

Hayvan Barınakları İçin Düşük Maliyetli IoT Tabanlı Amonyak Gazı Ölçüm Sistemi

Gürkan BİLGİN^{1*}

^{1*} Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8441-1557), gbilgin@mehmetakif.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 01.12.2023 ve Kabul Tarihi 26.01.2024)

(DOI: 10.35354/tbed.1398982)

ATIF/REFERENCE: Bilgin, G. (2024). Hayvan Barınakları İçin Düşük Maliyetli IoT Tabanlı Amonyak Gazı Ölçüm Sistemi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 14 (1), 18-25.

Öz

Hayvan barınaklarındaki popülasyonun artış göstermesi ortamın hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu durum, verimin düşmesine, hayvan ve barınak çalışanlarının sağlığını kaybetmesine neden olabilmektedir. Barınaklardaki hayvan sayısındaki artışla beraber ortamdaki Amonyak (NH₃) gazının artışı hava kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. NH₃'ün toksik özelliğinin insanlar ve hayvanlar için bir sağlık tehlikesi oluşturduğu bilinmektedir. Bu sebeple barınak gibi canlıların solunum yaptığı ortamlarda NH₃'ün takibinin yapılması sağlık açısından büyük önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, ortamdaki NH₃ gazının yoğunluğunu ölçüp, belirlenen eşik değeri üzerine çıktığında sesli ve ışıklı ikaz verebilecek, ayrıca belirlenen periyotlarla okuduğu değerleri ekranda gösterip aynı zamanda ThinkSpeak Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) platformuna kaydedebilecek portatif bir sistem prototipi tasarlanmıştır. Bu prototip, aynı zamanda ortamın sıcaklık ve nemini takip etmeye olanak sağlamaktadır. Tasarlanan devrede MQ-137 NH₃ algılayıcısı, DHT22 ısı ve nem algılayıcısı kullanılmış, bu sensörlerden gelen verileri değerlendirmek üzere Arduino Uno mikro denetleyici kartı tercih edilmiştir. IoT ile kullanımı için ise wifi modülü olarak ESP8266 kullanılmıştır. Günümüzde kullanılmakta olan ölçüm ve takip cihazlarının maliyetleri göz önünde bulundurulursa, tasarlanan prototip küçük ve orta ölçekli hayvan işletmeleri için barınaklarda maliyeti oldukça düşük bir alternatif seçenek olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Arduino, Gaz sensör, Nesnelerin interneti, Amonyak, Prototip, Hava kalitesi.

Low Cost IoT Based Ammonia Gas Measurement System for Animal Barns

Abstract

The increasing population in animal barns negatively affects the air quality of the environment. This situation may cause a decrease in productivity and loss of health of animals and barn workers. With the increase in the number of animals in the shelters, the increase in ammonia (NH₃) gas in the environment causes a decrease in air quality. It is known that the toxic properties of NH₃ pose a health hazard for humans and animals. For this reason, keep tracking of NH₃ in environments where living things breathe, such as barns, gains great importance in terms of health. In this study, a portable system prototype has been designed that can measure the concentration of NH₃ gas in the environment, give an audible and light warning when it exceeds a specified threshold value, and display the readings on the screen at specified intervals and save them to the ThinkSpeak Internet of Things (IoT) platform. This prototype also allows observing the temperature and humidity of the environment. In the designed circuit, MQ-137 NH₃ sensor, DHT22 temperature and humidity sensor were used and Arduino Uno microcontroller board was preferred to evaluate the data from these sensors. ESP8266 was used as a wifi module for use with IoT. Considering the costs of the measurement and tracking devices used in the present day, the designed prototype will be a low-cost alternative option for small and medium-sized animal enterprises in barns.

Keywords: Arduino, Gas sensor, Internet of Things, Ammonia, Prototype, Air quality.

1. Giriş

Yaşam süreci devam ettikçe yeryüzündeki insan nüfusu giderek artmaktadır. Nüfustaki bu artış barınma, su ihtiyacı, enerji vb. bir sürü ihtiyacın yanı sıra tarım ve gıda ürünlerine olan talebi de artırmaktadır. Buna bağlı olarak tarım ve hayvancılık sektöründe insanlığın gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için üretimde kullanılan tekniklerde değişimler meydana gelmektedir, bu bağlamda hayvan barınakları küçük işletme ortamlarından kapasitesi daha yüksek, daha teknolojik tesislere dönüşmektedir. Bu gıda talebindeki artış hayvansal gıda üretim faaliyetlerini önemli bir ticari endüstri haline getirmiş ve bu da hayvansal üretim işletmelerinin ve hayvan sayısının artışı gerektirmiştir. Fazlaşan hayvan sayısı daha kapasiteli ve daha teknolojik barınaklarının bu sektördeki önemini artırmıştır. Barınaklar kapalı, yarı açık ve açık şekilde inşa edilmektedirler. Ülkemizde ve Avrupada kapalı barınak sayısı oldukça fazladır ve yapılan bir çalışmada İsveçte bulunan ahırların %60' ının kapalı bağlamalı olduğu bilgisi sunulmuştur [1]

