki hava boşluğunun genişliği ile performansın arttığı, orta ve yüksek frekanslarda daha iyi ses yalıtımı sağladığı tespit edilmiştir. (Institute of Acoustics (IOA) and the Association of Noise Consultants (ANC), 2015)



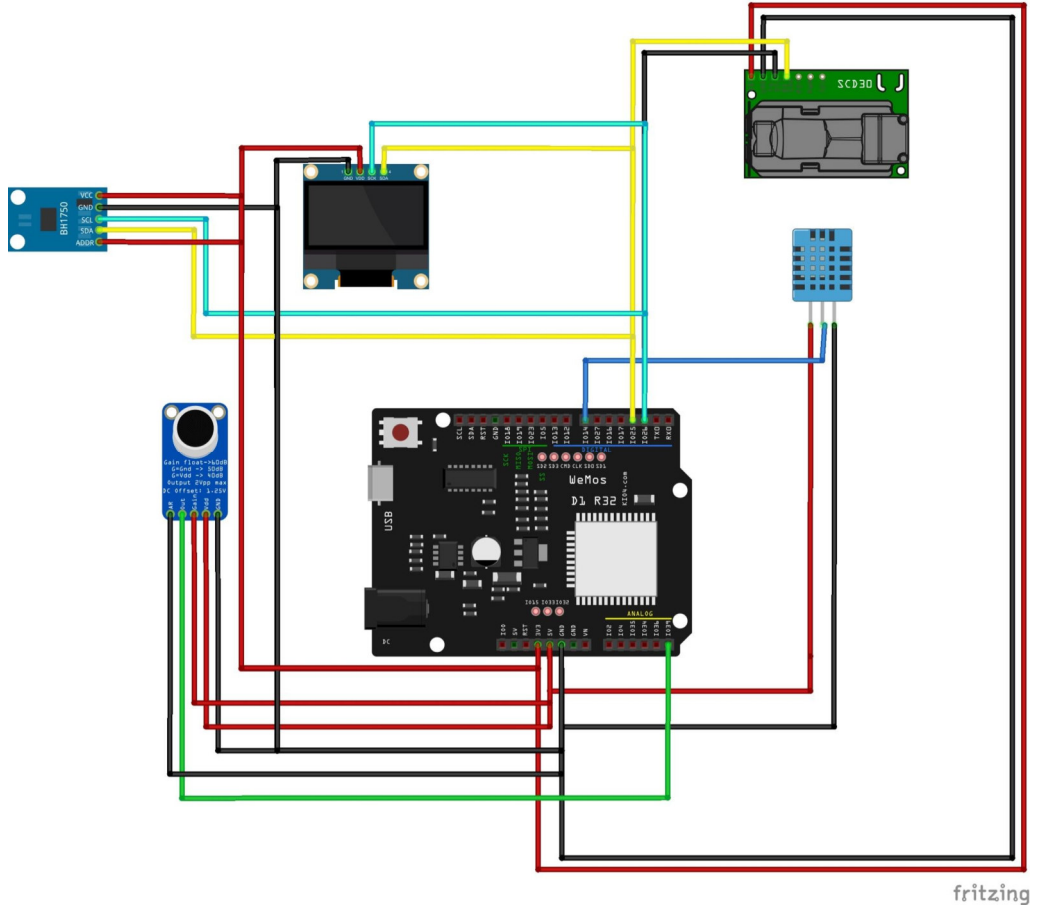
İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM-METOD

Proje için mikroişlemci olarak Wemos D1 R32 tercih edilmiştir. ESP32 mikroişlemcilerin kolay bulunması, geniş sensör desteği ile projenin gereksinimlerini karşılamaktadır. Sıcaklık, nem ve hissedilen sıcaklık değerlerinin tespiti DHT11 ile yapılmaktadır. Ortam aydınlatması BH1750, dB değerleri MAX9814, karbondioksit seviyesi SCD30 sayesinde ESP32 mikroişlemcisine aktarılmaktadır.

Alınan veriler, mikroişlemci internete bağlı ise; GNU/Linux tabanlı sanal sunucu üzerine kurulu MySQL veritabanına kayıt edilmektedir. Internet olsun olmasın, tüm veriler belirlenen periyotta OLED ekran üzerinde gösterilmektedir.

Şekil 2: Projenin Şeması



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

2.1. ESP 32 MİKROİŞLEMCI

ESP32 çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere sağlamlık, çok yönlülük ve güvenilirlik göstererek en iyi güç ve RF performansını elde etmek için tasarlanmış bir mikroişlemcidir. Özellikle mobil, giyilebilir elektronik cihazlar ve Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamaları için aranan çözümlerden bir tanesidir. Örneğin, düşük güçlü bir IoT sensör hub uygulama senaryosunda, ESP32 yalnızca belirli bir koşulu algıladığında periyodik olarak uyanmaktadır. Düşük görev döngüsü, çip tarafından tüketilen enerjiyi en aza indirmek için kullanılır. Güç amplifikatörünün çıkışı ayarlanabilmekte, bu da iletişim aralığı, veri hızı ve güç tüketimi arasında en iyi dengeyi sağlamaya yardımcı olmaktadır. ESP32, yaklaşık 20 harici bileşene sahip, yüksek düzeyde entegre bir Wi-Fi ve Bluetooth IoT uygulama çözümüdür. (Espressif Systems, 2021)

Şekil 3: Kullanılan Kütüphaneler

```
#include <WiFi.h> // Wifi Kütüphanesi
#include "DHT.h" //DHT Kütüphanesi
#include <Wire.h> // Wire Kütüphanesi
#include <BH1750.h> //BH1750 Sensör Kütüphanesi
#include <HTTPClient.h>

#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>

#include "SparkFun_SCD30_Arduino_Library.h" //SCD30 Kütüphanesi
SCD30 airSensor;
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Bu nedenle, ESP32'nin tamamı en küçük baskılı devre kartı (PCB) alanını kaplar. Ayrıca, harici devre kusurlarını ortadan kaldırmasını veya harici koşullardaki değişikliklere uyum sağlamasını sağlayan gelişmiş kalibrasyon devrelerini

içermektedir. ESP32 çözümünün seri üretimi, pahalı özel Wi-Fi test ekipmanı gerektirmez. ESP32, 34 GPIO pinine sahiptir ve bu pinler uygun şekilde programlanarak çeşitli fonksiyonlar atanabilmektedir. (Espressif Systems, 2021)

Çoğu dijital GPIO, dahili pull-up'lar veya pull-down'lar olarak yapılandırılabilir veya yüksek empedansa ayarlanabilir. Giriş olarak yapılandırıldığında, giriş değeri kayıttan okunabilir. CPU, eşik ayarları ve/veya diğer tetikleyiciler tarafından uyandırılabilir. ESP32, anten anahtarları, RF balunları, güç amplifikatörleri, düşük gürültülü alma amplifikatörleri, filtreler, güç yönetim modülleri ve gelişmiş kalibrasyon devreleri dahil olmak üzere eksiksiz gönderme/alma RF işlevselliğini sağlar. ESP32'nin yüksek entegrasyon seviyesi, basit çevresel devre tasarımına izin verir.

Şekil 4: Temel Tanımlamalar

```
#define DHTPIN 14      // DHT11 Digital PIN Bağlantısı
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED Genişlik Piksel
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED Yükseklik Piksel

// Wifi Bağlantı Bilgileri
const char* ssid = "VirusTotal";
const char* password = "Cyhsr83#$";

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BH1750 lightMeter(0x23); // I2C Adres Tanımlaması

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
const int mhz19c = 34; //MQ135 Analog PIN

String serverName = "http://188.34.159.13/data.php";

const int sensitivity = -44;
const int gain = 20;
const int sampleWindow = 1000;
unsigned int sample;
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

