



**BÜYÜKBAŞ HAYVANLARDA İŞKEMBE SAĞLIK DURUMU İZLEME
SİSTEMİ PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Fatih GÜRCAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

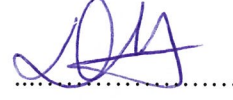
EKİM 2019

Fatih GÜRCAN tarafından hazırlanan “BÜYÜKBAŞ HAYVANLARDA İŞKEMBE SAĞLIK DURUMU İZLEME SİSTEMİ PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. İbrahim Alper DOĞRU

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



İkinci Danışman: Öğr. Gör. Dr. Murat DÖRTERLER

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan: Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

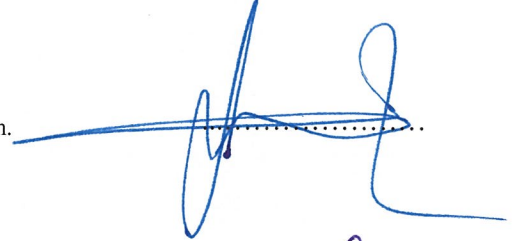
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Sinan TOKLU

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fecir DURAN

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 15/10/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Fatih GÜRCAN

10/10/2019

BÜYÜKBAŞ HAYVANLARDA İŞKEMBE SAĞLIK DURUMU İZLEME SİSTEMİ PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Fatih GÜRCAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2019

ÖZET

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde doğru yemleme, hayvanın sağlığı ve verimliliği için çok önemlidir. Hem iyi gelişim, hem sağlık, hem de yüksek verim için kesif yem (konsantre yem), doğal yem çeşitlendirmesinin doğru yapılması gerekir. İşkembenin sağlığı, dolayısıyla sığırın sağlığı ve verimliliği için doğru zamanda doğru yemin verilmesi ile işkembe içindeki mikrobiyal dengenin korunması, sığırı çeşitli hastalıklardan korur, verimliliğini artırır. İşkembenin sağlığı için en önemli etkenlerden birisi de işkembe içi pH dengesidir. Bu dengenin sağlanması, olması gereken değerlerde tutulması, iç ortam canlı dengesinin korunması, sığırın, sonucu ölüme kadar gidebilecek çeşitli hastalıklardan korunması için oldukça önemlidir. Sığırın sağlığını doğrudan etkileyen işkembe sağlığı için, işkembe içi ortam pH ve sıcaklık değerlerini ölçümleyip değişimlerden en kısa sürede haberdar olmak ve müdahale edilmesini sağlamak için kablosuz ağlar ve nesnelerin interneti temelli çeşitli sistemler geliştirilmektedir. Bu çalışma ile geliştirilen güç tüketimi planlaması ile benzer örneklerine göre daha uzun süre çalışabilecek ve daha doğru aralıklarla ölçüm yapabilecek bir sistem önerilmektedir.

Bilim Kodu : 92413
Anahtar Kelimeler : Nesnelerin İnterneti, Sağlık, Hayvan Sağlığı, Rumen, SARA, Verimlilik
Sayfa Adedi : 82
Danışman : Doç. Dr. İbrahim Alper DOĞRU
İkinci Danışman : Öğr. Gör. Dr. Murat DÖRTERLER

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR MONITORING THE HEALTH
CONDITION OF CATTLE RUMEN

(M. Sc. Thesis)

Fatih GÜRCAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2019

ABSTRACT

Proper feeding in cattle breeding is very important for animal health and productivity. For both good growth, health and high yield, concentrated feed, natural food diversification should be done correctly. The protection of the microbial balance in the rumen by protecting the health of the rumen and thus the right time for the health and productivity of cattle, protects the cattle from various diseases and increases its productivity. One of the most important factors for the health of the rumen is the internal ph-ph balance. Ensuring this balance, keeping it at the required values, maintaining the inner balance of the living environment is very important for the protection of the cattle from various diseases that may lead to death. For the rumen health that directly affects the health of the cattle, various systems based on the internet of wireless networks and objects are being developed to measure the temperature values of the rumen environment and the temperature and to ensure that the changes are made as soon as possible. With the power consumption planning developed in this study, a system that can work longer than the similar samples and make measurements at more accurate intervals is proposed.

Science Code : 92413

Key Words : Internet of Things, Health, Animal Health, Rumen, SARA, Efficiency

Page Number : 82

Supervisor : Assist Prof. Dr. İbrahim Alper DOĞRU

Co-Supervisor : Lec. Dr. Murat DÖRTERLER

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince tez danışmanlığımı üstlenerek bana yol gösteren, çalışmanın planlanması, yürütülmesi, raporlanması ve sonuçlanmasında katkı ve destek sunan değerli sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Alper DOĞRU ve Öğr. Gör. Dr. Murat DÖRTERLER'e teşekkür ederim. Yaşamımın her döneminde ve her türlü kararında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim babam Muammer GÜRCAN'a, annem Döndü GÜRCAN'a, kardeşim Nesibe GÜRCAN'a teşekkür ederim. Ayrıca tez yazma sürecimde bana zorluk çıkarmayan küçük kızım İnci GÜRCAN'a, araştırma sürecim boyunca her türlü desteğini esirgemeyen eşim Şengül GÜRCAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜRDE YER ALAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE MEVCUT SİSTEMLER.....	5
2.1. Nesnelerin İnterneti	5
2.1.1. Hayvan sağlığı alanındaki kullanım örnekleri	6
2.2. Büyükbaş Hayvan Sağlığı.....	7
2.2.1. Rumen biyolojisi ve sığırlarda iştahın ph dengesi.....	7
2.2.2. Subakut ruminal asidoz (SARA).....	9
2.2.3. SARA belirtileri	10
2.2.4. SARA hastalığını önleme ve tedavi	11
2.3. Yapılan Çalışmalar.....	13
2.3.1. Süt ineklerinin vücut ısını bir rumen modülü ile izlemek için pilot çalışma	13
2.2.2. Süt ineklerinde klinik asidozu izlemek için kablosuz bir telemetrik yöntem	14
2.3.3. Ruminal pH'ın sürekli uzun süreli izlenmesi.....	14

Sayfa

2.3.4. Genç boğalarda eticulo-rumen sıcaklık boluslarını kullanarak sığır solunum hastalığının erken tespiti.....	14
2.3.5. Hayvan sağlığı yönetimi için giyilebilir sensörlerde son gelişmeler	15
2.4. Mevcut Sistemler	15
3. YÖNTEM ve ARAÇLAR.....	21
3.1. Materyal	22
3.1.1. Yazılım Tercihi	22
3.1.2. Donanım Tercihi	23
3.1.3. Devre Tasarımı.....	25
3.2. Geliştirme Metodu	26
3.3. İşlem Döngüsü	27
3.4. Bulanık Mantık.....	28
3.4.1. Bulanık mantığın işkembe pH ölçümlene sistemine uygulanması	28
3.5. Çalışma Süresi.....	36
3.6. Sonuçları Görüntüleme Araçları	43
3.6.1. Android işletim sistemi üzerinden anlık uyarı bildirimi	43
3.6.2. Sonuçların thingspeak servisi üzerinden takip edilmesi	44
3.6.3. Sonuçların web uygulaması üzerinden takip edilmesi	44
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	47
4.1. Ölçüm Sonuçları	47
4.2. Geliştirilen Çözümün Güç Planının Operasyon Süresine Etkisi	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR	59
EKLER	65

	Sayfa
EK-1. Verici sistemin devre şeması.....	66
EK-2. Alıcı sistemin devre şeması.....	67
EK-3. Arduino kart yöneticisi seçimi	68
EK-4. Başlangıç seri port ekranı	69
EK-5. Kullanıcıya gelen sağlıklı ölçüm bildirimi ekran görüntüsü	70
EK-6. ThingView uygulaması üzerinde ekli kanal görüntüsü.....	71
EK-7. ThingView uygulaması üzerinde verilerin görülebildiği ekran görüntüsü.....	72
EK-8. ThingView uygulaması üzerinden ölçümlerin detaylı ekran görüntüsü	73
EK-9. İnek sağlık durumu web uygulamasının kullanıcı girişi ekranı.....	74
EK-10. İnekler listesi ekranı.....	75
EK-11. İnek için ölçüm tablosunun gösterildiği sayfanın ekran görüntüsü	76
EK-12. Bütün ölçümler tablosunun gösterildiği sayfanın ekran görüntüsü.....	77
EK-13. Bütün sağlıklı ölçümler tablosunun gösterildiği sayfanın ekran görüntüsü...	78
ÖZGEÇMİŞ	79
DİZİN	80

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Geliştirilen çözümde kullanılan ortamların sürümleri.....	22
Çizelge 3.2. Bulanık mantık kural kümesi.....	34
Çizelge 3.3. ThingSpeak üzerinde tutulan ham veri tablosu	44

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Nagomi ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin bileşenleri	16
Şekil 2.1. Nagomi ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin çalışma şeması.....	16
Şekil 2.2. Zhang ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin bileşenleri	17
Şekil 3.1. Ölçüm sisteminin donanımsal bileşenleri	23
Şekil 3.2. Sistemin akış şeması	26
Şekil 3.3. Sistemin 1 ölçüm ve 1 aktarım için çalışma döngüsü.....	27
Şekil 3.4. Bulanık mantık modelinin yapısı	30
Şekil 3.5. Sistem için ön görülen giriş ve çıkış parametreleri	31
Şekil 3.6. Bulanık sistemin tasarımı	31
Şekil 3.7. Sıcaklık değeri bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi.....	32
Şekil 3.8. pH değeri bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi	33
Şekil 3.9. Son 10 bekleme süresi bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi.....	33
Şekil 3.10. Sistemin çıktısı (süre) bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi.....	34
Şekil 3.11. Kuralların grafiksel gösterimi.....	35
Şekil 3.12. Bulanık sistemin grafiksel gösterimi	36
Şekil 3.13. Verici sistemin yazılımının akış diyagramı	39
Şekil 3.14. Alıcı sistemin yazılımının akış diyagramı	41
Şekil 4.1. Sistem tarafından yapay ortamda ölçülen pH değerleri grafiği	48
Şekil 4.2. Sistemin referans ölçüme göre bir haftalık pH ölçüm sonucu hata miktarı grafiği	49
Şekil 4.3. Sistemin referans ölçüme göre bir günlük pH ölçüm sonucu hata miktarı grafiği	50
Şekil 4.4. Sistemin bir haftalık sıcaklık ölçüm grafiği.....	51

Şekil	Sayfa
Şekil 4.5. Sistemin bir haftalık pH ölçüm grafiği	52
Şekil 4.6. Sistemin bütün girdileri ve çıkış grafiğinin gösterimi	53
Şekil 4.7. Bulanık sistem çıkışına göre pilin doluluk durumu	54
Şekil 4.8. Bulanık sistem çıkışına göre ölçüm güç tüketimi grafiği.	55
Şekil 4.9. Yöntemin 2 farklı yöntemle karşılaştırması grafiği.	55

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Mottram ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin görüntüsü	17
Resim 2.2. Well Cow şirketi tarafından geliştirilen sıcaklık ve rumen pH ölçüm ve aktarım cihazı	18
Resim 2.3. Moow işkembe içi sıcaklık, pH, CO ₂ , NH ₃ ölçüm ve aktarım cihazı	18
Resim 2.4. Smaxtec pH ve sıcaklık ölçme sistemi dış görüntüsü	19
Resim 2.5. Moonsyst pH ve sıcaklık ölçme sistemi dış görüntüsü	19
Resim 3.1. Verici sistemin kapsülünün 3 boyutlu tasarımı	24
Resim 3.2. Alıcı sistemin görüntüsü	24
Resim 3.3. Verici sistemin devre kartının görüntüsü	25
Resim 3.4. Alıcı sistemin devre kartının görüntüsü	25
Resim 3.5. İneğin işkembesine doğrudan erişim imkanı sağlayan giriş örneği	37

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
°C	Santigrat
%	Yüzde
‰	Binde
A	Amper
AC	Alternatif Akım
CO ₂	Karbondiyoksit
DC	Doğru Akım
HCO ₃	Bikarbonat
hz	Hertz
Lt	Litre
m	Metre
m ²	Metrekare
mA	Miliamper
MHz	Megahertz
mm	Milimetre
NH ₃	Amonyak
pH (power of Hydrogen)	Asitlik Derecesi
V	Volt

Kısaltmalar	Açıklamalar
BÖET	Bir Ölçümün Enerji Tüketimi
BRD	Sığır Solunum Yolu Hastalığı
ÇS	Çalışma Süresi
DMI	Kuru Madde Alımı (Dry Material Intake)
GOÖS	Günde Ortalama Ölçüm Sayısı
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
IC	Entegre Devreler (Integrated Circuits)

Kısaltmalar**Açıklamalar****IDE**

Entegre Geliştirme Ortamı

IoA

Hayvanların İnterneti (Internet of Animals)

IoT

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

OLEDB

Nesne Bağlantılı ve Gömülü Veritabanı

PCB

Baskı Devre Kartları (Printed Circuit Boards)

RF

Radyo Frekansı (Radio Frequency)

RFID

Radyo Frekansı Tanımlama

SARA

Sub-akut Ruminal Asidoz

SQL

Yapılandırılmış Sorgu Dili

TE

Toplam Enerji

TMR

Total Karışık Rasyon (Total Mixed Ratio)

TÖS

Toplam Ölçüm Sayısı

VFA

Uçucu Yağ Asitleri (Volatile Fatty Acids)

Wi-Fi

Kablosuz Bağlantı Ağı (Wireless Fidelity)

1. GİRİŞ

Türkiye’de ekonominin önemli bir kısmı tarım ve hayvancılık temellidir. Özellikle şehir dışı yaşamın temelinde kendi kendine yetmek (kendi sütünü, yoğurdunu, peynirini, etini,... vs. sağlamak) olduğundan hayvancılık ve tarım içinde büyük oranda yem tarımı odak noktadadır. Verimlilik ve bakımında sağladığı kolaylıklarla birlikte geleneksel bir yaklaşım olarak kırsal kesim için ülke genelinde büyükbaş hayvancılık oldukça yaygındır. Büyük/orta ölçekli et entegre tesislerinin, süt üreticilerinin yanı sıra merkezi yerleşim yerlerine görece uzak köylerde bir çok evin altında büyükbaş hayvanlar için ahır, ev ile birlikte inşa edilmiş olup, içinde de en az bir inek beslendiği görülmektedir [1].

Büyükbaş hayvancılığın temelinde et üreticiliği ve süt üreticiliği vardır. Et üretimi yapan kişi veya üretici kurum sığırların mümkün olduğu kadar çabuk kilo alıp et tutmasını, süt üretimi yapan ise günlük alabileceği süt miktarını en üst seviyede tutmayı hedefler. Sığırların işkembesinin sağlığı göz önünde bulundurulmadığında etkilenen faktörlerden biride verimlilik olduğundan, küçük üreticilerin yeterli et ve süt verimi alamadıkları, et üreticilerinin sığırlarının etinin miktar ve kalite olarak, süt üreticilerinin ise günlük aldıkları süt miktarının düşük seviyede kaldığı görülmektedir. Yüksek verimli sığır ithal edilmesi de bu duruma çare olmaktan uzaktır. İthal edilen yüksek verimli bazı sığır türlerinin verimleri düşüp, üretim miktarı olarak yerli ırk sığırlar seviyesine gerilemektedir.

Büyük ölçekli et/süt üretim tesisleri genel olarak yenilikçi yöntemlere geçiş yapmış olsa da, küçük/orta ölçekli üreticilerin hayvancılık yöntemlerinin geleneksel olduğu, yeterli eğitimin olmadığı, kulaktan dolma bilgiler ile hayvancılık yapıldığı ve bu yüzden hayvan ölüm oranının yüksek, üretim veriminin düşük olduğu görülmektedir [2].

Bu çalışmada büyükbaş hayvanların sağlığını etkileyen faktörler incelenmektedir. İşkembe sağlığı ve büyükbaş hayvanın verimliliğine etkisi incelenmektedir. İşkembe sağlığına ve mikrobiyal dengesine etki eden iç ortam pH durumu incelenmektedir.

Geliştirilen sistemin işkembe iç ortamının durumu hakkında sağlayacağı bilgiler ve önemi incelenmektedir.

Bu kapsamda, büyükbaş hayvan sağığı ve verimliliğı için önemli olan işkembe sağığının sürdürülmesine yönelik olarak nesnelerin interneti yaklaşımı ile, bulut bilişimden faydalanan, anlık işkembe pH durumu görüntüleme ve analiz etme sistemi geliştirilmektedir.

Mevcut benzer sistemlerin bazıları büyükbaş hayvanın işkembesine böğür bölgesinden açılan bir delikten yerleştirilmektedir. Gücü biten algılayıcı donanım bakım ve değışimi bu şekilde gerçekleştirilebildiğinden bu tip sistemlerin asıl sorunu güç değıldir. Bu tip delikler açılması cerrahi işlem gerektirdiğı için büyükbaş hayvanın sağığıyla ilgili enfeksiyon riski, yaranın geç iyileşmesi, hayvana acı vermesi ve ferahını etkilemesi gibi farklı riskler taşımaktadır. Ayrıca bu şekilde açılan delikler hayvan hakları savunucuları tarafından hayvana acı çektiirildiğı gerekçesiyle eleştirilmektedir.

Büyükbaş hayvanların vücut içinden hayati bir takım veri (sıcaklık, pH değeri... vs) alınmasını sağılayan diğier sistemlerin tamamı hayvana yutturularak işkembenin abomasum bölgesinin dibine yerleşmesi arzulanan sistemlerdir. İşkembenin dibine yerleşip dışkı yoluyla atılmaması için belli bir ağırlığa sahip olmaları, fakat sindirim döngüsünü etkilemeyecek kadar küçük boyutlu olmaları gerekir. Boyut kısıtlaması güç birimi konusunda da kısıtlanması anlamına gelir. Çok fazla sayıda pil eklenerek sistemin operasyon süresini uzatmak mantıklı gibi görünebilir ama diğier bileşenlerle birlikte toplam sistem boyutunun hayvana yutturulabilecek büyüklüğü geçmemesi için güç birimini küçük tutmak gerekmektedir.

İkinci tip sistemlerin tamamında periyodik aralıklarla ölçümler yapılmaktadır. Bazı sistemler belli sık aralıklarla yapılan ölçümlerin ortalamalarını daha geniş zaman aralığıyla yaptığı aktarımlarla gücü etkili kullanmaya çalışırken bazıları geniş zaman aralığında yapılan her ölçümle aktarım yaparak çalışmaktadırlar. Gücü tükenene kadar işkembe sağık durumu hakkında veri aktarıp daha sonra hayvanın ölümü gerçekleşene kadar işkembe içinde herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet vermeden kalmaktadırlar.

Geliştirilen sistemin amacı ikinci tip ölçüm sistemi olduğundan daha verimli bir güç tüketim planı uygulamaktır. Bunu yaparken ölçülen pH değeri üzerinden hayvanın sağılıklı değıer aralığında ölçüm yapıp yapmadığına göre karar verip bir sonraki ölçüm için bekleme süresini uzatmaktadır. Temel olarak sağılıklı hayvanın işkembesinden aynı sıklıkta ölçüm

almaya gerek yoktur şeklinde çalışması sağlanmıştır. Bu durum hayvanın işkembe sağlığını alınan ölçüm sonuçlarına göre verilen yem ile düzenledikçe sistemin çalışma süresini de uzatmayı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde literatürde yer alan yöntemler, mevcut teknolojiler, avantajları ve dezavantajları incelenmektedir. Üçüncü bölümünde ayrıntılı bir şekilde geliştirilen sistem için yöntem ve araçlar anlatılmaktadır. Dördüncü bölümde geliştirilen sistemin uygulaması çalıştırılmakta ve alınan sonuçlar listelenmektedir. Son bölümde ise sonraki çalışmalarda neler yapılabileceği ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

2. LİTERATÜRDE YER ALAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE MEVCUT ÇÖZÜMLER

Bu bölümde, nesnelerin interneti kavramı, genel sağlık ve hayvan sağlığı alanındaki kullanım örnekleri, büyükbaş hayvan sağlığı, işkembe biyolojisi, SARA hastalığı, hayvan sağlığı ve verimliliğı için çok önemli olan işkembe pH değeriinin ölçümlenebilmesi için geliştirilmiş olan sistemler ve altyapıları incelenmektedir.

2.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti kavramı, her türlü nesnenin üzerine gerekli algılayıcı donanımları ekleyerek diğeri nesnelerle veya bilgi sistemleri aracılığıyla insanlarla konuşmasını sağlamak olarak tanımlanabilir. Akıllı olarak nitelendirilen bileklikler, saatler, gözlükler, ev otomasyon sistemleri, arabalar bu kavramın birer bileşenleri olarak nitelendirilebilir [3].

Nesnelerin interneti kavramı altında birleşen ürünler genellikle çeşitli mobil iletişim cihazları ve tabletler gibi araçlarla birlikte çalışarak kullanıcıyla iletişim halinde olurlar ve uygulamalar aracılığıyla kullanıcılara algıladıkları durumu bildirirler. Bazı durumlarda ise kendi aralarında veri alışverişinde bulunurlar. Bu sayede zaman, kaynak, verim odaklı sistemler geliştirilmesi mümkün hale gelmektedir [4].

Nesnelerin İnterneti (IoT), analiz için büyük miktarda veri depolanmasını sağlayan akıllı nesneleri ve cihazları birleştirir. IoT cihazları, endüstriyel ortamın uzaktan izlenmesinden endüstriyel otomasyona kadar farklı kategorilerde kullanışlıdır. Ayrıca, sağlık uygulamaları, maliyet azaltma, kullanıcı dostu olma ve hastaların yaşam kalitesini iyileştirme gibi nedenlerle IoT cihazlarına büyük ilgi vardır. Mevcut IoT odaklı sağlık uygulamalarını incelediğimizde hala tıbbi ortamdaki zorluklarla yüzleşmek için yenilikçi teknoloji tabanlı çözümlere ihtiyaç vardır. Özellikle, IoT mimarisine sahip giyilebilir ve implante edilebilir cihazlar veri iletimi sürecinde incelenmiştir. E-sağlık hizmetlerinde IoT kullanımı, hayati öneme sahip ekipmanların bakımı, hasta bakımının izlenmesi, tıbbi varlıkların izlenmesi, ekipman kullanımının izlenmesi vs. gibi birçok alanda büyük bir artış yaşanmıştır. Giyilebilir IoT, vücuda giyilen sensör cihazlarını tıbbi ortama bağlar; doktorlar hastaların sağlık durumunu uzaktan izleyebilirler. İmplant edilebilir cihazlar, insan vücudunun hasar gören biyolojik bölümünün değiştirilmesine yardımcı

olabilirler. Giyilebilir ve implante edilebilir vücut alanı ağı geliştirmek, sensörlerin minyatürleştirilmesi, Entegre Devrelerin (IC'ler) gelişimi, daha az enerji tüketimi konularındaki iyileştirmelere bağlıdır.

2.1.1. Hayvan sağlığı alanındaki kullanım örnekleri

Akıllı sensörlerin sağladığı veriler gerçek zamanlı olarak değerli, işlem yapılabilir içgörüler sağlarsa, Nesnelerin interneti, evcil hayvan mülkiyeti ve veteriner hekimliğine yaklaşım biçimini değiştirme potansiyeline sahiptir. Nesnelerin internetini yönlendiren dijitalleşme, sensörlerin küçülmesi, yaygın ağ erişimi (Bluetooth, Wi-Fi, mobil veya uydu teknolojisi ile) ve gelişen büyük veri yaklaşımı ile bu teknolojisi daha iyi anlaşılmakta ve yatırımcılar diğer pazarlardaki uygulama olasılıklarını değerlendirmektedir [5].

Nesnelerin internetinin hayvan sağlığına uygulanması, sensörlerin arızalanması, verilerin manipüle edilmesi, bağlantı problemleri, verilerin yanlış yorumlanması gibi bir takım zorluklar da doğuracaktır. İnsan hastalar üzerinde kullanılan bazı uygulamalardan temel farkı insanların yaşadığı sıkıntıları dile getirmesinin sistemin önemli bir girdisi olmasıdır. Yani okunan verilerin insanın dile getirdiği rahatsızlığı açıklamakta kullanılabilmesi mümkündür. Ancak hayvanlar konuşup sıkıntılarını dile getiremezler ve verilerin işaret ettiği sorunlarla ilgili kullanıcı daha az kesinliğe sahiptir.

Hayvan sağlığı yönetimi için, çiftlikte, evde ve vahşi ortamda gerçek ve işlemeye uygun verileri sağlamak için IoT teknolojilerini kullanan çeşitli ürünler mevcuttur. Ancak, IoT teknolojilerinin hayvan sağlığı sektöründe gelişiminde henüz erkendir, çünkü çoğu örnek verimli bir şekilde toplanıp işlenebilen nispeten basit veriler üzerinedir. Hayvan sağlığı ekosisteminde yenilikler getiren IoT teknolojilerinin erişilebilirlikleri ve fiyatları düşmeye devam edecektir.

Yüz tanıma teknolojisini hayvanlara uygulamak (örneğin sıkıntıyı tanımlamak) için araştırmalar yapılmaktadır. Aynısı ses tanıma için de geçerlidir hayvan seslerindeki duygu ve kalıpları algılamak ve bunlara etki etmek için bazı yapay zekâ uygulamaları geliştirilmektedir [6].

2.2. Büyükbaş Hayvan Sağlığı

Çiftlik hayvanlarında verimlilik hayvan sağlığı ve mutluluğu ile doğru orantılıdır. Bir rahatsızlıktan dolayı acı çeken hayvanın acısının kaynağının tespiti bu yüzen önemlidir. Potansiyel olarak acı verici durumları değerlendirmenin mevcut yöntemlerinin çoğu, hayvan sahiplerinin veya veterinerlerin duyarlılıkları ve öznellikleri ile sınırlıdır. Bu da, bu hayvanlarda ağrının azalmasının yetersiz olduğu anlamına gelebilir. Çiftçiler ve veteriner hekimler tarafından bildirilen ana engel, ağrıyı tanımada ve ölçmede güçlük çekilmesidir [7-8], bu da ağrı kaynağının ortadan kaldırılmasında uygulanacak yöntemin etkin kullanımını engellemektedir [9]. Daha fazla ölçülebilir ağrı ölçüsü elde etmek için, spontan davranışlardaki [10-11] ya da uyarılmış doku zedelenmesi kaynaklı ağrı tepkilerindeki değişikliklerin kaydedilmesi gibi teknikler [12-14] çeşitli türlerde kabul edilmiştir. Bununla birlikte, bu teknikler, sıklıkla kapsamlı gözlem merkezleri veya karmaşık deneysel düzenlemelere ihtiyaç duyulması gibi pratik kısıtlamalara sahip olduklarından, hassas ve güvenilir ağrı göstergeleri [15-18] sağlamayabilir.

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde en sık karşılaşılan sorun olarak yanlış yemleme sonucu hayvanın sağlığının olumsuz etkilenmesi görülmektedir. Yanlış yemleme ile hayvanın fizyolojik dengesinin olumsuz etkilenmesi, hayvanın ağrılı ve mutsuz yaşam sürmesi, böylece veriminin düşmesi, hatta ölümüne kadar gidecek sorunlar ortaya çıkabilir [19].