Hayvan tesislerinde artan hayvan yoğunluğu ile birlikte gerekli önlemler alınmadığı takdirde içerideki refah seviyesi düşmekte ve özellikle hayvansal gıda üretim barınaklarında verimlilik azalmaktadır. Refah seviyesini azaltan faktörlerden sınırlı hareket imkânına sahip barınak dizaynı, yeterli kadar yüksek ya da düşük sıcaklık değerleri, ortamın uygun olmayan nemi, hayvanların meraya çıkarılmaması vb. faktörlerle seviyenin düştüğü ifade edilmiştir [2,3,4,5] Refah seviyesi kriterlerinden biriside barınakların iç hava kalitesidir. Hava kalitesinin istenilen şartlarda olmaması verimin düşmesine, hayvanların ve barınakta çalışan insanların sağlığının olumsuz etkilenmesine sebebiyet vermektedir [6,7,8]. Schiffman ve ark. çalışmalarında 8 saaten fazla 20 ppm (parts per million) değerinde konsantrasyona maruz kalırsa barınakta çalışanların vücutlarındaki üre azotu miktarının hızla arttığını belirtmişlerdir [9]. Barınaklardaki hayvanların solunumundan, yemlerinden gübrelerdeki ayrışimlardan çeşitli gazlar barınak içi havaya karışıp hava kalitesini düşürmektedirler. Bu gazların barınaktan dışarı tahliye edilmesi gerekmektedir. Kapalı ahırlar için yeterli havalandırmanın yapıp uygun şartların sağlanabilmesi için 50 baş için ahır yüksekliği 3-3,75 m, 50 ila 200 baş arası hayvana sahip işletmelerde 4,25 m olmalıdır. Pencere boyutu için, pencere alanının taban alanına göre oranı sıcak bölge için 1/8-1/12, orta için 1/15 ve soğuk bölgelerde 1/20, baca açıklığı için 1 m² taban alanına 3-3,5 cm² olması gerekliliği bildirilmiştir [10]. Özellikle gübre ve idrar ile zeminde atık su, yem gibi diğer materyaller ile karışması gazların temel kaynağını oluşturmaktadır [11].

Barınak içi ortamlarda açığa çıkan ve belirli seviyelerin üzerinde olması istenmeyen, metan, kükürtlü bileşikler, azot oksitler gibi gazlardan olan NH₃ gazının ölçümü çalışmanın motivasyonunu oluşturmaktadır. Hayvanlar için kullanılan kapalı alanların alt ve üst sınırları Amonyak için 10-20 ppm, Karbon-Dioksit için 2000-3000 ppm, Karbon-Monoksit için 10 ppm, Hidrojen-Sülfürde 0.5 ppm olarak bildirilmiştir [10,12,13].

NH₃, tehlikeli bir bileşiktir ve asit birikmesine sebep olabilmektedir. NH₃ atmosferik asitlerle (sülfürik, nitrik ve hidroklorik asitler) reaksiyona girerek partiküller oluşturur ve bunlar atmosferdeki partikül madde yüküne önemli ölçüde katkıda bulunur. Ayrıca NH₃' ün toksik özelliği ile insanlar ve hayvanlar için bir sağlık tehlikesi oluşturduğu bilinmektedir ki özellikle NH₃ ve benzeri gazlar tozla birleştiğinde uzun süreli

solunmaları ciddi akciğer hastalıklarına neden olduğu bildirilmiştir [14]. NH₃' ün emisyonu toprağa, suya ve bitki örtüsüne nitrojen girişine neden olarak, ötrofikasyon ve asitleşmeye sebebiyet verir, dolayısıyla iklim sisteminde de etkili olmaktadır. NH₃, güçlü bir sera gazı olan Nitröz Oksit (N₂O) dolaylı emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Ayrıca atmosferde partiküler madde olarak oluşan Amonyum Nitrat ve Amonyum Sülfatın da kaynağıdır [15]. Sağlık üzerinde etkileri ise akciğer fonksiyonunda zayıflama, boğazda ve gözlerde tahriş, öksürük ve balgamda artma olarak gösterilmektedir. Amonyakın potansiyel doğrudan etkisine ek olarak, ince partikül madde (PM 2.5) oranına ciddi bir katkıda bulunduğu da görülmüştür ki bu etki akciğerlerin derinlerine ulaşma ve Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) ve akciğer kanseri gibi ciddi hastalıklara neden olma özelliğine sahiptir. Bu sebeple partikül madde artışı, küresel ekonomide her yıl çok yüksek tutarlarda ekonomik kayıplara neden olmaktadır [16]. Dinesh ve ark. çalışmalarında NH₃ gazının konsantrasyonu 50 ppm' nin üzerinde olursa mide bulantısı ve rahatsızlık hissiyatı oluşturduğu, 150 ppm' nin üzerinde tahrişlere neden olup, alanı terk etme isteği yarattığı ve 450 ppm üzerinde şuur kaybı, ölümcül sağlık hasarı ve genetik hormon değişikliğine neden olduğunu belirtilmişlerdir [17].

Amonyak ölçümüne yönelik literatürde açıklanan birçok farklı yöntem ve algılayıcı vardır. Genellikle metal oksit gaz sensörü, katalitik NH₃ dedektörleri, polimer NH₃ analizörleri ve optik NH₃ algılayıcıları gibi dönüştürücü çıkışları çeşitli tekniklerle değerlendirilmektedirler. Metal oksit gaz sensörleri yapısı gereği sağlam ve ucuzdur olması sebebiyle çok fazla kullanım alanına sahiptir. Gaz sensörlerinin, gaz moleküllerinin algılama katmanına kemisorbsiyonu nedeniyle iletkenlik değişimi prensibine göre çalışmaktadır. Metal oksit sensörleri belirli bir gaza karşı seçici değildir. Bu önemli bir dezavantaj olarak bilinmektedir [18]. Katalitik amonyak sensörlerinde ise metaldeki yük taşıyıcıların yoğunluğu, sensöre ulaşan gazın konsantrasyonundaki bir değişiklikte değişim gösterir. İletken kat üzerindeki elektrot ile karşı elektrot arasında ortaya çıkan potansiyel farkı ölçme mantığı ile çalışmaktadır. Bu sensörler birçok farklı gaz için ticari olarak tercih edilmektedirler ve bu sensörlerin alt tespit sınırı normalde düşük ppm aralığındadır ve doğrulukları sınırlıdır [17], [18]. Optik temeline dayalı çalışan sensörlerinde ise ortamdaki NH₃ için en hassas ve seçici NH₃ dedektörlerinde optik adsorpsiyon spektroskopisi kullanılır. Bu tür sistemlerde lazer ve spektrograf kullanılır. Bu teknikle çalışan optik sensörler, kolay kullanım ve yüksek seçicilik, analiz hızının yüksekliği ve büyük hassasiyetine ilaveten uzun ömürlü olması sebebiyle ticarileştirmede çok caziptir [17], [18]. İletken polimer sensörlerde ise, imalat ve modifikasyon kolaylığı, kararlılık, tasarım esnekliği, diğer malzemelerle ayarlanabilirlik vb. gibi avantajlarından dolayı çok sayıda gaz sensörü iletken polimerleri kullanmıştır. NH₃' e duyarlı polimerle kaplanmış bir rezonatörün frekansı değişimleri NH₃ değişimleri ile ilişkilendirilerek algılama yapan sensörler olarak bilinmektedirler. Fakat reaksiyonun geri döndürülemez doğası, NH₃' e maruz kaldığında sensörün duyarlılığının kullandıkça azalmasına sebep olur. Bu durumda dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır [17], [18].