2.2. DHT11 SICAKLIK, NEM, HİSSEDİLEN SICAKLIK SENSÖRÜ

19

Şekil 6: Sıcaklık, Nem Verilerinin OLED Ekranı Yazdırılması

```
// Sıcaklık
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0,0);
display.print("Sıcaklık: ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0,10);
display.print(dht.readTemperature());
display.print(" ");
display.setTextSize(1);
display.cp437(true);
display.write(167);
display.setTextSize(2);
display.print("C");

// Nem
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0, 35);
display.print("Nem: ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 45);
display.print(dht.readHumidity());
display.print(" %");

display.display();
delay(3000); // 3 Saniye Bekle

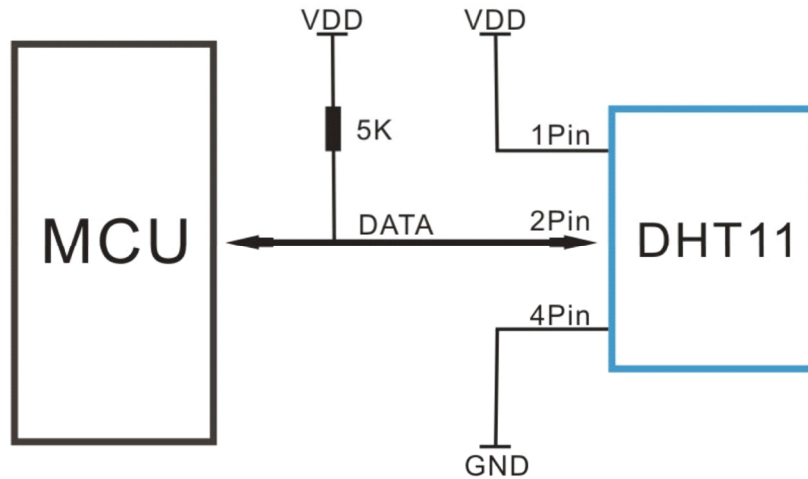
// Ekranı Temizle
display.clearDisplay();

// Hissedilen Sıcaklık
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0,0);
display.print("Hissedilen: ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0,10);
display.print(dht.computeHeatIndex(false));
display.print(" ");
display.setTextSize(1);
display.cp437(true);
display.write(167);
display.setTextSize(2);
display.print("C");
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Küçük boyutu, düşük güç tüketimi ile, en zorlu durumlar dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için en iyi seçimdir. Mikroişlemci bir başlatma sinyali gönderdiğinde, DHT11 düşük güç modundan çalışma moduna geçer ve mikroişlemcinin başlatma sinyalini tamamlamasını bekler. İşlem tamamlandığında DHT11, bağıl nem ve sıcaklık bilgilerini içeren 40 bitlik verilerle mikroişlemciye bir yanıt sinyali gönderir. Mikroişlemciden başlatma sinyali olmadan DHT11, bir yanıt sinyali vermez. Veri toplama işlemi tamamlandıktan sonra DHT11, mikroişlemciden yeniden başlatma sinyali alana kadar düşük güç moduna geçecektir. DHT11 sensörü veri sayfasında belirtilen çalışma aralığının ötesinde çalıştırıldığında, %3 RH sinyal kayması/farkıyla karşılaşabilmektedir. (Mouser Electronics, n.d.) DHT11 sensörü, veri sayfasında verilen parametrelerde çalışmaya döndüğünde kademeli olarak kendini kalibre edecektir. Kimyasal maddelerden çıkan buharlar, DHT'nin hassas elementlerini etkileyebilir ve hassasiyetini azaltmaktadır. Yüksek düzeyde kimyasal kontaminasyon sensöre kalıcı olarak zarar verebilmektedir. DHT11, ısı üretebilecek parçalardan mümkün olduğunca uzağa monte edilmelidir. Güçlü güneş ışığına ve UV ışınlarına uzun süre maruz kalmak DHT'nin performansını azaltmaktadır. (Mouser Electronics, n.d.)

Şekil 7: DHT11 Donanım Şeması

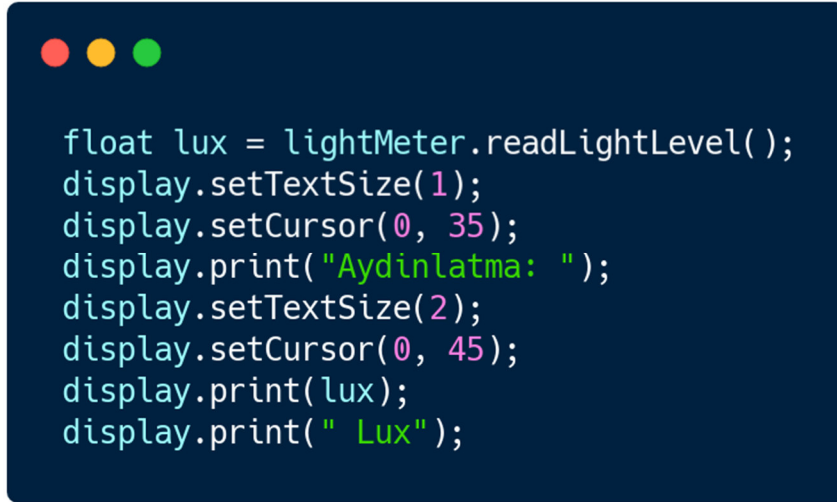


Kaynak: (Mouser Electronics, n.d.)

2.3. BH1750 ORTAM IŞIĞI SENSÖRÜ

BH1750, bir dijital ortam ışığı sensörüdür. I2C iletişim protokolünü kullandığından bir mikro denetleyici ile arayüz oluşturmak kolaydır. Çok düşük akım tüketir. Sensör, ışığı algılamak için fotodiyotlar kullanır. Işığın ölçümü yoğunluğuna bağlıdır. BH1750 sensörünün tepkisi insan gözününkine benzer. BH1750 sensörüne, fotodiyottan gelen akımı bir voltaja dönüştüren bir Operasyonel Amplifikatör – AMP entegre edilmiştir. Işık yoğunluğu, ek hesaplamalar olmadan ölçülür ve dijital değeri doğrudan mikroişlemciye sağlar. Sensör, analog ışık yoğunluğunu dijital LUX değerine dönüştüren bir ADC'ye sahiptir. Kızılötesi radyasyonun sensörün ölçümleri üzerinde çok az etkisi vardır. Ayrıca 50Hz/60Hz optik gürültü bastırma işlevine sahiptir.

Şekil 8: BH1750 Ölçümlerinin OLED Ekranda Gösterilmesi



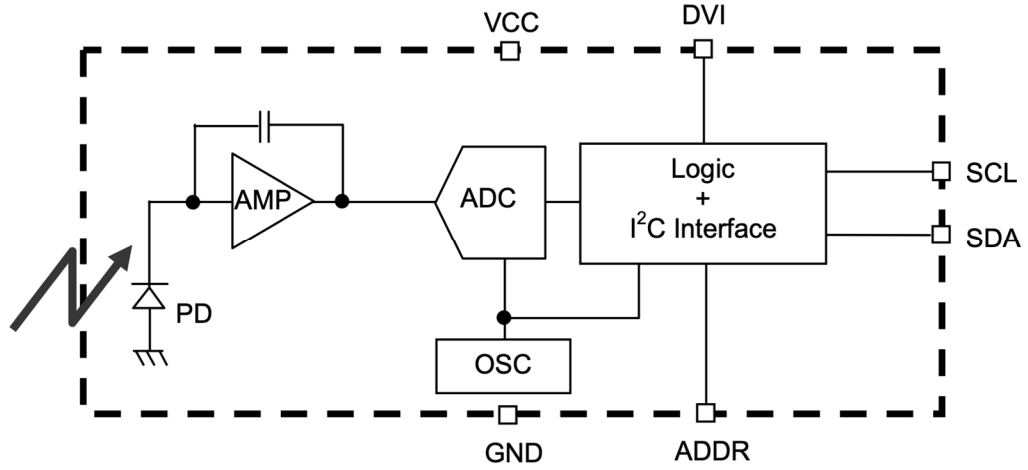
```
float lux = lightMeter.readLightLevel();
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0, 35);
display.print("Aydinlatma: ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(0, 45);
display.print(lux);
display.print(" Lux");
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Sensör, -40°C ila 85°C çalışma sıcaklığı aralığında sorunsuz olarak görev yapabilmektedir. BH1750 ortam ışığı sensörleri, 2004 yılında cep telefonlarında kullanılmaya başladıktan sonra popüler hale gelmiştir. 2004 itibariyle, Avrupa'daki cep telefonlarının %30'u ortam ışığı sensörlerini kullanmaktayken, bu oran 2016'da %85'e yükselmiştir. Cep telefonunda, ekran parlaklığını harici ışık koşullarına göre ayarlayabilen yerleşik bir BH1750 bulunmaktadır. Bugün BH1750, yüksek bir

kullanıcı deneyimi sağlamak için LCD monitörler, dizüstü bilgisayarlar, taşınabilir oyun konsolları, dijital kameralar, PDA'lar ve LCD TV'ler gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Şekil 9: BH1750 Donanım Şeması



Kaynak: (ROHM Co., n.d.)

2.4 MAX9814 MİKROFON

MAX9814, otomatik kazanç kontrollü ve düşük maliyetli, yüksek kaliteli bir amplifikatörlü mikrofondur. MAX9814 mikrofön amfi modülü, yerleşik otomatik kazanç kontrolü ile diğerler ürünlere göre daha gelişmiştir. Mevcut yapısıyla, ses seviyesi değişen ortamlarda ses kaydetmek veya algılamak istenildiğinde kullanım açısından idealdir. MAX9814 birkaç farklı devreden oluşur: düşük gürültü ön yükseltici, değişken kazançlı yükseltici (VGA), çıkış yükselticisi, mikrofön ön gerilim üretici ve AGC kontrol devresi.