2.2.1. Rumen biyolojisi ve sığırlarda iškembenin ph dengesi

İneklerin klasik dört odacıklı midesi, rumen, retikulum, omasum ve abomasuma bölünebilir. Rumen, en geniş bölmedir ve özofagus ile retikülo-omasal menfez arasındaki her şeyi, retikül ile sürekli olduğu için, genellikle retikülo-rumen olarak bilinir. Rumen ve retikulum, rumen büzülmeden içeriğin doğrudan karışmasını önlemek için, midenin tabanından yükselen bir rumen sütunu olan ruminoretiküler kat ile ayrılır. Boyut karşılaştırması için, rumen tipik olarak yetişkin bir sığırdaki yaklaşık 185 litredir, oysa retikulum sadece yaklaşık 16 litredir [20].

Rumen içeriğinde, daha ağır, daha ince, genellikle daha sindirilmiş partiküller dibe çökerek ventral kesesi olarak bilinen bir bölgeye batır ve daha yakın zamanda yutulmuş, daha hafif yem rumen matı (veya yüzer mat) olarak adlandırılan bir tabakaya oturur. Tahıl

konsantrasyonları yüksek bir diyetle beslenen inekler, çoğu zaman hemen dibe battığından, genellikle çok küçük veya varolmayan bir rumen matına sahiptir. Dorsal kese olarak bilinen rumenin üst bölmesi, tüm metan, karbondioksit ve rumen mikropları tarafından üretilen diğer gazların yükseldiği gaz başlığını içerir. Rumen papilla adı verilen küçük parmak benzeri çıkıntılar, rumen duvarını hizalar ve rumen mikropları tarafından salınan besinlerin emilim hızını arttırmak için yüzey alanını arttırmaya yarar [21].

Rumen insan midesine benzemez, çünkü kendi sindirim enzimlerinin veya asitlerinin hiçbirini salmaz; Bu durum, abomasumu olan ineklere mahsustur. Bunun yerine, rumen, alınan lifin büyük bir kısmını içeren sert polimer selülozu parçalamak için mikropları (bakteri, protozoa ve bazı mantarlar dahil) kullanır. İnek rumeninde, doğada var olan en yoğun nüfuslu mikrobiyal ortamlardan biridir ve ml başına 10-50 milyar bakteri bulunur [22]. Rumen içindeki koşullar statik değildir ancak sağlıklı bir mikrop popülasyonunu korumak için belirli parametrelerde kalmalıdır. Rumen mikropları anaerobiktir ve rumen ortamı da anaerobiktir; Su veya yem tarafından verilen herhangi bir oksijen, mikroplar tarafından hızla çıkarılır. İşkembe aslında bir fermentasyon haznesi olduğundan, büyük miktarda ısı sürekli olarak salınır ve bundan dolayı işkembe sürekli olarak vücudun geri kalanının 1 °C üzerindedir (bu nedenle yaklaşık 39 °C). Bu ısıya “fermantasyon ısısı” denir ve inek tarafından bir ısı kaynağı olarak kullanılabilir [23].

Bir denge içerisindeki işkembe mikropları selülozu, nişastayı, proteini görev bölümü içerisinde sindirirler. A bakterisinin ürettiği asidi B bakterisi, B bakterisinin ürettiği asidi ise C bakterisi besin olarak kullanmaktadır. Bu bakteri türlerinden bazılarının yok olması veya sayıca azalması işkembe içi bakteri yaşam döngüsünü ve genel dengeyi olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden bütün yararlı bakterilerin birlikte yaşayabildiği ideal ortamın sürekliliği önemlidir. Bazı bakterilerin ölmesi o bakterilerin tükettiği asit miktarının artmasına, ortamın olması gerekenden daha asidik hale dönmesine sebep olur.

İşkembenin ph dengesini etkileyen en önemli faktör, kaba yemlerdir. Kaba yemin fazla verilmesi tükürüğü uyarır. Tükürük rumen Ph'ını doğrudan etkiler, çünkü içeriğinde sodyum bi karbonat vardır. Sindirilmesi kolay, karbonhidrat oranı yüksek ve selüloz oranı düşük yemler ise işkembe ortamının olması gerekenden daha asidik hale gelmesinde en önemli etkidir. İşkembenin asidik hale gelmesi, rumen asidozu, işkembe sıvısında asitlik

derecesinin doğru fizyolojik aralıktan aşağıya düşmesi, başka bir deyişle işkembe sıvısında asitleşmeye sebep olan maddelerin artmış olmasıdır [24].

2.2.2. Subakut ruminal asidoz (SARA)

Süt talebinin artması ve çiftliklerde maliyetlerin düşmesiyle, verimliliği artırma yöntemleri arasında yüksek lifli diyetlerden tahıllarda (karbonhidratlar) yüksek diyetlere geçiş yer almaktadır. Bir ineğin diyetini yüksek yemli, yüksek lifli diyetten yüksek enerjili, kolayca sindirilebilir, yüksek tahıl diyetine geçirmek, uçucu yağ asitlerinin (VFA) rumen içine hızlı bir şekilde akmasına neden olur. Bu VFA, bakteri fermentasyonunun beklenen bir yan ürünüdür ve ineğe besin sağlamak için rumen duvarı tarafından absorbe edilir, ancak rumen üretildiği kadar çabuk sökülme üzere adapte edilmediğinde kolayca oluşabilir. Verimliliği artırma konusunda bu yöntem sonuç verirken, genellikle çiftçiler tarafından görülmeyen ineğin sağlığı ile ilgili önemli dezavantajları vardır. Rumende yüksek VFA konsantrasyonları genel asitliği artırır ve bu nedenle de rumen pH'ını düşürür. Bu yüzden bir ineğin diyetindeki çok miktarda tahıl, asidoz olarak adlandırılan daha asitli bir rumen ortamına yol açar [25].

İki çeşit rumen asidozu türü vardır. Bunlardan biri, daha şiddetli olan akut asidoz olarak bilinir. Genellikle bu durumda pH 5'in altına düşer. İkincisi daha az şiddetlidir, daha sık görülür. Bu durum sub-akut rumen asidozu (SARA) olarak bilinir. SARA, genellikle büyük bir yemekten sonra, geçici depresif ruminal pH dönemleri olarak teşhis edilir. Bu durumda genellikle rumen pH değeri 5,0-5,7 aralığındadır [26]. SARA'nın uzun vadeli sonuçları arasında yenen yemin azalması, süt veriminin, süt yağının azalması, yemin verimsiz kullanılması, ineğin topallaması ve istenmeyen kesim sayılabilir. Süt yağındaki azalmaların derecesi bir grup başka etmene de bağlı olmakla birlikte en temel sebebi SARA olduğundan bu hastalığın süt endüstrisi için ekonomik bir etkisi de mevcuttur [27].

Süt ineklerinde SARA hastalığının en önemli sebepleri;

- Hızlı parçalanen tahılların fazla miktarda verilmesi,
- İşkembenin verilen tahıla alışkın olmaması,
- Yetersiz kaba yem ya da saman verilmemesidir.

2.2.3. SARA belirtileri

SARA'dan muzdarip olan inekler her zaman klinik belirtiler göstermezler ve doğrudan rumen pH'sını test etmeden teşhis etmek oldukça zordur. SARA'da ineklerde görülen birincil işaretler aşağıdakilerden herhangi birini içerebilir:

- İştah azalması
- Azalan Geviş getirme
- Dışkıda sindirilmeyen tahıl
- Gaz kabarcıkları içeren köpüklü dışkı
- Düşük süt yağı oranı
- Düşük süt verimi
- İshal

Bunların yanı sıra, ikincil belirtiler daha sonra ortaya çıkabilir ve "ölüm öncesi" tanısı koymak zordur. Abomasumu kaplayan epitel hücrelerinin aksine, rinal epitel hücreleri mukus tarafından korunmaz ve asidik hasara karşı hassastır. Rumende uzun süredir devam eden düşük pH dönemleri, rumenit ve sonunda ruminal epitelde erozyona ve ülserasyona neden olabilir, bu da bakterilerin papillaları kolonize etmesine ve portal dolaşım yoluyla karaciğere ulaşmasına ve enfekte olmasına izin verir [28]. Bakteriler karaciğeri işlevsiz hale getirdiklerinde sırasıyla zatürre, endokardit, piyelonefrit ve artritle sonuçlanan akciğerleri, kalp kapaklarını, böbrekleri veya eklemleri kolonize edebilirler. Uzun süreli asidozun neden olduğu en yaygın ve etkili etkilerden biri laminit'tir. Topallık, inekler ile ilgili en önemli hayvan refahı sorunu olarak tanımlanmıştır ve üreme yetersizliği ve düşük süt verimi ile birlikte, yetiştiriciliğin önemli bir sorunudur. SARA'nın birkaç belirtisi, toplanmaya yol açabilir ancak insan sağlığını içeren sonuçlara daha ileri düzeyde ulaşabilir. Et sığırlarında 0157: H7 gibi enterohemorajik E.coli bağırsakta kalabilir ve SARA'nın neden olduğu dökülme yoluyla insanlara iyi pişmemiş et yoluyla geçirilebilir [29].

SARA'nın yaygın olarak ortaya çıktığı iki olası senaryo vardır. Birincisi, çoğunlukla buzağılama sonrası yüksek enerjili bir sağım diyetine geçiş sırasında ve ikincisi, kuru madde alımı (DMI) hesaplamasındaki yanlışlıkların, diyetlerdeki tahıl oranlarına uygun

olmayan yemlerin yol açtığı durumdur. Buzağılama sonrası ineklerin süt üretiminin engellenmeden ilerlemesine izin vermek için çok daha fazla besin kaynağı gerekir, bunlar genellikle çiftçiler tarafından diyetlerinde artan tahıl / yem oranı şeklinde sağlanır. Bunun gibi ani bir geçiş inek için sağlıksızdır ve rumen duvarı tarafından beklenmeyen bir durumdur; bu durum farklı bir kimyasal kokteyle uyum sağlamak için zaman alır. Yüksek miktarlarda tanenin kullanılmasının, yavrulama döngüsündeki konumuna bakılmaksızın SARA'ya neden olabileceğini, sadece yavrulanmanın bir diyetteki tanecığı arttırmak için ortak bir zaman olduğunu belirtmek önemlidir [30].

SARA bir “Sürü Yönetimi” aksaklığıdır. Sürekli SARA aşamasında kalmaz sonraki aşamalara ilerler. SARA'yı iştahsızlık takip eder. Tedavi edilmiş gibi görünse de belli bir süre sonra topallama, üreme yetersizliği ve hatta sığırın ölümü gibi sonuçlar doğurabilir. Birer hastalık olarak değerlendirilen bu gibi durumlar aslında hastalık değil gözardı edilen SARA hastalığının sonucudur. Fakat bu sonuçlar belirli bir süre sonra ortaya çıktığından hayvan sahibi tarafından SARA ile bağlantısı gözardı edilir. Ayrıca sürekli olarak gizli SARA varsa, yani sürekli olarak iştahsızlığının ph düzeyi bir miktar düşüğe önlem almak için girişimde bulunma fırsatı olmaz. Problem sürünün tamamına yayılmış olur. Arkasındaki asıl sebep olarak SARA önlenmedikçe farklı problemler ve diğer hastalıklar ortaya çıkar. Örneğin sebep olacağı karaciğer apselerini ancak kesimden sonra fark etmek mümkün olur ki dönüp sürüdeki diğer hayvanları kontrol etmek ve önlem almak gerekir [31].

Ayrıca sütü satın alan fabrikaların sütün yağının düşüklüğünden şikayet etmesi de sürü sahibi için bir işaret niteliğindedir. SARA'nın ilk belirtilerinden birisi de sütteki düşük yağ oranıdır. Sürünün kalanında da SARA durumu olabileceği değerlendirilmelidir [32].

2.2.4. SARA hastalığını önleme ve tedavi

Yukarıda bahsedildiği gibi, yeni bir diyetin uygulamaya konması ile yeni diyetin daha verimli kullanılması için ayarlanan rumen arasında bir gecikme süresi vardır. Çalışmalar, rumen papillalarının rumen duvarının yüzey alanını arttırmak veya azaltmak ve böylece besin maddelerinin emilimini hızlandırmak veya yavaşlatmak için değişen beden ve şekillerde diyet değişikliklerine cevap verdiğini göstermiştir. Papillaların yeni bir diyetle uyum sağlamaları ve sonuçta asit birikmesini önlemeleri için yaklaşık 4-6 haftalık bir

sürenin gerekli olduğu tahmin edilmektedir. Mikrobiyal popülasyonlarında ayrıca diyet değişikliklerine uyum sağladığı gözlemlenmiştir. Yüksek tahıl diyetine geçiş yapan ineklerin, tahıl alımlarını kademeli olarak artırarak yavaş yavaş geçiş yapmaları ve bu nedenle rumenin yeni diyetle adapte olmalarına izin verilmesi önerilir [33]. Yüksek tahıl diyetindeki en büyük sorunlardan biri neden olduğu ruminasyon eksikliği ve dolayısıyla üretilen tükürük eksikliğidir. İneklerde tükürük üretimi günde 100 litreyi kolayca geçebilir ve sindirim için gereklidir, yağlama, fermentasyon için bir sıvı ve sodyum ve potasyum bikarbonatlar ve fosfatlar gibi büyük miktarlarda tamponlama maddesi sağlar. Tükürük cuding-çiğneme ile teşvik edilir ve bu nedenle gün boyunca uzun süre çiğneyen bir ineğin, rumen içine giren ve tamponlayan bol miktarda tükürük kaynağı olacaktır. Ne yazık ki tükürük üretimi basitçe düşük ruminal pH ile uyarılmamaktadır ve bu nedenle az ruminasyon gerektiren yüksek tahıl diyetlerine sahip inekler daha az tükürük üreteceklerdir. Rumeni uyarmak için SARA ile ineklerin beslenmesinde yeterli miktarda yem kullanılması, rumen sağlığını korumak için en basit yöntemdir. Bununla birlikte, yem alımını artırma seçeneği çiftçiler tarafından her zaman iyi karşılanmamaktadır, çünkü bu genellikle inek için enerjide azalma ve dolayısıyla süt üretiminde azalma anlamına gelir [34]. Kalsiyum karbonat veya sodyum bikarbonat gibi suni tamponlar ineklere, özellikle buzağılama öncesinde ineklerde asidozu önlemenin ihtiyati bir yöntemi olarak verilebilir. Bu tamponlar ya doğrudan beslemeye eklenebilir ya da serbest seçim tamponu kadar etkili olmamasına rağmen serbest seçim olarak sağlanabilir. Total karışık rasyon (TMR) yemine tampon eklemek, erken laktasyonda veya yüksek verimli ineklerde SARA'nın herhangi bir klinik belirtisinden veya eksikliğinden bağımsız olarak yaygın bir uygulamadır. Sığırlarının rumen pH değerlerini ölçümleyebilen bir çiftçi, rumen tamponunun çıkarılmasından sonra, yüksek verimli olan sürünün, pH'da bir düşüş göstermediğini buldu. Bu rumen tamponları pahalıdır ve kesinlikle etkili olmalarına rağmen her zaman gerekli değildir [35].

Yemin fermentasyon hızı SARA oluşumunu etkileyen diğer bir önemli faktördür. Rumen belirli bir miktarda asitlik tamponlayabilir, ancak hızlı fermentasyon ile birlikte hızlı bir VFA akıntısı ortaya çıkar ve fermentasyon çok hızlı olursa sistem devam edemez. Belirli bir yemin fermentasyon oranını etkileyen bir parametre parçacık büyüklüğüdür. Küçük partikül boyutu mevcut yüzey alanını artırır ve böylece bakterilerin besiyeye erişme ve sindirme hızını artırır. Diğer bir parametre, beslemenin nem içeriğidir. Yüksek nemli tahıl, rumen sıvısının kuru tahıl gibi ıslanmasına izin vermek için bir süre gerektirmez ve bu

nedenle hemen rumen girişinde mayalanmaya başlayabilir. Yemin parçacık boyutunun ve / veya nem içeriğinin ayarlanması, rumen içindeki fermentasyon hızını yavaşlatma ve dolayısıyla asitlikteki artışı yavaşlatma ve iç tamponlama sisteminin devam etmesine izin verme potansiyeline sahiptir. Rumene giren asit oranının yanı sıra, rumenden çıkan asit oranı, rumen sağlığını iyileştirmek için başka bir olası yoldur. VFA absorpsiyonunun ruminal epitel boyunca pasif difüzyon yoluyla gerçekleştiği bilinmektedir, ancak nispeten yakın bir zamanda iyonize edilmiş VFA'nın epitel boyunca bikarbonat ile değiştirildiği kanıtlanmıştır. Rumen içine salındığında bikarbonat iyonları (HCO_3^-) sonra serbest karbon iyonları (H^+) ile reaksiyona girerek karbon dioksit ve su oluşturur, bikarbonatı tekrar rumen içine bırakır ve doğal bir tampon görevi görür. Rumen mukozasının biyokimyası sürekli olarak değişkenlik göstermektedir ve bu durum, bazılarının, emme oranlarını arttırmak için muhtemelen takviyeleri veya hatta genetiği değiştiren sığırlara izin veren gelişmiş epitelyal absorpsiyon / sekresyon sağlamak için yöntemler geliştiriceğine işaret etmektedir [36].

SARA ve rumen pH'sı konusunda toplanan tüm veriler, rumen tamponlama sisteminin gerçekte ne kadar karmaşık ve dinamik olduğunu göstermektedir. Basitçe bir ineğe bakmak ve dış asidoz bulguları ile rumen durumunu belirlemeye çalışmak, rumenin doğrudan izlenmesine yönelik yöntemler zamanla ulaşılabilir hale geldikçe daha da kolay hale gelecektir.

2.3. Yapılan Çalışmalar

Büyükbaş hayvan sağlığının takibini amaçlayan bazı çalışmalar şunlardır.

2.3.1. Süt ineklerinin vücut ısını bir rumen modülü ile izlemek için pilot çalışma

Süt ineklerinin izlenmesi esas olarak çiftlik işlemlerinin operasyonel kontrolü için yapılır. Gıda güvenliği, hayvan sağlığı ve hayvan refahı konusunda halkın endişesi nedeniyle bu kontrol faaliyetlerinin önem kazanması beklenmektedir. Bu, aynı zamanda, sürülerdeki bireysel hayvanlardan doğru verileri toplamak için artan bir ihtiyaca işaret eder. Öte yandan, ortalama sürü boyutu artmakta, böylece bireysel inek başına harcanan zaman azalmaktadır. Sensörler bireysel inek başına veri toplanması için kullanılabilir. Bu nedenle, çeşitli araştırma grupları ve şirketler kablosuz sensör sistemlerinin geliştirilmesi üzerinde

çalışmaktadırlar. Kapsül tabanlı pH ve sıcaklık sensörlerinin bir kombinasyonundan elde edilen veriler çiftçilerin beslenme kalıplarını optimizasyonu, hastalıkları tespiti ve yetiştirmeyi yönetmek için kullanılabilir [37].

2.3.2. Süt ineklerinde klinik asidozu izlemek için kablosuz bir telemetrik yöntem

Ruminant hayvanlar bakteri fermentasyonu ile selüloz içeren yemleri besleyicilere dönüştürürler. Rumen içindeki bakteri kültürünün sağlığı, hayvanın sağlığı ve üretkenliği için gereklidir. Birkaç yılda rumin ve bakteri popülasyonunu incelemek için izlenen hayvanlar kullanılmıştır. Rumenin pH'ını 6.5 ile 5.5 pH arasında tutmanın tekniklerinin süt ineklerinin sağlığı için önemli olduğu belirlenmiştir. Rumen pH'ı aralıklarla veya günlük olarak kaydedicilerle inegın içine yerleştirilen sensörler kullanılarak kaydedilmiştir. Bolus, bir sensör, sinyali ileten ve konfigüre eden ve verileri depolayan bir elektronik bileşenden, bir radyo vericisi, anten ve pili içeren bir kapsülün, hayvanın boğazını geçirecek kadar küçük, kapalı bir kaptaki sızdırmaz şekilde kapatılmış halidir [38].

2.3.3. Ruminal pH'ın sürekli uzun süreli izlenmesi

Şimdiye kadar, bu uygulamanın tüm gereksinimlerini karşılayan vericiler eksikliği nedeniyle, subakut rumen asidozunun (SARA) etkili bir şekilde tespit edilmesi ve tedavi edilmesi için gerekli olan, süt ineklerinde rumen pH'nın sürekli uzun süreli izlenmesi mümkün değildir. Dolayısıyla, veri depolamalı otonom bir pH probu laboratuarda ve fistüle edilmiş bir inek üzerinde geliştirilmiş ve araştırılmıştır. Rumende 14 günlük ölçüm esnasında pH sürüklenme, pH'ı <0.2'den düşük gerçekleşmiştir [39].

2.3.4. Genç boğalarda eticulo-rumen sıcaklık boluslarını kullanarak sığır solunum hastalığının erken tespiti

Sığır solunum yolu hastalığı (Bovine Respiratory Disease(BRD)), sığır eti endüstrisinde en önemli sağlık sorunudur. Besi birimlerine geldikten sonraki ilk hafta boyunca yaygın olarak görülür ve bu dönemde hastalık vakalarının% 75-80'ini oluşturur. BRD'nin doğru saptanması etkili tedavinin uygulanması için çok önemlidir. BRD nin sığırların tanımlanması için mevcut yöntemler, esas olarak sahiplerinin veya besleme robotu kontrol personelinin görsel değerlendirmesidir, doğru bir yöntem değildir ve BRD'nin erken

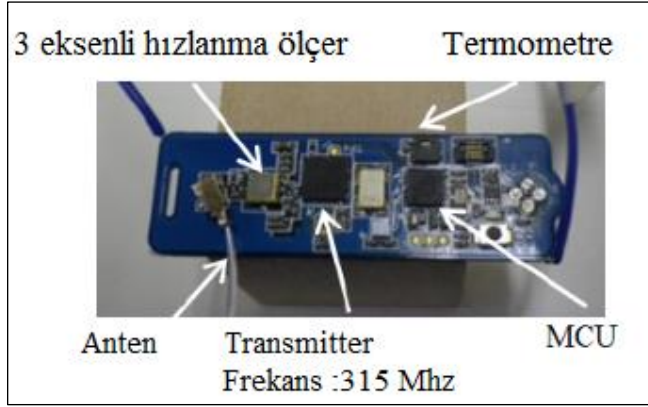
teşhisine izin vermemektedir. Dahası, gözlemle saptanabilen BRD'nin klinik bulguları genellikle hastalığın ilerleyen saatlerinde ortaya çıkar [40].

2.3.5. Hayvan sağlığı yönetimi için giyilebilir sensörlerde son gelişmeler

Hayvan sağlığı yönetimi için kullanılan bir uygulama olan biyosensörler, küresel çapta hızla gelişen bir pazardır. Küresel olarak, hayvan sağlığı yönetimi için üretilen bir dizi sensör, ticarileşmenin çeşitli aşamalarında bulunmaktadır. Doğru bir sağlık durumu ve hastalık teşhisi üretmek için kullanılan bazı teknolojiler yalnızca insanlar için geçerlidir, hayvan modellerinde çok az değişiklik veya test uygulanır. Bu yenilikçi teknolojiler gelecekte hayvan yetiştirme ve refahında kullanılması için düşünülmektedir. Mikro akışkanlar, ses analizörleri, görüntü algılama teknikleri, ter ve tükürük algılama, serodiagnosis gibi çeşitli teknolojileri de içeren hassas hayvancılık teknikleri uygulanmaktadır. Son zamanlarda, sağlık verilerinin izlenmesi için E-Pills kullanılmıştır. Bu haplar çok uzun süredir bir ineğin rumende kalarak ve bulut yazılımıyla veri iletmektedirler. Bu şekilde, çiftçi hayvanın vücut ısısı, kalp hızı vb. ile ilgili önemli verileri başarıyla toplayabilmektedir. Laktozsuz sütçü keçiler için benzer sensörler geliştirilmiştir. Hastalığın başlangıcını algılamak için vücut sıcaklığını izleyen e-etiketlerin kullanımı da yaygınlaşmaktadır [41].

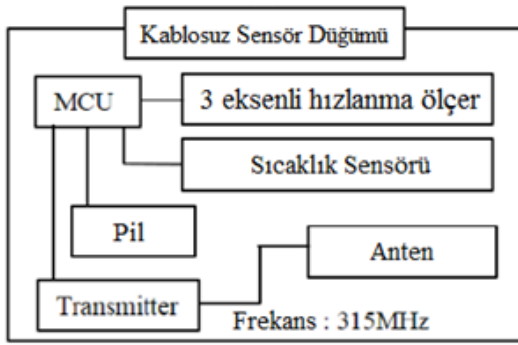
2.4. Mevcut Sistemler

Nogami ve ekibi tarafından yapılan çalışma da SARA hastalığının büyükbaş hayvan için ölümcül etkisi kabul edilip, tespiti için pH ölçümü yerine sıcaklık ölçer ve 3 eksenli hızlanma ölçer (accelerometer) ile yapılan ölçümlerden faydalanılabileceği anlatılmaktadır. PH sensörünün birincil avantajı, ruminal pH'ı sürekli olarak ölçebilmesidir. Bununla birlikte, bu sensör düğümlerinin kısa ömürleri vardır çünkü referans elektrodunun iç sıvısının hacmi ile sınırlıdır. Rumen hareketleri taklit edilerek, üç eksenli hızlanma ölçer kablosuz sensör düğümleri kullanılarak rumen durumu değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Bu gibi sensör düğümlerinin teorik ömrü esas olarak hızlanma verisinin iletim frekansına ve pilin boyutuna bağlıdır ve önerilen sensör düğümleri 30.0 mm çapında ve 70.0 mm uzunluğundadır ve 600 günden daha uzun bir ömre sahiptir. Sonuç olarak, rumen içi ayırt edici hareketleri tespit etmek mümkündür. Geliştirilen sistemin bileşenleri Şekil 2.1'de yer almaktadır [42].



Şekil 2.1. Nagomi ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin bileşenleri

Genel olarak benzer sistemler için ortak olan çalışma şeması Şekil 2.2'de yer almaktadır.



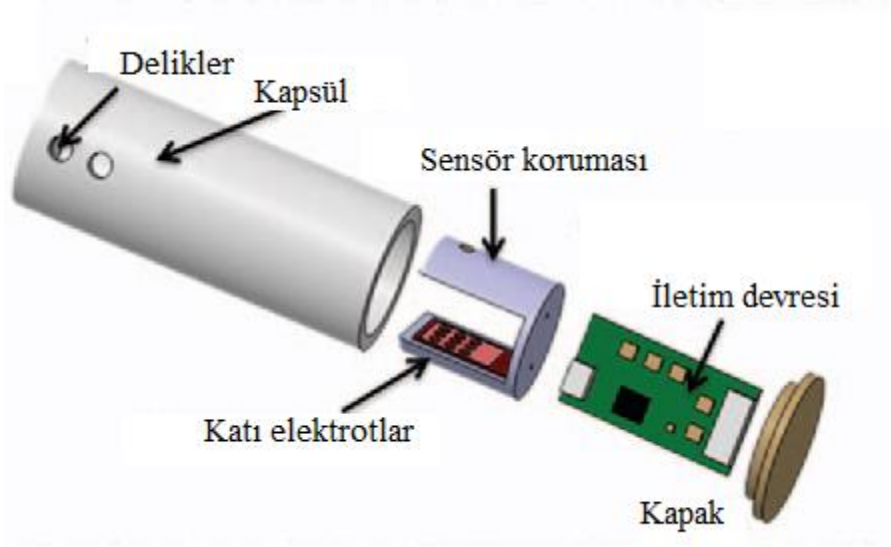
Şekil 2.2. Nagomi ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin çalışma şeması

Mottram ve ekibi tarafından geliştirilen sistem ile 15 dakika aralıklarla gönderilen veriler ile günde 96 adet pH ve sıcaklık ölçüm sonucu elde edilebilmektedir. İşkembe içinden ölçüm yapabilen bu küçük boyutlu bolus ile 5 aylık veri almak mümkündür. İşkembeye zarar vermeyecek şekilde yuvarlatılmış pürüssüz yüzeye sahip bir koruma kabına sahiptir. Resim 2.1'de sistemin görüntüsü mevcuttur [43].