Literatür taraması incelenirse hayvan barınakları gaz ölçümü ve buna bağlı otomasyon çalışmaları fazlaca çalışılmıştır. Chingwada ve ark., düşük maliyetli IoT (Internet of Think) tabanlı kümes hayvanı yönetim sistemi tasarımı küçük ve orta ölçekli işletmelerde kullanılması için uzaktan erişimli olarak gerçekleştirmişlerdir [19]. Bose ve ark., 2022' de yine kümes

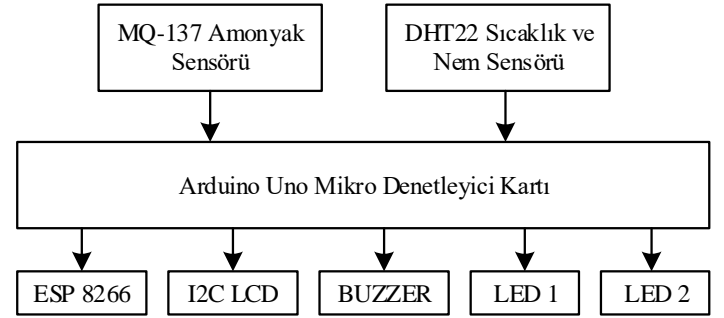
hayvanları için işletme kümeslerindeki takip edilmesi gereken birçok parametre yanında NH₃ gazının da takibinin yapıldığı akıllı bir küme hayvanı konfigürasyon çerçevesini tasarlamışlardır, NH₃ ölçümleri için MQ sensör ailesinden algılayıcı tercih etmişlerdir. Sonuç olarak eşik değerleri dikkate alınarak tasarlanan bu sistem, sıcaklık, nem, NH₃ gazı, su hacmi gibi parametreleri insana bağlı kalmadan yapılmasına yardımcı olmaktadır [20]. Bir başka çalışmada taşınabilir, hayvan kalitesini ölçmeye yönelik geliştirilmiş hava kalitesini ölçecek tasarım yapılmış ve tasarımın performansı değerlendirilmiştir. NH₃ ve Karbon di Oksit (CO₂) konsantrasyonlarını ölçmek için yeni bir sensör kullanılmıştır. Barınaktaki hava tekrarlanan sürelerle ölçülmüş ve veriler kayıt altına alınmıştır. Çalışmalarında gerçek zamanlı bir veri işleme ve görüntüleme ile Arduino tabanlı bir tasarımı gerçekleştirmişlerdir [21]. Sensör ve IoT birlikte kullanımı ile yapılan bir çalışmada Debouche ve ark. MQ-4, MQ-7 ve MQ-136 gaz sensörleri ile bir sensör ağı oluşturup kümeslerden verilerin alınmasını sağlamış ve hayvanların gerçek zamanlı olarak izlemiş, tahmin algoritması vasıtası ile sensör durumlarını ve elde edilen verileri analiz etmişlerdir [22]. Ni ve ark. yeni teknoloji suni çime sahip bir sistemi test etmek için kanatlı hayvan barınaklarında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları araştırmada belirledikleri gün sayısı kadar Innova 1412 gaz sensörü vasıtası ile ortamın NH₃ ve CO₂ ölçümleri ile numunelerini toplamış, partikül madde ölçümleri için ise Dylos DC1700 Hava Kalitesi monitörünü kullanmışlardır. Suni çim odalarının NH₃ ve CO₂ konsantrasyonlarının daha az olduğunu gözlemlemişlerdir [23]. Revanth ve ark. sıcaklık, nem, NH₃, hava kalitesi, ışık yoğunluğu, altlık nemi gibi barınaktaki parametrelerin IoT tabanlı izlenmesi ve bu parametrelerin kontrolünün yapılabilmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [24]. Ortamdaki zararlı gazlara tespit ve takip edebilmeye yönelik bir başka çalışmada Dinesh ve ark. MQ serisi bir gaz algılayıcısı kullanarak taşınabilir bir sağlık cihazı geliştirmiştir. Cihaz IoT tabanlı çalışabilmektedir ve ortamdaki zehirli gazları algılayabilmesinin yanında kalp atışını da takip edip, acil durumlarda konumu yakın ambulans ve hastanelere haber gönderebilmektedir [17]. Vitoryi ve ark. Rusya' da gerçekleştirdiği bir çalışmada sığır barınaklarında yaptıkları NH₃ ölçümlerini farklı sıcaklık ve nem şartlarında değerlendirerek, içerideki NH₃ gazı konsantrasyonunun sıcaklık ve nem ile olan ilişkisini ortaya koymaya çalışmıştır [25]. Yapılan bir başka çalışmada, yarı açık süt ahırında foto-akustik spektroskopisi sistemi (INNOVA, LumaSense Technologies A/S, Danimarka) kullanılarak NH₃ ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tekrarlı ölçümlerin sonuçlara tek yönlü varyans analizi yapılmıştır [26]. Wang ve ark. yine sığır barınakları üzerine yaptığı araştırmada INNOVA algılayıcı ile elde ettiği NH₃ gazı ölçüm değerlerini referans kabul ederek iki farklı Ogawa Pasif Örnekleyici (Ogawa) ve Pasif Akış Örnekleyici (PFS) ölçümleri ile NH₃ konsantrasyonlarını karşılaştırmalı değerlendirmiştir [27].