Şekil 10: ESP32 Desibel Hesaplama

```
unsigned long startMillis= millis();
unsigned int peakToPeak = 0;
unsigned int signalMax = 0;
unsigned int signalMin = 4095;      // 12 bit ADC

while (millis() - startMillis < sampleWindow)
{
    sample = analogRead(max9814Pin);

    if (sample < 4095)
    {
        if (sample > signalMax)
        {
            signalMax = sample;
        }
        else if (sample < signalMin)
        {
            signalMin = sample;
        }
    }
}

peakToPeak = signalMax - signalMin;

double volts = ((peakToPeak * 3.3) / 4095)*10;

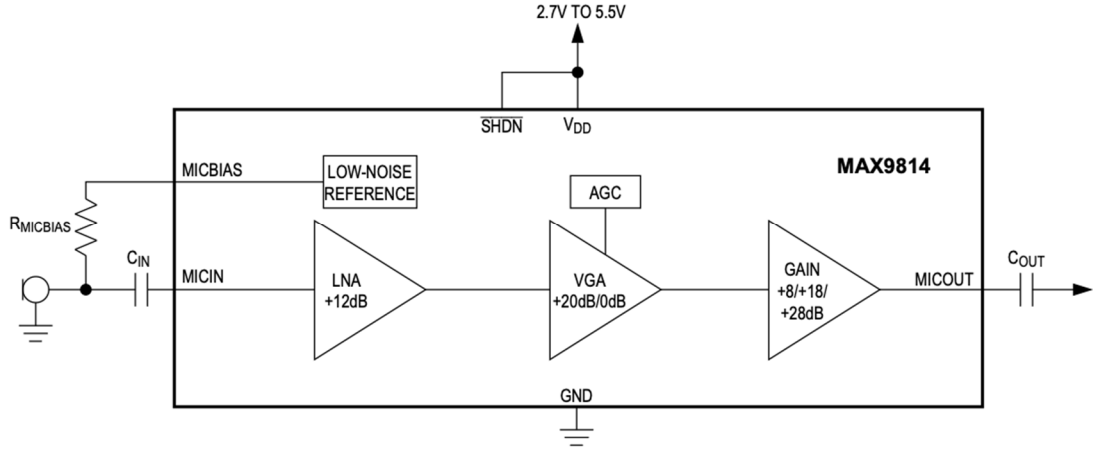
double volts_db = 20*log10(volts/0.00631);
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Kullanım Alanları

- Dijital Kameralar
- Bluetooth kulaklıklar
- Eğlence sistemleri (karaoke gibi)
- İki yönlü iletişim cihazları
- Taşınabilir kayıt cihazları
- IP telefonlar

Şekil 11: MAX9814 Donanım Şeması



Kaynak: (Analog Devices, n.d.)

2.5. SCD30 KARBONDİOKSİT SENSÖRÜ

Karbondiyoksit tespiti için kızılötesi NDIR (Dağılık olmayan kızılötesi) ölçüm teknolojisine ek olarak, nem ve sıcaklık sensörleri aynı modüle entegre edilmiştir. Dünyadaki her element belirli türdeki ışığı emer. Örneğin, havuç turuncu ışığı yansıtır, ancak diğer tüm renkleri emer. Işık emildiği için gözümüzün görme şansı yoktur. Nesneler atomlara ve moleküllere bölündüğünde, göremediğimiz ışığı bile, her birinin ne tür ışığı emdiğini belirleyebiliriz. CO₂ NDIR (Dağılık olmayan kızılötesi) sensörü şu şekilde çalışır: ensöre hava girer. Sensör daha sonra, CO₂'nin belirli dalga boylarından birine, tipik olarak yaklaşık 4 mikrona ayarlanmış sensörün bir ucundaki ışığı etkileştirir.

Diğer taraf, diğer tarafa ne kadar ışığın ulaştığını ölçecek bir kap tutacaktır. Işık etkinleştirildiğinde, hava örneğindeki herhangi bir karbondiyoksit ışının bir kısmını emecektir. Bu, sensörün diğer tarafına ulaşan ışık miktarını azaltır. Emilen ışığın miktarı, ne kadar karbondiyoksitin mevcut olduğuna bağlıdır. Ne kadar fazla karbondiyoksit varsa, o kadar fazla ışık emilir. İki kanallı karbondiyoksit konsantrasyonu ölçümü prensibi sayesinde, tasarımı gereği uzun vadeli sapmaları otomatik olarak

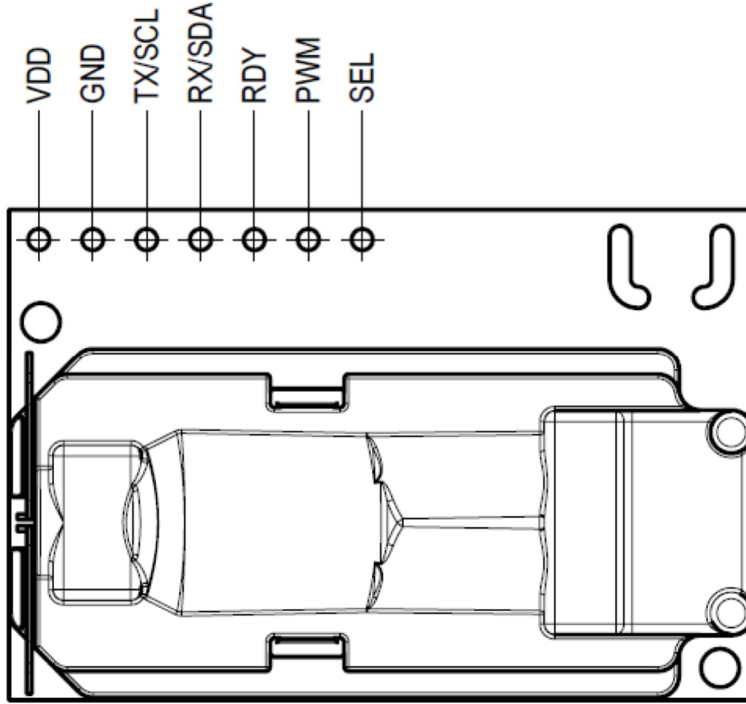
telafi edebilmektedir. Çok küçük modül yüksekliği, farklı uygulamalara kolay entegrasyon sağlar.

Karbondioksit, iç mekan hava kalitesinin önemli bir göstergesidir. Yeni enerji standartları ve daha iyi yalıtım sayesinde evler daha enerji verimli hale gelmektedir, ancak hava kalitesi hızla bozulmaktadır. Aktif havalandırma, konforlu ve sağlıklı bir iç ortam ortamı sağlamak ve bina sakinlerinin refahını ve üretkenliğini artırmak için gereklidir.CO2 gözlemleri, sıcaklık ve yağış gibi diğer iklim değişkenlerine kıyasla nispeten nadirdir. Son zamanlardaki araştırma çabaları gözlem alanlarının kullanımına daha fazla odaklanmıştır. Proje kapsamında uygun sensör araştırmasında SCD30 dışında MH-Z19C ve CJMCU-811 karbondioksit sensörleri de denenmiştir. Ancak ilk denemesi yapılan CJMCU-811, bir süre sonra veri göndermeyi bırakmıştır.

Sensöre yeni firmware yüklenmesine rağmen veri alınamamıştır. (Pennings, n.d.) Bu sensör ile aynı sorunu yaşayan bir çok kullanıcı mevcuttur. (*Is the CJMCU-811/CCS811 CO2 Sensor Reliable? : R/arduino*, 2021) SCD30 gibi kızılötesi bir karbondioksit sensörü olan MH-Z19C aynı şekilde bir süre sonra çalışmayı tamamen durdurmuştur. Sensör UART ve I2C protokolleri üzerinden veri göndermediği gibi kızılötesi ışığı tamamen sönmüştür.Aynı şekilde bu sensör ile ilgili bir çok kullanıcı sorun yaşadığını bildirmiştir. (*MH-Z19 Not Working · Issue #446 · Kizniche/Mycodo*, 2018)

İnsan faaliyetleri, sanayi çağının başlangıcından bu yana atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunu yaklaşık yüzde 49 arttırmıştır. (National Aeronautics and Space Administration, n.d.)

Şekil 12: SCD30 PIN Çıkışları



Kaynak: (Sensirion AG Switzerland, n.d.)

2.6 SSD1306 OLED EKTRAN

SSD1306, organik/polimer ışık yayan diyot nokta vuruşlu grafik görüntüleme sistemleri için denetleyiciye sahip tek çipli bir CMOS OLED/PLED sürücüsüdür. Organik Işık Yayan Diyot olan OLED teknolojisi, cep telefonu ekranları, MP3 çalarlar, hesap makineleri vb. gibi çeşitli kompakt taşınabilir uygulamalar için uygundur.

Bir OLED ekran, kendi kendine ışık yaydığı için arka aydınlatma ihtiyacı olmadan çalışır. Bu nedenle yüksek kontrast oranlarına, son derece geniş görüş açılarına sahiptirler. Arka ışığın olmaması, bir OLED'i çalıştırmak için gereken gücü önemli ölçüde azaltır.

Ekranın ne kadar parlak olursa olsun,, ekran ortalama olarak yaklaşık 20mA güç kullanır. SD1306 oled ekran 1,65V ila 3,3V arasında çalışır, OLED paneli ise 7V ila 15V arasında bir besleme voltajı gerektirir. Bu farklı güç gereksinimlerinin tümü, dahili bir şarj devresi kullanılarak karşılanabilir. Arduino'ya veya herhangi bir mikrodenetleyiciye bağlamayı kolaylaştırır.

Diğer ekran teknolojilerinden farklı olarak OLED ekranlar, renk oluşturmak için karbon ve diğer bileşenleri içeren organik bileşikleri kullanır. Ekranda görüntülenen her rengin farklı bir karbon ve diğer bir element karışımı vardır.

OLED nispeten yeni bir görüntüleme teknolojisidir ve hala çok hızlı ilerlemektedir. Günümüzde pek çok esnek ekran OLED panel kullanılıyor olsa da, yeni nesil ekranlar geliştirme aşamasındadır. Bir sonraki OLED ekran dalgası, muhtemelen yeni mobil cihaz form faktörlerini etkinleştirecek olan katlanabilir panellere odaklanacaktır. (Ossila, n.d.) Temel OLED yapısı basittir. İki elektrot arasına organik bir emitör yerleştirilir.

Ancak verimli ve dayanıklı cihazlar yapmak için ticari OLED'ler, elektron taşıma katmanları ve engelleme katmanları gibi birkaç ara katman kullanır. Organik yığının tamamı elektrotlar arasına yerleştirilir ve yapının tamamı alt tabaka (cam veya plastik) ve ekran arka paneli üzerine yerleştirilir. Piyasadaki bazı OLED ekranlar, üst üste düzinelerce farklı katman kullanır. (Ossila, n.d.)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

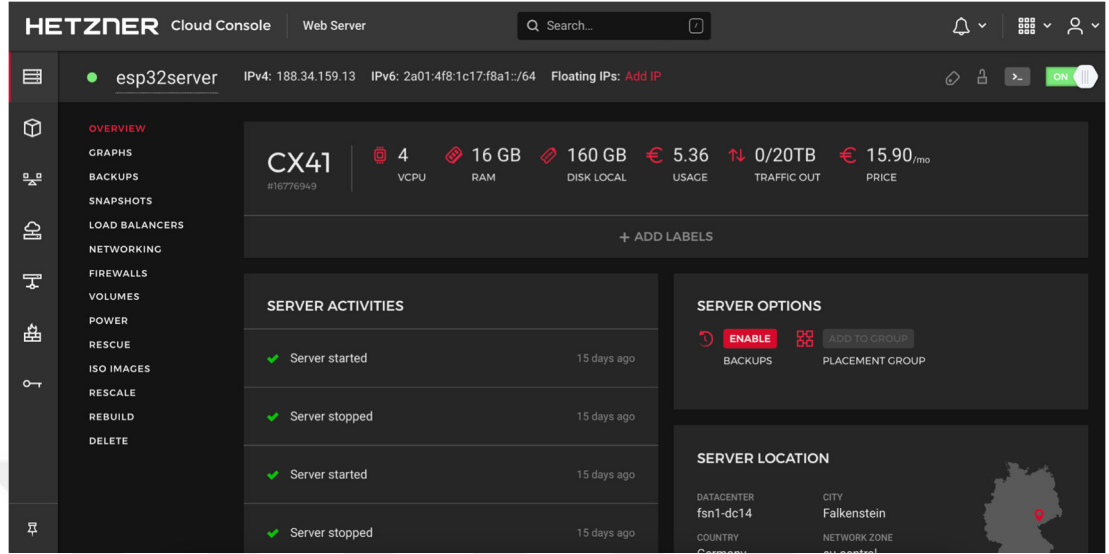
UYGULAMA-BULGULAR

Son birkaç yılda, Nesnelerin İnterneti 21. yüzyılın en önemli teknolojilerinden biri haline gelmiştir. Düşük maliyetli bilgi işlem, bulut, büyük veri, analitik ve mobil teknolojiler sayesinde, fiziksel nesneler minimum insan müdahalesi ile veri paylaşabilmektedir. IoT uygulamaları, buluta bağlı çok büyük miktarda sensör verisini analiz etmek için makine öğrenimi algoritmalarını kullanabilmektedir. Makine öğrenimi tabanlı algoritmalar, cihaz anormalliklerini tanımlayabilir ve kullanıcılara uyarılar gönderebilir ve hatta otomatik düzeltmeleri veya proaktif karşı önlemleri tetikleyebilir. Bu nedenle tüm iş sürecini yeniden oluşturmaya gerek kalmamaktadır.

3.1. İŞLETİM SİSTEMİNİN HAZIRLANMASI

Projenin oluşturulması için GNU/Linux tabanlı Ubuntu işletim sistemi tercih edilmiştir. Ubuntu topluluğu, Ubuntu Manifestosu'ndaki fikirler üzerine kuruludur: yazılımlar ücretsiz olarak erişilebilir olmalı, yazılım araçları insanlara kendi adillerinde sunulmalı ve insanlar, yazılımlarını her şeye rağmen uygun gördükleri herhangi bir şekilde özelleştirme ve değiştirme özgürlüğüne sahip olmalıdır. (Canonical Ltd., n.d.) Ubuntu, özgür yazılım topluluğunun Ubuntu'yu mümkün olduğunca çok kişiye ulaştırmak için sunduğu en iyi çeviri ve erişilebilirlik altyapısını içerir. Ubuntu, açık kaynaklı yazılım geliştirme ilkelerine tamamen bağlıdır; insanları açık kaynaklı yazılım kullanmaya, geliştirmeye ve aktarmaya teşvik etmektedir. (Canonical Ltd., n.d.)

Şekil 13: Proje İçin Kullanılan Sanal Sunucu Özellikleri