Resim 2.1. Mottram ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin görüntüsü

Zhang ve ekibi tarafından her ölçüm için düşük güç tüketimi olan 8.2×10^{-4} mAh ve 0.01pH'lık yüksek hassasiyete sahip bir katı tip pH sensörü, inek-rumenin gerçek zamanlı izlenmesi için geliştirilmiştir. Uzun süre çalışması için geliştirilen sistemin işkembe içine yerleştirilmesi için hayvanın arka üst bölümünde kapaklı bir delik açılmaktadır. pH ölçümü için katı elektrotlar kullanılmıştır. Şekil 2.2'de sistemin bileşenleri gösterilmektedir [44].



Şekil 2.3. Zhang ve ekibi tarafından geliştirilen sistemin bileşenleri

Well Cow şirketi tarafından geliştirilen sistem 15 dakika aralıklarla sıcaklık ve pH değeri ölçümü yapıp kablosuz olarak iletimini yapabilmektedir. Sistem 100 güne kadar süreyle çalışmaktadır. Resim 2.2'te sistemin dış kapsülü gösterilmektedir [45].



Resim 2.2. Well Cow şirketi tarafından geliştirilen sıcaklık ve rumen pH ölçüm ve aktarım cihazı

Maform şirketi tarafından geliştirilen rumen bolus, pH seviyesinin ve rumen sıcaklığının sürekli ve güvenilir bir şekilde ölçülmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem aynı zamanda işkembe içi amonyak ve karbondioksit yoğunluğunu da ölçmektedir. Tüm veriler otomatik olarak önce veri toplama istasyonuna, daha sonra çiftçilere, veterinerlere ve bilim adamlarına bilgileri işleme koymalarını ve beklenmedik meseleleri ele almalarını sağlayan bulut tabanlı bir sisteme iletilmektedir. Resim 2.3'te moow kapsülü gösterilmektedir [46].



Resim 2.3. Moow işkembe içi sıcaklık, pH, CO₂, NH₃ ölçüm ve aktarım cihazı

Smaxtec Animal Care şirketinin geliştirdiği smaxtec kapsüller 15 dakika aralıklarla yaptığı pH ölçümlerini ve sıcaklık ölçümlerini 12 haftalık süre boyunca çiftlik sahibinin mobil cihazına veya cep telefonuna aktarabilmektedir. Resim 2.4'te Smaxtec dış kapsülü gösterilmektedir [47].



Resim 2.4. Smaxtec pH ve sıcaklık ölçme sistemi dış görüntüsü

Moonsyst firmasının geliştirdiği rumen bolus 6 yıldan fazla süre boyunca işkembe içinden veri aktarımı yapabilmekte ama bunu sağlamak için çok sayıda güç ünitesi ile beslenmesi gerekmektedir. Bu yüzden hayvana yutturulabilecek büyüklükten daha büyük hacme sahiptir. Işkembe içine cerrahi operasyon ile yerleştirilmektedir. Prensip olarak hayvana yutturulan tipteki sistemlerle benzer şekilde çalışmaktadır. Resim 2.5'te moonsyst kapsülü görölmektedir [48].



Resim 2.5. Moonsyst pH ve sıcaklık ölçme sistemi dış görüntüsü

3. YÖNTEM ve ARAÇLAR

Büyükbaş çiftlik hayvanlarının yetiştirilme amacı besi hayvancılığı ve süt üreticiliğidir. Besi hayvancılığında amaç hayvanın sağlıklı bir şekilde mümkün olan en fazla kiloyu almasıdır. Süt üreticiliğinde de günde elde edilen süt miktarını mümkün olan en üst seviyede tutmaktır. Verimli et ve süt üreticiliği yapabilmek için işkembenin sağlığı hakkında mümkünse anlık bilgi sahibi olabilmek oldukça önemlidir. Meydana gelebilecek olumsuz değişimlerden mümkün olduğu kadar erken haberdar olmak daha kötüye gidebilecek bir dengesizliğin önüne geçmeye yardımcı olur. Geliştirilmek istenen sistemin amacı, sığırların sağlıklı ve mutlu olmaları ve bununla birlikte ekonomik verimliliklerinin en üst seviyede tutulmasıdır. Bunun için yaşam döngülerinde önemli bir yer tutan işkembe pH değerinin anlık olarak ölçülüp gerekli yemleme metodu ile müdahalenin en kısa sürede gerçekleştirilmesine olanak sağlayan teçhizat ve yazılımın geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu kapsamda;

- Projenin amacı doğrultusunda araçların geliştirilmesi ve temsili ortam üzerinde testler gerçekleştirilmesi,
- Geliştirilecek modülün hayvanın karnında herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet vermeden mümkün olduğu kadar operatif kalabilmesi,
- Kablosuz ağ üzerinden açık alanda 45 m. mesafeye kadar sıcaklık ve pH değerlerinin sağlıklı ve eksiksiz şekilde aktarılabilmesi
- Performans testleri kapsamında, dijital pH algılayıcıların ne kadar süreyle kalibre edilmeden doğru sonuçlar üretebileceğinin tespit edilmesi,
- Cihazın enerjisinin ne kadar süreyle çalışmasını sağlayabileceğinin tespit edilmesi,
- Verilerin iletim aralıkları, iletim şekilleri, kullanılabilecek kablosuz aktarım metotlarının incelenmesi ve karşılaştırılması,
- Benzeri, sistemlerin en temel problemi maliyetlerinin yüksek olmasından, son kullanıcı için daha erişilebilir ve ucuz bir sistem geliştirilmesi,
- Kalite ve yararlılık ile düşük maliyet arasında uygun dengenin sağlanabildiği bir modern teşhis metodu geliştirilmesi,
- Modülün enerji tüketiminin emsallerine göre düşük olması,
- Alınan verilerin sabit istasyonlar ve mobil cihazlar aracılığıyla anlaşılabilir bir şekilde görüntülenebilmesi, amaçlanmaktadır.

Bu bölümde mevcut sistemlere alternatif olarak geliştirilen sistem için tercih edilen donanım, yazılım ve geliştirme metodolojisi hakkında bilgiler bulunmaktadır.

3.1. Materyal

Bu bölümde geliştirilen çözümde kullanılan ölçüm ve aktarım araçları ve tercih edilen yazılımlar hakkında bilgiler bulunmaktadır. Sistemin donanım olarak geliştirilmesinde, açık kaynaklı, kullanıcı dostu ve diğer bileşenler ile kolay entegrasyonu nedeniyle yaygın bir donanım ve yazılım platformu olan Arduino tercih edilmiştir. Yazılımın geliştirilmesi için ortam olarak Visual Studio 2017 kullanılmıştır.

3.1.1. Yazılım Tercihi

Ölçüm ve aktarımı sağlayan sistemin donanımını yönetmek için kullanılan yazılım Arduino IDE ortamında geliştirilmiştir. Sistemin kullanıcıların ölçüm sonuçlarını görebilmesi ve kolay yorumlayabilmesi için kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Alınan ölçümleri her ortamda görüntüleyebilmek için (Telefon, tablet, PC) Visual Studio ASP.NET aracılığıyla web uygulaması geliştirilmiştir. Veritabanı OLEDBConnection sınıfı aracılığıyla ilk önce Microsoft Office Access üzerinde geliştirilmiş, daha sonra yazılım ile uyumu ve daha stabil çalışması nedeniyle SQL sunucusuna imigrasyonu sağlanmıştır. Veritabanı yönetimi SQL Server Management Studio ile gerçekleştirilmiştir.

Ölçümleri gerçekleştiren sistemin yazılımın ve sonuçların görüntülenebilmesini sağlayan arayüzün, yazılımın geliştirilmesi için kullanılan ortamların sürüm bilgisi Çizelge 3.1'de gösterildiği şekildedir.

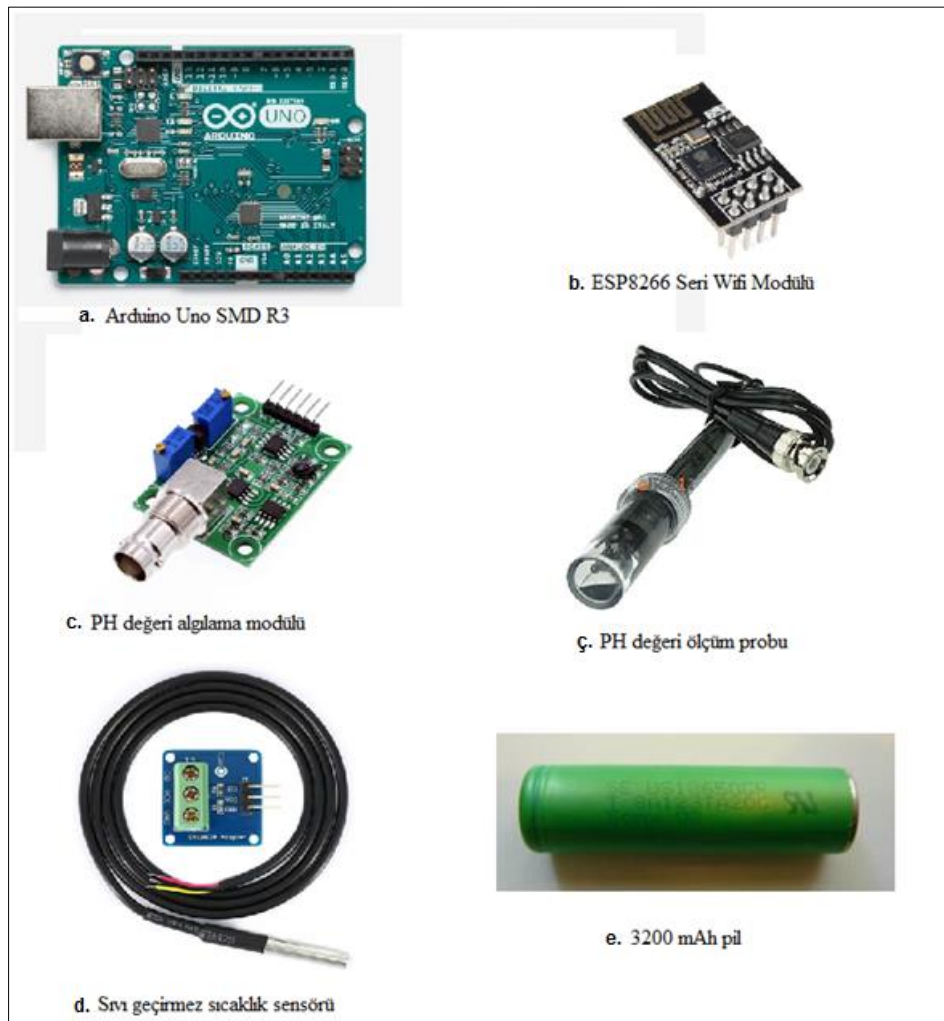
Çizelge 3.1. Geliştirilen çözümde kullanılan ortamların sürümleri

Uygulama	Sürüm
Arduino IDE	1.8.9
Visual Studio	2017
Microsoft Office Access	2013
SQL Server	2017
SQL Server Management Studio (SSMS)	18.1

Geliştirme ve test aşamasında işletim sistemi, yazılım geliştirme arayüzleri, veritabanı yönetim araçlarının son sürümlerinin kullanımına dikkat edilmiştir.

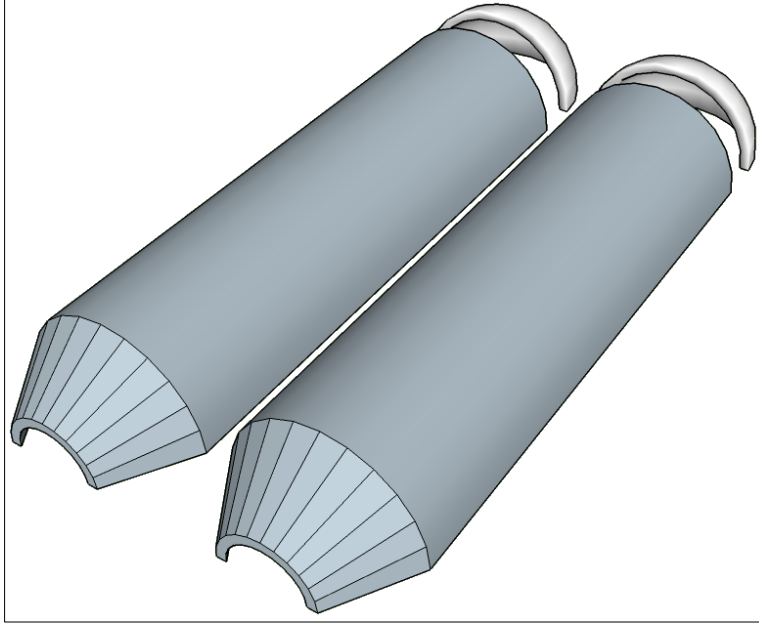
3.1.2. Donanım tercihi

Kullanımının kolay olması, donanım ve yazılım olarak işlevsel olması, açık kaynak kodlu olması ve fiyat olarak bütçe dostu olması, bu sayede toplam sistem maliyetinin geliştirme ve ürüne dönüştürme açısından daha makul olması bakımından Arduino geliştirme kartı ve elektronik platformu kullanılmıştır. Uyumlu çalışabilen diğer donanımlar ESP8266 Seri Wifi Modülü, pH değeri algılama modülü, pH ölçüm probu, verici devre, sıcaklık sensörü ve 3200 mAh pil Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



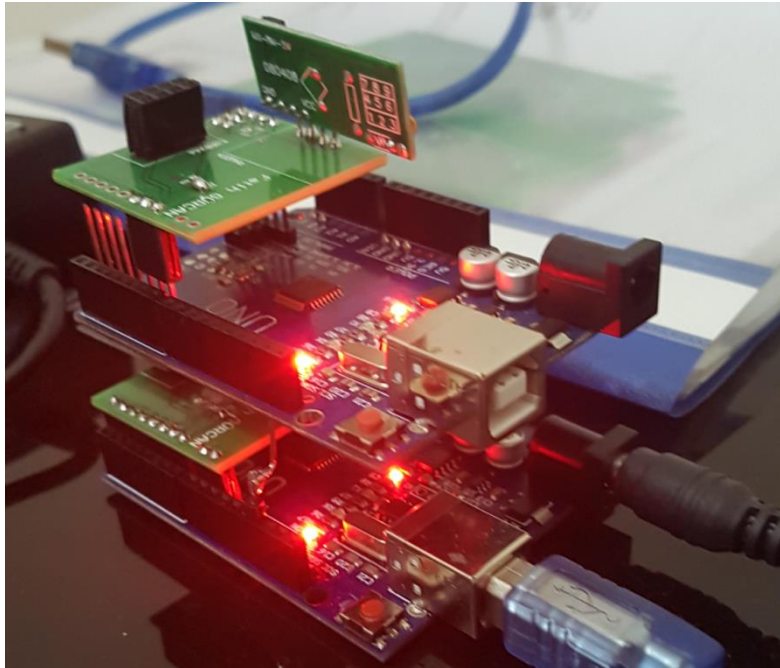
Şekil 3.1. Ölçüm sisteminin donanımsal bileşenleri

Verici sistemin probunu, antenini, devresini ve pilini muhafaza edebilecek büyüklükte bşr kapsül tasarlanmış, modellenmiş ve şekillendirilmiştir. Kapsülün toplam model görüntüsü Resim 3.1’deki gibidir.



Resim 3.1. Verici sistemin kapsülünün 3 boyutlu tasarımı

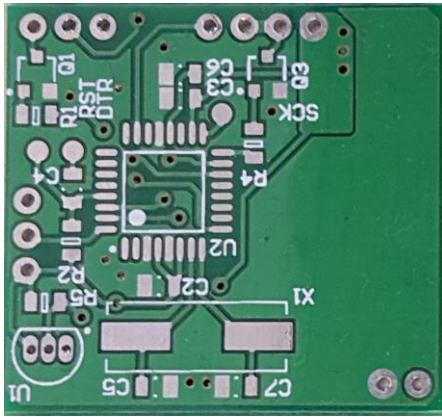
Alıcı sistemin toplam görüntüsü Resim 3.2’deki gibidir.



Resim 3.2. Alıcı sistemin görüntüsü

3.1.3. Devre tasarımı

Geliştirilen çözüm büyükbaş hayvanın iškembesine yerleştirilmek üzere bir verici sistemden, ölçüm sonuçları vericiden alıp kablosuz ađ üzerinden buluta veya yerel veritabanına aktaran alıcı sistemden oluşmaktadır. Sistemin daha sağlıklı çalışması için ve güç biriminin imkan verdiği süre boyunca donanımsal problem yaşatmaması için alıcı ve verici sistemlerin devreleri baskı devre kartlarına (PCB) basılmıştır. Resim 3.3'de verici sistemin devre kartının görüntüsü, EK-1'de devre şeması gösterilmektedir.

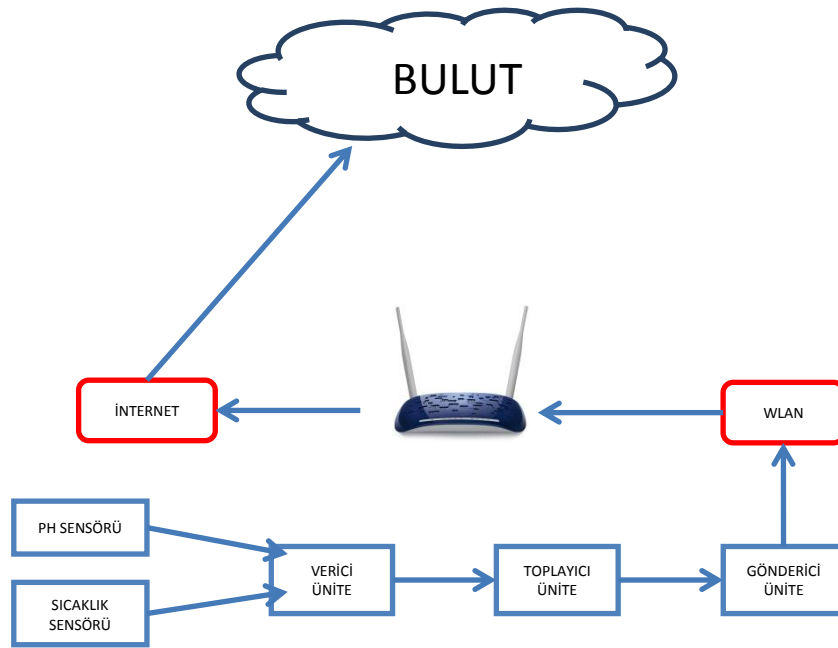


Maliyeti düşürmek için kullanılan Klon Arduino kart kart yöneticisinden Arduino UNO ile birlikte çalışabilmektedir. Ayrıca mevcut bilgisayar üzerinden verici sistem ile COM8 Seri portu kullanılmaktadır. Arduino uyumlu kart seçim ekranı EK-3'te gösterilmektedir.

3.2. Geliştirme Metodu

Geliştirme sürecinde sistem oluşturulmuş gerçek ölçüm sonuçları kullanılmış sistemin ölçülen değerlere göre verdiği tepkiler gözlemlenmiştir. Sistemin önerilen güç tüketim planına vereceği tepkiler ise sistemin üreteceği tipte veriler oluşturularak gösterilmiştir. Geliştirilen çözümün kalite ve başarımlarını değerlendirmesi benzer çalışmalarda güç tüketim sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Sistem alıcı ve verici ünitelerin haberleşmesi üzerine kurulmuştur. Verici ünite pH sensöründen aldığı veriyi ve sıcaklık sensöründen aldığı veriyi alıcı devreye kablosuz WiFi ağı üzerinden göndermektedir. Toplayıcı ünite ise alıcı ve gönderici iki sistemden oluşmaktadır. Toplayıcı sistem verici üniteden gelen veriyi gönderici üniteye I²C protokolü üzerinden göndermektedir. Gönderici ünite de bağlı olduğu kablosuz ağ üzerinden buluta veriyi göndermektedir. Şekil 3.2'de sistemin akış şeması gösterilmektedir.



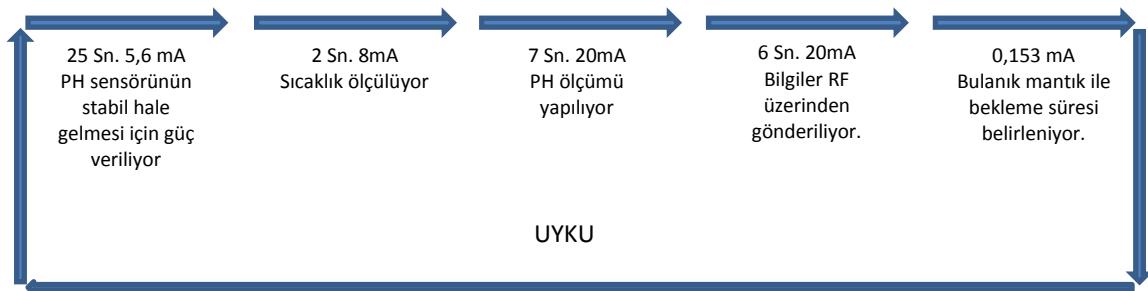
Şekil 3.2. Sistemin akış şeması

3.3. İşlem Döngüsü

PH sensörünün doğru ölçüm yapabilmesi için stabil hale gelmesi, bunun içinde ölçümden 25 saniye önce güç verilmeye başlanması gerekmektedir. Daha sonraki 2 saniyede sıcaklık ölçümü gerçekleşmektedir. PH ölçümü için 7 saniye daha sisteme güç verilmektedir. Sistemin ölçümlediği sıcaklık ve pH verilerinin RF üzerinden alıcı birime gönderilmesi ise 6 saniye sürmektedir. Ölçüm sonucuna göre bekleme süresi belirlenmektedir. Bir sonraki ölçüm için bekleme süresi belirlenmesi için Karar Destek Sistemi (KDS) olarak Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) yöntemi tercih edilmiştir. Ölçümler için sabit aralıklar belirlemek yerine işkemenin sağlığı hakkında bilgi verecek olan pH bilgi girişi, sıcaklık bilgi girişi, son 10 ölçümün ortalaması bilgi girişi verileri kullanılarak bulanık mantık ile değerlendirilip sağlık durumu için belirlenen puana göre daha doğru değişken sürelerde ölçümler yapılması sağlanmaktadır.

Güç tüketimini tespit etmek için UNI-T UT58C multimetre kullanılmıştır. Yapılan ölçümlere göre sistemin bir çalışma döngüsü içinde 0,153 mA enerji kullandığı tespit edilmiştir. Sistemin güç birimi 3600 mA olup %70 verimlilik ile çalıştığı kabul edildiğinde, 2520 mA toplam güce sahip denilebilir. Bu hesaba göre 16470,58 ölçüm yapıp aktaracağı düşünülebilir.

Verici sistemin bir ölçüm sırasında gerçekleştirdiği işlemler ve bu işlemlerin güç tüketim değerleri döngüsel grafik şeklinde Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Sistem geliştirilirken yapılan gözlemlerde sisteme gücün ölçümden önce verilerek sistemin stabil hale getirilmesi gerektiği, aksi halde ölçüm sonuçlarının hatalı olacağı tespit edilmiştir. Bu yüzden her ölçüm zamanı geldiğinde sistem 20 saniye önce uyanıp, ölçüm zamanına kadar uyanık kalarak ölçümü beklemektedir.



Şekil 3.3. Sistemin 1 ölçüm ve 1 aktarım için çalışma döngüsü

3.4. Bulanık Mantık

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) karmaşık, doğru şekilde tanımlanması ve modellenmesi güç ve verilerin niteliklerinin kesin olmadığı durumlarda süreçlerin işletilmesi için kullanılan başarılı bir yöntemdir [49]. Belirli aralıklar için net çizgiler çizip net ifadeler kullanmak yerine, insan mantığına daha uygun şekilde, birden fazla şekilde tanımlama yapılabilmesini sağlar. Belirli bir uzunluk ölçüsü için sadece uzun, sadece orta veya sadece kısa gibi net ifadeler yerine, uzun ama belli oranda uzun, aynı zamanda orta boylu ama belli oranda orta boylu gibi bulanık ifadeler kullanılabilmesine ve bu tanımlamaların makinelere anlatılabilmesine olanak tanır. Bu şekilde makinelerin karar aşamasında niteleme yaparken kesin değil, yaklaşık düşünebilmesi ve bu şekilde daha insan benzeri kararlar verebilmesi sağlanır [50].

Bulanık mantık yönteminin avantajları şunlardır;

- Tanımlama yaparken dilsel ifadeler kullanılabilir
- Her şeyin $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilebilir.
- Mantıksal olan tüm sistemler bulanık olarak tanımlanabilir.

Bulanık mantığın uygulandığı alanlar ve cihazlarda kullanışlılık, doğruluk, enerji ve zaman tasarrufu konularında çeşitli avantajlar sağladığı görülmektedir [51].

3.4.1. Bulanık mantığın işkembe pH ölçümleme sistemine uygulanması

Bu çalışmada ölçüm sonuçlarından hayvanın sağlık durumunu belirleyip sonuca göre belirli aralıklarla ölçüm yapması planlanan işkembe pH ve sıcaklık ölçüm cihazının daha doğru zaman aralıkları belirlemesi için bulanık mantık uygulanmıştır.

Klasik mantıkta sınıflandırmalar kesindir, yani bir pH değeri ya sağlıklı ölçüm aralığındadır ya da değildir. Kısmi olarak sağlıklı aralıkta veya aralık dışında değildir. Kısaca klasik kümelere göre 0 (sağlıksız değer) ve 1 (sağlıklı değer) mantığı vardır. Diğer taraftan bulanık mantık insan mantığına benzer şekilde belirsiz ve yaklaşık durumlara göre karar verebilir. Ayrıca bir eleman birden fazla durum kümesine de ait olabilir.

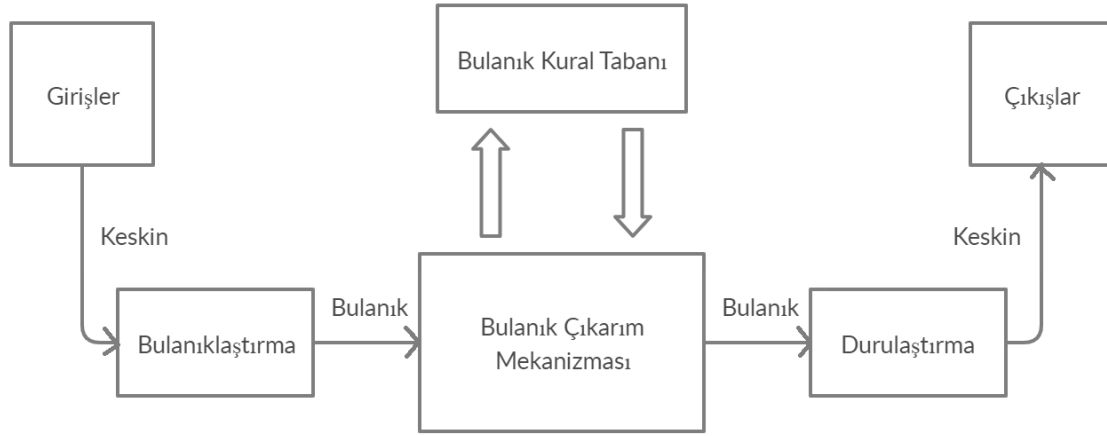
İşkembe ideal mikrobiyal ortamının pH değeri için aralık olarak 5,5 – 6,5 değerlerinin arası klasik mantığa göre sağlıklıyken bu aralığın dışında kalan bütün değerler sağlıksızdır. Yani 5,5 değeri ne kadar sağlıklıysa 6 değeri de o kadar sağlıklıdır veya 5,4 değeri ne kadar sağlıksızsa, hayvan için çok daha kötü bir durum olup daha acil müdahale edilmesi gereken 4 ve altındaki daha asidik ortam pH değeri o kadar sağlıksızdır.

