

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİ BİR DÜĞÜM ENERJİ TOPLAMA
YAKLAŞIMLI KAA TABANLI ŞEHİR SU DAĞITIM
ŞEBEKESİ İZLEME SİSTEMİ**

DOKTORA TEZİ

Fatih KAYAALP

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet ZENGİN
Ortak Danışman : Doç. Dr. Resul KARA

Aralık 2013

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİ BİR DÜĞÜM ENERJİ TOPLAMA
YAKLAŞIMLI KAA TABANLI ŞEHİR SU DAĞITIM
ŞEBEKESİ İZLEME SİSTEMİ**

DOKTORA TEZİ

Fatih KAYAALP

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

Bu tez 13/12/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Hüseyin EKİZ
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr.
İsmail ERTÜRK
Üye**

**Doç. Dr.
Ahmet ZENGİN
Üye**

**Doç. Dr.
İbrahim ÖZÇELİK
Üye**

**Doç. Dr.
Tuncay AYDOĞAN
Üye**

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca desteğini ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç.Dr. Ahmet ZENGİN'e, ortak danışmanım Doç.Dr. Resul KARA'ya, Düzce Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Teknolojileri Bölümü Öğretim Elemanları Yrd.Doç.Dr. Atilla BÜYÜKGÜÇLÜ ve Öğr. Gör. Enver KÜÇÜKKÜLAHLI'ya, Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Öğretim Üyesi Yrd.Doç.Dr. Sezgin IRMAK'a, Yrd.Doç.Dr. Fatih ÇELİK'e, Arş.Gör. Ünal ÇAVUŞOĞLU'na, Düzce Meslek Yüksekokulu akademik ve idari personeline, çalışmalarım sırasında bana maddi ve manevi olarak sürekli ve sabırla destek olan aileme ve özellikle eşime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Tanımı	1
1.2. Literatür Özeti	3
1.3. Kaynakların Değerlendirilmesi	6
1.4. Çözüm Önerisi	7
1.5. Tezin Amacı	10
1.6. Yöntem	10
1.7. Bilime Katkısı.....	11
1.8. Tez Planı.....	11
BÖLÜM 2.	
KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR.....	13
2.1. Giriş.....	13
2.2. Algılayıcı.....	13
2.3. Kablosuz Algılayıcı.....	13
2.4. Kablosuz Algılayıcı Mimarisi.....	14
2.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve Tarihçesi.....	16
2.6. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi.....	17

2.7. Kablosuz Algılayıcı Ağların Karakteristikleri.....	18
2.8. Kablosuz Algılayıcı Ağ Türleri.....	18
2.9. IEEE 802.15.4/ZigBee Kablosuz Algılayıcı Ağ İletişim Protokolü	20
2.10. Kablosuz Algılayıcı Ağların Kullanım Alanları.....	20
2.11. Kablosuz Algılayıcı Ağların Kısıtları.....	21
2.11.1. Güç sarfiyatları.....	21
2.11.2. İletişim mesafesi.....	22
2.11.3. Güvenlik.....	22
2.11.4. Servis kalitesi.....	22
2.11.5. İşlemci ve hafıza.....	23
2.11.6. Üretim maliyetleri.....	23
2.12. KAA'da Kısıtlı Enerji Kaynağı Kısıtının Çözülmesine Yönelik	
Çalışmalar.....	23
2.12.1. Güneş ışınlarından enerji üretimi.....	25
2.12.2. Mekanik yöntemler.....	25
2.12.3. Termal yöntemler.....	26
2.12.4. Akışkanlar mekaniği temelli çalışmalar.....	26
2.13. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Uzaktan İzleme.....	28

BÖLÜM 3.

YAPAY SİNİR AĞLARI	30
3.1. Giriş.....	30
3.2. Yapay Sinir Ağı Nedir?.....	30
3.3. Biyolojik Sinir Hücresi (Nöron).....	30
3.4. Yapay Sinir Hücresi.....	31
3.5. Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri.....	31
3.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	32
3.7. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Yöntemleri.....	33
3.8. Yapay Sinir Ağlarının Kullanıldığı Alanlar.....	34
3.9. Clementine Programı.....	34

BÖLÜM 4.

NS-2 ve SİSTEM MODELLEME.....	35
-------------------------------	----

4.1. Giriş.....	35
4.2. NS-2 Mimari Yapısı.....	35
4.3. NS-2 Ağ Simülatöründe Simülasyon Sonuçlarını İzleme.....	36

BÖLÜM 5.