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Debian ve Ubuntu, aynı özgür yazılım konseptine dayanmaktadır. Her iki grup da açıkça özgür bir yazılım işletim sistemi oluşturmaya kararlıdır. Gruplar arasındaki fark, bilgisayar dışı uygulamaları (belgeler, yazı tipleri gibi) ve özgür olmayan yazılımları ele almalarında yatmaktadır. Debian ile aynı temel altyapıyı (paket ve arşiv formatı) paylaşan birçok başka dağıtım da vardır. Ubuntu birçok yönden onlardan farklıdır. İlk olarak, Ubuntu, Debian'a doğrudan yamalar sağlar, çünkü hatalar yalnızca gerçekten yayınlandığında değil, Ubuntu yayın süreci sırasında giderilmiştir. Diğer Debian tarzı dağıtımlar için, kaynak kodu ve yamalar, yayın sırasında sağlanır. İkincisi, Ubuntu, aynı zamanda Debian geliştiricileri olan birçok tam zamanlı katılımcı içerir. Debian tarzı paketleme kullanan diğer birçok dağıtım, aktif Debian katkıda bulunanları içermez. Üçüncüsü, Ubuntu daha sık ve daha taze sürümler yayınlar.

Şekil 14: Ubuntu LAMP Kurulumu

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install apache2
sudo apt-get install mysql-server
sudo apt-get install php libapache2-mod-php php-mysql php-curl php-gd php-json php-mcrypt php-zip
sudo apt-get install phpmyadmin
sudo a2enmod rewrite
sudo service apache2 restart
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir.

3.1.1. Veritabanı

Proje için MySQL veritabanı tercih edilmiştir. MySQL, Oracle Corporation tarafından geliştirilen, dağıtılan ve desteklenen en popüler açık kaynaklı SQL veritabanı yönetim sistemidir. Bilgisayarlar büyük miktarda veriyi işlemekte çok iyi olduklarından, veritabanı yönetim sistemleri, bağımsız bir yardımcı program olarak veya diğer uygulamaların bir parçası olarak bilgi işlemde merkezi bir rol oynar. MySQL veritabanları ilişkiseldir. İlişkisel veritabanları, tüm verileri tek bir büyük ambarda tutmak yerine, verileri ayrı tablolarda depolar. Veritabanı yapısı, hız için optimize edilmiş fiziksel dosyalar halinde düzenlenmiştir. Veritabanları, tablolar, görünüm, satırlar ve sütunlar gibi nesneler içeren mantıksal bir model, esnek bir programlama ortamı sağlar.

SQL standardı 1986'dan beri gelişmektedir ve çeşitli versiyonları mevcuttur. MySQL yazılımı açık kaynak kodludur. Açık kaynak, herkesin yazılımı kullanabileceği ve değiştirebileceği anlamına gelir.

Herkes MySQL yazılımını internetten indirebilir ve herhangi bir ücret ödmeden kullanabilir. İsterseniz kaynak kodunu inceleyebilir ve ihtiyaçlarınıza göre değişiklik yapabilirsiniz. (Oracle Corporation, n.d.) MySQL veritabanı sunucusu çok hızlı, güvenilir, ölçeklenebilir ve kullanımı kolaydır.

Şekil 15: Sensör Verileri İçin Hazırlanan Veritabanı

			id	1	event	sicaklik	nem	hissedilen	aydinlik	desibel	karbondioksit			
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48896	2022-01-08 09:41:17	25.30	52.00	25.24	9.17	40.81	1179
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48895	2022-01-08 09:40:51	25.30	52.00	25.24	8.33	44.34	1180
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48894	2022-01-08 09:40:26	25.30	52.00	25.24	8.33	42.04	1181
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48893	2022-01-08 09:40:00	25.30	52.00	25.24	7.50	41.49	1181
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48892	2022-01-08 09:39:35	25.30	52.00	25.24	7.50	41.59	1180
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48891	2022-01-08 09:39:07	25.30	52.00	25.24	7.50	39.63	1180
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48890	2022-01-08 09:38:41	25.20	52.00	25.13	6.67	38.25	1180
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48889	2022-01-08 09:38:16	25.30	52.00	25.24	6.67	42.38	1179
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48888	2022-01-08 09:37:50	25.20	52.00	25.13	6.67	41.49	1179
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48887	2022-01-08 09:37:24	25.20	52.00	25.13	6.67	41.86	1177
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48886	2022-01-08 09:36:58	25.20	52.00	25.13	5.83	41.49	1179
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48885	2022-01-08 09:36:32	25.20	52.00	25.13	5.83	41.95	1178
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48884	2022-01-08 09:36:07	25.20	52.00	25.13	5.83	40.40	1177
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48883	2022-01-08 09:35:42	25.20	52.00	25.13	5.00	41.01	1178
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48882	2022-01-08 09:35:16	25.20	52.00	25.13	5.00	39.74	1179
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48881	2022-01-08 09:34:50	25.20	52.00	25.13	5.00	41.86	1178
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48880	2022-01-08 09:34:25	25.20	52.00	25.13	5.00	40.71	1176
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48879	2022-01-08 09:33:56	25.20	52.00	25.13	5.00	41.01	1176
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48878	2022-01-08 09:33:31	25.20	52.00	25.13	5.00	41.11	1175
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48877	2022-01-08 09:33:05	25.10	52.00	25.02	5.00	41.31	1178
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48876	2022-01-08 09:32:40	25.20	52.00	25.13	5.00	40.61	1177
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48875	2022-01-08 09:32:15	25.10	52.00	25.02	5.00	42.12	1177
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48874	2022-01-08 09:31:48	25.10	52.00	25.02	4.17	42.21	1178
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48873	2022-01-08 09:31:22	25.10	52.00	25.02	4.17	41.40	1178
☐		Düzenle		Kopyala		Sil	48872	2022-01-08 09:30:56	25.10	52.00	25.02	4.17	41.68	1179

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

3.1.2. Web Sunucusu

Projeye ait sensör verilerinin kaydedildiği veritabanına görsel olarak erişim sağlamak için PhpMyadmin'den faydalanılmıştır. PhpMyadmin arayüzünün gereksinimi olan web sunucusu için Apache tercih edilmiştir. Apache HTTP Sunucusu projesi, bir HTTP (Web) sunucusunun sağlam, ticari düzeyde, zengin özelliklere sahip, ücretsiz olarak kullanılabilen bir kaynak kodu uygulamasını oluşturmak için ortak bir yazılım geliştirme çabasıdır. Proje, dünyanın dört bir yanına dağılmış bir grup gönüllü tarafından yönetilmektedir. Bu proje, Apache Yazılım Vakfı'nın bir parçasıdır. Ayrıca, yüzlerce kullanıcı projeye fikir, kod ve belgelerle katkıda bulunmaktadır. (Apache Software Foundation, n.d.)

3.2. BÜYÜK VERİ ANALİZİ

Elasticsearch, metin, sayısal, coğrafi, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veriler dahil olmak üzere her tür veri için dağıtılmış, ücretsiz ve açık bir arama ve analiz motorudur. Elasticsearch, Apache Lucene üzerine kurulmuştur ve ilk olarak 2010 yılında Elasticsearch N.V. tarafından piyasaya sürülmüştür. Basit REST API'si, dağıtılmış yapısı, hızı ve ölçeklenebilirliği ile tanınan Elasticsearch, ücretsiz depolama, analiz ve görselleştirme aracı olan Elastic Stack'in temel bir bileşenidir.

Bir Elasticsearch dizini, birbiriyle ilişkili belgelerin bir koleksiyonudur. Elasticsearch, verileri JSON belgeleri olarak depolar.

Her belge, bir dizi anahtar (alanların veya özelliklerin adları) karşılık gelen değerleriyle (dizeler, sayılar, booleanlar, tarihler, değer dizileri, coğrafi konumlar veya diğer veri türleri) ilişkilendirir. Elasticsearch, çok hızlı tam metin aramaları sağlamak için tasarlanmış, tersine çevrilmiş dizin adı verilen bir veri yapısı kullanır.

Tersine çevrilmiş bir dizin, herhangi bir belgede geçen her benzersiz kelimeyi listeler ve her kelimenin geçtiği tüm belgeleri tanımlar. Dizini oluşturma işlemi sırasında, Elasticsearch belgeleri depolar ve tersine çevrilmiş bir dizin oluşturarak belge verilerini neredeyse gerçek zamanlı olarak aranabilir hale getirir. (Elasticsearch B.V., n.d.)

Şekil 16: MySQL Veritabanı Bağlantısı