Klasik mantığa göre 5,5 pH değeri %100 sağlıklıyken 5,4 pH değeri %0 sağlıklı demektir. Bulanık mantığın bu sisteme uygulanması ile belirli ve birbirine geçmiş, yani ortak değerlere sahip çeşitli pH değeri aralıkları tanımlanabilmektedir. Belirli aralıktaki bazı değerleri belli oranlarda sağlıksız, normal değerlerde şeklinde önceden belirlenmektedir. Böylece sistemin çok daha sağlıksız bir durumda vereceği tepkiyle sağlıklı da sayılabilecek bir değer ürettiğinde vereceği tepkiyi ayırmak mümkün olmaktadır.

Birden fazla girdinin sistemin toplam kararına etki etmesi de mümkündür. Bu sistemde sıcaklık değerinin de ölçümlendikten sonra sağlıklı ve sağlıksız olarak iki kesin küme değil, belirli oranda sağlıklı belirli oranda sağlıksız olarak tanımlanabilmekte ve sistemin karar verirken daha doğru ve mantıklı hareket edebilmesi sağlanmaktadır.

Bulanık mantık modelinin sıcaklık ve pH değeri girdilerinin belirli oranlarda sağlıklı veya sağlıksız olarak belirlenmesinden sonra sağlıksız olduğu ölçüde daha sık şekilde ölçüm yapması sağlanmıştır. Bu şekilde sağlıksız bir işkembe içindeki sistemin kritik olan dönemlerde daha sık ölçümler yaparak çiftlik sahibi veya veterineri bilgilendirmekte, sağlıklı bir işkembe içindeki sistemin ise daha uzun süre servis vermesi sağlanmaktadır.

Bulanık mantık modelinin temel elemanları olan bulanıklaştırma ve durulaştırma birimleri, bulanık çıkarım mekanizması ve bulanık kural tabanı Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



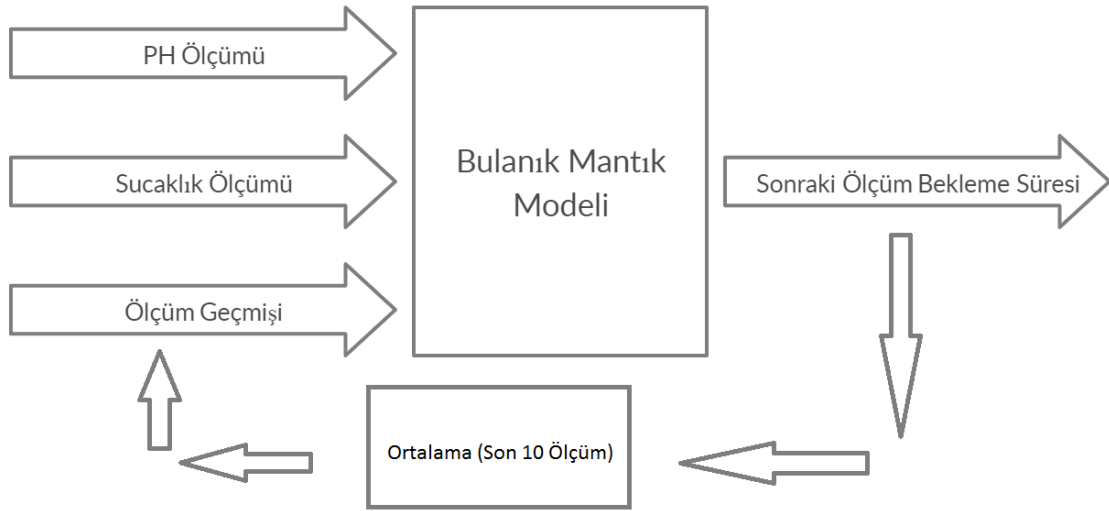
Şekil 3.4. - Bulanık mantık modelinin yapısı

Her hangi bir sisteme bulanık mantık yaklaşımının uygulanması için öncelikle karar verebilmesine katkı sağlayabilecek giriş ve çıkışların doğru belirlenmesi gerekmektedir. İşkembe ölçüm probunun ölçümleyip sisteme doğrudan sağladığı değerler sıcaklık ve pH değerleridir. Bu arada işkembe pH değeri hayvanın beslenme döngüsü içinde belirli zamanlarda doğal olarak kısa süreli sağlıklı aralıklarda değerler üretebilmektedir. Yani sağlıklı bir hayvanın işkembe değeri beslenme döngüsünün geniş getirme aralığında daha asidik değerler üretebilirken, aslında sağlıklı ve asidik ortama sahip bir işkembe de beslenme sırasında normalden daha bazik değerler üreterek yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu durumda ölçülmesi planlanan ortam değerlerinin daha doğru değerlendirilebilmesi için önceki ölçümleri de göz önüne almak daha doğru olur. Yani sadece mevcut durumun ölçülmesi yanıltıcı olabileceğinden geçmişi de değerlendirmek gerekir. Bu yüzden sisteme giriş olarak her ölçümle gelen pH ve sıcaklık verilerinin yanına önceki durulaştırma sonucu olan süre değerlerinin ortalaması eklenmiş ve kendi kendini besleyen bir bulanık mantık modeli tasarlanmıştır.

Önceki ölçüm sonuçlarında çok önceki değerlerin ortalamasını almak sistemin yeni ölçümlerde karar alırken kullanacağı ortalama değer yanıltıcı olacaktır. Hayvanın işkembesinin sağlığının bozulduğunu algılamak ve kullanıcıya iletmek sağlıklı çok sayıda girdiden sonra mümkün olur. Az sayıda sonucun ortalamasını bulanık modele girdi olarak belirlemek ise beslenme döngüsü içindeki doğal değişimlerin sistem tarafından yanlışlıkla sağlığın bozulması şeklinde algılanabilir.

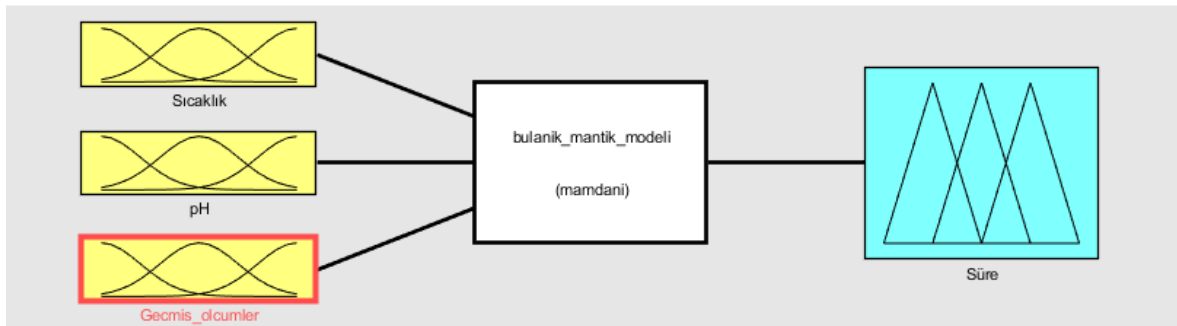
İşkembe sağlık durumunu ölçümleyip gösterebilen sistemin bulanık mantık giriş ve çıkışları bu sistem için temel bulanık mantık modelinin diyagramı Şekil 3.5'te görüldüğü gibi belirlenmiştir.

Bütün grafiksel gösterimlerde çözünürlüğü belirlemek için gösterilen nokta sayısı (plot points) 181 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Sistem için ön görülen giriş ve çıkış parametreleri

Sistemin MATLAB Fuzzy Logic Toolbox ile oluşturulmuş tasarımı Şekil 3.6'te görüldüğü gibidir.

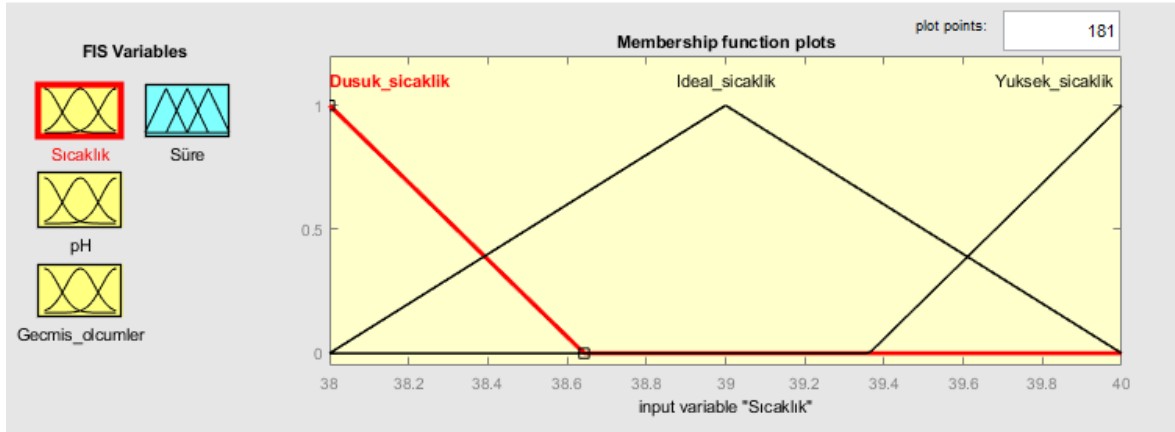


Şekil 3.6 – Bulanık sistemin tasarımı

İşkembe sağlığının bozulduğu durumu mümkün olan en kısa zamanda haber almak ve beslenme şeklini değiştirerek gerekli şekilde müdahale etmek için mümkün olan en kısa zamanda haberdar olurken sistemin güç tüketimini de kontrol altına almak için bulanık

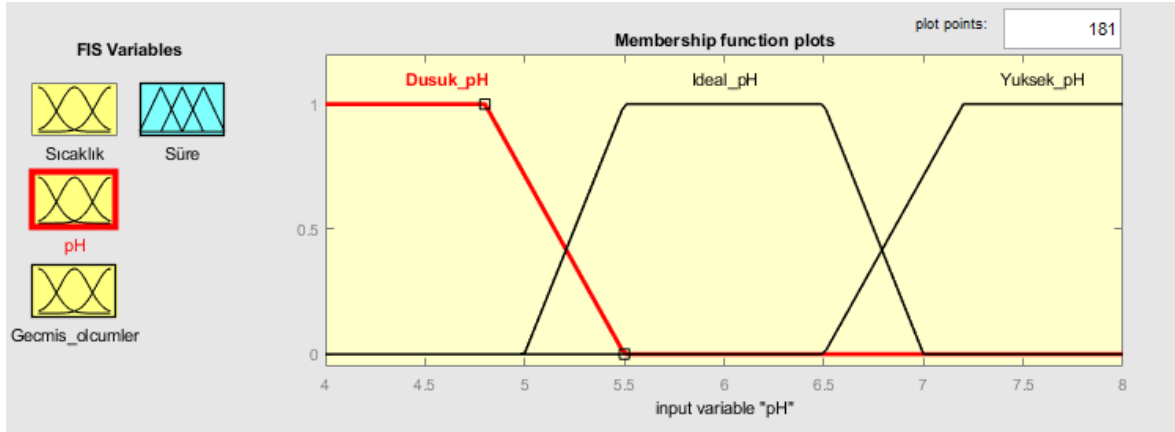
mantık modeliyle ölçüm aralıkları belirlenmektedir. Bir sonraki ölçümün ne kadar zaman sonra gerçekleşeceğini belirlemeye yardımcı olan bu bulanık mantık modeli ile hayvanın işkembe sağlığı bozulmaya başladığı durumda ölçüm sonuçlarına göre ölçüm aralıkları git gide azalacak ve daha sık ölçümler gerçekleştirilecektir. Eğer sağlıklı bir durum yoksa ölçüm aralıkları uzatılarak sistemin daha fazla uykuda kalıp pil kullanımından tasarruf edilebilmesi sağlanmış olacaktır.

Hayvanların ideal işkembe sıcaklığı beden iç ısısından 1 °C daha sıcak olduğundan ve en ideal işkembe içi ortam sıcaklığı için en ideal sıcaklık 39 °C olduğundan sağlıklı işkembe sıcaklık değeri üyelik kümesinin tepe noktası 39 °C olarak belirlenmiş üçgen tip bulanık üyelik kümesi fonksiyonları belirlenmiştir. Ayrıca sıcaklık değeri için 1 °C lik bir tolerans belirlenmiş 38-40 °C aralığının dışında kalan bütün ölçümler tamamen sağlıklı olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.7’de sistemin sıcaklık girdisinin bulanık üyelik kümelerinin, gösterimi mevcuttur.



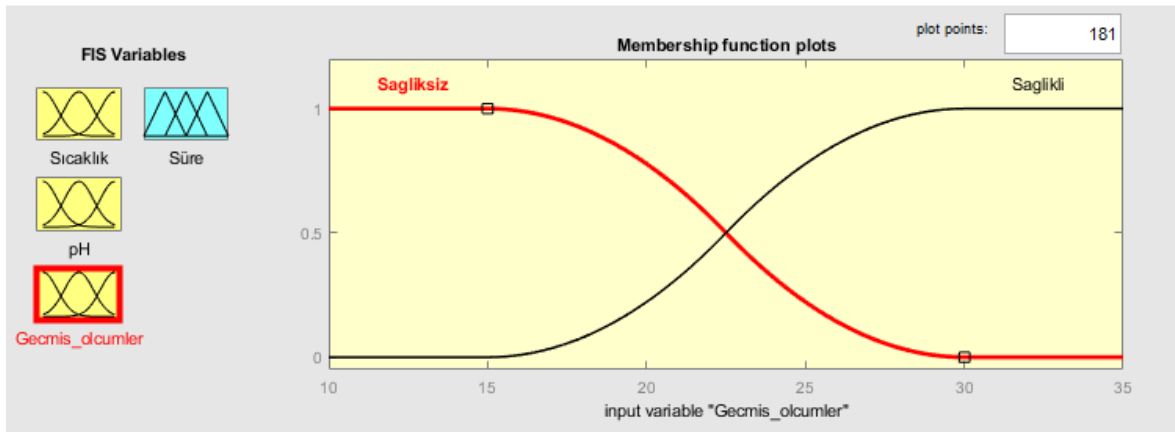
Şekil 3.7. Sıcaklık değeri bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi

Hayvanların işkembe ideal pH değeri için sabit bir değerden değil 5,5 – 6,5 değerleri arasında kalan aralıktan söz edilebilir. Tek bir nokta değil belli bir aralık için sağlıklı ifadesini bulanık mantık modeline doğru tanıtabilmek için tepe noktaları 5,5 – 6,5 olan yamuk tip bulanık üyelik kümesi fonksiyonları belirlenmiştir. Ayrıca pH değeri için 4,8 değerinden daha asidik yani daha düşük ve 7,2 değerinden daha bazik yani daha büyük olan bütün ölçümler sağlıklı kabul edilmiştir. Şekil 3.8’de sistemin pH değeri girdisinin bulanık üyelik kümelerinin gösterimi mevcuttur.



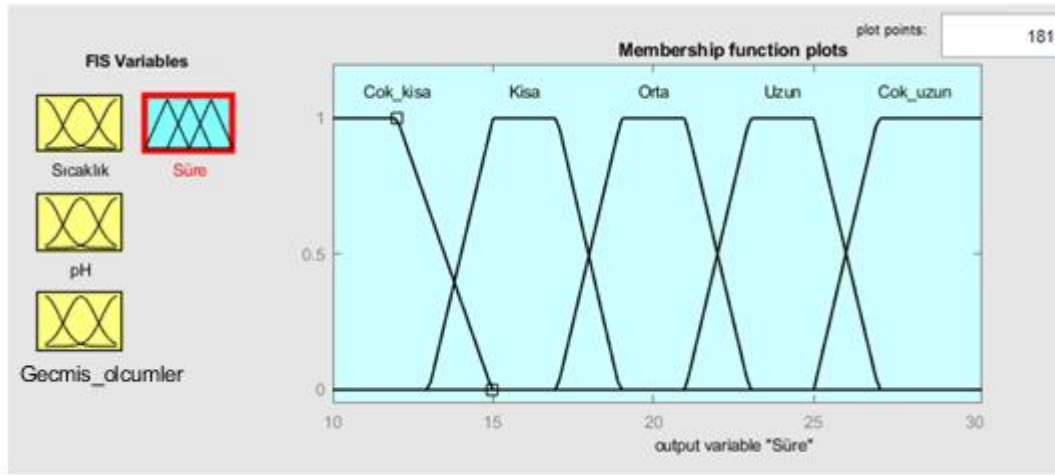
Şekil 3.8. pH değeri bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi

Son ölçüm sonuçları hayvanın sağlığı için kesinlik belirtmeyip yumuşatıcı girdi olarak kullanıldığından sigmoid tip bulanık üyelik kümesi fonksiyonları belirlenmiştir. Ayrıca önceki ölçümlerin ortalaması girdisi için 15 dakikadan daha kısa süre girdileri tamamen sağlıklı (%100 sağlıklı, %0 sağlıklı), 30 dakikadan daha uzun süre girdileri de tamamen sağlıklı (%100 sağlıklı, %0 sağlıklı) kabul edilmiştir. Şekil 3.9’da sistemin son 10 girdisinin ortalamasının bulanık üyelik kümelerinin gösterimi mevcuttur.



Şekil 3.9. Son 10 bekleme süresi bulanık üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi

Sistemin çıktısı olarak belirlenen, bir sonraki ölçüm için bekleme süresi 5 farklı tipte belirlenmiş olup (çok kısa, kısa, orta, uzun, çok uzun) belirlenen süreler için aralık olması daha uygun olacağından yamuk tip bulanık üyelik kümesi fonksiyonları belirlenmiştir. Şekil 3.10’da sistemin bir sonraki ölçüm için bekleme süresi olarak süre çıktısının bulanık üyelik kümelerinin gösterimi mevcuttur.



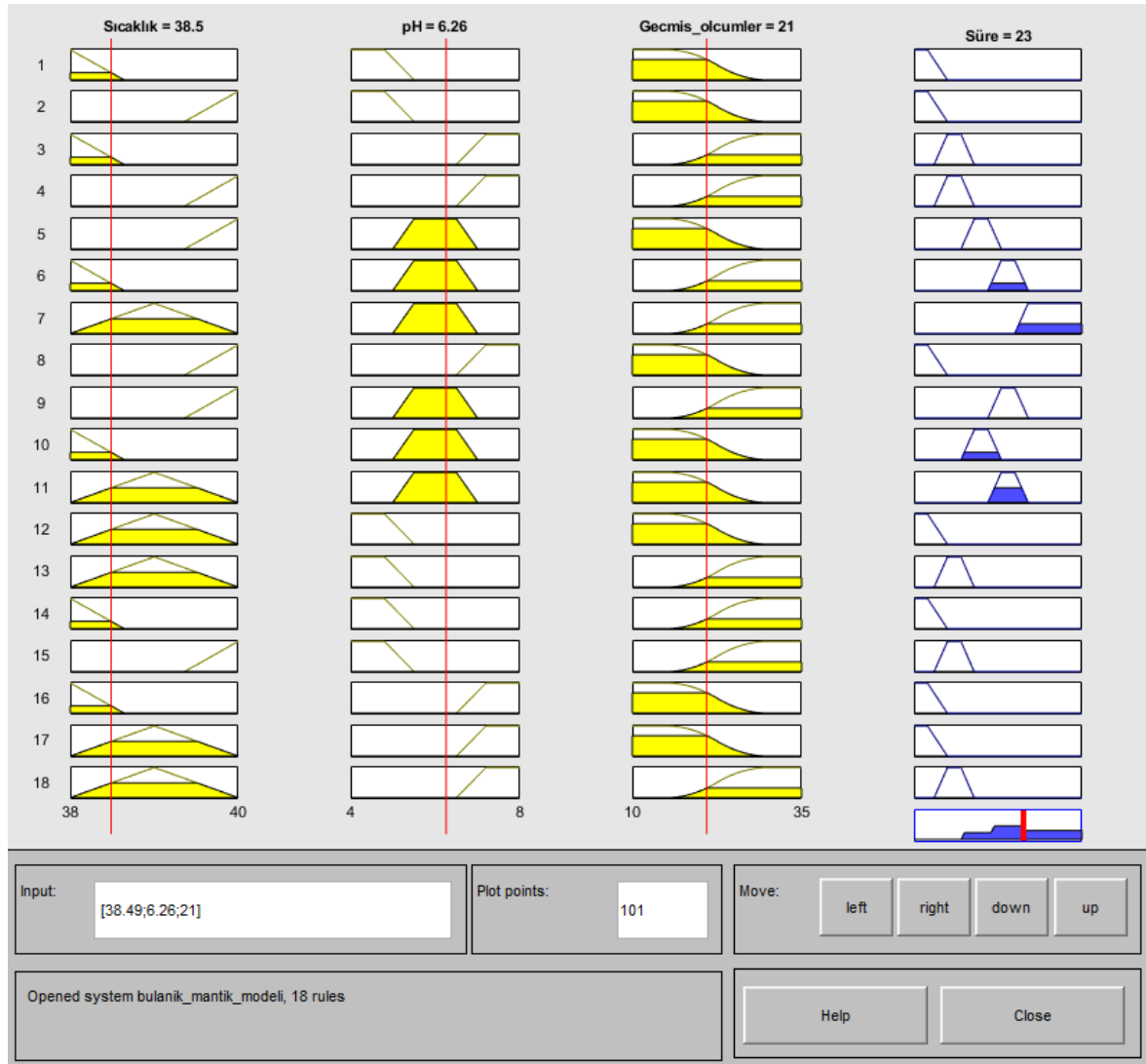
Şekil 3.10. Sistemin çıktısı (süre) bulanın üyelik kümelerinin grafiksel gösterimi

Sisteme etki eden giriş parametreleri arasında gerekli ilişkileri kurmak için 18 adet kural oluşturulmuştur. Kuralların belirlenen girişlere göre oluşturulmasını kolaylaştıran Fuzzy Logic Toolbox kural editörü ile oluşturulmuş kural kümesi Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.2 Bulanık Mantık Kural Kümesi

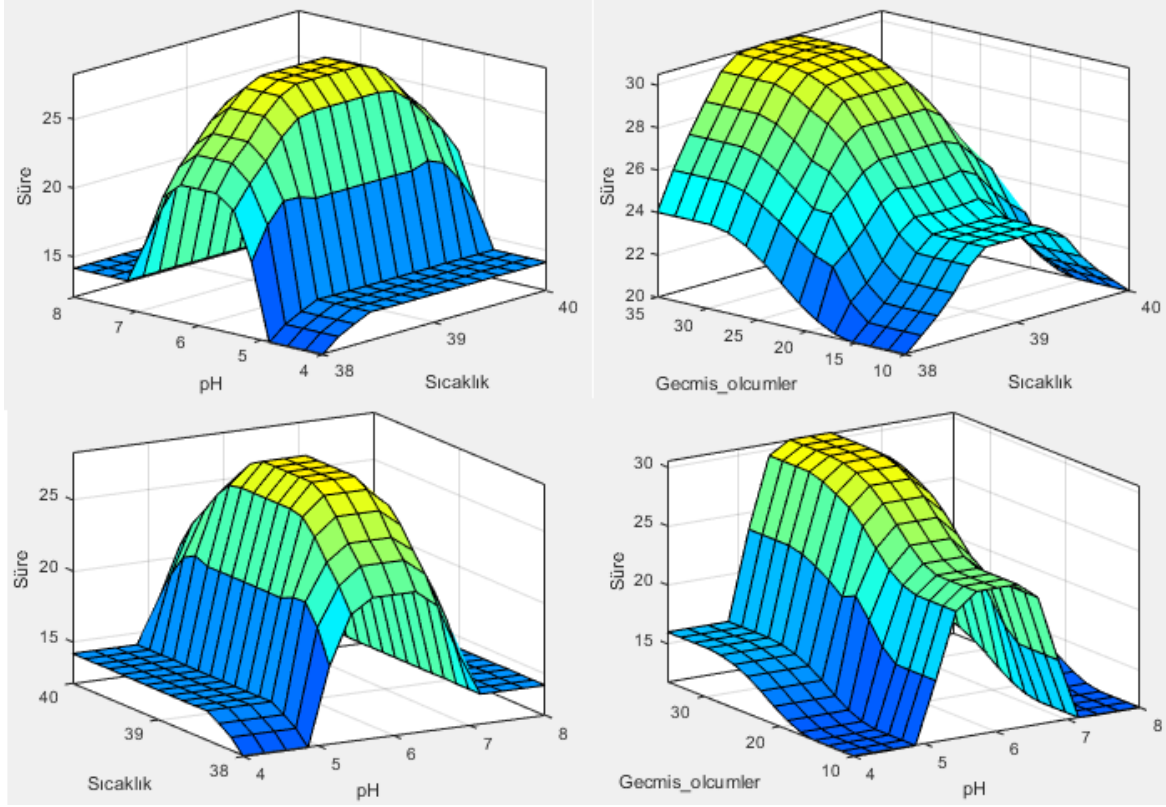
Kural	Sıcaklık		pH Değeri		AVG (Son 10 ölçüm)		Sonuç
1	düşük	ve	düşük	ve	kısa	ise	çok kısa
2	yüksek	ve	düşük	ve	kısa	ise	çok kısa
3	düşük	ve	yüksek	ve	uzun	ise	çok kısa
4	yüksek	ve	yüksek	ve	uzun	ise	kısa
5	yüksek	ve	ideal	ve	kısa	ise	orta
6	düşük	ve	ideal	ve	uzun	ise	uzun
7	ideal	ve	ideal	ve	uzun	ise	çok uzun
8	yüksek	ve	yüksek	ve	kısa	ise	çok kısa
9	yüksek	ve	ideal	ve	uzun	ise	uzun
10	düşük	ve	ideal	ve	kısa	ise	orta
11	ideal	ve	ideal	ve	kısa	ise	uzun
12	ideal	ve	düşük	ve	kısa	ise	çok kısa
13	ideal	ve	düşük	ve	uzun	ise	kısa
14	düşük	ve	düşük	ve	uzun	ise	çok kısa
15	yüksek	ve	düşük	ve	uzun	ise	kısa
16	düşük	ve	yüksek	ve	kısa	ise	çok kısa
17	ideal	ve	yüksek	ve	uzun	ise	çok kısa
18	ideal	ve	yüksek	ve	uzun	ise	kısa

Örnek sıcaklık girişinin 38,5 °C, pH değerinin 6,26 olduğu, Son 10 ölçümün ortlamasının 21 dakika olarak belirlendiği bulanık mantık modeli çıktısının sonucu olarak sistemin 23 dakikalık bekleme süresi belirlediğini gösterir kurallar grafiği Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Ayrıca Şekilde hangi kuralların aktif olduğu ve hangi üyelik kümelerine ne derecede üye olduğu da grafik üzerinden görülebilir.



Şekil 3.11. Kuralların grafiksel gösterimi

Belirlenen kurallara ve parametrelere göre bulanık sistemin kolay görülebilir ve anlaşılabilir 3 boyutlu yüzeysel gösterimi grafiksel olarak oluşturulabilir. Bütün giriş ve çıkış parametre türlerine göre grafiksel gösterimler Şekil 3.12’te gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Bulanık sistemin grafiksel gösterimi

3.5. Çalışma Süresi

İşkembe içinden ölçüm yapılabilen çeşitli sistemlerde cihazın özellikleri bakımından farklı yaklaşımlar ortaya konulmuştur.