Literatürden anlaşıldığı üzere, bahsi geçen NH₃ gazının konsantrasyonunun tespiti, hayvan barınakları için oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında Arduino UNO kullanarak küçük ve orta gelirli işletmeler için düşük maliyetli portatif bir NH₃ gazı izleme ve uyarı sistemi geliştirilmiştir. MQ serisi sensörlerden MQ-137 gaz sensörü kullanılarak çeşitli hayvan barınaklarında NH₃ seviyesini belirli zaman aralıklarında izleyen ve belli bir limitin üzerinde ise sesli ve ışıklı uyarı veren bir

sistemin prototipinin gerçekleştirilmesi önerilmiştir. Okunan değerler wifi modülü üzerinden ThinkSpeak IoT platformuna kaydedilebilecek ve dijital ortamdan da geçmiş kayıtlara ulaşılabilecektir. Tasarlanan prototip, eşzamanlı olarak nem ve sıcaklık değerleri de takip etmeye olanak sağlamaktadır.

2. Materyal ve Metot

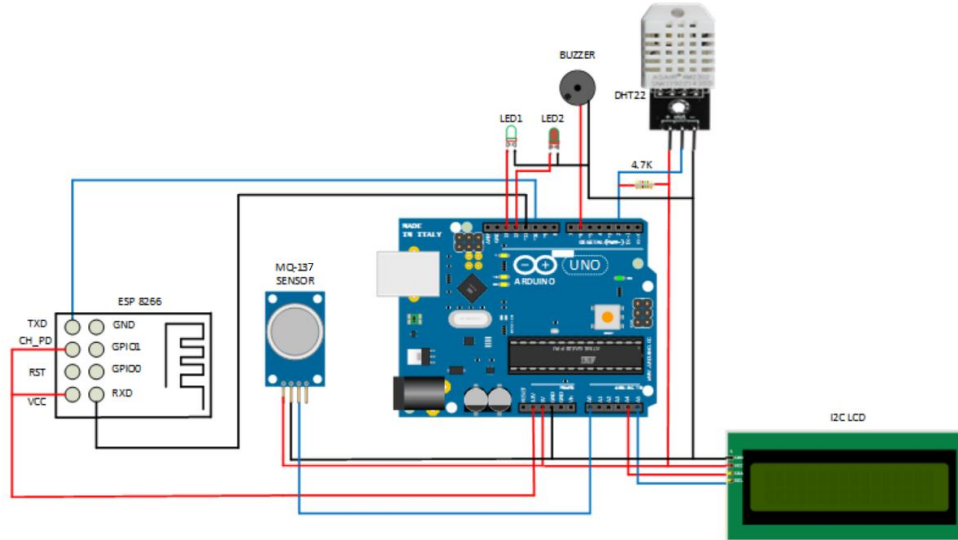
Çalışmanın bu bölümünde tasarlanan prototip için kullanılan devre elemanları tanıtılacaktır. NH₃ yoğunluğunu izlemek için tasarlanmış bu prototip, yoğunluğunun anlık değerini belirlenen zaman aralıklarında ölçüp takip etmektedir ve bu değer bir LCD ekran ile izlenebilmektedir. Devrenin tasarımında gaz algılaması yapabilmek için MQ-137 gaz sensörü, sensörden gelen verileri değerlendirip ekrana aktarabilecek bir Arduino UNO mikro denetleyici kartı, tasarımın IoT tabanlı kullanımına olanak sağlayacak ESP 8266 wifi modül, DHT22 ısı ve nem sensörü, değerleri izleyebilmek için I2C LCD ekran, direnç, Led ve Buzzer kullanılmıştır. Çalışmaya ait blok diyagram Şekil 1' de verilmiştir. Blok diyagrama göre MQ-137 ve DHT 22 sensöründen gelen veriler Arduino Uno mikro denetleyicisi ile değerlendirilmekte ve çıkışında işlediği verileri, ESP 8266 wifi modülüne, sesli uyarı için buzzer' a, NH₃ seviyesinin belirlenen eşik değerinin altında ya da üzerinde mi olduğunu kullanıcıya göstermek için Led 1 ve Led 2' ye, ekranda değerlerin okunabilmesi için ise I2C LCD' ye göndermektedir.



Şekil 1. Çalışmanın Blok Diyagramı

2.1. Sistemin Donanım Özellikleri ve Devre Şeması

Bu bölümde çalışma kapsamında tasarımı yapılan sistemin devre şeması verilecek, sistemde kullanılan devre elemanlarının tanıtımı ve özellikleri verilecektir. Devre tasarımında Arduino Uno mikro denetleyici kartı, MQ-137 amonyak sensörü, ESP 8266 wifi modül, LCD ekran, Led' ler, direnç ve buzzer kullanılmıştır. Sistem donanımı olarak devre şeması ve bağlantıları Şekil 2' de gösterilmiştir. Bu şemaya göre MQ-137 sensörü Arduino Uno' nun analog A0 pinine, ESP 8266 wifi modülünün veri iletişim pinleri olan TxD ve RxD mikro denetleyici kartının 10 ve 11 numaralı pinine, LCD ekranın SDA ve SCL girişleri ise kartın A4 ve A5 numaralı pinlerine bağlanmıştır. Led' ler ise sırası ile 12 ve 13 numaralı pinlere bağlanmıştır. Sesli uyarı verebilen buzzer kartın 3 numaralı pinine, sıcaklık ve nem değerlerini algılayabilecek DHT 22' nin çıkış bilgi ucu ise kartın 2 numaralı pinine bağlanmıştır.