```
<?php
$username = "root";
$password = "r37nt5ZBn2mhwL";
$host = "localhost";
$db_name = "esp32data";
$con = mysqli_connect ($host, $username, $password);
$db = mysqli_select_db ( $con, $db_name );
?>
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Elasticsearch, Lucene üzerine kurulduğundan, tam metin aramada üstündür. Elasticsearch aynı zamanda neredeyse gerçek zamanlı bir arama platformudur; bu, bir belgenin dizine eklenmesi ile aranabilir hale gelmesi arasındaki gecikmenin çok kısa olduğu, genellikle bir saniye olduğu anlamına gelir. Bu nedenle Elasticsearch, güvenlik analitiği ve altyapı izleme gibi zamana duyarlı kullanım durumları için idealdir. Elasticsearch'te depolanan belgeler, donanım arızası durumunda verilerin yedek kopyalarını sağlamak için çoğaltılan, parça adı verilen farklı kapsayıcılara dağıtılır. Elasticsearch'ün dağıtık yapısı, yüzlerce (hatta binlerce) sunucuya ölçeklenmesini ve petabaytlarca veriyi işlemesini olanak sağlar. Hız, ölçeklenebilirlik ve esnekliğe ek olarak Elasticsearch, veri toplama ve dizin yaşam döngüsü yönetimi gibi verileri daha verimli bir şekilde depolamak ve aramak için birçok güçlü yerleşik özelliğe sahiptir.