Bir takım sistemlerin işkembeye yerleştirilmesi için Büyükbaş hayvanın işkembesinin olduğu bölgeye cerrahi operasyon yardımıyla Resim 3.6'da görüldüğü gibi büyük bir kapaklı pencere açılmaktadır. Bu kapağın büyükbaş hayvana yerleştirilmesi, işkembeye ağız yoluyla giden işkembe için zararlı metal tel, çivi, plastik poşet gibi yabancı cisimlerin kolaylıkla çıkarılmasını sağlamak gibi avantajları vardır. Ancak bu ve bunun gibi uygulamaların büyükbaş hayvanın sağlığına başka zararlar verdiği, canını yaktığı ve hayvan için sürekli işkence etkisi yarattığı görüşü insanlar arasında daha yaygındır [52].



Resim 3.6. İneğin işkembesine doğrudan erişim imkanı sağlayan giriş örneği

İşkembeye kolay erişim sağlanabilen hayvanlar için geliştirilen pH ölçüm sistemlerinin de yöntemi ile birlikte avantajları mevcuttur. İşkembe içine yerleştirilen pH ölçüm sisteminin pil ömrü sorun olmaktan çıkmakta, gücü tükenip veri aktarmayı keştiğinde çıkarılıp yenilenen pili ile ölçüme devam edebilmektedir. Ancak sistemin kullanılabilmesi için büyükbaş hayvanın işkembesine açılması gereken pencere yöntemine sadece bazı ülkelerde izin verilmiştir [53-54].

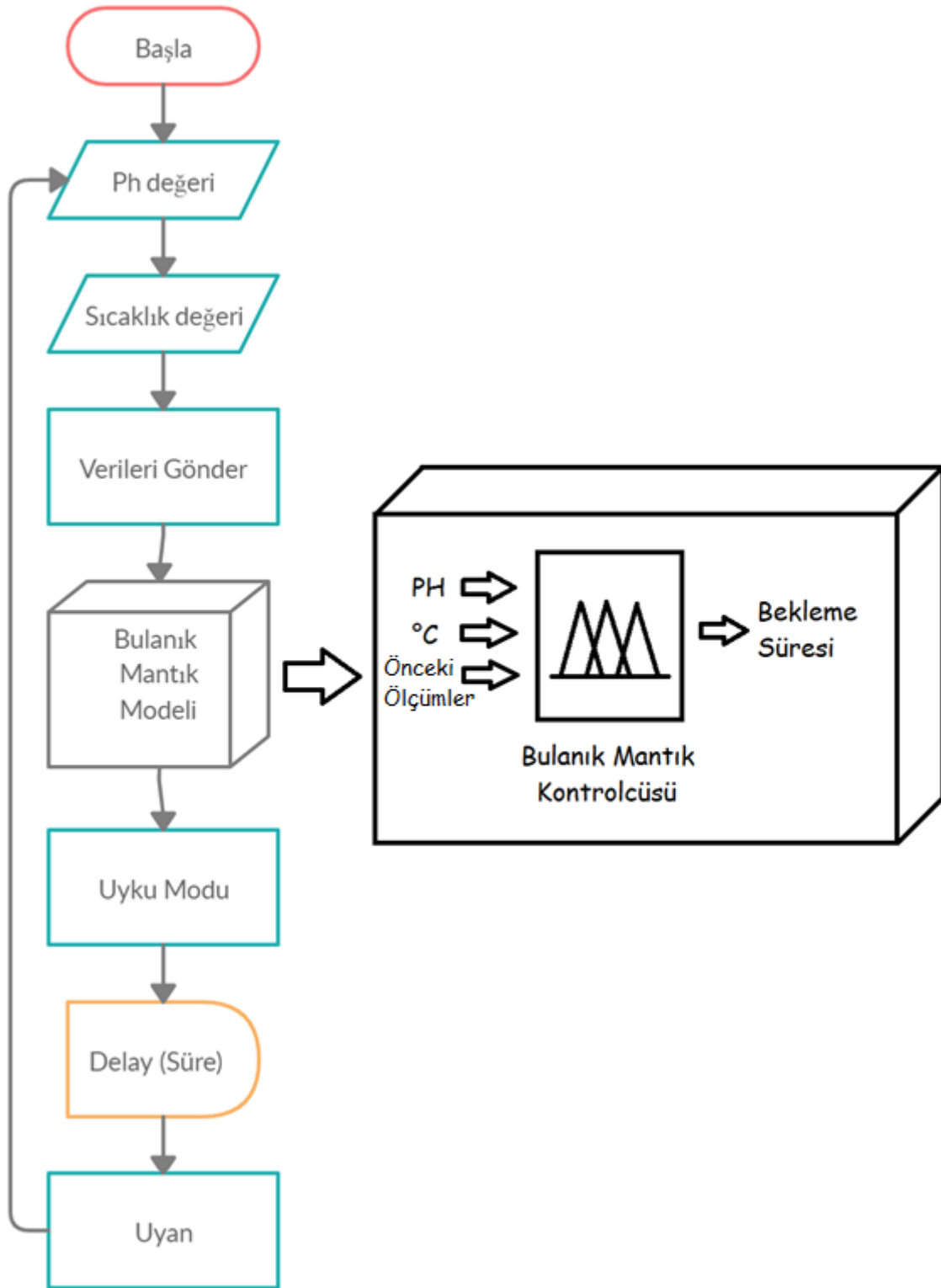
İşkembeden pH ölçümü yapabilmeyi sağlayan sistemlerin geneli ise büyükbaş hayvanın ağzından sokulan hortum şeklinde bir kanal yardımıyla işkembeye yerleştirilmekte ağırlığı yardımıyla işkembenin içinde kalabilmektedir. Pilinden aldığı güç ile belirli bir süre çalışıp daha sonra da hayvan ömrünü tamamlayana kadar herhangi bir zarar vermeyecek şekilde yerleştirildiği yerde beklemektedir.

Daha yaygın olan ikinci tip sistemlerin pil ömürleri birinci tip sistemlere göre daha önemlidir. Ancak boyutlarını kısıtlayan faktörler daha fazladır. Hayvanın yemek borusu, işkembe içindeki dolaşım ve dağılıma zarar vermeyecek şekilde işkembe içinde beklemesi

için belirli bir b y kl   geçmemesi gibi kısıtlar yüzünden sistemin toplam b y kl   sınırlıdır. Bütün donanım ile birlikte kapsül şeklinde bir korumanın içine yerleştirilecek pilin kapasitesi de pil için ayrılan alanla sınırlı kalmaktadır. Bu durumda gücün tüketiminde kullanılacak yöntem ya da gücü planlaması daha fazla önem kazanmaktadır. Hatta bu tip sistemlerin tanıtımlarında kullanılan en önemli teknik özellik pil ömrü olmaktadır.

Geliştirilen sistemin mevcut sistemlerden en önemli farkı gücü planında gereklilik kriterini göz önünde bulundurmasıdır. Eğer hayvan sağlıklı ise daha az aralıklarla ölçümler yaparak daha uzun çalışma süresi elde etmek mümkündür.

Verici sistemin yazılımının algoritması  ekil 3.13'te gösterilmektedir.



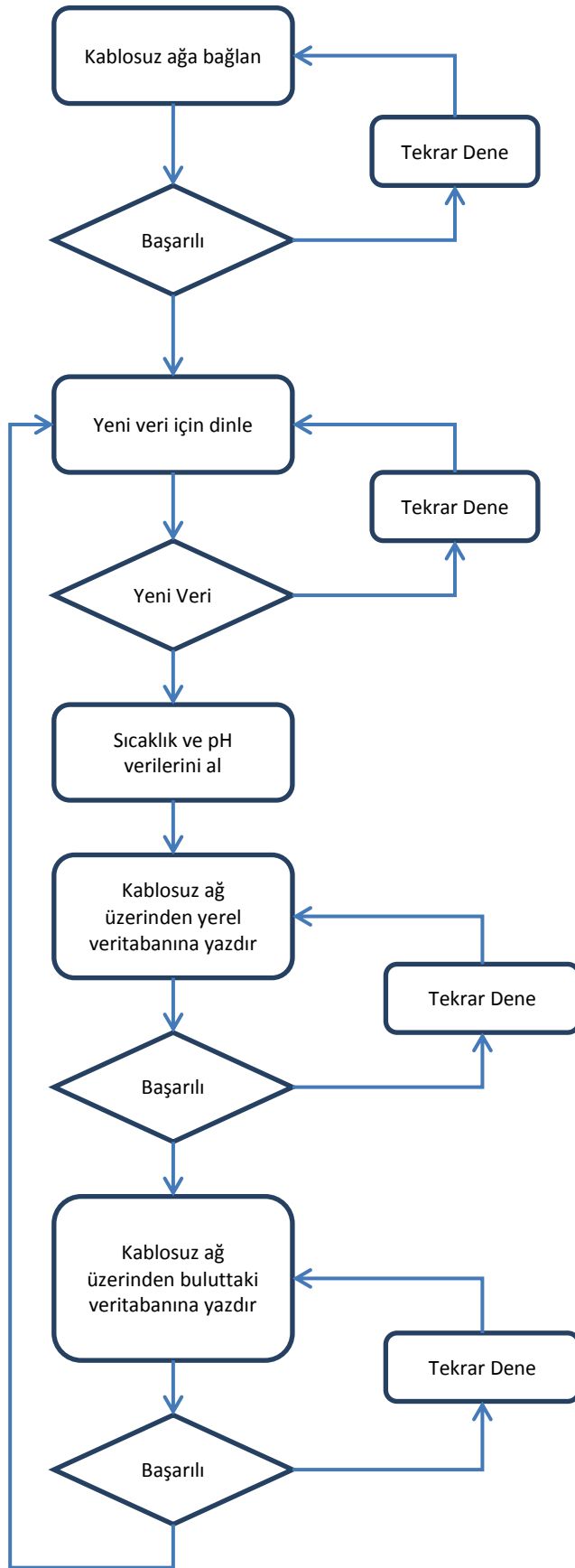
Şekil 3.13. Verici sistemin yazılımının akış diyagramı

Verici sistemle haberleşen alıcı sistemin hayvanın dışında olması ve verici sistem ile modem arasında köprü görevi görmesi nedeniyle güç tüketimi konusunda kısıtlaması yoktur. Pıl ile değil sabit 5V DC ile çalışmaktadır. Verici sistemden gelen verileri gitmesi

gereken yerel veritabanı ve buluta göndermek amacıyla toplayıcı ve gönderici modüllerden oluşmaktadır.

Alıcı sistemin yazılımının algoritması ise Şekil 3.14'te gösterilmektedir.

Sistem güç sağlandığı andan itibaren WIFI ağına bağlanmaktadır. Kontrol araçlarıyla birlikte bağlantının sağlandığı ilk işlemler COM8 Seri Port ekranında EK-4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Alıcı sistemin yazılımının akış diyagramı

Bu şekilde yapılan hesaba göre günlük ortalama sağlıklı ölçüm sonuçlarına göre sistemin ne kadar süre ile çalışabileceği yaklaşık olarak tespit tespiti 3.1'deki gibi formüle edilmektedir.

Toplam Ölçüm Sayısı: TÖS

Bir Ölçümün Enerji Tüketimi: BÖET

Günde Ortalama Ölçüm Sayısı: GOÖS

Çalışma Süresi (Gün): ÇS

Toplam Enerji: TE

$$TÖS = \frac{TE}{BÖET} \quad (3.1)$$

$$ÇS = \frac{TÖS}{GOÖS}$$

Sistemin sürekli sağlıksız sonuçlar ürettiği kabul edilirse 171,56 gün, sürekli sağlıklı sonuçlar üretirse de 343,14 gün süreyle sistemin çalışabileceği sonucuna varılabilir. Sistemin gerçekte çalışma süresi ise hayvanın sağlığına bağlı olarak 171,56 gün ile 343,14 gün arasında bir değer olacaktır.

Belirli bir periyotta sağlıklı ölçüm sonuçlarının sayısına bağlı olarak güç tükemine göre çalışma süresi her sağlıklı ölçüm sonucu sayısı n için (3.2);

$$f(x) = T_0 + \sum_{n=1}^x (15') \quad (3.2)$$

Güç tüketim eğrisinin eğimi ise sağlıklı aralıktaki ölçüm oranına göre (3.3)

$$A = -0,17156 \times \left(1 - \frac{x}{100}\right) \quad (3.3)$$

Her ölçüm arası güç tüketim eğrisini ayrı ayrı değerlendirsek sağlıklı ölçüm için (3.4)

$$m_1 = \frac{-mAh/k}{0,25} \quad (3.4)$$

sağlıklı ölçüm için (3.5)

$$m_2 = \frac{-mAh/k}{0,5} \quad (3.5)$$

toplam süredeki artış ise sağlıklı aralıktaki ölçüm sayısı x, sağlıklı aralıktaki ölçüm sayısı y için (3.6)

$$f(x) = T_0 + \sum_{n=1}^x m_2/m_1 \quad (3.6)$$

formülü ile hesaplanır. ($T_0=171,56$ gündür)

3.6. Sonuçları Görüntüleme Araçları

Verici Sistemin ürettiği sonuçların görüntülenebilmesi için çeşitli uygulamalar ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu şekilde birçok platform üzerinden işkembe sağlığıyla ilgili sonuçlara erişilmesi sağlanmıştır.

3.6.1. Android işletim sistemi üzerinden anlık uyarı bildirimi

Verici sistemin okuduğu ve ilettiği verilerden son 20 değerde %60 ve üzeri sağlıklı ölçümlerde veritabanından kontrol yoluyla bu durumu belirleyen ve gerekli gördüğünde kullanıcıyı uyararak Android yazılımı geliştirilmiştir. Örnek bir uyarı bildirimi EK-5'te gösterilmektedir.

3.6.2. Sonuçların ThingSpeak servisi üzerinden takip edilmesi

Yapılan her ölçüm aynı zamanda akıllı nesnelerin ürettiği verileri görüntülemeyi sağlayan ThingSpeak servisine gönderilmektedir. Her algılayıcı yutturulan hayvan için ayrı bir kanal açılmaktadır. Servisin ve kanalın ekran görüntüsü EK-6'da gösterilmektedir. Servis üzerindeki kanalda tutulan veri ham olarak Çizelge 3.2'de gösterildiği şekildedir.

Çizelge 3.3. ThingSpeak üzerinde tutulan ham veri tablosu

	A	B	C	D	E	F	G
1	created_at,entry_id,field1,field2,latitude,longitude,elevation,status						
2	2019-01-07 16:03:39 +03,7,19.62,6.68,,,,,						
3	2019-01-07 16:07:22 +03,8,19.56,6.69,,,,,						
4	2019-01-07 16:18:57 +03,9,19.50,6.69,,,,,						
5	2019-01-07 16:50:22 +03,10,19.37,6.68,,,,,						
6	2019-01-07 17:02:40 +03,11,19.37,6.69,,,,,						
7	2019-01-07 17:20:30 +03,12,19.25,6.68,,,,,						
8	2019-01-07 17:37:55 +03,13,19.25,6.69,,,,,						
9	2019-01-07 17:48:22 +03,14,19.25,6.69,,,,,						
10	2019-01-07 18:01:36 +03,15,19.18,6.69,,,,,						
11	2019-01-07 18:23:08 +03,16,19.25,6.69,,,,,						
12	2019-01-07 18:49:56 +03,17,19.18,6.68,,,,,						
13	2019-01-07 19:20:05 +03,18,19.12,6.68,,,,,						
14	2019-01-07 19:44:15 +03,19,19.18,6.68,,,,,						

Ölçümleri görülmek istenen her kanal için sıcaklık ve pH değerleri birlikte gösterilmektedir. Kanalın ekran görüntüsü EK-7'de gösterilmektedir.

Sonucu önemli olduğu düşünülen işlemler daha fazla detay bilgi ile görüntülenebilmektedir. Detay bilgisi ekran görüntüsü EK-8'de gösterilmektedir.

3.6.3. Sonuçların web uygulaması üzerinden takip edilmesi

Her ortamda verilerin görülebilmesi için Visual Studio .NET ASP.NET ile bir web uygulaması da geliştirilmiştir. Topladığı verilerin kişisel olması nedeniyle programın girişinin yetkili kullanıcı kontrollü olması gerektiği öngörülmüştür. EK-9'da görüldüğü gibi kullanıcı adı ve şifre kontrollü bir giriş ekranı oluşturulmuştur.

Sistem üzerine yeni inekler ekleyebilmek inekler sayfasından mümkün olmaktadır. Ancak güvenlik amaçlı olarak mevcut ineklerin sistemden düşülebilmesi için site yöneticisi tarafından admin panelinden veya veritabanı üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Sisteme kayıtlı ineklerin liste halinde görüntülenebildiği bu sayfanın ekran görüntüsü EK-10'da gösterilmiştir.

İnekler sayfasındaki ineklerin küpe numaralarına göre ayrıldığı görülmektedir. Her ineğin son 10 pH ölçüm değeri “pH ölçümleri için tıklayın” yazısının link kısmı olan tıklayın yazısına tıklandığında o ineğe ait pH asitlik değeri ölçümleri bir tabloda gösterilmektedir. Alt kısmında ise görsel olarak değişimi daha iyi algılayabilmemizi sağlayan bir grafik yer almaktadır. Bu sayfa link ile beraber gelen inek id parametre değerini kullanmakta ve buna göre şekillenmektedir. Herhangi bir ineğe ait sonuçların görüntülenebildiği bu sayfanın ekran görüntüsü EK-11'de gösterilmiştir.

Eğer kullanıcı bütün ölçümleri bir sayfada görüntülemek isterse kullanıcı ekranındaki “Bütün Ph ölçümleri” linkine tıklayarak bütün ph ölçümlerini (sağlıklı ölçümler dahil) bir tek sayfada görüntüleyebilmektedir. Ölçümlerin ne anlama geldikleri renkleri aracılığıyla kullanıcının işini kolaylaştıracak şekilde değişmektedir. Bunların ne anlamlara geldikleri bir pusula aracılığıyla belirtilmiştir. Bütün ölçüm sonuçlarının gösterildiği ve genel durum hakkında bilgi veren bu sayfanın ekran görüntüsü EK-12'de gösterilmiştir.

Ana sayfadaki “Riskli ph ölçümleri” linki ile ulaşılan sayfada ise kullanıcının sadece riskli sonuçlar veren sensörleri görüntülemesi sağlanmıştır. Kullanıcı sağlıklı olan ölçümlerle ilgilenmeyebilir. Sadece sağlıksız ölçümleri gösteren bu sayfanın ekran görüntüsü EK-13'te gösterilmiştir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Sistem çeşitli pH değerlerindeki sıvı ortam içinde test edilmiştir.

Gösterilen sonuçlar sistemin çeşitli pH değerlerindeki sıvı ortam içerisinde ürettiği gerçek verilerden ve sistemin canlı hayvan üzerinde kullanılması ve denenmesi Etik kurulu kararına bağlı olduğundan simüle edilen veriler üzerinden gösterilmektedir.

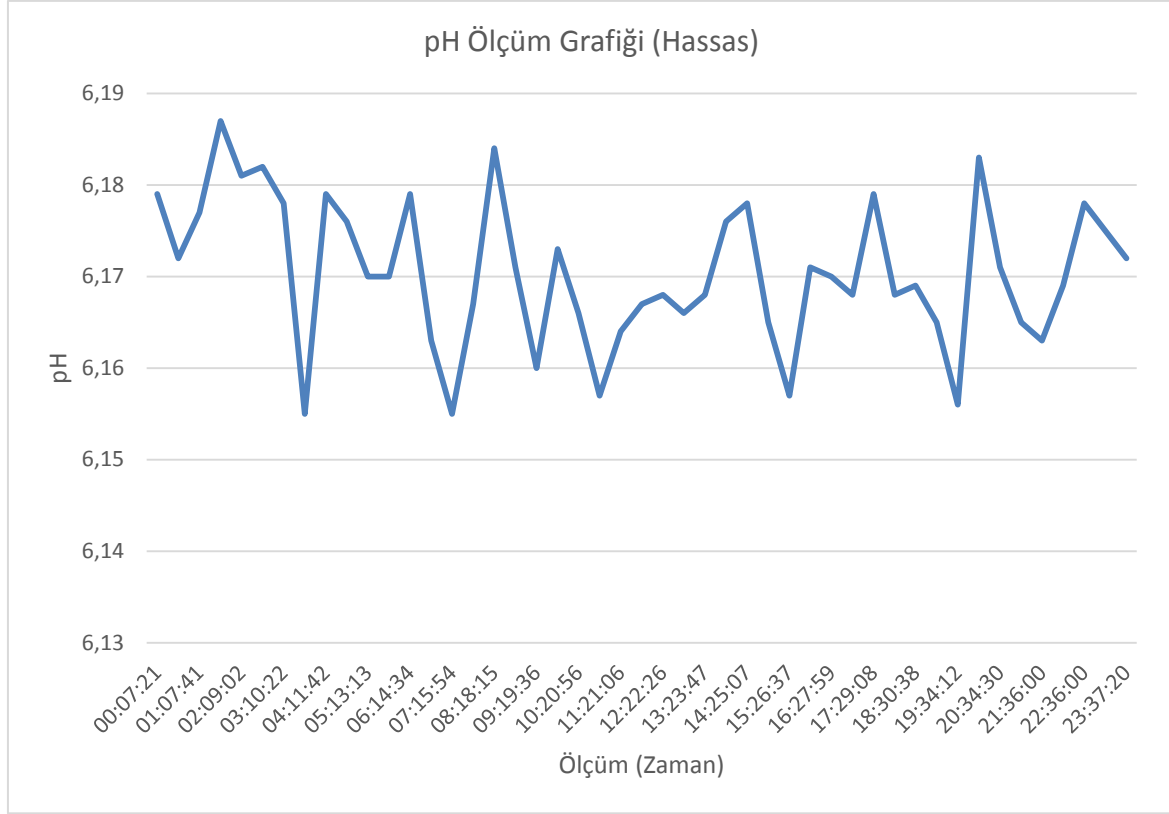
Simüle edilen veriler büyükbaş hayvanın iškembesinin tamamen sağlıklı olduğu, sağlığının bozulduğu, tamamen sağlıksız olduğu, iškembe pH ve sıcaklık değerlerinin normale döndüğü (iyileşme sürecinde olduğu) ve yine sağlıklı olduğu durumları içermektedir. Bu durumlar evreler olarak numaralandırılmıştır.

Bu bölümde sistemin çeşitli evrelerinde vereceği tepkiler, bu tepkilerin güç planı doğrultusunda sistemin operasyon zamanına yansımaları, ölçüm sonuçlarına göre ve belirli senaryolar doğrultusunda üretilen verilere göre oluşturulan grafiksel sonuçlar gösterilmektedir.

4.1. Ölçüm Sonuçları

PH değeri ölçüm sonuçları %1 (binde bir) hassasiyetle ölçümlemlenip kayıt altına alınmaktadır. Sonuçları, son 6 saatlik durum, son 24 saatlik durum, son 1 haftalık durum, son 1 aylık durum ve ilk ölçümden itibaren bütün ölçümler olmak üzere ve yapılacak analizin ihtiyacına göre çeşitli şekillerde durum raporu, sonuçlar tablosu, sonuçların grafiksek gösterimi bilgilerine erişmek mümkündür.

Sistemin sıvı ortam içinde ürettiği veriler Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



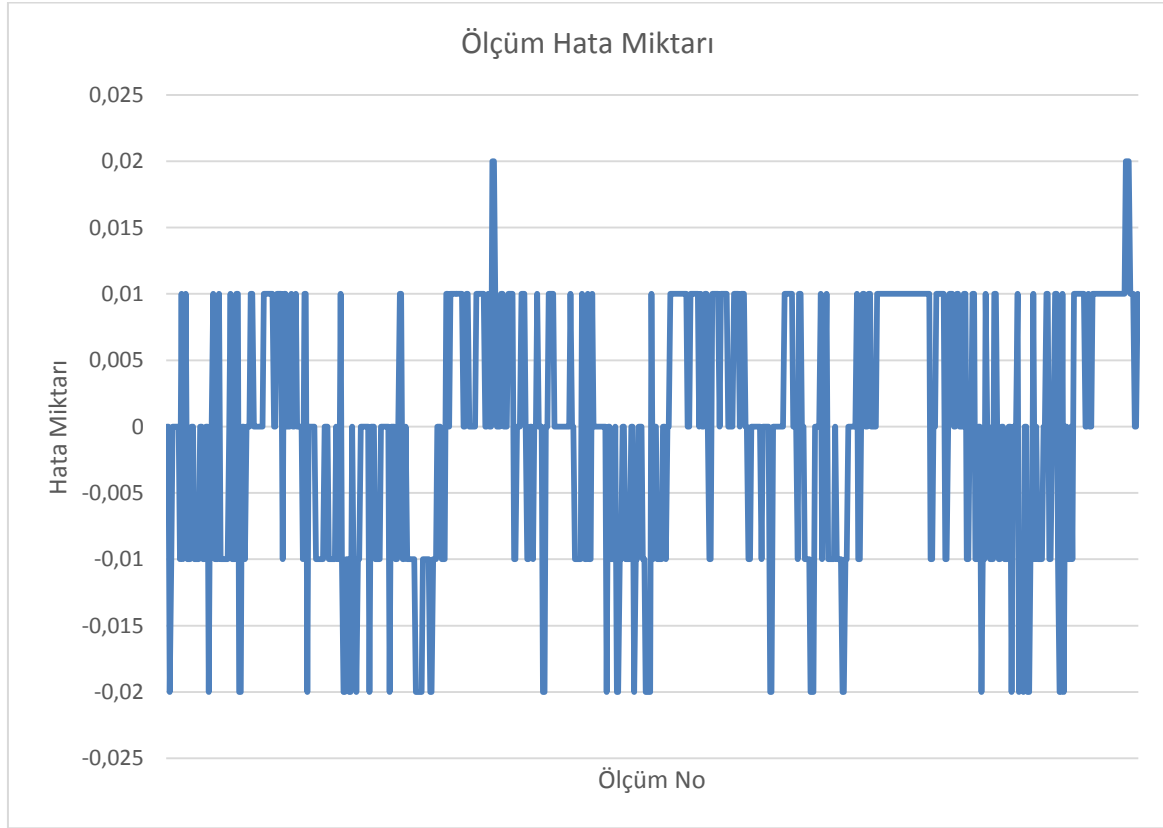
Şekil 4.1. Sistem tarafından yapay ortamda ölçülen pH değerleri grafiği

Sistemin ürettiği pH ölçüm sonuçlarına göre içeriği gün içinde değiştirilmeyen belirli bir sıvının ölçüm değerlerinin 6,187-6,155 pH değeri aralığında değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Genel olarak hata oranını tespit etmeye yönelik yapılan testlerde pH değerinde en fazla 0,03 miktarında sapma gerçekleştiği tespit edilmiştir. Sistemin genel amacına yönelik olarak eğer sağlıklı/sağlıksız ölçüm sınırında gerçekleşen bir ölçüm için fazladan bir ölçüm yapılması gerekecektir. Bu durum haricinde sistemin ölçüm hassasiyetinin amacına göre yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Sistem çalışırken sistemin yaptığı ölçümler belirli aralıklarla yapılan referans ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Referans ölçümleri için Smart Sensor AS218 dijital pH ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kullanılan referans pH metre cihazının ölçüm hassasiyeti %1 olduğundan geliştirilen sistemin ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması sırasında 1/1000 basamağı göz ardı edildiğinde ölçüm sonuçlarında sapmanın 0.1 değerini aşmadığı tespit edilmiştir.