Şekil 2. Amonyak ölçümü için kullanılan devre şeması

2.1.1. MQ-137 Amonyak (NH₃) Sensörü

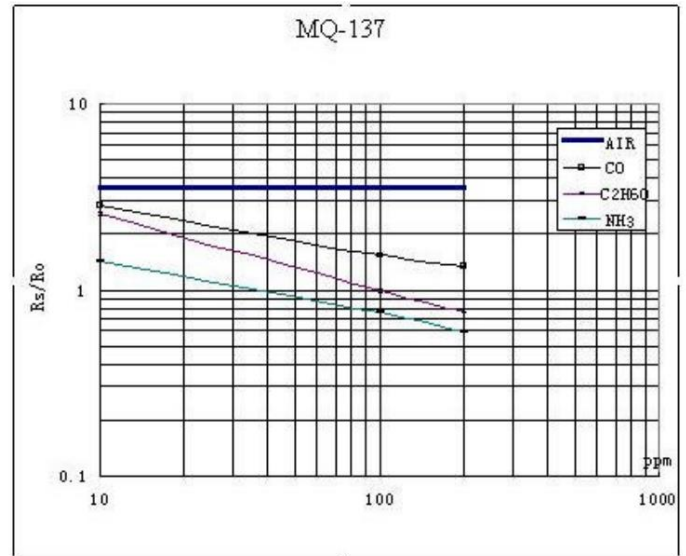
NH₃ gazının ölçümü için metal oksit, polimer, diyot lazer, elektrokimyasal, yüzey akustik ve alan etkili transistör gibi farklı tip sensörler kullanılmaktadır [28]. Tasarlanan prototipte hayvan barınaklarında iç ortamdaki havanın NH₃ konsantrasyonunu ölçmek için MQ-137 amonyak ölçebilen gaz sensörü kullanılmıştır. Bu sensör -10 ila 45°C arasındaki sıcaklıklarda çalışabilmektedir ve 5V değerinde 800 mW' tan daha az güç tüketebilmektedir [29]. 5 ila 200 ppm arasındaki NH₃ konsantrasyonlarını doğrulukla tespit edebilmektedir [29]. Sensörün bir görseli aşağıda Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. MQ-137 Sensör görseli

MQ serisi sensörlerin çıkışı analog dirençtir bu yüzden konsantrasyon değerlerini ppm cinsinden elde etmek için kalibre edilmeleri gerekir. Kalibre işleminin yapılabilmesi için sensörlerin hassasiyet karakteristik eğrileri kullanılmalıdır. Barınak iç ortam havasındaki NH₃ gazı MQ-137 sensörü ile temas ettiğinde sensörün direnci değişir, bu değişiklik çıkıştan voltaj değişimi olarak okunarak devre tasarımlarında kullanılabilir. MQ gaz sensörleri modülü, sensörün mikro denetleyici olmadan çalışmasına imkân tanıyan dijital bir pine sahiptir; bu, yalnızca bir gaz türünü algılamaya çalışırken kullanışlıdır, eğer ppm birimlerinde ölçmek istenirse analog pinin kullanılması gereklidir. Ortamdaki farklı NH₃ konsantrasyonlarında farklı direnç değerlerine sahip olacaktır. Aşağıdaki Şekil 4' te 200C sıcaklık değeri, %65 nem oranındaki, %21 oksijen konsantrasyonunda farklı Rs/R0 (Çeşitli gaz konsantrasyonlarındaki sensör direnci/ temiz hava direnci)

değerlerinde oluşan ppm miktarlarını gösteren sensörün hassasiyet karakteristik eğrileri birkaç gaz için gösterilmiştir [29]. Bu ppm değeri direnç oranına göre bir gazın konsantrasyonunu milyonda bir olarak göstermektedir.



Şekil 4. MQ-137 Sensörü Hassasiyet Karakteristiği

2.1.2. Arduino Uno Mikro Denetleyici Kartı

Yapılacak NH₃ ölçümlerini değerlendirmek üzere mikro denetleyici kartı olarak Arduino Uno kullanılmıştır. Arduino'nun kullanım açısından kolaylığı ve programlama için özel bir donanım gereksinim duymaması, onu diğer platformlar arasında öne çıkarmaktadır [30]. Açık kaynaklı bir platform olan Arduino Uno' da 14 adet dijital giriş/çıkış pini bulunmaktadır [31]. Arduino, farklı türdeki projelerle uyumlu popüler bir mikro denetleyici kartıdır ve entegre geliştirme ortamı (IDE) bulunmaktadır. Şekil 5' te Arduino Uno' ya ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 5. Arduino Uno Görşeli

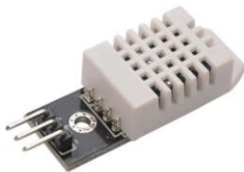
Bu kart, CMOS 8 bitlik denetleyici olarak düşük güç ve yüksek performansa sahiptir ve 8 kB programlanabilir flash belleğe sahiptir. Arduino Uno teknik özellikleri Tablo 1' de gösterilmiştir [31]. Pinlerin arasında, PWM çıkışı olarak kullanılan vi pinleri, on altı megacycle seramik rezonatör, AN ICSP başlığı, bir USB bağlantısı, vi analog girişler, bir etki jakı ve mikrokontrolör için gereken tüm istenen desteği içeren bir düğme bulunur [32].