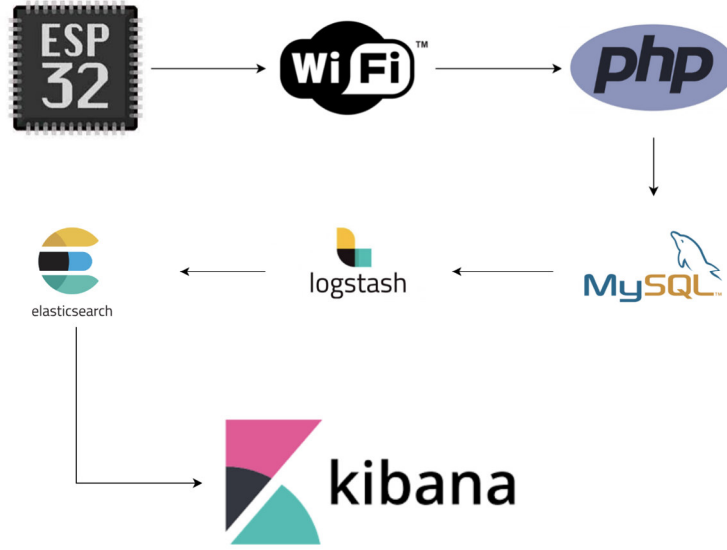
Şekil 17: Sensör Verilerinin MySQL Veritabanına Eklenmesi

```
<?php
include ('connection.php');
$sql_insert = "INSERT INTO SensorData (sicaklik, nem, hissedilen, aydinlik, desibel, karbondioksit)
VALUES ('".$_GET["sicaklik"]."', '".$_GET["nem"]."', '".$_GET["hissedilen"]."',
'".$_GET["aydinlik"]."', '".$_GET["desibel"]."', '".$_GET["karbondioksit"]."')";
if(mysqli_query($con,$sql_insert))
{
    echo "Done";
    mysqli_close($con);
}
else
{
    echo "error is ".mysqli_error($con );
}
?>
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Elastik Yığın, veri alımını, görselleştirmeyi ve raporlamayı basitleştirir. Beats ve Logstash ile entegrasyonları, Elasticsearch indekslemeden önce verilerin işlenmesini kolaylaştırır. Kibana, Uygulama Performansı İzleme, günlükler ve altyapı ölçüm verilerine hızlı erişim için Elasticsearch verilerinin gerçek zamanlı görselleştirmesini ve bir kullanıcı arabirimini sağlar.

Şekil 18: Büyük Veri Yapısı



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Logstash, çok sayıda kaynaktan veri alan, dönüştüren ve Elasticsearch'e gönderen ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir sunucu tarafı veri işleme hattıdır. Logstash, biçim veya karmaşıklığından bağımsız olarak verilerinizi dinamik olarak alır, dönüştürür ve gönderir. Logstash, birçok kaynaktan eşzamanlı olarak veri çekebilen çeşitli girdileri destekler. Veriler kaynaktan depolamaya giderken, Logstash filtreleri her olayı ayrıştırır, yapı oluşturmak için adlandırılmış alanları tanımlar ve bunları daha güçlü analitik ve iş değerine birleştiren ortak bir biçime dönüştürür. Veri kaynağından, formattan veya şemadan bağımsız olarak genel işlemeyi basitleştirir., Logstash genel amaçlı bir motordur; bu, aynı anda birçok farklı kaynaktan veri kabul edebileceği anlamına gelir. Logstash için tüm bu veriler, "olayları" içeren bir "günlük"tür. Logstash, dahil edilen bir veya daha fazla filtre eklentisini kullanarak bu günlük olaylarından gelen verileri kolayca ayrıştırabilir ve filtreleyebilir. Son olarak, filtrelenmiş çıktıyı bir veya daha fazla hedefe gönderebilir. Yine, bu görevi kolaylaştıran önceden oluşturulmuş çıktı arayüzleri vardır. Giriş aşamasında, veriler kaynaktan Logstash'e alınır. Logstash, kaynak sistemlere erişmez ve veri toplamaz, çeşitli kaynaklardan veri almak için giriş eklentilerini kullanır. Çeşitli günlük dosyaları, ilişkisel veritabanları, NoSQL veritabanları, Kafka kuyrukları, HTTP uç noktaları, S3 dosyaları veya Twitter akışları gibi Logstash için kullanılabilen birçok

girdi eklentisi vardır. Veriler alındıktan sonra, filtre aşamasının işleme kısmından bir veya daha fazla filtre eklentisi sorumludur. Bu aşamada, giriş akışından gerekli veri öğeleri çıkarılır.

Örneğin, XML, JSON, CSV verilerini, API yanıtlarını, coğrafi konum, IP adreslerini veya ilişkisel verileri ayrıştırmak ve işlemek için eklentiler vardır. İşlenen veriler çıkış aşamasının alıcısına gönderilir. Giriş eklentilerinde olduğu gibi, diğerleri arasında Elasticsearch, HTTP, e-posta uyarıları veya Syslog dahil olmak üzere birçok farklı uç nokta için kullanılabilen çıkış eklentileri vardır. ogstash'in gerçek değeri, işlenmiş verileri yüksek performanslı, aranabilir bir depolama motorunda tutulduğunda ve kullanıcı arayüzü katmanından kolayca görüntülenebildiğinde ortaya çıkar.

ELK yığnında, depolama (ve indeksleme) motoru Elasticsearch ve kullanıcı arayüzü Kibana'dır. Logstash, piyasadaki tek günlük toplama ve işleme motoru değildir. Aynı görevi yerine getirebilecek başka motorlar da vardır. Fluentd, başka bir açık kaynaklı günlük işleme hattıdır. Logstash gibi Fluentd de birçok farklı kaynaktan veri alabilir, verileri ayrıştırabilir, analiz edebilir ve dönüştürebilir ve farklı hedeflere iletebilir. Bununla birlikte, iki teknoloji arasında bazı farklılıklar vardır. Logstash, Elasticsearch, Logstash ve Kibana'dan oluşan popüler Elastic yığınının (genellikle ELK yığını olarak anılır) bir parçasıdır. Bu üç araç, aynı satıcı olan Elastic'ten gelir ve sıkı bir şekilde entegre edilmiştir. Fluentd, Cloud Native Computing Foundation'ın (CNCF) bir projesidir. Logstash, JRuby'de (Ruby programlama dilinin Java uygulaması) kodlanmıştır.

Fluentd ise CRuby (Ruby'nin C uygulaması) ile yazılmıştır. (Hussain, n.d.) Java bağımlılığı, Logstash'in sunucusunda kullanılabilen bir Java çalışma ortamına ihtiyacı olduğu anlamına gelir. Günlük verilerinin işlenmesinin bir kısmı genellikle "yönlendirme" kullanımını içerir. Birden çok çıktı eklentisi tanımlanmışsa ardışık düzenin verilerini nereye göndermesi gerektiğini belirtir. Logstash'ta bu, "if" ifadeleriyle koşullu kontroller kullanılarak yapılır. Örneğin, belirli bir koşul karşılandığında Logstash verilerini bir hedefe gönderir. Koşul yanlış olarak değerlendirilirse, veriler başka bir yere gidecektir. Fluentd, olayları eklentilere yönlendirmek için etiketler kullanır.

Logstash, yük dengelemeyi ve mesajların esnekliğini sağlamak için Beats protokolünü kullanabilir. Fluentd, olayları herhangi bir sayıda ek işleme düğümüne iletebilir. Her iki günlük işleme işlem hattı da çok sayıda eklentiyle birlikte gelir. Resmi Logstash GitHub deposu, tümü tek bir yerde 200'den fazla eklenti sunar. (Elastic, n.d.)

Resmi Fluentd GitHub deposu bunlardan daha azına sahiptir, ancak diğer eklentiler (500'den fazla eklenti) diğer depolarda bulunabilir. (Furuhashi, n.d.) Başlangıçta, Logstash yalnızca verilerin alınmasından ve işlenmesinden sorumluydu. Bu durum karmaşık işlem hatları için bir performans darboğazı yaratmaktadır. (Hussain, n.d.) Beats, birçok farklı kaynaktan günlükleri toplayabilen ve bunları Logstash'e veya doğrudan Elasticsearch'e iletebilen bir dizi hafif açık kaynak araçtır. Hafif olmaları nedeniyle bu uygulamalar çok az kaynak kullanır ve sunucuya yüklenmiş bir aracı gibi çalışır.

Şekil 19: Logstash & MySQL Veritabanı Bağlantısı

```
input {
  jdbc {
    jdbc_connection_string => "jdbc:mysql://localhost:3306/esp32data"
    jdbc_user => "root"
    jdbc_password => "r37nt5ZBn2mhwL"
    jdbc_driver_library => "/home/mysql-connector-java-5.1.46/mysql-connector-java-5.1.46-bin.jar"
    jdbc_driver_class => "com.mysql.jdbc.Driver"
    statement => "SELECT * FROM SensorData"
    schedule => "*/* * * * *"
  }
}

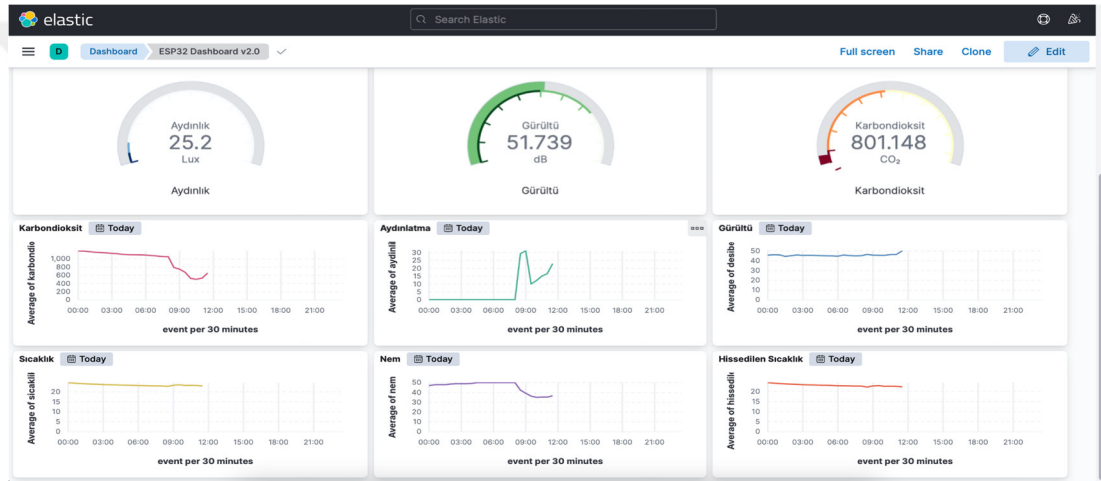
filter {
  mutate {
    convert => {
      "sicaklik" => "float"
      "nem" => "float"
      "hissedilen" => "float"
      "aydinlik" => "float"
      "desibel" => "float"
      "karbondioksit" => "float"
    }
  }
}