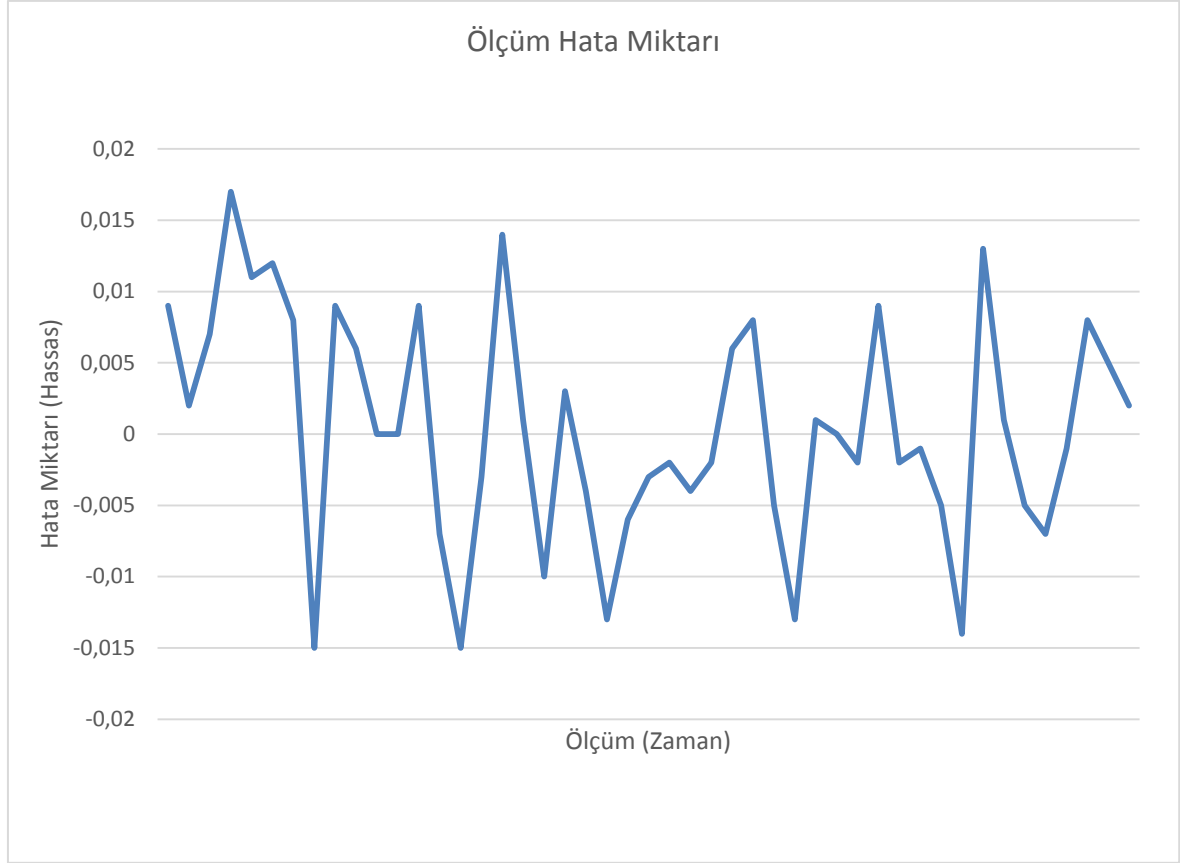
Sistemin ürettiği daha hassas ölçüm sonuçlarının hata oranını belirlemek için yapılan referans ölçümde 6,17 sonucu elde edilmiştir. Referans pH metre cihazının ölçüm

hassasiyeti göz önünde bulundurularak %1 hassasiyetle yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ölçülen pH değerlerindeki hata miktarı Şekil 4.2'te gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Sistemin referans ölçüme göre bir haftalık pH ölçüm sonucu hata miktarı grafiği

Sistemin ürettiği daha hassas ölçüm sonuçlarının hata oranını belirlemek için yapılan referans ölçümde elde edilen 6,17 sonucunun 6,170 olarak kabul edilir ve hata miktarı bu referans değerine göre belirlenmek istenirse, hassas ölçümlerde sistemin ne miktarda yanılabilceği de tespit edilmiş olur. Ölçüm sonuçlarının göz ardı edilen ve genel sonuca etkisi bakımından önemsiz kalan 1/1000 basamağı dahil hata miktarı Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Sistemin referans ölçüme göre bir günlük pH ölçüm sonucu hata miktarı grafiği

Grafikten görülebileceği üzere doğru kabul edilen referans ölçüm değerine göre 0,017 fazla veya 0,015 az ölçüm sonuçları üretmektedir.

İşkembe iç ortam sıcaklığı da çeşitli hastalıklara işaret edebilir. Bu yüzden pH değerlerinin ölçülmesi ile birlikte pH değeri ölçülen ortamın, yani işkembe iç ortamının sıcaklık değerinin de ölçülmesi önemlidir. Bu kapsamda sistemin parçası olan sıvı içinde çalışabilen sıcaklık sensörü (DS18B20) yardımı ile ortamdan okunan sıcaklık değeri de pH değeri ile birlikte buluta gönderilmektedir. İki veri beraber okunup beraber gönderildiği için verilerin zamanı da birebir aynı oluşmaktadır. Böylece işkembenin asitlik değeri olarak hangi değerde olduğu ile aynı anda hangi sıcaklıkta olduğu bilgilerine ulaşılabilir. Asitlik değeri ölçümü ile aynı sayıda sıcaklık değeri ölçümü mevcuttur. Analizlerde pH değerinin sağlıklı aralıkta seyrettiği dönemde ölçülen sıcaklık değerleri başka hastalıklarında göstergesi olabilir. Bu yüzden analiz sırasında iki verinin beraber değerlendirilmesi gerekir.

Ölçüm sonuçları %1 hassasiyetle ölçümlemlenip kayıt altına alınmaktadır. Sonuçları, son 6 saatlik durum, son 24 saatlik durum, son 1 haftalık durum, son 1 aylık durum ve ilk ölçümünden itibaren bütün ölçümler olmak üzere ve yapılacak analizin ihtiyacına göre çeşitli şekillerde durum raporu, sonuçlar tablosu, sonuçların grafiksel gösterimi bilgilerine erişmek mümkündür.

Sıcaklık değerinin ölçüm aralıkları ölçülen pH değerine bağlı olarak ölçüm aralıkları değişkenlik göstermekte, eğer sağlıklı pH ölçümü elde edildiyse bir sonraki sıcaklık ölçümü de bir sonraki pH ölçümü ile beraber ötelenmektedir.

Büyükbaş hayvanların sindirim döngüsünün safhalarından dolayı sağlıklı olan hayvanın da bazı ölçümlerinin sağlıklı ölçüm aralıklarının dışında ölçümler verebilmesi nedeniyle uygulamada karşılaşılabilecek mümkün olmasa da sürekli olarak sağlıklı değerler ürettiği kabul edilen bir sistemin mümkün olan en az sayıda ölçüm yapması gerekir. Sürekli olarak en uzun süre çıktısı ile ötelenmiş yeni ölçümlerle sağlıklı bir hayvanın işkembesindeki sistem doğal olarak günde en az 48 defa buluta veri aktarır. Günde 48 defa pH verisi aktaran sistem 48 defa da sıcaklık verisi aktarmaktadır. Sistemin ürettiği çıktı verileri üzerinden bir sonraki ölçüm süresi belirlendiğinden bekleme süresinin en az (48) veya en fazla (96) sayıda ölçüm gerçekleştirilebileceği değerlendirilmektedir.

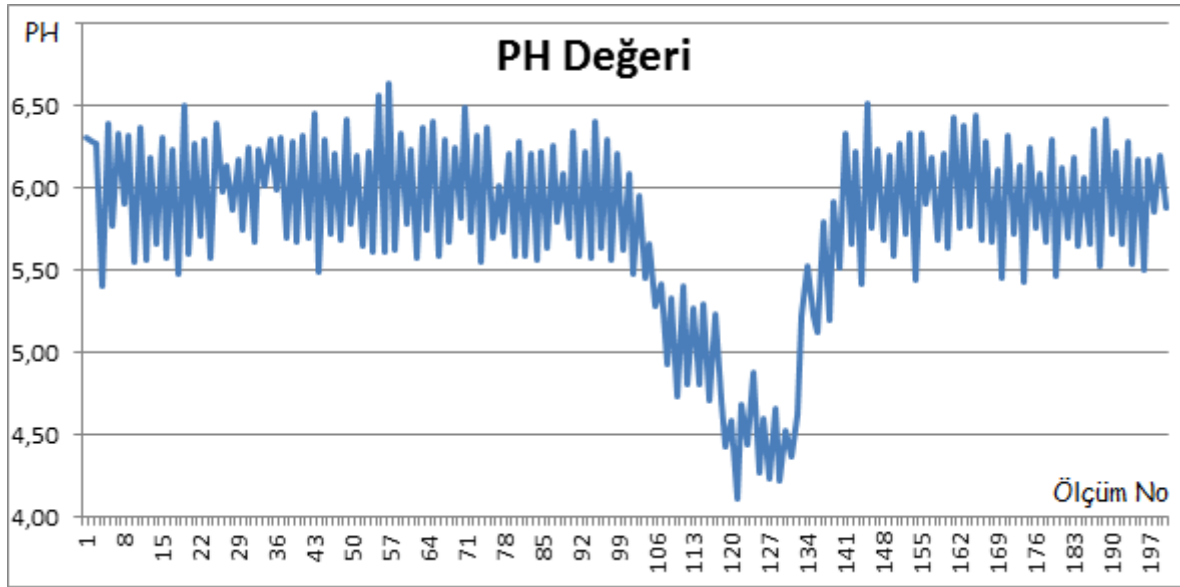
Ölçüldüğü kabul edilen ve 1 haftalık sıcaklık değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Sistemin bir haftalık sıcaklık ölçüm grafiği

İşkembe pH değeri için bütün ölçümlerin sağlıklı aralık dışında olduğu (5,5 - 6,5) durumda sistem sürekli olarak kısa aralıklarla ölçüm yapacağından sabit ve sağlıklı pH değerine sahip ortamlarda sistemin çalışma süresi düşmüş olacaktır. Belirli süre içinde daha fazla ölçüm yapmış olacaktır.

Ölçüldüğü kabul edilen ve 1 haftalık pH değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



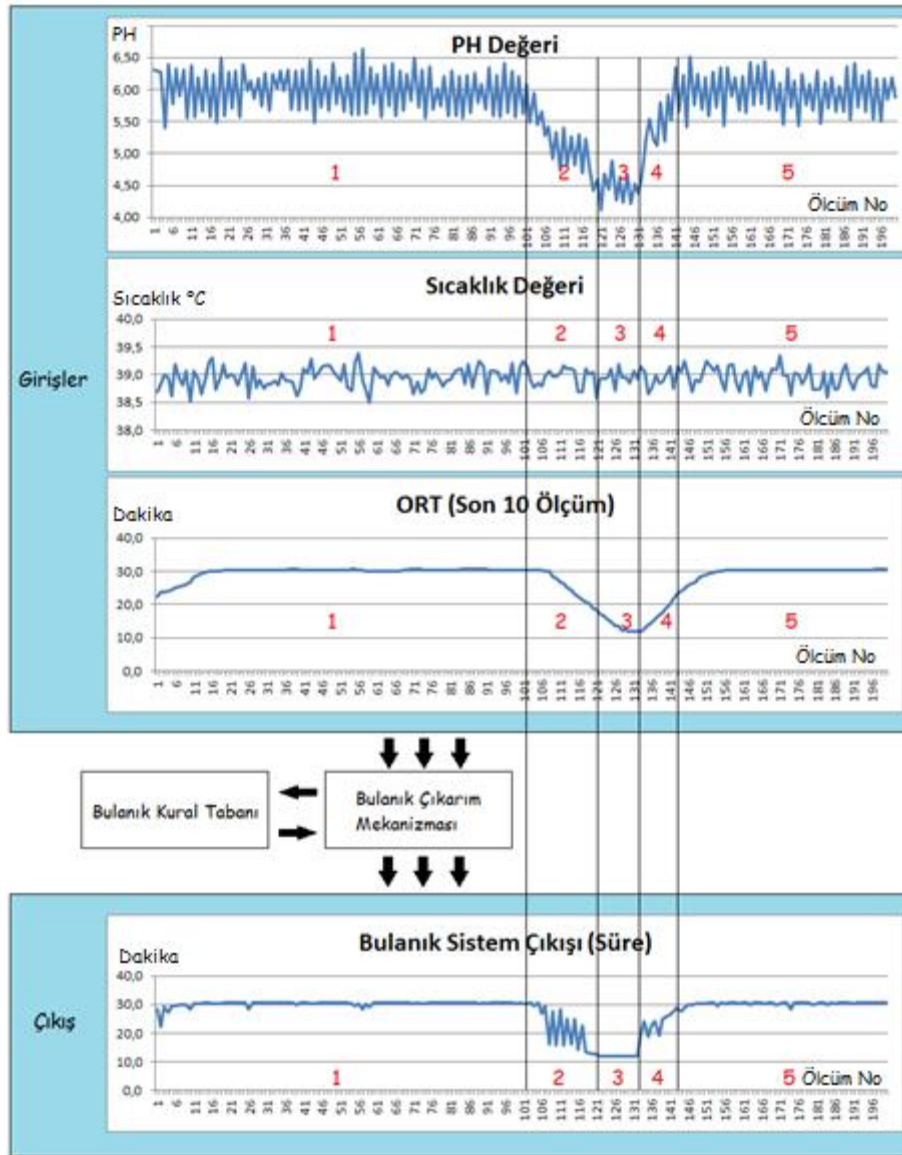
Şekil 4.5. Sistemin bir haftalık pH ölçüm grafiği

Simüle edilmiş veri üzerinde hayvanın sağlık durumunun iyi olduğu, bozulmaya başladığı, kötü olduğu, iyileşmekte olduğu ve tekrar iyi olduğu durumlar 5 farklı evre olarak tanımlanmıştır. Sistemin verileri yapayda olsa belirlenen bulanık mantık kümelerine göre ürettiği sonuçlar ile sistemin hem daha mantıklı şekilde çalışması ve hayvan sağlığı konusunda yardımcı olması hemde güç tüketimini optimize ederek daha uzun süre çalışır durumda olması sağlanmıştır.

4.2. Geliştirilen Çözümün Güç Planının Operasyon Süresine Etkisi

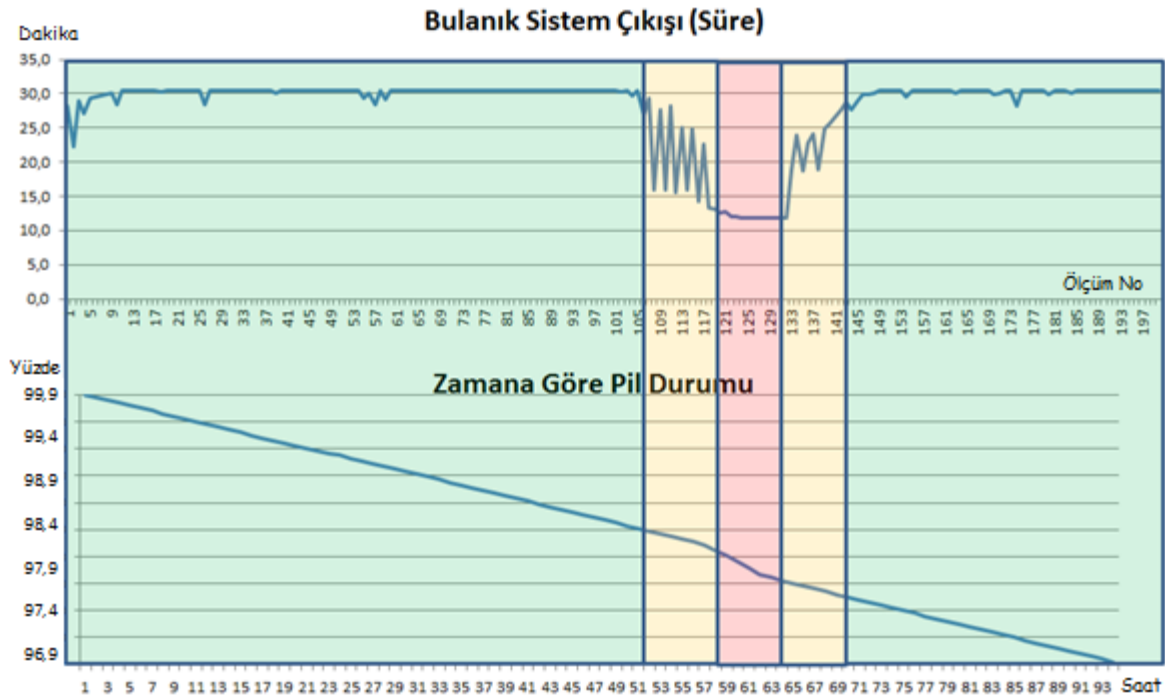
Sistemin "sağlıklı hayvanın işkembe pH durumunu sık aralıklarla kontrol edilmesine gerek yoktur" yaklaşımıyla oluşturulan güç planının diğer çözümlere göre etkisi veya katkısı çeşitli senaryolara göre ölçümü ve değerlendirmesi yapılmıştır. Mevcut benzeri

çözümlerdeki gibi sabit aralıklarla ölçüm yapılmadığından, ölçüm yapmadığı zamanlarda güç tasarrufu yapılmış olacaktır. Birinci evrede sistemin sağlıklı bir işkembede üreteceği ölçüm aralığı süre çıktısı sabit en üst düzeye yakın düzeyde seyrettiği görülmektedir. İkinci işkembe ortamının olması gerektiği değerden daha asidik olduğu, hayvanın sağlığının bozulma sürecinde olduğu durum görülmektedir. 3. evrede bulanık sistemin ürettiği verilerden elde edilen çıkış değeri sağlıklı bir hayvanın durumuna işaret etmektedir. Bu evrede ölçüm aralıkları çok kısa olup sistemin uykudaki sürecinin kısa olmasından dolayı cihazın güç tüketimi artmaktadır. Dördüncü evrede sağlık tekrar düzelmekte, beşinci evrede tekrar sağlıklı sonuçlar üretmektedir. Bulanık sistemin bütün girdileri ve çıktısının aynı zaman evreleri ile gösterimi Şekil 4.6'da görülebilmektedir.



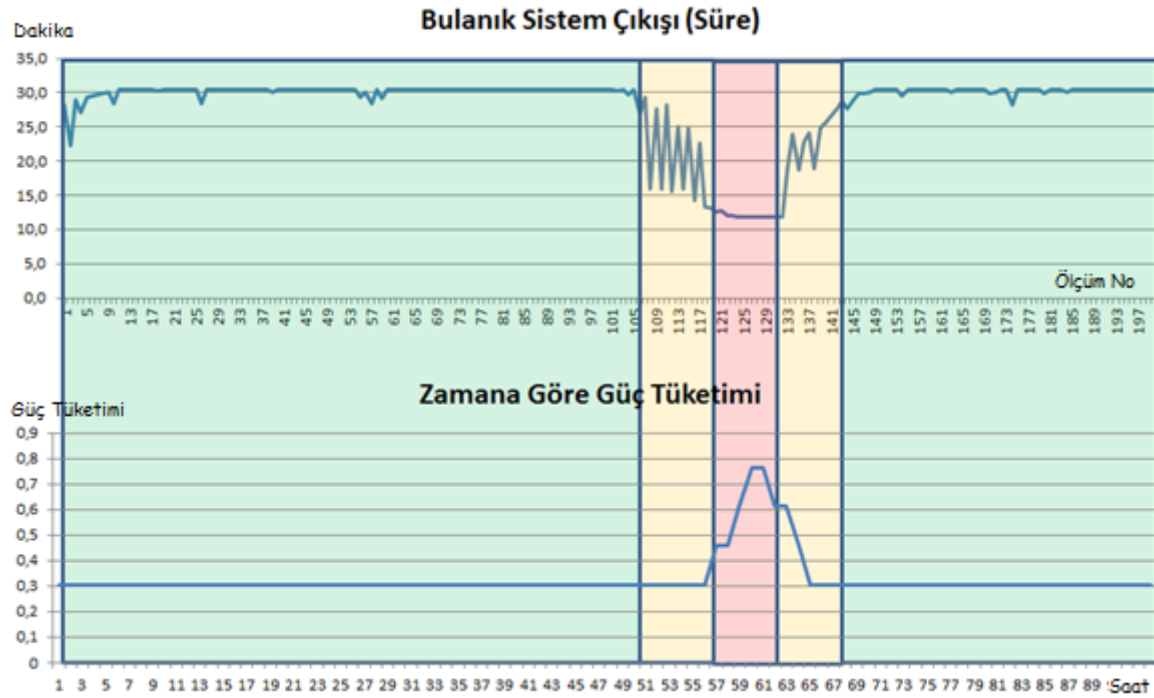
Şekil 4.6. Sistemin bütün girdileri ve çıkış grafiğinin gösterimi

Belirlenen girişlere göre sistemin güç ünitesinin doluluğunu gösterir Şekil 4.7'de yeşil arka plana sahip alanlar hayvanın işkembesinin sağlıklı olduğunu bildiğimiz aralıklardır. Sarı alanlar sağlık durumunda değişiklik anlamına gelmektedir. Düşük pH değerine sahip işkembenin pH değerinin düzelmeye başladığı veya sağlıklı bir hayvanın sağlıksız duruma geçişi anlamaktadır. Kırmızı arka plana sahip ölçüm aralıklarına bakıldığında bulanık sisteme giriş olarak etki eden parametrelere göre hayvanın değerlerinden bir veya birkaçının aynı anda sağlıksız ölçümler yapıp bunu bir sonraki ölçüm için erteleme sürelerine yansıtmış olduğu anlaşılabılır. Yeşil bölgelerde sistemin geniş aralıklarla ölçüm yaptığı, kırmızı aralıkta ile tamamen sağlıksız ölçümler ürettiği bu yüzden kısa süreli ölçüm yaptığı düşünülebilir.



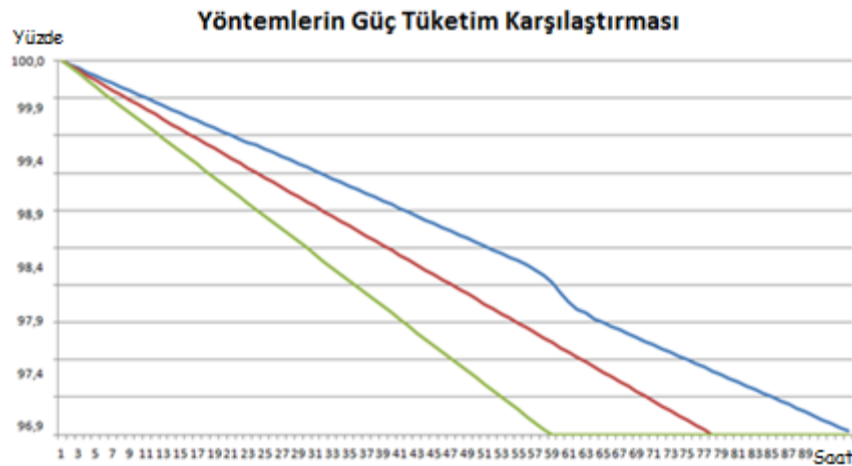
Şekil 4.7. Bulanık sistem çıkışına göre pilin doluluk durumu

Şekil 4.8.'de görüleceği üzere güç tüketimi hayvanın sağlıksız olduğu durumda artmaktadır. Sistemin güç tüketimi, ölçülen sonuçlara göre ölçümler arası süre belirlendiğinde her bir ölçüm değeri üzerinden hesaplanarak değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 4.8. Bulanık sistem çıkışına göre ölçüm güç tüketimi grafiği.

Aynı zaman aralığında tüketilen gücün karşılaştırması yapıldığında, sabit 15 dakika aralıkla ölçüm yapan sistemin aynı miktarda güç ile 59 ölçüm yaptığı, sabit 20 dakika aralıkla ölçüm yapan sistemin aynı miktarda güç ile 78 ölçüm yaptığı belirlenmiştir. Belirlenen senaryoda geliştirilen sistem 4 günlük ölçüme göre Şekil 4.9’da mavi renkte gösterilen güç tüketim eğrisini ortaya çıkarmış, Şekil 4.9’da yeşil renkte gösterilen sabit 15 dakika aralıkla ölçüm yapan birinci sisteme göre %38, Şekil 4.9’da kırmızı renkte gösterilen sabit 20 dakika aralıkla ölçüm yapan ikinci sisteme göre %17,8 daha az enerji tüketmiştir.



Şekil 4.9. Yöntemin 2 farklı yöntemle karşılaştırması grafiği.