ALGILAYICILAR KULLANILARAK ŞEBEKE İZLEME	38
5.1. Giriş.....	38
5.2. Petrol ve Doğalgaz İletim Hatlarında KAA Uygulamaları.....	39
5.3. Su İletim Hatlarında Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulamaları.....	42
5.3.1. Su şebekesi izlemede SASKİ örneği.....	45
5.3.2. Literatürde bulunan su şebekesi kontrolü uygulama örnekleri	48

BÖLÜM 6.

YENİ BİR DÜĞÜM ENERJİ TOPLAMA YAKLAŞIMLI KAA TABANLI ŞEHİR SU DAĞITIM ŞEBEKESİ İZLEME SİSTEMİ TASARIM VE UYGULAMASI.....	51
6.1. Giriş.....	51
6.2. Donanım Altyapısı.....	54
6.2.1. Şehir su şebekesi modeli.....	54
6.2.2. Pompa ve basınç kontrol paneli.....	55
6.2.3. Kablosuz basınç algılayıcılar ve baz istasyonu.....	57
6.2.4. Musluk ve vanalar.....	58
6.2.5. Enerji Üretici Birimi	59
6.3. Yazılım Altyapısı	61
6.3.1. Kablosuz Algılayıcı Ağ	61
6.3.2. Sunucu ve Veritabanı	61
6.3.3. Uzak Kullanıcı	62
6.3.4. Sistemin Çalışması	63
6.3.5. Web Tabanlı İzleme Sistemi	67
6.3.5.1 Arayüz yazılımının teknik özellikleri.....	68
6.4. Oluşturulan Yapay Sinir Ağı Model Yapıları.....	69
6.5. NS-2 ile Şebekenin Modellenmesi.....	72

BÖLÜM 7.

DENEY SONUÇLARI.....	73
7.1. Giriş.....	73
7.2. Deneysel Sonuçları	73
7.2.1. Hiç kaçak ve kullanım olmadığı durumun grafiği.....	73
7.2.2. 1 nolu durumun grafiği.....	74
7.2.3. 2 nolu durumun grafiği.....	76
7.2.4. 3 nolu durumun grafiği.....	76
7.2.5. 4 ve 5 nolu durumların grafiği.....	76
7.2.6. 6 nolu durumun grafiği.....	76
7.2.7. 7 nolu durumun grafiği.....	76
7.2.8. 8 nolu durumun grafiği.....	79
7.2.9. 9 ve 10 nolu durumların grafiği.....	79
7.2.10. 11 ve 12 nolu durumların grafiği.....	79
7.2.11. 13 nolu durumun grafiği.....	81
7.2.12. 14 nolu durumun grafiği.....	81
7.2.13. 15 nolu durumun grafiği.....	83
7.2.14. 16 nolu durumun grafiği.....	83
7.2.15. 17 nolu durumun grafiği.....	83
7.2.16. 18 nolu durumun grafiği.....	83
7.2.17. 19 nolu durumun grafiği.....	83
7.2.18. 20 nolu durumun grafiği.....	86
7.2.19. 21 nolu durumun grafiği.....	86
7.2.20. 22 nolu durumun grafiği.....	86
7.2.21. 23 nolu durumun grafiği.....	88
7.2.22. 24 nolu durumun grafiği.....	88
7.2.23. 25 nolu durumun grafiği.....	88
7.2.24. 26 nolu durumun grafiği.....	90
7.2.25. 27 nolu durumun grafiği.....	90
7.2.26. 30 nolu durumun grafiği.....	90
7.2.27. 31 nolu durumun grafiği.....	92
7.2.28. Kaçak ve normal kullanımların kaynağa yakın veya uzaklıklarına göre birarada karşılaştırılmaları.....	92

7.3. Bataryaların Şarj Edilmesi.....	95	
7.4. YSA ile Kaçak Tespit Edilmesi.....	95	
7.5. Değerlendirme.....	97	
BÖLÜM 8.		
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....		98
8.1. Şebekenin İzlenmesi ve Kaçak Bulunması.....	98	
8.2. Enerji Değerlendirmesi.....	99	
8.3. YSA'dan Elde Edilen Sonuçlar.....	100	
8.4. NS-2 Modellemesi ve Şebeke Modelinin Karşılaştırılması.....	101	
8.5. Çalışmanın Getirdiği Katkılar.....	103	
8.6. Tartışma ve Öneriler.....	104	
KAYNAKLAR.....	105	
EKLER.....	114	
ÖZGEÇMİŞ.....	125	