Tablo 1. Arduino Uno Teknik Özellikleri

Mikrodenetleyici	Atmel Atmega 328P
Çalışma Gerilimi	5V
Giriş Gerilimi	7-12V (Tavsiye Edilen) / 6-20V MAX
Dijital I/O Pinleri	14 (6 adeti PWM olarak da kullanılabilir)
Analog I/O Pinleri	6
I/O Akım	20 mA
Program Hafızası	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
İşlem Hızı	16MHz

2.1.3. DHT22 Sıcaklık ve Nem Sensörü

DHT22, kalibrelenmiş sayısal sinyal çıkışı veren gelişmiş bir sıcaklık ve nem algılama birimidir. Yüksek güvenilirlidir ve dengeli bir çalışma karakterine sahiptir. Şekil 6' da DHT22 algılayıcısına ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 6. DHT22 Sıcaklık ve Nem sensörü Görşeli

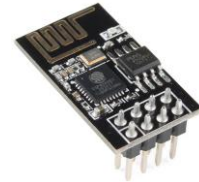
DHT serisi sıcaklık ve nem sensörleri basit kullanımı ve Arduino içerisindeki hazır kütüphaneleri sebebiyle akademik çalışmalarında oldukça fazla tercih edilmektedirler [33]. Bazı çalışmalarda ortamın nemi ve sıcaklığı ile birlikte NH₃ miktarındaki değişimler incelenebilmektedir [20,25]. Bu sebeple NH₃ ile birlikte nem ve sıcaklığı da değerlendirebilmek amacıyla bu çalışmada DHT22 sıcaklık ve nem sensörü sisteme dâhil edilmiştir. Tablo 2' de sensöre ait bazı teknik özellikler verilmiştir [34].

Tablo 2. DHT22 Sıcaklık ve Nem Sensörü Teknik Özellikleri

Çalışma Gerilimi	3V-5.5V
Sinyal Çıkışı	Dijital
Sıcaklık Ölçüm Aralığı	40°C - 80°C
Ölçüm Doğruluğu	0.5°C
Bağıl Nem Ölçüm Aralığı	%0-100 RH
Bağıl Nem Ölçüm Doğruluğu	%2.0 RH
Çözünürlük	16bit
Ağırlık	6 gr

2.1.4. ESP8266 Wifi Modülü

Kontrol kartı ile veri alışverişi yapmak için kullanılan modüller genel tabiri ile wifi modülü olarak adlandırılırlar. Veri aktarma işlemini Arduino üzerinden web sunucusuna gerçekleştirirken standart HTTP kullanır [35, 67]. Bu çalışmadaki tasarımı bulut sistemin ile haberleştirip veri aktarabilmek için ESP 8266 wifi modülü kullanılmıştır. Bu modülün öngerilimesi için 3,3V değerinde voltaj sağlanır ve genel kullanıma olanak sağlayacak giriş-çıkış pinleri vasıtasıyla özel uygulamalara uyum sağlayabilirler. IoT ile kullanımı için bir çok bir çok cihaz ve algılayıcıyla entegre edilmesini sağlayan yerleşik bir işleme ve saklama kapasitesine sahiptir. Bu modül, mikro denetleyici içerisinde belirlenen şifre ve kullanıcı adını kullanarak wifi' ye bağlanmaktadır. Çalışmadaki tasarlanan prototipin wifi bağlantısı gerçekleştirildikten sonra sensörden okunan veriler Thingspeak analitik IoT platformuna aktarılmaktadır. ESP 8266 wifi modülünün bir görüntüsü Şekil 7' de verilmiştir.



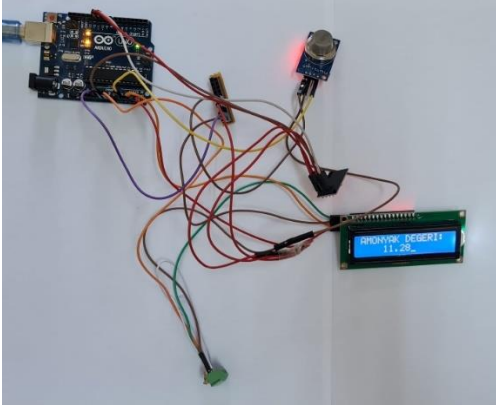
Şekil 7. ESP 8266 wifi modülü

2.1.5. I2C LCD Ekran

Çalışmada elde edilen ölçüm bilgilerinin görüntülenmesi için, 2 satır ve 16 sütundan oluşan LCD ekran kullanılmıştır. 4,7V-5,3V değerleri arasında çalışma voltajı vardır. 4 pinli bağlantıya dönüştürülerek GND, SDA, VCC ve SCL pinleri kullanılmıştır.

I2C LCD' nin kullanılması için Arduino-Liquid Crystal-I2C-library kütüphanesi kullanılmıştır.

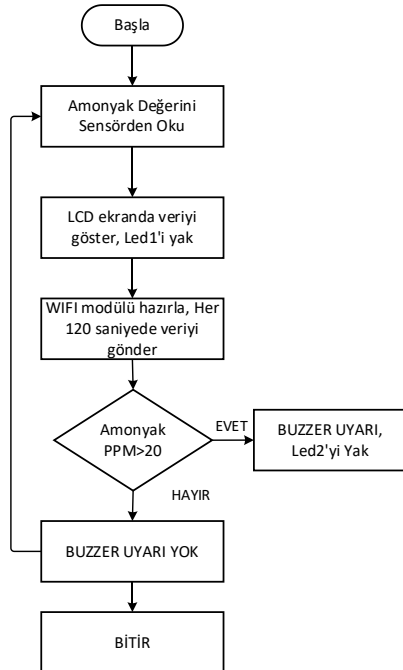
Bu çalışmada gerçekleştirilen devrenin çalışır durumdaki bir resmi Şekil 8' de verilmiştir. LCD üzerinde ortamın o anki amonyak değerinin 11,20 olduğu okunmaktadır.