Şekil 4.9.'da görülebilen mavi güç tüketim grafiğinin hastalık dönemlerinde eğiminin diğer sistemlerden daha fazla olduğu ve bu dönemlerde yaptığı sık ölçümlerle diğer sistemlere göre daha fazla enerji tükettiği anlaşılmaktadır. Bu durum aynı zamanda sistemin daha mantıklı aralıklar belirleyerek ölçümler gerçekleştirdiği anlamına gelmektedir. Yöntemin amacı olan “hasta olmayan büyükbaş hayvanın iškembesinden çok sık ölçüm almaya gerek yoktur, hastaysa daha sık bilgi alınmalı değişimlerden daha önce haberdar olunmalıdır” prensibine uygun olarak çalıştığı görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel olarak, Nesnelerin İnterneti kavramı yeni olmasıyla birlikte birçok alana teknolojinin entegrasyonu anlamında farklılıklar getirmektedir. Bunlardan birisi olan sağlık sektörüne de hasta ile değil bedeni ile konuşulması, hem daha doğru tanı konulması, hem de zamanında hareket edilebilmesini sağlamaya yönelik yeni yaklaşımlarla katkıda bulunmaktadır. İnsanlardan farklı olarak konuşma yeteneğinden yoksun olan hayvanların sağlığı ile ilgili, mevcut uygulamalar ve öngörülen çalışmalar, hareketleri, sesleri ve yüz ifadeleri ile ilgili yorumlama, doğru tanıda bulunma ve tedavi imkanı sağlaması öngörülmektedir. Mevcut durumda, Modern Hayvancılıkta özellikle GPS veya RFID ile hayvanların konum bilgisinin takibi, süt kalitesi ve verimliliğinin takibi, hava kalitesi çalışmalarındaki dışkılardan gelen zehirli gaz düzeylerinin incelenmesi ve gerektiğinde havalandırması, hayvanların ağırlıklarına göre yemleme yapılması ve işkembe sağlığı için pH değerinin ölçülmesi yavru bakımında yeterli ortamın sağlanması, için Nesnelerin İnternetinden faydalanılmaktadır. Ayrıca ekologlar için de çevresel değişikliklere hayvanların nasıl tepki verdiğini anlamak önemlidir. Kablosuz sensör ağları kullanılarak çevresel parametreleri ve yaban hayatına etkilerini gerçek zamanlı ve kapsamlı şekilde ölçmek, yaban hayatın korunması, araştırılması ve izlenmesi için oldukça önemlidir. Modern algılama teknolojileri, hayvan ekolojisindeki Nesnelerin İnterneti kavram ve uygulaması, Nesnelerin İnternetinin avantajları ile ekologlar için önemli bilgiler sağlamaktadır. Hayvan ekolojisi içinde Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin teorik sınırları da tartışılmaktadır. Nesnelerin İnterneti kavramının, hayvan ekolojik araştırmalarında farklı bir bakış açısı sunmasına rağmen, araştırılmasına devam edilmesi ve uygulanmasının yanında hayvanlardan fayda sağlanan sektörlere yönelik teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Çünkü çok çeşitli alanlarda gelişim gösteren Nesnelerin İnterneti kavramı, sağlık ve hayvan sağlığı alanlarında da üreticinin aldığı verimi ve hayvan sağlığını sürdürme konularında da çeşitli sensörler aracılığıyla gerekli bilgileri çabuk ve güvenli şekilde ileterek zamanında müdahale edilebilmesi gibi sektör için önemli konularda katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Her türlü büyükbaş hayvan üreticisi için sağlık ve verimlilik konusunda hayvanın bedeninin içinden düzgün veriye zamanında erişebilmek oldukça önemli olduğundan algılayıcı temelli çeşitli sistemler geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Bu tip sistemlerin genel ortak problemleri sistemin toplam çalışma süresidir. Çünkü ineğe bir defa yutturularak verilen

sistemlerin toplam çalışma süresi kadar süre çalıştıktan sonra hayvanın sağlığını etkilemeyecek şekilde hayvanın içkembesi içinde bulunup ölümüne kadar bekleyebilmesi istenmektedir. Geliştirilen sistemde güç tüketimi ve riskli hayvanlarda daha sık ölçüm yapılarak doğru ve hasta hayvanla ilgili etkili ölçüm sonuçları gösterebilmek karar destek sistemi olarak bulanık mantık kullanılmıştır. Ölçüm aralıklarının sabit değil bulanık mantık sistemi ile değişken belirlenmesi sayesinde sağlıklı durumda olan hayvanın içinden daha seyrek ölçüm sonuçları aktarılmakta, sistemin açık kalma süresi arttırılmaktadır. İçkembenin daha sağlıklı olduğu dönemde pH, sıcaklık gibi önemli değerlerin alınma sıklığı daha fazla olmaktadır. Bunun yanı sıra geliştirilen bilgilendirme sistemleri sayesinde çiftçi veya veteriner hekim takip ettiği hayvanların içkembe sağlık durumu ile ilgili, özellikle bozulduğunda daha yoğun ve anlık bilgi alıp yemleme yöntemini değiştirerek hayvanın sağlığının daha da kötüye gitmesini engelleme imkânına sahip olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Tapkı, N., Kaya, A., Tapkı, İ., Dağıstan, E., Çimrin, T., Selvi, MV. (2018). Türkiye’de Büyükbaş Hayvancılığın Durumu ve Yıllara Göre Değişimi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2),324-339.
2. İnternet: 2017 Tigem Hayvancılık Sektörü Raporu. URL: <https://www.tigem.gov.tr/WebUserFile/DosyaGaleri/2018/2/a374cc25-acc1-44e8-a54663b4c8bce146/dosya/2017%20TIGEM%20HAYVANCILIK%20SEKTOR%20RAPORU.pdf>, Son Erişim Tarihi: 23.08.2019.
3. Atzori, L., Antonio, I., Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey, *Computer Networks*, 54(15),2787-2805.
4. Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things'Thing, *RFID Journal*, 6(4),1-16.
5. Patil, A., Pawar C., Patil N., Tambe R. (2015). Smart health monitoring system for animals, *2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, 1560 - 1564.
6. Giminiani, PD., Brierley, V., Scollo, A., Gottardo, F., Malcolm, EM., Edwards, SA., Leach, MC. (2016). The Assessment of Facial Expressions in Piglets Undergoing Tail Docking and Castration: Toward the Development of the Piglet Grimace Scale. *Animal Behavior and Welfare*, 3(2),100-10.
7. Anil, L., Anil, SS., Deen, J. (2005). Pain detection and amelioration in animals on the farm: issues and options, *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 8(4),261-78.
8. Ison, SH., Rutherford, KMD. (2014). Attitudes of farmers and veterinarians towards pain and the use of pain relief in pigs, *The Veterinary Journal*, 202(3),622-627.
9. Leach, MC., Allweiler, S., Richardson, C., Roughan, JV., Narbe, R., Flecknell, PA. (2009). Behavioural effects of ovariohysterectomy and oral administration of meloxicam in laboratory housed rabbits, *Research in Veterinary Science*, 87(2),336-347.
10. Molony, V., Kent, JE. (1997). Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements, *Journal of Animal Science*, 75(1),266-72.
11. Vinuela-Fernandez, I., Jones, E., Welsh, EM., Fleetwood-Walker, SM. (2007) Pain mechanisms and their implication for the management of pain in farm and companion animals, *The Veterinary Journal*, 174(2),227-39.
12. Le Bars, D., Gozariu, M., Cadden, SW. (2001). Animal models of nociception, *Pharmacological Reviews*, 53(4),597-652.

13. Stubbsjoen, SM., Valle, PS., Zanella, AJ. (2010). The use of a hand-held algometer as a method to measure mechanical nociceptive thresholds in sheep, *Animal Behavior and Welfare*, 19(1),31-36.
14. Di Giminiani, P., Petersen, LJ., Herskin, MS. (2014). Characterization of nociceptive behavioural responses in the awake pig following UV-B-induced inflammation, *European Journal of Pain*, 18(1),20-28.
15. Mogil, JS., Cragger, SE. (2004). What should we be measuring in behavioral studies of chronic pain in animals?, *Pain*, 112(1-2),12-5.
16. Weary, DM., Niel, L., Flower, FC., Fraser, D. (2006). Identifying and preventing pain in animals, *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 100(1-2),64-76.
17. Mogil, JS. (2009). Animal models of pain: progress and challenges, *Nature Reviews Neuroscience*, 10(4),283-94.
18. Sneddon, LU., Elwood, RW., Adamo, SA., Leach, MC. (2014). Defining and assessing animal pain, *Animal Behaviour*, 97,201-212.
19. Zhao, Q. (2010). Research on database in dairy cow management system, *2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology*, 774-776.
20. Tekce, E., Gül, M. (2014). Ruminant Beslemede NDF ve ADF'nin Önemi, *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9(1),63-73.
21. Goselink, RMA., Duinkerken, vG., Schonewille, JT., Knegsel, vATM. (2012). *Absorption Capacity of The Rumen During Transition*, Dairy Nutrition Symposium, 95-102.
22. Dayyani, N., Karkudi K., Zakerian A. (2013). Special Rumen Microbiology, *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(11),1397-1402.
23. Zongqiang, Z., Guanwen, C., Yinian, Z., Honghu, Z., Rongrong, W., Caichun, W. (2011). The Effects of Different Anaerobic Fermentation Temperature on Biogas Fermentation of Swine Manure, *2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*, 1410-1413.
24. Voigt, J., Piatkowski, B., Krawielitzki, R. (2018). Effect of the roughage sequence and concentrates in animal feed on carbohydrate digestion and bacterial protein synthesis in the rumen of dairy cows, *Arch Tierernähr*, 28(1),67-76.
25. Örtlek, O., Erdoğan, H., Ural, DA., Erdoğan, S., Ural, K. (2018) Subakut ruminal asidozisli sığırlarda rumen pH'sı ile dışkı skoru arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3(2),130-134.

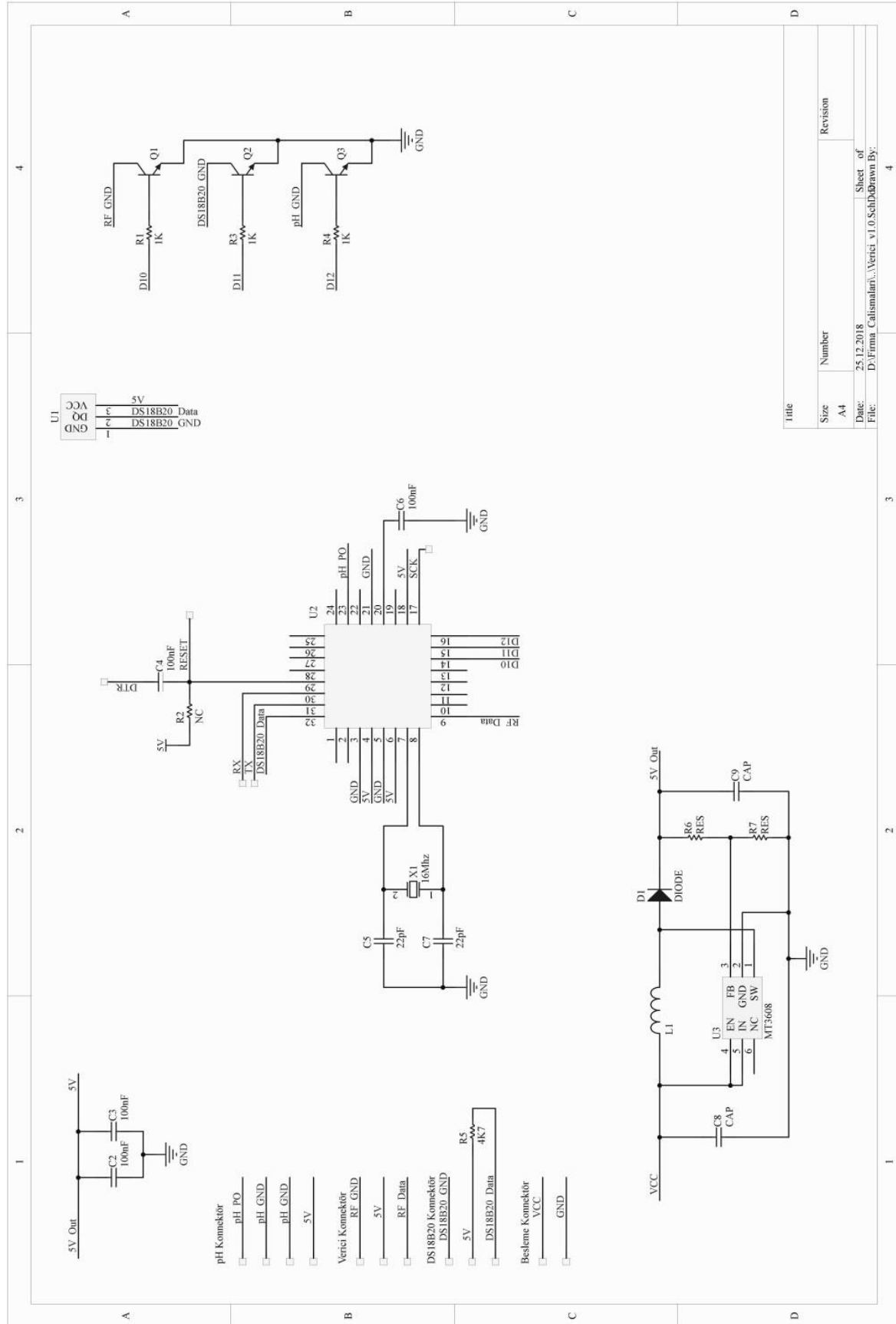
26. Zhang, L., Lu, J., Okada, H., Nogami, H., Itoh, T. (2016). *Development of ITO- and FET-based cow rumen sensor for long-term pH value monitoring*, 2016 Symposium on Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP), 1-5.
27. Zhang, L., Lu, j., Okada, H., Nogami, N., Itoh, T., Arai, SH. (2016). Low-power and high-sensitive pH sensor for monitoring of cow-rumen in real time, *2016 IEEE SENSORS*, 1-3.
28. Krause, KM., Oetzel, GR. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review, *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4),215-236.
29. Goad, DW., Goad, CL., Nagaraja, TG. (1998). Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimen-tally induced subacute acidosis in steers, *Journal of Animal Science*, 76(1),234-41.
30. Gäbel, G., Aschenbach, JR., Müller, F. (2002). Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implicati-ons and limitation, *Animal Health Research Reviews*, 3(1),15-30.
31. Pilachai, R., Th.Schonewille, J., Thamrongyoswittayakul, C., Aiumlamai, S., Wachirapakorn, C., Everts, H., Hendriks, WH. (2013). Diet factors and subclinical laminitis score in lactating cows of smallholder dairy farms in Thailand, *Livestock Science*, 155(2-3),197-204.
32. Colman, E., Fokkink, WB., Craninx, M., Newbold, JR., Baets, BDe., Fievez, V. (2010). Effect of induction of subacute ruminal acidosis on milk fat profile and rumen parameters, *Journal of Dairy Science*, 93(10),4759-73
33. Fell, BF., Kay, M., Whitelaw, FG., Boyne, R. (2018). Observations on the Development of Ruminal Lesions in Calves Fed on Barley, *Research in Veterinary Science*, 9(5),458-66.
34. Yin, Q., Wang, P., Chang, J., Zuo, R., Zheng, Q., Liu, J. (2010). *Study on isolation of protease-producing microbes and production of high-quality protein stuffs by solid-state fermentation*, 2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, 8542 - 8547.
35. Plaizier, JC., DO, Krause., Gozho, GN., McBride, B. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences, *The Veterinary Journal*, 176(1),21-31.
36. Nagaraja, TG., Titgemeyer, EC. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional out-look, *Journal of Dairy Science*, 90,17-38.

37. Sato, S., Mizuguchi, H., Ito, K., Kimura, A., Okada, K. (2012). Technical note: Development and testing of a radio transmission pH measurement system for continuous monitoring of ruminal pH in cows, *Preventive Veterinary Medicine*, 103(4),274-9.
38. Mottram, T., Lowe, J., McGowan, M., Phillips, N. (2012). Technical note: A wireless telemetric method of monitoring clinical acidosis in dairy cows, *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(1),45-48.
39. Zosel, J., Kaden, H., Peters, G., Hoffmann, P., Rudisch, LJ., Lauckner, G., Grodrian, A., Gut, U. (2009). Continuous long-term monitoring of ruminal pH, *Sensors and Actuators B Chemical*, 144(2),395-399.
40. Timsit, E., Assié, S., René, Q., Seegers, H., Bareille, N. (2010). Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses, *The Veterinary Journal*, 190(1),136-42.
41. Neethirajan, S. (2017). Recent advances in wearable sensors for animal health management, *Sensing and Bio-Sensing Research*, 12,15-29.
42. Nogami, H., Arai, S., Okada, H., Zhan, L. (2017). Minimized Bolus-Type Wireless Sensor Node with a Built-In Three-Axis Acceleration Meter for Monitoring a Cow's Rumen Conditions, *Sensors*, 17(4),687-697.
43. Mottram, T. (2010). *Detecting sensor drift in rumen pH data*, 1st International Conference on Precision Dairy Farming. Leeuwarden, The Netherlands, 12(3),481-490.
44. Zhang, L. (2016). Low-power and high-sensitive pH sensor for monitoring of cow-rumen in real time, *IEEE SENSORS*, 1-3.
45. Zhou, X. (2010). *Mutually-inversistic fuzzy interval logic*, 2010 Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 1-16.
46. Bass, AE., Philipp, D., Coffey, KP., Caldwell, JD., Coblenz, WK. (2011). Chemical composition, intake by sheep, and in situ disappearance in cannulated cows of bermudagrass hayed at two moisture concentrations and treated with a non-viable *Lactobacillus-lactic acid* preservative, *Animal Feed Science and Technology*, 171(1),43-51.
47. Reátegui, OJ., Cárdenas, HL., Peña, DG., Castro, VJ., Roque, RF., Mejía, NF., Ponce, MM., Mestas, RS. (2017). *Biogas production in batch in anaerobic conditions using cattle manure enriched with waste from slaughterhouse*, 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 819-822.

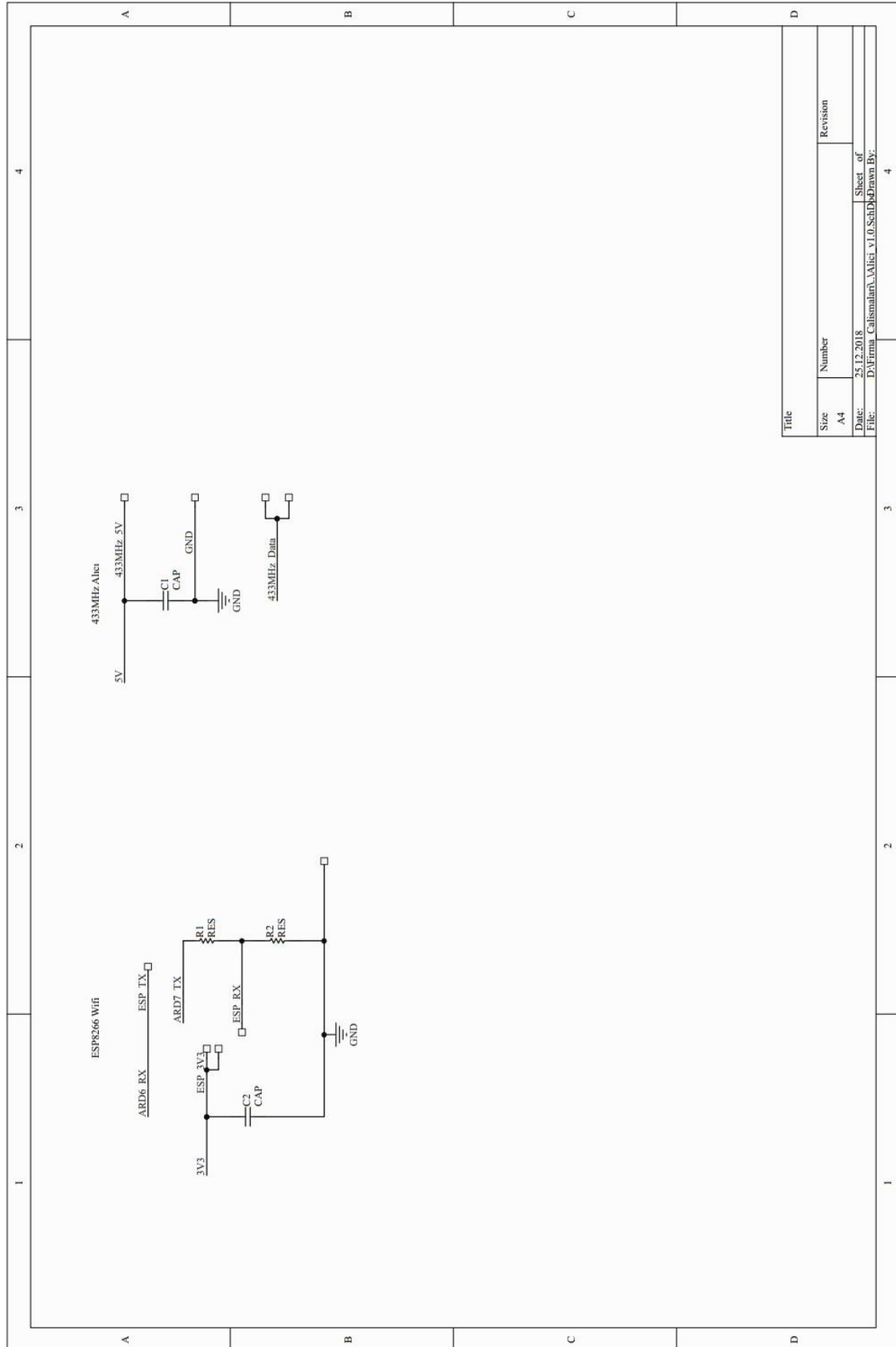
48. Bass, AE., Philipp, D., Coffey, KP., Caldwell, JD., Coblenz, WK. (2012). Chemical composition, intake by sheep, and in situ disappearance in cannulated cows of bermudagrass hayed at two moisture concentrations and treated with a non-viable *Lactobacillus-lactic acid* preservative, *Animal Feed Science and Technology*, 171(1),43-51.
49. Zadeh, LA. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8(3),338-353.
50. Poli, VSR. (2016). *Fuzzy Certainty Factor for incomplete information*, 2016 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFuzzy), 1-5.
51. Arji, G., Ahmadi, H., Nilashi, M., Rashid, T., Ahmed, OH., Aljojo, N., Zainol, A. (2019). Fuzzy logic approach for infectious disease diagnosis: A methodical evaluation, literature and classification, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 39(4),937-955.
52. Sarabakha, A., Fu, C., Kayacan, E. (2019). Intuit before tuning: Type-1 and type-2 fuzzy logic controllers, *Applied Soft Computing*, 81,105495.
53. Darani, AY. (2019). Application of fuzzy logic control for the dough proofing process, *Food And Bioproducts Processing*, 115,36-46.
54. Gaglione, S., Angrisano, A., Innac, A., Del Pizzo, S., Maratea, A. (2019). Fuzzy logic applied to GNSS, *Measurement*, 136,314-322.