output {
  stdout { codec => json_lines }
  elasticsearch {
    "hosts" => "localhost:9200"
    "index" => "esp32data"
    "document_type" => "data"
  }
}
```

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Kibana, Elasticsearch'te indekslenen veriler için arama ve veri görselleştirme yetenekleri sağlayan Elastic Stack'in üzerinde ücretsiz ve açık bir ön uç uygulamasıdır. Kibana, Elastik Yığın kümelerini izlemek, yönetmek ve güvence altına almak için bir kullanıcı arabirimi olarak da işlev görür. Kibana, bir Elasticsearch dizininden veya birden çok dizinden alınan verilerin görsel analizini destekler. Kullanıcılar farklı grafik türleri arasında seçim yapabilir, sayıların toplamını değiştirebilir ve belirli veri segmentlerine göre filtre uygulayabilir.

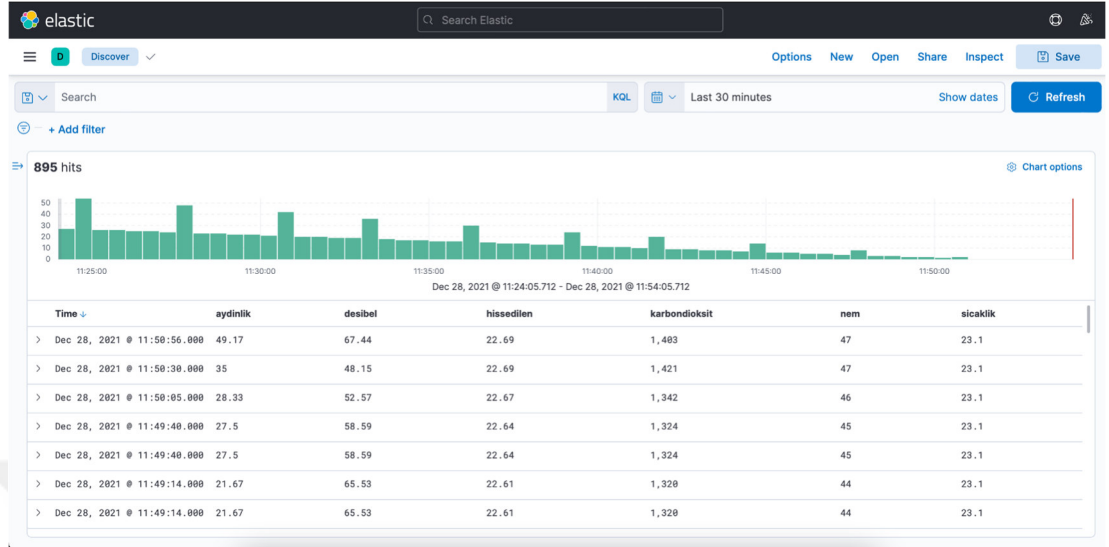
Şekil 20: Kibana Yönetim Paneli



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Logstash veya Beats günlük dosyalarından ve diğer kaynaklardan yapılandırılmamış verileri alıp Elasticsearch'ün depolama ve arama yetenekleri için yapılandırılmış bir biçime dönüştürdüğünde, bir dizin oluşturulur. Kibana'nın arayüzü, kullanıcıların Elasticsearch dizinindeki verileri sorgulamasına ve ardından sonuçları standart grafik seçenekleri veya Canvas ve Maps gibi yerleşik uygulamalar aracılığıyla görselleştirmesine olanak tanır.

Şekil 21: Kibana Discover Paneli



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Şekil 22: ESP 32 Kodlarının Bir Kısımı

```
if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){
  HTTPClient http;

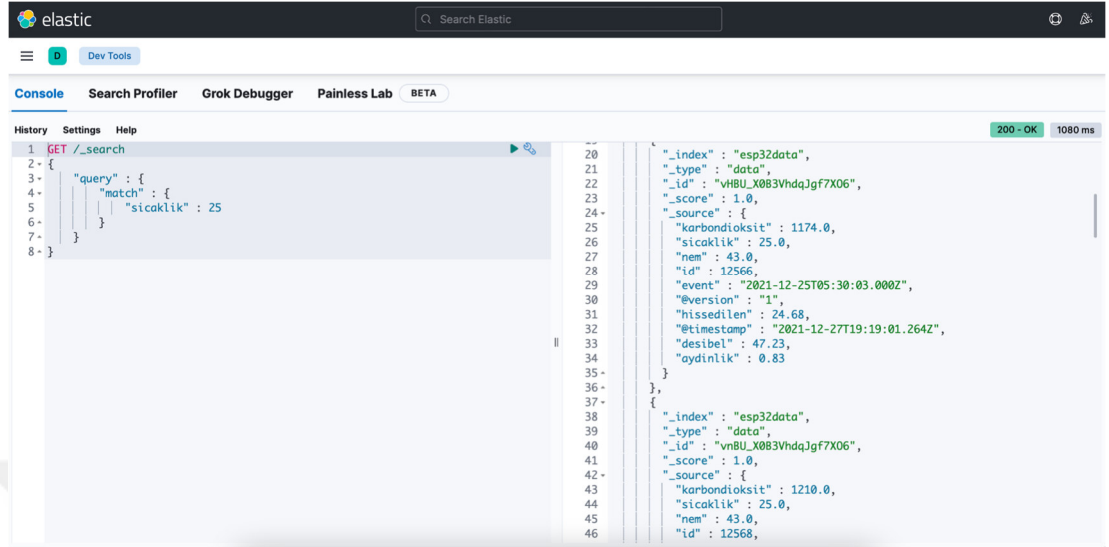
  String serverPath = serverName + "?sicaklik=" + dht.readTemperature() + "&nem=" +
  dht.readHumidity() + "&hissedilen=" + dht.computeHeatIndex(false) + "&aydinlik=" +
  lightMeter.readLightLevel() + "&desibel=" + volts_db + "&karbondioksit=" + airSensor.getC02();

  http.begin(serverPath.c_str());

  int httpResponseCode = http.GET();
```

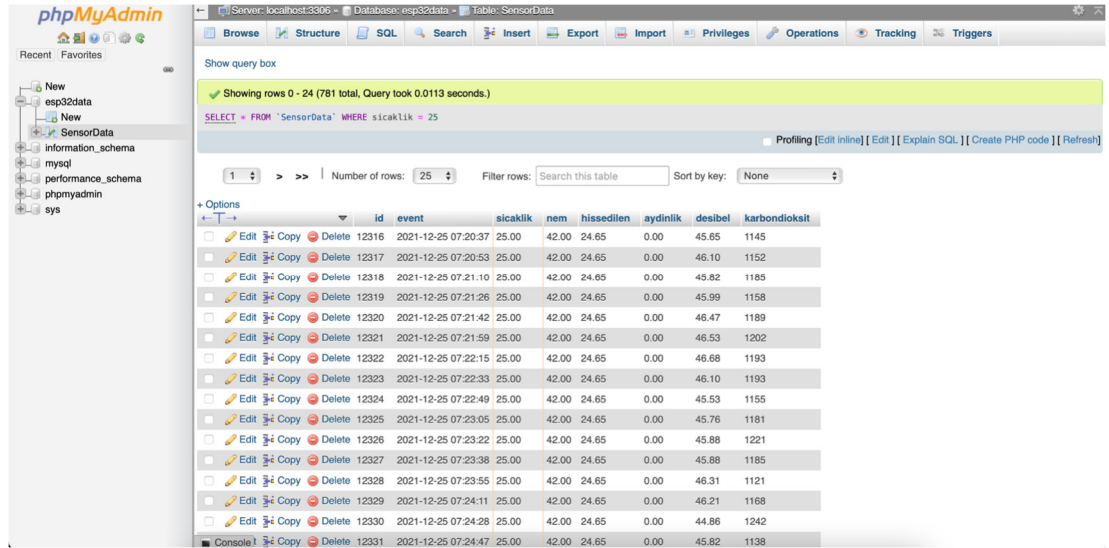
Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Şekil 23: Elasticsearch Sorgu Süresi



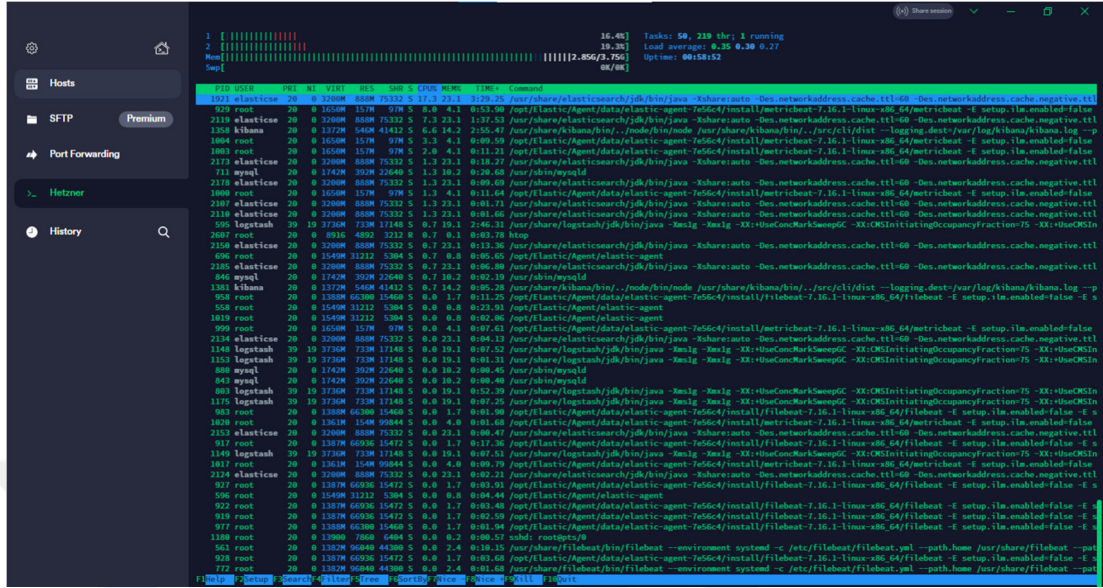
Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Şekil 24: PhpMyadmin Sorgu Süresi



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Şekil 25: Sanal Sunucunun Htop Çıktısı



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

3.3 DİĞER BİR PROTOTİPLEME ARACI: THINGER.IO

Thinger.io, projeleri basit bir şekilde prototiplemek, ölçeklendirmek ve yönetmek için ihtiyaç duyulan tüm araçları sağlayan bir bulut IoT platformudur. (Thinger.io, n.d.) Şirket, IoT kullanımını demokratikleştirmek, dünyaya sunmak ve büyük ölçekli IoT projelerinin geliştirilmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Yukarıda oluşturulan büyük veri platformundan önce, sensör verileri Thinger.io adresinde depolanmış ve analiz edilmiştir. Thinger.io, ömür boyu freemium hesabı sunmaktadır. IoT cihazlar birkaç satır kodla bağlanabilmekte, veriler web tabanlı konsol kullanılarak görselleştirilebilmektedir. Herhangi bir üreticinin herhangi bir cihazı, Thinger.io'nun altyapısıyla kolayca entegre olabilmektedir. Platform modülleri, kitaplıklar ve uygulama kaynak kodunun çoğu Github deposunda mevcuttur ve MIT lisansı altında indirilebilir. (Thinger.io, n.d.)

Şekil 26: Thingier.io Örnek Bağlantı Kodları

```
#define THINGER_SERIAL_DEBUG

#include <ThingierESP32.h>
#include "arduino_secrets.h"

ThingierESP32 thing(USERNAME, DEVICE_ID, DEVICE_CREDENTIAL);

void setup() {
  // open serial for debugging
  Serial.begin(115200);

  pinMode(16, OUTPUT);

  thing.add_wifi(SSID, SSID_PASSWORD);

  // digital pin control example (i.e. turning on/off a light, a relay,
  // configuring a parameter, etc)
  thing["GPIO_16"] << digitalPin(16);