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASP	: Aktif sunucu sayfaları (Active server pages)
DC	: Doğru akım
GKA	: Grafik kullanıcı arabirimi
GPRS	: GSM şebekesi üzerinden hızlı veri paketi iletişimini sağlayan teknoloji (General packet radio service)
GPS	: Küresel konumlama sistemi (Global Positioning System)
IIS	: Yerel web sunucu (Internet information services)
IP	: İnternet protokolü (Internet protocol)
ISM	: Endüstriyel, bilimsel ve medikal iletişim frekans bandı (Industrial Scientific Medical band)
KAA	: Kablosuz algılayıcı ağ
LAN	: Yerel alan ağı (Local area network)
Lt	: Litre
NAM	: Ağ animasyon görüntüleyici (Network Animator)
NS	: Ağ simülatörü (Network simulator)
pH	: Bir çözeltinin asidik veya bazik olduğunu gösteren birim (Power of hydrogen)
PIR	: Hareket algılayıcı
PSTN	: Genel aktarmalı telefon şebekesi (Public switch telephone network)
RS232	: Seri haberleşme portu
RF	: Radyo frekansı (Radio frequency)
SASKİ	: Sakarya su ve kanalizasyon idaresi
SQL	: Yapısal sorgulama dili (Structured Query language)
UCLA	: California Üniversitesi (University of California, Los Angeles)
VB.NET	: Visual basic.net

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kablosuz algılayıcı örneği.....	14
Şekil 2.2.	Kablosuz algılayıcı mimarisi.....	14
Şekil 2.3.	Kablosuz algılayıcı ağ topolojisi.....	17
Şekil 2.4.	"Helimote" çalışmasından bir görüntü.....	25
Şekil 2.5.	Su akışından enerji üretim sistemi mimarisi.....	27
Şekil 2.6.	Mekanik parçalar olmadan güç üretimi.....	28
Şekil 3.1.	Biyolojik sinir hücresi.....	31
Şekil 3.2.	Yapay sinir hücresinin işleyişi.....	32
Şekil 3.3.	YSA'nın yapısı.....	32
Şekil 4.1.	NS-2'da simülasyon oluşturulma aşamaları.....	36
Şekil 4.2.	NS-2'de bir ZigBee uygulaması NAM ekranı görüntüsü.....	37
Şekil 5.1.	Bir petrol boru hattı izleme sistemi mimarisi.....	39
Şekil 5.2.	SASKİ SCADA uygulaması.....	46
Şekil 5.3.	PIPENET sistemi mimarisi.....	49
Şekil 5.4.	WaterWiSe'da kullanılan çok parametrelili algılayıcı (solda) ve bir vanaya takılı hali (sağda)	50
Şekil 5.5.	Sağda t_B olarak gösterilen noktada bir kaçak olduğu anda grafik üzerindeki t_1, t_2 ve t_3 zamanlarındaki grafik davranışları belirgin olarak gözükmemektedir.....	50
Şekil 6.1.	Şehir su şebekesi modeli planı.....	55
Şekil 6.2.	Kurulan şebeke modelinden örnek bir görüntü.....	55
Şekil 6.3.	Hidrofor, kontrol ünitesi ve su pompası.....	56
Şekil 6.4.	Pakkens basınç ayarlı manometre.....	57
Şekil 6.5.	Electrochem kablosuz basınç algılayıcı (PS-1 500).....	58
Şekil 6.6.	Kablosuz basınç algılayıcılarının baz istasyonu.....	58
Şekil 6.7.	Kaçaklar ve normal kullanım etkilerini simule etmek için yapılan bağlantı noktaları.....	59