EKLER

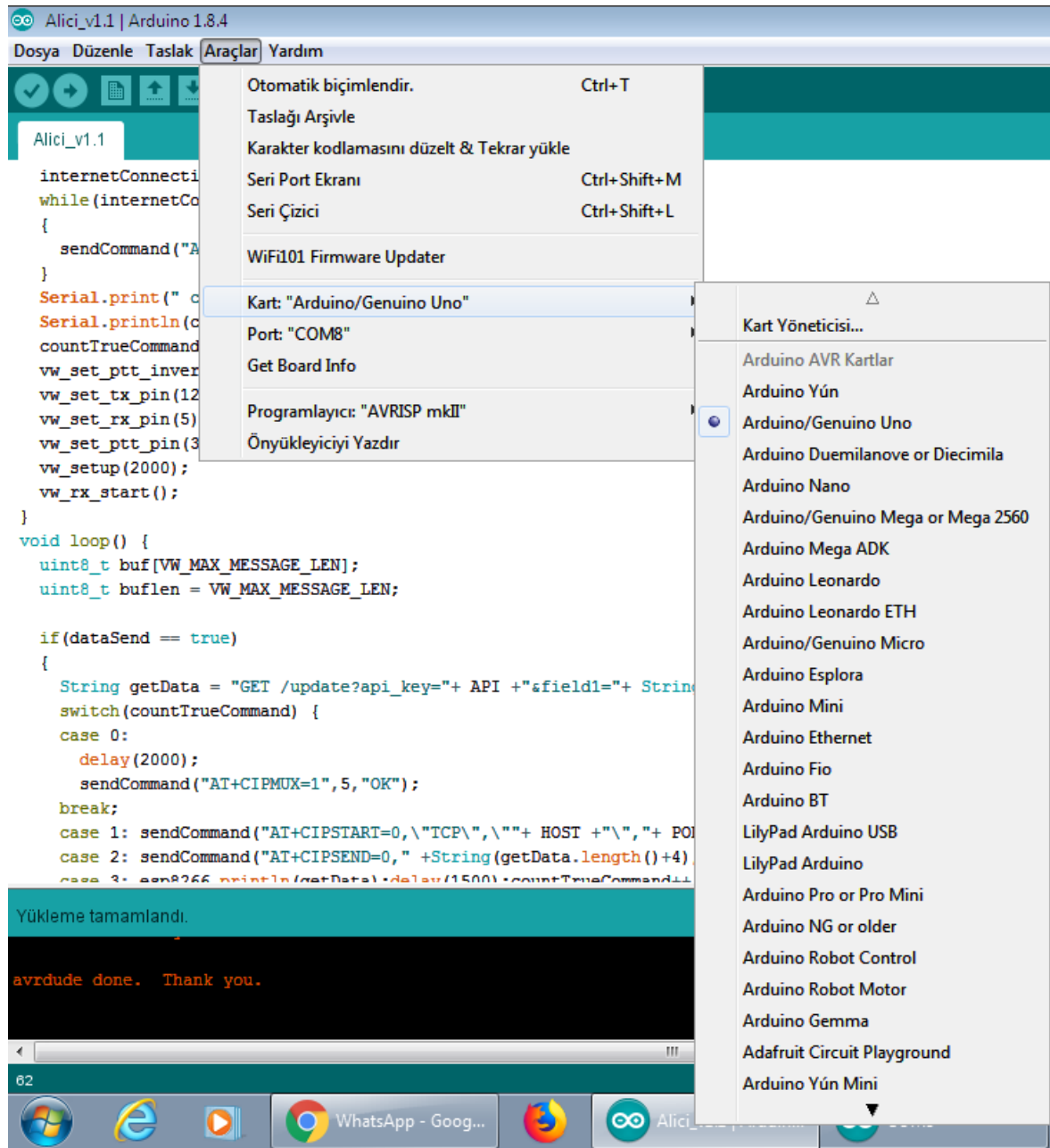
EK-1. Verici sistemin devre şeması



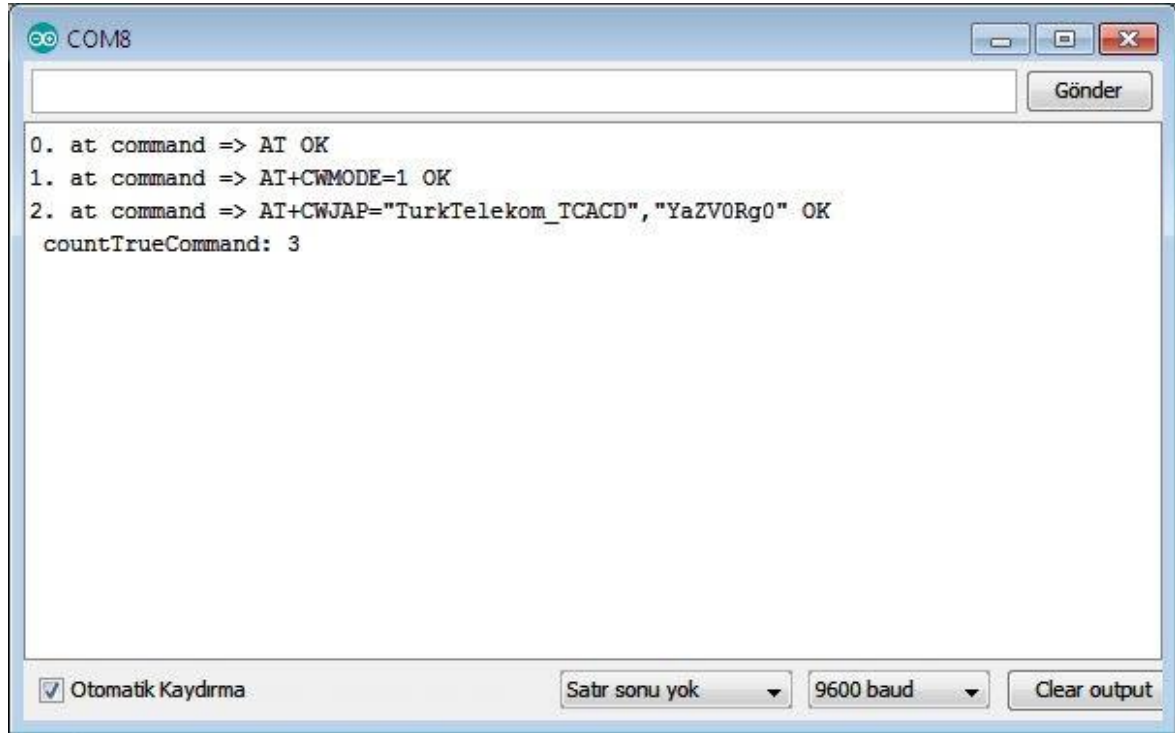
EK-2. Alıcı sistemin devre şeması



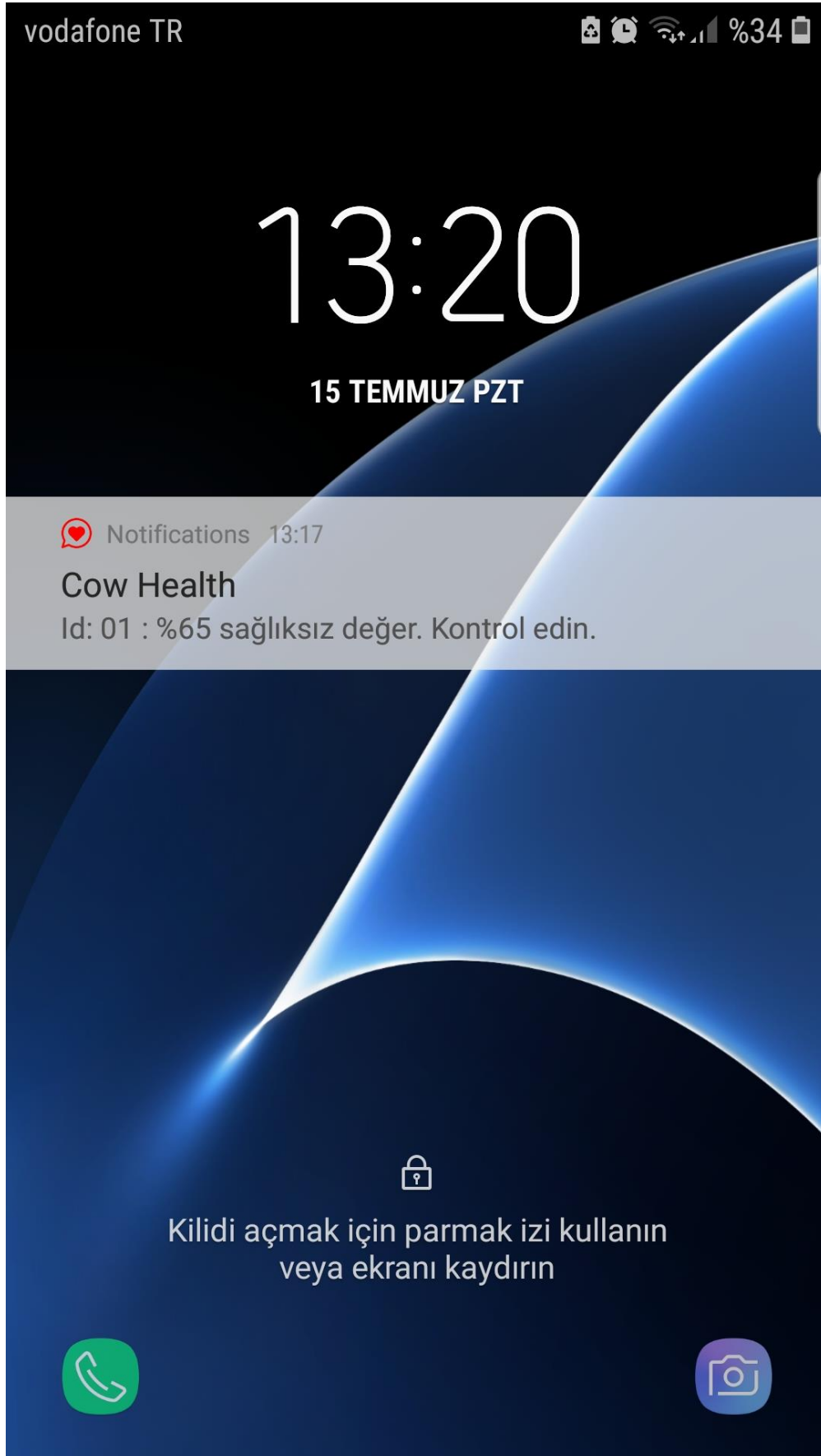
EK-3. Arduino kart yöneticisi seçimi



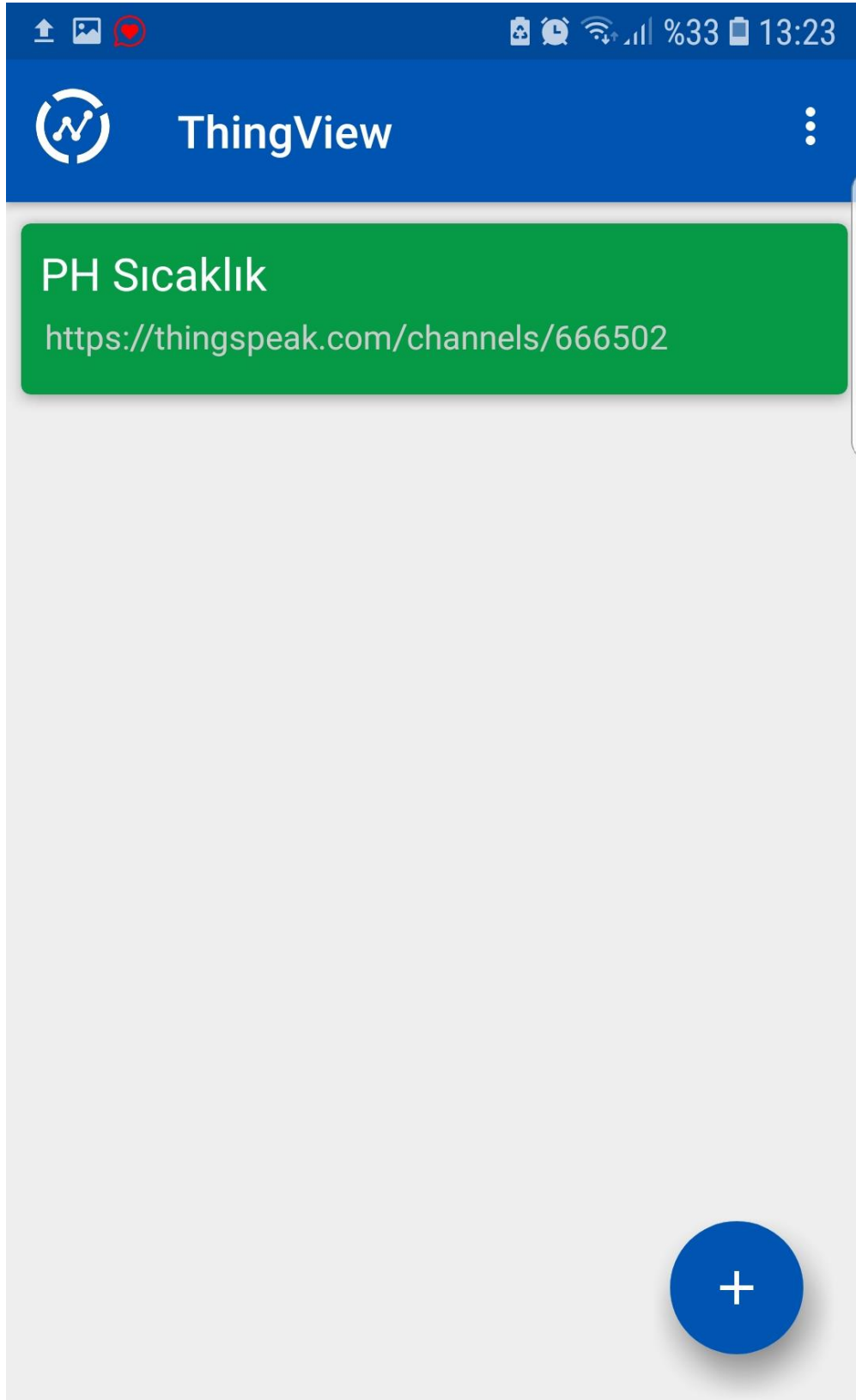
EK-4. Başlangıç seri port ekranı



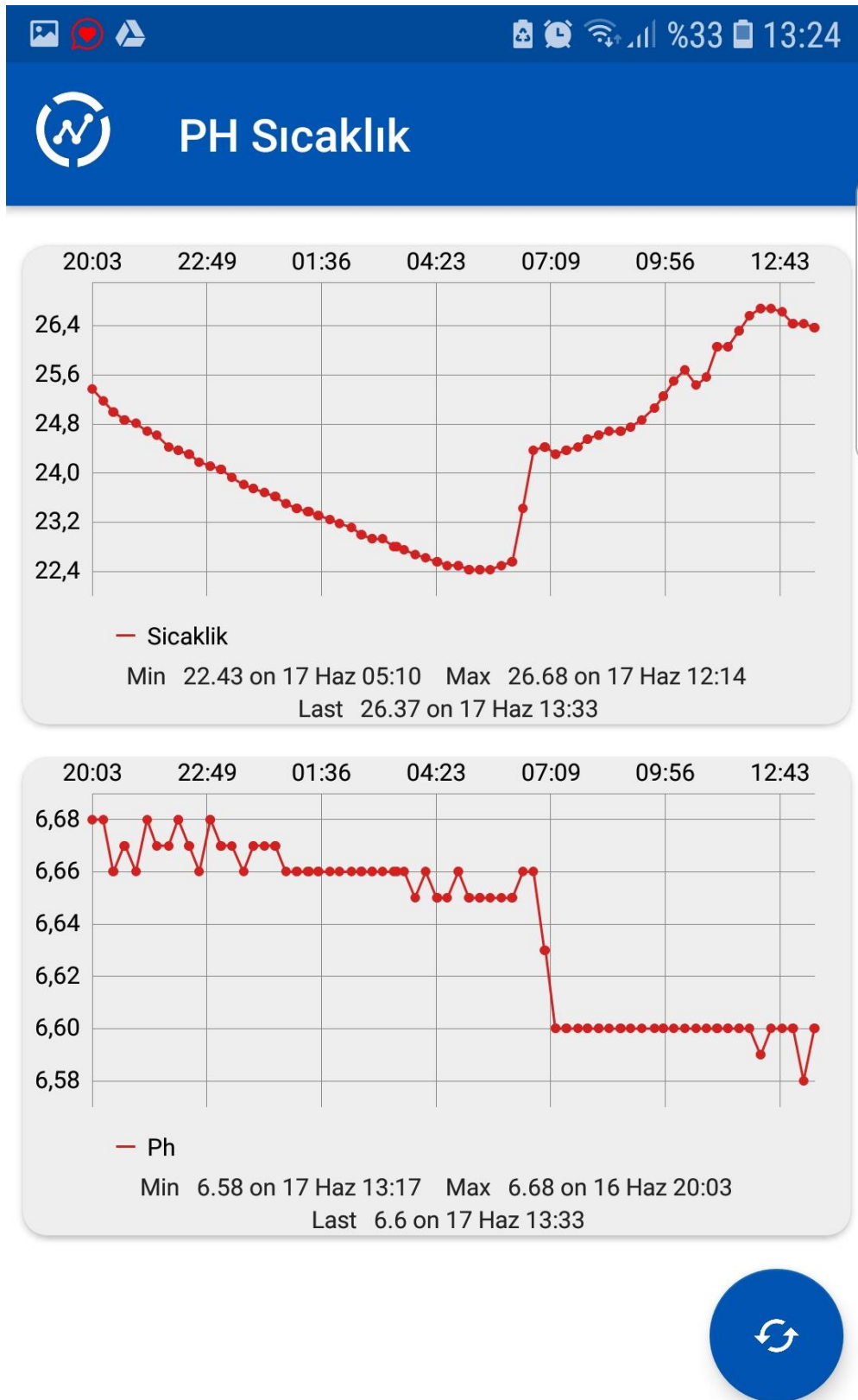
EK-5. Kullanıcıya gelen sağlıksız ölçüm bildirimi ekran görüntüsü



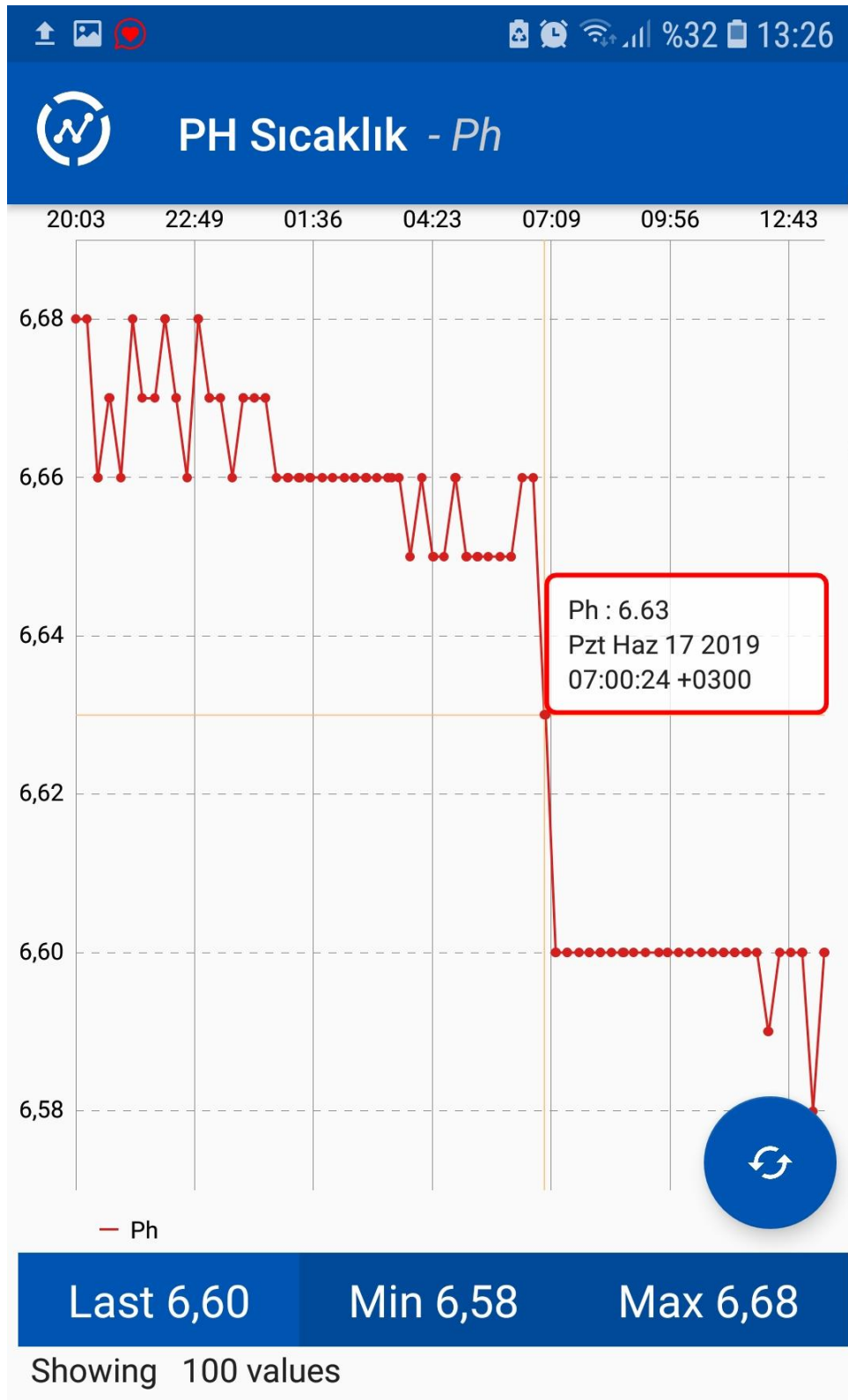
EK-6. ThingView uygulaması üzerinde ekli kanal görüntüsü



EK-7. ThingView uygulaması üzerinde verilerin görülebildiği ekran görüntüsü



EK-8. ThingView uygulaması üzerinden ölçümlerin detaylı ekran görüntüsü



EK-9. İnek sağlık durumu web uygulamasının kullanıcı girişi ekranı.

İNEK SAĞLIK

Admin Paneline Giriş için Kullanıcı Adı ve Şifre girmeniz gerekmektedir!

Kullanıcı Adı	
Şifre	
Tamam	

EK-10. İnekler listesi ekranı

localhost:26527/inekler.aspx

İnekler Tablosu

TR26546521	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26566225	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26654455	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26744555	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26777852	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26789654	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26846522	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26890050	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26952401	ph ölçümleri için Tıklayın
TR26999545	ph ölçümleri için Tıklayın

Küpe numarası Ekle



22:48 16.1.2017

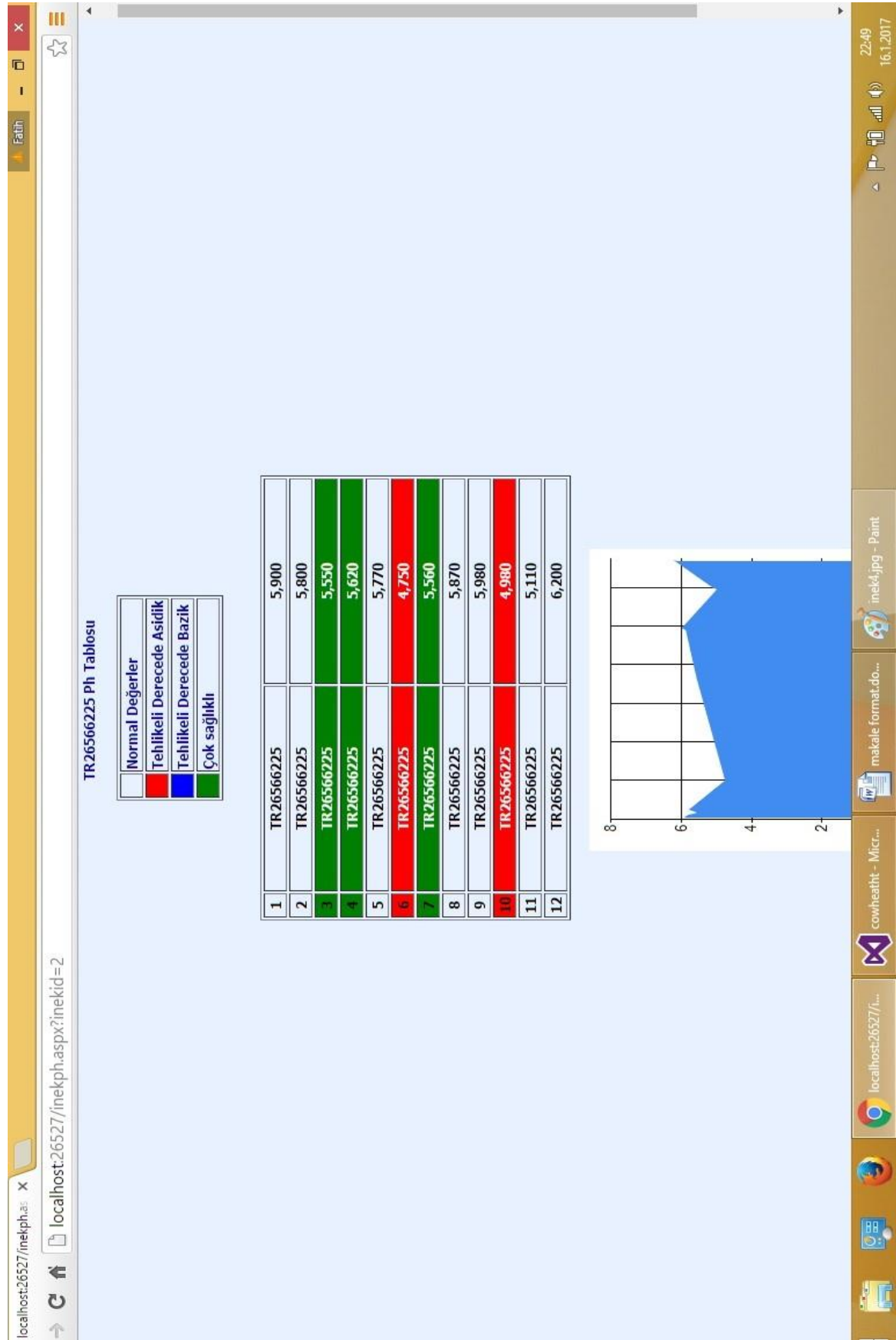
inek3.jpg - Paint

makale format.do...

cowheatht - Micr...

localhost:26527/...

Ek-11. İnek için ölçüm tablosunun gösterildiği sayfanın ekran görüntüsü



EK-12. Bütün ölçümler tablosunun gösterildiği sayfan ekran görüntüsü

localhost:26527/butunph... x

localhost:26527/butunph.aspx

Bütün Ölçümler Tablosu

	Normal Değerler	Tehlikeli Derecede Asidik	Tehlikeli Derecede Bazik	Çok sağlıklı
160	TR26654455			6,000
159	TR26566225			5,900
158	TR26566225			5,800
157	TR26566225			5,550
156	TR26566225			5,620
155	TR26566225			5,770
154	TR26654455			5,870
153	TR26654455			5,300
152	TR26789654			5,400
151	TR26744555			5,550
150	TR26846522			5,110
149	TR26789654			5,040
148	TR26744555			5,660
147	TR26846522			5,230
146	TR26546521			5,140
145	TR26546521			5,770
144	TR26744555			4,990
143	TR26789654			4,870
142	TR26846522			5,660
141	TR26546521			6,120
140	TR26566225			4,750
139	TR26789654			4,770

cowheattit - Micr...

localhost:26527/b...

makale format.do...

inet5.jpg - Paint

22:49 16.1.2017

EK-13. Bütün sağıksız ölçümler tablosunun gösterildiğı sayfanın ekran görüntüsü

localhost:26527/riskliph.a: x

localhost:26527/riskliph.aspx

Bütün Ölçümler Tablosu

	Tehlikeli Derecede Asidik	Tehlikeli Derecede Bazik
1	TR26744555	4,990
2	TR26789654	4,870
3	TR26566225	4,750
4	TR26789654	4,770
5	TR26744555	6,880
6	TR26846522	6,870
7	TR26789654	4,750
8	TR26846522	4,760
9	TR26846522	4,120
10	TR26546521	4,900
11	TR26999545	4,700
12	TR26777852	4,850
13	TR26846522	4,570
14	TR26890050	6,800
15	TR26890050	7,000
16	TR26777852	6,550
17	TR26999545	4,550
18	TR26744555	4,600
19	TR26890050	4,700
20	TR26566225	4,980

22:50 16.1.2017

inckö.jpg - Paint

makale format.do...

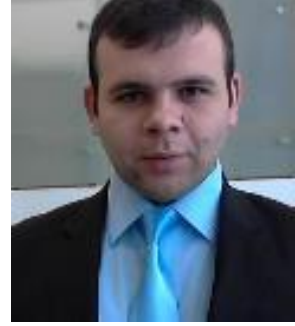
cowheath - Micro...

localhost:26527/ri...

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜRCAN, Fatih
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 12.07.1984, Uşak
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 510 56 43
 e-mail : fatih.gurcan.1@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Kocaeli Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-Halen	Jandarma Genel K.lığı	Bilişim Suçları Uzmanı /Adli Bilişim Uzmanı
2008-2010	Select Yazılım	Yazılım Uzmanı
2013-2014	Kocaeli Üniversitesi	Yazılım Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Gürcan, F. (2019). *Nesnelerin İnterneti(iOT)'nin Sağlık Alanındaki Mevcut Kullanım Alanları ve Çeşitli Uygulamaları*, VI. Uluslararası Fen, Mühendislik ve Mimarlık Bilimlerinde Akademik Çalışmalar Sempozyumu, 1438-1453.

Hobiler

Doğa Yürüyüşü, Kitap Okuma, Folklorik Dans, Sinema, Bisiklet

DİZİN

A

absorbe · 9
acı · 2, 7
alternatif · 22
anaerobik · 8
analiz · 2, 5, 50
aralık · 52
Arduino · 22, 23, 26, 66
asidik · 8, 10, 53
aylık · 16, 47, 51

B

bakteri · 8, 9, 14
baskı · 25
Besi · 14, 21
birincil · 10, 15
bolus · 16, 18, 19
bulut · 2, 15, 18
Buzağılama · 11
Büyük · 1
büyükbaş · 1, 2, 15, 36, 37
Büyükbaş · iv, vii, 1, 2, 7, 13, 21, 36, 51, 59
BÜYÜKBAŞ · 2, 3
büyükbaş hayvanlar · 1

C

cerrahi işlem · 2
cevap · 11

Ç

Çalışmalar · 11, 13, 77

D

deneyssel · 7
dışkı · 2, 10, 60
dijital · 21, 48
diyet · 11
DMI · 10
donanım · 2, 22, 23, 38
Dorsal kese · 8
durum raporu · 47, 51

E

endüstriyel · 5
enfekte · 10
epitel · 10, 13
ESP8266 · 23
Et üretimi · 1
evcil hayvan · 6

F

faktör · 8
fayda · 57
fermantasyon · 8, 12
fizyolojik · 7, 9

G

gaz · 8, 57
Gaz kabarcıkları · 10
geleneksel · 1
Geviş · 10
giyilebilir · viii, 5, 15
görüntüleme · 2
GPS · 57
grafiksel · 47, 51
günlük · xi, 1, 14, 42, 50

H

haftalık · xi, 11, 18, 47, 49, 51
 hassas · 7, 15, 48, 49
 hayvan hakları · 2
 hayvancılık · 1, 15

I

IDE · xv, 22
 IoT · 5, 6

İ

ideal · 8
 ikincil · 10
 iletim · 15, 21
 iletişim · 5
 İmplant · 5
 İshal · 10
 İşkembe · 1, 8, 16, 36, 37, 50
 İŞKEMBE · 2
 İştah · 10
 iştahsızlık · 11

K

kablosuz ağ · 25, 26
 kapsül · 38
 karbonhidrat · 8
 klinik · 10, 12, 14, 15
 kolonize · 10

L

lifli · 9

M

mantarlar · 8
 Mikrobiyal · 12
 miktar · 1, 11

mobil · 5, 6, 18, 21
 mukus · 10

N

Nesnelerin İnterneti · iv, vii, 5, 57, 77

O

odak · 1
 operatif · 21

Ö

ölçekli · 1
 ölçüm · xi, xiii, 2, 14, 16, 17, 18, 22, 23, 25, 26, 27, 36,
 37, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 74
 ölüm · 1, 10
 önleme · vii, 11

P

parçacık · 12
 pH · xi, xiii, xiv, 1, 2, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 23,
 26, 27, 37, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 60, 62
 PH · 15, 27, 47
 ph dengesi · vii, viii, 7
 pil · xi, 2, 23, 37
 protozoa · 8

R

referans · xi, 15, 48, 49, 50
 Referans · 48
 retikulum · 7
 RFID · 57, 59
 rinal epitel · 10
 Rumen · iv, v, vii, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 60, 62

S

sabit · 21, 39, 52, 53

sağlık · iv, 2, 5, 14, 15, 57, 72
 sağlıklı · 2, 8, 21, 25, 38, 42, 43, 45, 48, 51, 52
 saman · 9
 SARA · iv, v, vii, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
 sensörü · xi, 17, 23, 50
 serodiagnosis · 15
 sıcaklık · iv, xi, xiii, 2, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 26, 27, 44, 50, 51
 sindirim · 2, 8, 12, 51
 sistem · iv, 2, 3, 12, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 26, 39, 51, 52
 Sistem · 17, 18, 26, 40, 45, 47, 48
 SQL · 22
 stabil · 22, 27
 Su · 8
 Sürekli · 51
 Sürüm · 22
 süt · 1, 9, 10, 11, 12, 14, 21, 57

T

Tahıl · 7
 tarım · 1
 tedavi · vii, viii, 11, 14, 57
 ThingSpeak · 44
 Topallık · 10
 Toplayıcı · 26
 tükürük · 12, 15
 Türkiye · 1, 59, 77

Ü

üretici · 1

V

veri · 2, 5, 6, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 37, 50, 51
 Verimlilik · iv, 1
 Veritabanı · 22
 veteriner · 6, 7
 VFA · 9, 12, 13

W

Web Uygulaması · 44
 Wifi · 23

Y

yaban · 57
 yapay zeka · 6
 yaşam döngüsünü · 8
 yavrulama · 11
 yem · iv, 1, 3, 7, 8, 9, 11, 12
 yerli ırk sığırlar · 1
 Yetersiz · 9
 yetişkin · 7
 Yüz tanıma · 6

Z

zaman · vi, 2, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 53



GAZİ GELECEKTİR...