Şekil 8. Amonyak ölçümü için kullanılan devreye ait bir görüntü

2.2. Akış Diyagramı

Tasarlanan sistemin yazılımsal bölümü kabaca NH_3 sensöründen gelen bilgileri okuma, amonyağın belirlenen eşik değeri aşırsa sesli, yazılı ve Ledli uyarı verme, ardından internet üzerinden ölçüm değerlerinin kayıt altına alınmasını içermektedir. Şekil 9' daki sistemin akış diyagramı incelenirse, ortamdaki NH_3 miktarı sensör vasıtası ile sürekli okunmaktadır. NH_3 konsantrasyonu değeri 20 ppm' den az ise, Led 1 yanmaktadır ve LCD ekranda bu değer gösterilir. Ortamdaki NH_3 konsantrasyonu 20 ppm' den fazla bir değere yükselecek olursa, Led 2 yanmakta ve buzzer' dan uyarı vermektedir. Devreye entegre edilen ESP 8266 wifi entegresi ile ağ bağlantısı mevcut olduğu durumlarda, her 120 sn' de veriler thingspeak IoT platformuna gönderilmektedir.



Şekil 9. Amonyak ölçümü için kullanılan yazılımın akış diyagramı

3. Bulgular

Tasarlanan prototip devre kullanılarak büyük baş hayvan barınağında deneysel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler çerçevesinde hayvan yoğunluğunun fazla olduğu ortamlarda ppm değerlerinin 30-40' lara çıktığı daha az hayvan olan ya da hayvanlara biraz daha uzak bölgelerden alınan ölçümlerde ise ppm değerlerinin 10-20 civarında olduğu ölçülmüştür. Cihaz devreye alındığında ekranda ilk 0 değeri okunmaktadır ve Led 1 lambası yanmaktadır. Buzzerdan ise sesli bir ikaz alınmamaktadır. Eşik seviyesi aşılanaya kadar sesli uyarı alınmamaktadır. Çalışmada eşik seviyesi 20 ppm olarak belirlendiği için bu değer aşıldığında tasarlanan prototip sesli ikaz vermekte ve Led 2 yanmaktadır. Belirli aralıklarla ölçüm değerleri Thingspeak ortamına kaydedilmiştir. Ölçülen NH_3 değerlerinin Thingspeak ortamındaki kayıtlarının grafik olarak örnek gösterimi Şekil 10' da verilmiştir.



Şekil 10. Thingspeak ortamında okunan NH_3 değerlerinin grafik olarak örnek gösterimi

4. Sonuç

Bu çalışmada küçük ve orta gelirli işletmeler için kapalı hayvan barınak ortamlarında zararlı etkileri olduğu bilinen ve belirlenen seviyelerin üzerine çıkması istenmeyen NH_3 gazının yoğunluk miktarını değerlendirebilen ve ölçüm sonuçlarını Thingspeak IoT platformunda saklayabilen bir prototip devre tasarlanmıştır. Gerçekleştirilen deneyler neticesinde tehlikeli bir bileşik olan NH_3 gazının ppm cinsinden seviyesinin başarılı ve doğru olarak tespit edildiği görülmüştür. Geliştirilen bu prototip ile yapılan ölçümlerde NH_3 eşik seviyesi aşıldığında sesli ve ışıklı gerekli ikazların verildiği ve ayrıca belirli periyotlarla alınan ölçümlerin wifi modülü sayesinde internet ortamında kayıt altına alındığı ve Thingspeak platformundan takip edilebildiği sonucuna varılmıştır. Bu sayede kullanıcı ortamın gaz yoğunluğunu uzaktan takip edebilme imkânı bulmaktadır. Bu prototip standart amonyak algılayıcı sistemlere göre maliyetinin düşük olması, hızlı yanıt süresi sunması, kullanımının ve tasarımının basit olması yönüyle ön plana çıkmaktadır.

Bu prototip sayesinde ortamdaki amonyağın zararlı seviyesi aşılmadan ikaz verildiğinde gerekli önlemler alındığında hayvan barınağındaki hayvanların ve çalışanların sağlığı korunmuş olacaktır. İlerleyen zamanda prototipe havalandırma sistemi entegre edilerek eşik seviyesi aşıldığında havalandırma sisteminin devreye girmesiyle NH_3 gazının tahliyesi sağlanabilir. Ayrıca geliştirilen prototip üzerinde gerekli çalışmalar yapılarak ekonomik açıdan daha uygun cihaz geliştirme imkanları araştırılabilir.