  // resource output example (i.e. reading a sensor value)
  thing["millis"] >> outputValue(millis());

  // more details at http://docs.thingier.io/arduino/
}

void loop() {
  thing.handle();
}
```

Kaynak: (Thingier.io, n.d.)

Thingier.io platformu iki ana üründen oluşur, bir arka uç (gerçek IoT sunucusudur) ve herhangi bir bilgisayar veya akıllı telefon kullanarak tüm verilerin işlenmesi sürecini basitleştiren web tabanlı bir ön uç. Sıcaklık ve nem gibi zaman serisi bilgilerini kaydetmek için sanal bir tür depolama alanı mevcuttur. Bu depolama alanı hareket algılama, garaj kapısının açılması, sıcaklık uyarıları vb. gibi diğer olayları saklamak için kullanılabilir. Bu bilgiler, yönetim panelinde grafikler oluşturmak için kullanılabilir veya çevrimdışı işleme için farklı biçimlerde dışa aktarılabilir. Thingier.io Dashboard System, dakikalar içinde çok basit bir şekilde güzel veri sunum arayüzleri oluşturmayı sağlayan bir özelliktir. Thingier.io'da bir uç nokta, bir e-posta göndermek, SMS göndermek, bir REST API'sini aramak, IFTTT ile etkileşim kurmak,

bir cihazı aramak gibi herhangi bir eylemi gerçekleştirmek için bir cihaz tarafından çağrılabilen bir hedef hedef olarak tanımlanabilir.

Şekil 27: Proje Kapsamında Hazırlanan Örnek Panel



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Şekil 28: Toplanan Desibel Verileri

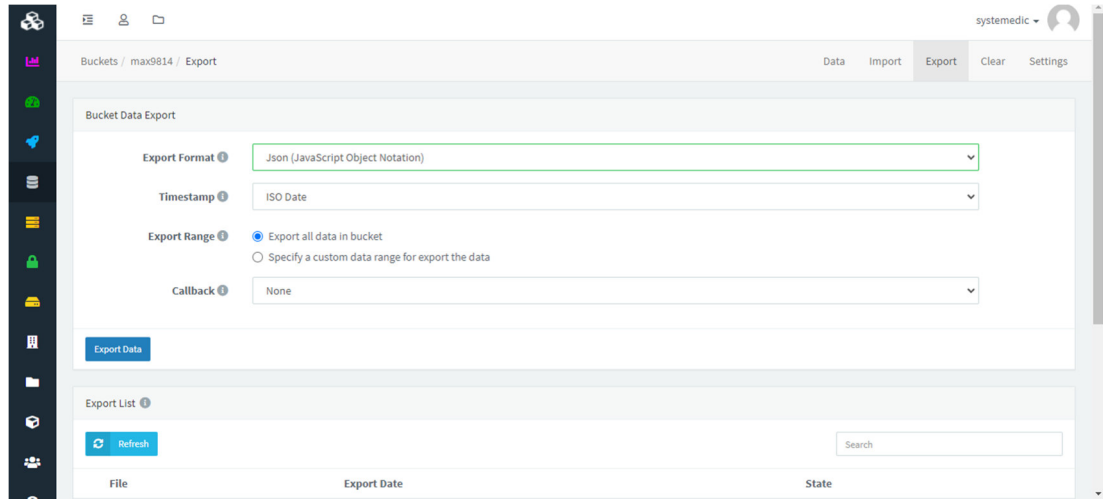
The screenshot shows a data bucket interface with a table of collected decibel data. The table has two columns: 'Date' and 'Max9814'. The data is sorted by date and time. The table is titled 'Bucket Data' and has a 'Data' tab selected. The table contains 15 rows of data.

Date	Max9814
2021-12-13T09:02:56.549Z	48.77338409433828
2021-12-13T09:01:54.746Z	47.9253044128418
2021-12-13T09:00:51.930Z	48.77338409433828
2021-12-13T08:59:50.128Z	47.035750209228516
2021-12-13T08:58:48.324Z	48.61026382446289
2021-12-13T08:57:46.517Z	48.85380935668945
2021-12-13T08:56:44.714Z	50.68730926513672
2021-12-13T08:55:42.905Z	51.06777572631836
2021-12-13T08:54:41.096Z	51.09873962402344
2021-12-13T08:53:39.462Z	51.579742431640625
2021-12-13T08:52:37.492Z	52.06320571899414
2021-12-13T08:51:35.678Z	53.87883377075195
2021-12-13T08:50:33.872Z	42.46527862548828
2021-12-13T08:49:32.068Z	43.18618392944336
2021-12-13T08:48:30.266Z	42.18618392944336

Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Nesnelerin İnterneti, endüstrilerin altyapılarının ve üretim süreçlerinin durumu ve performansı hakkında yeni bir şekilde bilgi edinmelerini sağlayarak, büyük ölçüde iyileştirilmiş verimlilik ve bakım sağlar. Thinger.io platformu, tasarım sürecinden üretim ve operasyonlara kadar güvenli ve ölçeklenebilir bir bağlantı altyapısı sağlar. Geleneksel SCADA sistemlerini ve yeni bağlı cihazları entegre ederek makine ve endüstriyel altyapının günlük operasyonlar üzerinde minimum etki ile bağlanmasına olanak tanır ve farklı kaynaklardan gelen bilgi verilerinin kullanılabilirdiği esnek, modern ve ekonomik IoT yazılımı ile entegrasyona izin verir. Tüm endüstriyel protokollerle (Modbus, OPC UA, ProfiBUS) ve diğer birçok bağlantılı sensörle uyumlu olup, gerçek zamanlı ve geçmiş verileri toplamaya, depolamaya ve analiz etmeye, analiz sonuçlarını müşteriler ve son kullanıcılarla paylaşmaya veya verileri üçüncü taraf analiz çerçevelerine iletmeye olanak tanır. Üretim süreçlerini optimize etmek için IoT'yi kullanmak maliyetleri azaltabilir, verimliliği artırabilir, güvenliği ve kalite kontrolünü iyileştirebilir ve envanter yönetiminin doğruluğunu iyileştirebilir. (Bustamante, 2020)

Şekil 29: JSON Olarak Verilerin Dışarı Aktarılması



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

SONUÇ

İyi iç mekan hava kalitesi, sağlıklı bir iç ortamın önemli bir parçasıdır ve okulların birincil hedefleri olan çocukların eğitimlerine yardımcı olur. Kötü iç mekan çevre kalitesine zamanında müdahale edilmemesi, öğrenciler ve personel için uzun vadeli veya kısa vadeli sağlık problemlerine neden olabilir. Öksürük, göz tahrişi, baş ağrısı, alerjik reaksiyon, astım ve diğer solunum yolu hastalıklarının alevlenmesi bunlardan bazılarıdır. Okul çağındaki 13 çocuktan yaklaşık 1'inde astım vardır ve bu kronik hastalık nedeniyle okula devamsızlığın önde gelen nedenidir. (U.S. Environmental Protection Agency, 2021) Ev ortamında toz akarları, haşareler ve küf gibi alerjenlere maruz kalmanın astım semptomlarını tetiklemede rol oynadığına dair önemli kanıtlar vardır. Ayrıca okul otobüslerinden ve diğer araçlardan çıkan dizel egzoz gazına maruz kalmanın astımı ve alerjileri alevlendirebileceğine dair kanıtlar da var.

Okul koşullarını ölçmek için birden çok değişkenin indekslerini kullanan araştırmalar, okul koşulları iyileştikçe standart test puanlarının da arttığını tutarlı bir şekilde göstermektedir. (US Environmental Protection Agency, 2021) Dış hava havalandırmasının olumlu etkilerine dair artan kanıtlar, sağlık ve akademik performansı iyileştirmek için açık bir fırsata işaret etmektedir. Kontrollü çalışmalar, havalandırma oranları arttıkça çocukların okulu daha hızlı tamamladığını göstermiştir.

Öğretmenler ve okul personeli de dahil olmak üzere yetişkinlerin performansının da daha yüksek havalandırma oranları ile arttığı gösterilmiştir. (US Environmental Protection Agency, 2021) Sağlıklı, konforlu bir ortam sağlamak, öğrencilere ve personele yapılan bir yatırımdır. DSÖ Avrupa Bölgesi'ndeki birçok ülkedeki okullarda çocuklar, sıcak, nemli, küflü hava, rahatsız edici sıcaklıklar ve yetersiz çalışan tuvaletler gibi sorunlar dahil olmak üzere zorlu iç ortamlara maruz kalmaktadır. (WHO/Europe, 2015) Okullar temiz, güvenli ve konforlu olmalıdır.

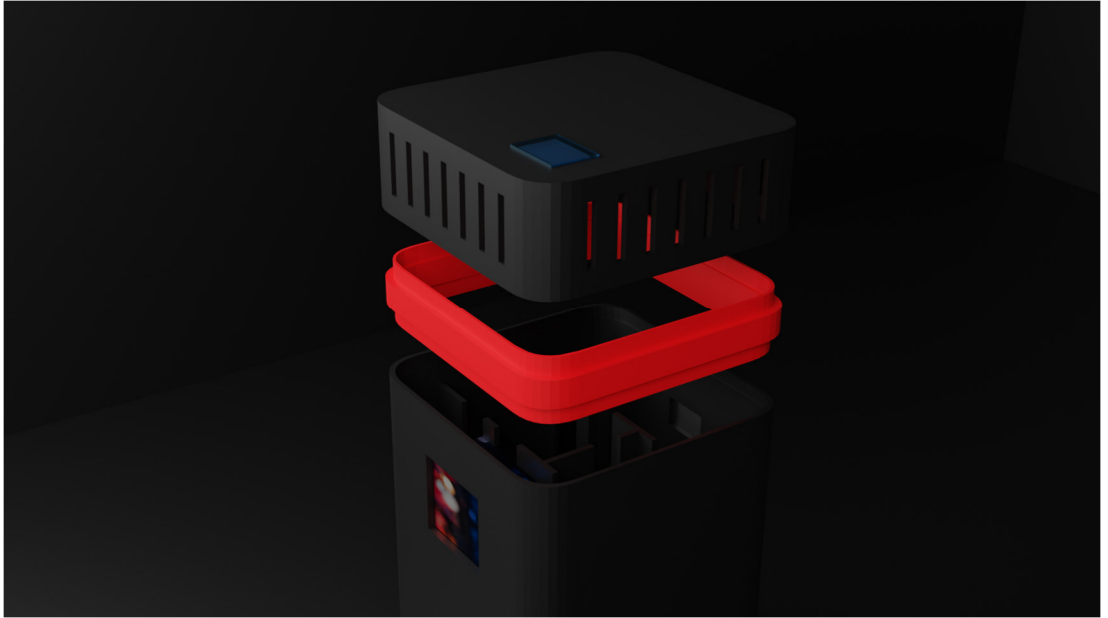
Yeterli aydınlatmaya, hava sıcaklığına, bağıl neme, iyi havalandırılan sınıflara ve öğrencilerin tereddüt etmeden kullanabilecekleri tam işlevli tuvaletlere ihtiyaçları vardır.

Şekil 30: Projenin 3 Boyutlu Kutu Tasarımı



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Şekil 31: Projenin 3 Boyutlu Detay Tasarımı



Kaynak: Yazar Tarafından Derlenmiştir

Bu çalışmada, ğretim kurumlarının iç mekan kalitesine ilişkin verilerin anlık olarak takip edilmesi ve toplanan verilerin büyük veri ortamında analiz edilebilmesi amaçlanmıştır. Projede kullanılan tüm donanımların kolaylıkla bulunabilmesi önemlidir. Bu şekilde dileyen kurumlar projeyi kendilerine uygun hale getirip kullanabileceklerdir. Tüm proje açık kaynak kodlu yazılım ve donanımlar üzerine inşaa edilmiştir. Yine açık kaynak kodlu bir 3 boyutlu modelleme yazılımı olan Blender kullanılarak, görsel aıdan bir kimlik kazandırılmıştır.



KAYNAKÇA

Abusharha, A A. ve Pearce, E. I. (2013). The effect of low humidity on the human tear film. *National Library of Medicine*, 2013(Nisan), 32. 10.

Airthings. (n.d.). *What is Carbon Dioxide? How it Affects Your Health & Why You Should Measure*. Airthings. Retrieved January 6, 2022, <https://www.airthings.com/what-is-carbon-dioxide>, 12.06.2021.

Airthings. (n.d.). *What is Humidity? Why Measure & What Your Levels Mean*. Airthings. Retrieved January 6, 2022, <https://www.airthings.com/what-is-humidity>, 12.06.2021.

Analog Devices. (n.d.). *MAX9814 - Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias*. Maxim Integrated. Retrieved January 8, 2022, <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX9814.pdf>, 12.06.2021.

Apache Software Foundation. (n.d.). *Confluence Mobile*. Confluence Mobile - Apache Software Foundation. Retrieved January 10, 2022, <https://cwiki.apache.org/confluence/display/httpd/FAQ#FAQ-WhatisApache?>, 12.06.2021.

Argus, W. (2018, June 29). *Building an Arduino Weather Station with ELK Stack*. Warren Argus. Retrieved January 8, 2022, <https://blog.warbel.net/index.php/2018/06/29/building-an-arduino-weather-station-with-elk-stack/>, 12.06.2021.

Bustamante, A. L. (2020, December 11). *Industrial IoT – Thinger.io*. Thinger.io. Retrieved January 15, 2022, <https://thinger.io/portfolio/industrial-iot/>, 12.06.2021.

Canonical Ltd. (n.d.). *What is Ubuntu? 1.1. What is Ubuntu?* Retrieved January 9, 2022, <https://help.ubuntu.com/1ts/installation-guide/s390x/ch01s01.html>, 12.06.2021.

Centers for Disease Control and Prevention. (n.d.). *Heat & Health Tracker | Tracking | NCEH | CDC*. National Environmental Public Health Tracking Network. Retrieved January 6, 2022, <https://ephtracking.cdc.gov/Applications/heatTracker/>, 12.06.2021.

Department for Children, Schools and Families. (2007). *Lighting systems in schools*. Department for Education and Skills.

Elastic. (n.d.). *elastic/logstash: Logstash - transport and process your logs, events, or other data*. GitHub. Retrieved January 13, 2022, <https://github.com/elastic/logstash>, 12.06.2021.

Elasticsearch B.V. (n.d.). *What is Elasticsearch?* Elastic. Retrieved January 12, 2022, <https://www.elastic.co/what-is/elasticsearch>, 12.06.2021.

Espressif Systems. (2021, Ağustos 9). *Hardware Design Guidelines*. Hardware Design Guidelines. Retrieved Ocak 8, 2021, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_hardware_design_guidelines_en.pdf, 12.06.2021.

FEMA. (n.d.). *Be prepared for extreme heat*. Ready.gov. Retrieved January 6, 2022, https://www.ready.gov/sites/default/files/2021-01/ready_extreme-heat_info-sheet.pdf, 12.06.2021.

Furuhashi, S. (n.d.). *fluent/fluentd: Fluentd: Unified Logging Layer (project under CNCF)*. GitHub. Retrieved January 13, 2022, <https://github.com/fluent/fluentd>, 12.06.2021.

Hussain, S. (n.d.). *What is Logstash? The Guide Before You Start with Logstash | by XPLG*. XpoLog's. Retrieved January 13, 2022, <https://www.xplg.com/what-is-logstash/>, 12.06.2021.

Institute of Acoustics (IOA) and the Association of Noise Consultants (ANC). (2015, Ekim). *Acoustics of Schools: a design guide*. Acoustics of Schools: a design guide. Retrieved Ocak 8, 2022, <https://www.ioa.org.uk/sites/default/files/-Acoustics%20->

of%20Schools%20%20a%20design%20guide%20November%202015_1.pdf, 12.06.2021.

Is the CJMCU-811/CCS811 CO2 Sensor reliable? : *r/arduino*. (2021, October 9). Reddit. Retrieved January 10, 2022, https://www.reddit.com/r/arduino/comments/q4tvy2/is_the_cjmcu811ccs811_co2_sensor_reliable/, 12.06.2021.

Kelly, I. (2016, August 25). *An Arduino-Based Home Weather Station Built with Arduino*. Elastic. Retrieved January 8, 2022, <https://www.elastic.co/blog/arduino-based-home-weather-station-on-the-elastic-stack>, 12.06.2021.

Met Office. (n.d.). *Hot weather and its impacts*. Met Office. Retrieved January 6, 2022, <https://www.metoffice.gov.uk/weather/warnings-and-advice/seasonal-advice/health-wellbeing/hot-weather-and-its-impacts>, 12.06.2021.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). *İklim Değişikliği - Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. MGM. Retrieved January 15, 2022, <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>, 12.06.2021.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). *Sıkça Sorulan Sorular*. Meteoroloji. Retrieved January 6, 2022, <https://www.mgm.gov.tr/genel/ss.aspx?s=hissedilensicaklik>, 12.06.2021.

MH-Z19 not working · Issue #446 · kizniche/Mycode. (2018, April 10). GitHub. Retrieved January 10, 2022, <https://github.com/kizniche/Mycode/issues/446>, 12.06.2021.

Mouser Electronics. (n.d.). *DHT11 Humidity & Temperature Sensor*. Mouser Electronics. Retrieved January 8, 2022, <https://www.mouser.com/datasheet/-2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>, 12.06.2021.

National Aeronautics and Space Administration. (n.d.). *Carbon Dioxide | Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. NASA Climate Change. Retrieved January 15, 2022, <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>, 12.06.2021.

National Weather Service. (n.d.). *Heat Index Chart - Weather.gov*. National Weather Service. Retrieved January 7, 2022, <https://www.weather.gov/ffc/hichart>, 12.06.2021.

Oracle Corporation. (n.d.). *MySQL :: MySQL 8.0 Reference Manual :: 1.2.1 What is MySQL?* MySQL :: Developer Zone. Retrieved January 10, 2022, <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html>, 15.11.2021.

Ossila. (n.d.). *What is an OLED?* Ossila. Retrieved January 15, 2022, <https://www.ossila.com/pages/what-is-an-oled>, 15.11.2021.

Pennings, M. (n.d.). *ccs811flash*. GitHub. Retrieved January 10, 2022, <https://github.com/maartenpennings/CCS811/tree/master/examples/ccs811flash>, 15.11.2021.

Pradityo, F., & Surantha, N. (2019). *2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT): July 24-26, 2019, Kuala Lumpur, Malaysia*. IEEE.

ROHM Co. (n.d.). *BH1750FVI : Sensor ICs*. Mouser Electronics. Retrieved January 8, 2022, <https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf>, 15.11.2021.

Sensirion AG Switzerland. (n.d.). *CO2 and RH/T Sensor Module*. Sensirion. Retrieved January 8, 2022, <https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/carbon-dioxide-sensors/carbon-dioxide-sensors-scd30/>, 15.11.2021.

Solomon Systech. (2008). *SSD1306 dvance Information 128 x 64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller*. SSD1306. Retrieved Ocak 8, 2022, <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>, 15.11.2021.

Jacobson, T. A., Kler, J. S., Hernke, M. T., Braun, R. K., Meyer, K. C. and Funk, W. E. (2019). Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. *Nature*, 2(2019), 691.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (n.d.). *İç Ortam Kalitesi*. Meksis. Retrieved January 8, 2022, [https://meksis.sbb.gov.tr/Documents/%C4%B0%C3%A7MekanKalitesiveOlcumleri\(SemaYurdakul\).pptx](https://meksis.sbb.gov.tr/Documents/%C4%B0%C3%A7MekanKalitesiveOlcumleri(SemaYurdakul).pptx), 15.11.2021.

The Wonders of Physics Traveling Outreach Program Department of Physics. (n.d.). *What is Heat? – The Wonders of Physics – UW–Madison*. The Wonders of Physics. Retrieved January 6, 2022, <https://wonders.physics.wisc.edu/what-is-heat/>, 15.11.2021.

Thingier.io. (n.d.). *Install Arduino IDE*. Thingier.io Documentation. Retrieved January 15, 2022, <https://docs.thingier.io/sdk-setup/arduino-ide>, 15.11.2021.

Thingier.io. (n.d.). *Thingier.io · GitHub*. GitHub. Retrieved January 15, 2022, <https://github.com/thingier-io>, 15.11.2021.

Thingier.io. (n.d.). Thingier.io Documentation: OVERVIEW. Retrieved January 15, 2022, <https://docs.thingier.io>, 15.11.2021.

U.S. Department of Energy. (2017). *Tuning the Light in Classrooms: Evaluating Trial LED Lighting Systems in Three Classrooms at the Carrollton-Farmers Branch Independent School District in Carrollton, TX*.

U.S. Environmental Protection Agency. (2021). *Why Indoor Air Quality is Important to Schools | US EPA*. US Environmental Protection Agency. Retrieved January 17, 2022, <https://www.epa.gov/iaq-schools/why-indoor-air-quality-important-schools>, 15.11.2021.

US Environmental Protection Agency. (2021, September 29). *Evidence Scientific Literature about Improved Academic Performance | US EPA*. US Environmental

Protection Agency. Retrieved January 17, 2022, <https://www.epa.gov/iaq-schools/evidence-scientific-literature-about-improved-academic-performance>, 15.11.2021.

Waley. (2018). *Why people experience seasonal skin changes*. ScienceDaily. Retrieved January 6, 2022, <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/03/1-80307095222.htm>, 15.11.2021.

WHO/Europe. (2015). *Environment and health - Poor indoor environments at school*. WHO/Europe. Retrieved January 17, 2022, <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environmentandhealth/pages/news/news/2015/04/poor-indoor-environments-at-school>, 15.11.2021.