Kaynakça

- [1] European Food Safety Authority (EFSA). (2009). Scientific Opinion on the overall effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. *EFSA Journal*, 7(7), 1143.
- [2] Council, F. A. W. (1993). Report on priorities for animal welfare: research and development. FAWC.
- [3] Ondarza, M. B. (2000). Cow comfort. Erişim: <http://www.milkproduction.com/Library/Scientificarticles/Housing/Cow-comfort>.
- [4] Haley, D. B., Rushen, J., & Passillé, A. D. (2000). Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(2), 257-263.
- [5] Haskell, M. J., Rennie, L. J., Bowell, V. A., Bell, M. J., & Lawrence, A. B. (2006). Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *Journal of dairy science*, 89(11), 4259-4266.
- [6] Yoder, M. F., & Van Wicklen, G. L. (1988). Respirable aerosol generation by broiler chickens. *Transactions of the ASAE*, 31(5), 1510-1517.
- [7] Preller, L. (1995). Respiratory health effects in pig farmers: assessment of exposure and epidemiological studies of risk factors. Wageningen University and Research.
- [8] Latenser, B. A., & Lucktong, T. A. (2000). Anhydrous ammonia burns: case presentation and literature review. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 21(1), 40-42.
- [9] Schiffman, S. S., Auvermann, B. W., & Bottcher, R. W. (2006). Health effects of aerial emissions from animal production and waste management systems.
- [10] Anonim. (2010b). Hayvan Refahı Bilim Kurulu Raporu. Avrupa Birliđi Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPARD).
- [11] Kılıç, İ., & Şimşek, E. (2009). Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz emisyonları ve çevresel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 14(2).
- [12] Algers, B., Blokhuis, H., Bøtner, A., Broom, D. M., Costa, P., Domingo, M., ... & Wierup, M. (2009). Scientific opinion on the overall effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. *EFSA Journal*, (7).
- [13] EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2012). Scientific Opinion on the use of animal-based measures to assess welfare of dairy cows. *EFSA Journal*, 10(1), 2554.
- [14] Webb, J., Menzi, H., Pain, B. F., Misselbrook, T. H., Dämmgen, U., Hendriks, H., & Döhler, H. (2005). Managing ammonia emissions from livestock production in Europe. *Environmental pollution*, 135(3), 399-406.
- [15] Cheng, L., Ye, Z., Cheng, S., & Guo, X. (2021). Agricultural ammonia emissions and its impact on PM_{2.5} concentrations in the Beijing–Tianjin–Hebei region from 2000 to 2018. *Environmental Pollution*, 291, 118162..
- [16] Wyer, K. E., Kelleghan, D. B., Blanes-Vidal, V., Schaubergger, G., & Curran, T. P. (2022). Ammonia emissions from agriculture and their contribution to fine particulate matter: A review of implications for human health. *Journal of Environmental Management*, 323, 116285.
- [17] Dinesh, D., Mowshik, A. N., Meyyappan, M., & Kowtham, M. (2022). Analysis of universal gas leak detector of hazardous gases using IOT. *Materials Today: Proceedings*, 66, 1044-1050.
- [18] Timmer, B., Olthuis, W., & Van Den Berg, A. (2005). Ammonia sensors and their applications—a review. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 107(2), 666-677.
- [19] Chigwada, J., Mazunga, F., Nyamhere, C., Mazheke, V., & Taruvinga, N. (2022). Remote poultry management system for small to medium scale producers using IoT. *Scientific African*, 18, e01398.
- [20] Bose, R., Roy, S., & Mondal, H. (2022). A novel algorithmic electric power saver strategies for real-time smart poultry farming. *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 2, 100053.
- [21] Ji, B., Zheng, W., Gates, R. S., & Green, A. R. (2016). Design and performance evaluation of the upgraded portable monitoring unit for air quality in animal housing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 124, 132-140.
- [22] Debauche, O., Mahmoudi, S., Mahmoudi, S. A., Manneback, P., Bindelle, J., & Lebeau, F. (2020). Edge computing and artificial intelligence for real-time poultry monitoring. *Procedia computer science*, 175, 534-541.
- [23] Ni, J. Q., Erasmus, M., Jones, D. R., & Campbell, D. L. (2023). Effectiveness and characteristics of a new technology to reduce ammonia, carbon dioxide, and particulate matter pollution in poultry production with artificial turf floor. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102976.
- [24] Revanth, M., Kumar, K. S., Srinivasan, M., Stonier, A. A., & Vanaja, D. S. (2021, October). Design and Development of an IoT Based Smart Poultry Farm. In *2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)* (pp. 1-4). IEEE.
- [25] Vtoryi, V., Vtoryi, S., & Ylyin, R. (2019). Ammonia concentration in cow barn under limited air exchange. In *Proc. 18th Int. Sc. Conf. "Engineering for Rural Development* (pp. 1593-1598).
- [26] D'Urso, P. R., Arcidiacono, C., Valenti, F., Janke, D., & Cascone, G. (2023). Measuring ammonia concentrations by an infrared photo-acoustic multi-gas analyser in an open dairy barn: Repetitions planning strategy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 204, 107509.
- [27] Wang, X., Ndegwa, P. M., Joo, H., Neerackal, G. M., Harrison, J. H., Stöckle, C. O., & Liu, H. (2016). Reliable low-cost devices for monitoring ammonia concentrations and emissions in naturally ventilated dairy barns. *Environmental pollution*, 208, 571-579.
- [28] Kwak, D., Lei, Y., & Maric, R. (2019). Ammonia gas sensors: A comprehensive review. *Talanta*, 204, 713-730.
- [29] Technical Data Sheet MQ-137 Gas Sensor <https://datasheetspdf.com/pdf-file/904648/HANWEIELECTRONICS/MQ-137/1> Erişim Tarihi 21.11.2023

- [30] Koo, K. Y., Hester, D., & Kim, S. (2019). Time synchronization for wireless sensors using low-cost gps module and arduino. *Frontiers in Built Environment*, 4, 82.
- [31] Technical Data Sheet Arduino uno <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> Erişim Tarihi 21.11.2023
- [32] Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364.
- [33] Sevil, M., ELALMIŞ, N., Görgün, H., & Aydın, N. (2015). Control of air conditioning with fuzzy logic controller design for smart home systems. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 33(3), 439-463.
- [34] Technical Data Sheet DHT22 sensor <https://pdf.direnc.net/upload/dht.pdf> Erişim Tarihi 21.11.2023
- [35] Djajadi, A., & Wijanarko, M. (2016). Ambient environmental quality monitoring using IoT sensor network. *Internetworking Indonesia Journal*, 8(1), 41-47.
- [36] Karacı, A., & Erdemir, M. (2017). Arduino ve wifi temelli çok sensörlü robot tasarımı ve denetimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 435-449.