Şekil 6.8.	Devirdaim Pompası.....	60
Şekil 6.9.	Devirdaim pompası üzerine bağlanmış olan DC motor.....	60
Şekil 6.10.	Bataryaların şarj edilmesi için kullanılan devre.....	60
Şekil 6.11.	Sunucu ve veritabanı modeli.....	62
Şekil 6.12.	Tez çalışmasında kurulan sistemin genel mimarisi.....	62
Şekil 6.13.	Şebeke modelinde kullanılan noktalar.....	63
Şekil 6.14.	YSA tabanlı kaçak tespit işlemi akış diyagramı.....	64
Şekil 6.15.	Sistemin çalışmasını gösteren akış diyagramı.....	65
Şekil 6.16.	Verilerin içerisinde tutulduğu metin dosyalardan örnek bir görüntü.....	66
Şekil 6.17.	Web arayüzü örnek ekran görüntüsü	69
Şekil 6.18.	YSA model yapısı.....	69
Şekil 6.19.	Giriş nöron sayısı 33, çıkış nöron sayısı 3 olan eğitim verilerinden bir görüntü.....	71
Şekil 6.20.	Giriş nöron sayısı 3, çıkış nöron sayısı 3 olan eğitim verilerinden bir görüntü.....	71
Şekil 6.21.	3 tane basınç algılayıcısı ile kurulan şebeke modelinin NAM ekranından bir görüntü.....	72
Şekil 7.1.	Hiç kaçak ve kullanım yok iken basınç/zaman grafiği.....	75
Şekil 7.2.	1 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	75
Şekil 7.3.	2 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	77
Şekil 7.4.	3 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	77
Şekil 7.5.	4 ve 5 nolu durumların basınç/zaman grafiği.....	78
Şekil 7.6.	6 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	78
Şekil 7.7.	7 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	79
Şekil 7.8.	8 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	80
Şekil 7.9.	9 ve 10 nolu durumların basınç/zaman grafiği.....	80
Şekil 7.10.	11 ve 12 nolu durumların basınç/zaman grafiği.....	81
Şekil 7.11.	13 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	82
Şekil 7.12.	14 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	82
Şekil 7.13.	15 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	84
Şekil 7.14.	16 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	84
Şekil 7.15.	17 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	85

Şekil 7.16.	18 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	85
Şekil 7.17.	19 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	86
Şekil 7.18.	20 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	87
Şekil 7.19.	21 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	87
Şekil 7.20.	22 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	88
Şekil 7.21.	23 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	89
Şekil 7.22.	24 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	89
Şekil 7.23.	25 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	90
Şekil 7.24.	26 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	91
Şekil 7.25.	27 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	91
Şekil 7.26.	30 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	92
Şekil 7.27.	31 nolu durumun basınç/zaman grafiği.....	93
Şekil 7.28.	Tablo 7.1'de belirtilen 1-17 nolu durumların sırayla denendiği grafik.....	93
Şekil 7.29.	Tablo 7.1'de belirtilen 18-31 nolu durumların sırayla denendiği grafik.....	94
Şekil 8.1.	Paket teslim oranı/zaman grafiği.....	100
Şekil 8.2.	Batarya durumunun sistem performansına etkisi.....	100
Şekil 8.3.	Hiç kaçak olmadığı esnadaki şebeke modeli ile NS-2 modelinin karşılaştırılması.....	102
Şekil 8.4.	S1'e yakın bir kaçak olduğu esnadaki şebeke modeli ile NS-2 modelinin karşılaştırılması.....	103

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	IEEE 802.15.4 radyo frekansları ve veri aktarım hızları	20
Tablo 6.1.	Veritabanındaki verilerin tutulduğu “Veriler” tablosunu yapısı....	67
Tablo 7.1.	Şebeke modeli üzerinde yapılan deney durumları ve anlamları ...	74
Tablo 7.2.	3. ve 4. YSA modellerine verilen örnek girişlere göre üretilen çıkışlar.....	96
Tablo 8.1.	Eğitilen yapay sinir ağı modelleri ve sonuçları	101

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Su Şebekesi İzleme, Kısıtlı Enerji Kaynağı Problemi, NS-2

Su kaynaklarının öneminin gittikçe artmasından dolayı son yıllarda bu konuda yapılan verimlilik çalışmaları çoğalmıştır. Bu çalışmalardan bazıları su kaynaklarının korunmasına yönelik bazıları ise su dağıtım sistemlerinin izlenmesi ve zaman zaman karşılaşılabilen kaçakların tespitine yöneliktir.

Çeşitli sebeplerden dolayı oluşan kaçakların ve kirlenmelerin önlenmesi için su şebekeleri sürekli izlenmelidir. Şebekeleri izlemek için gereken altyapı sistemi yüksek maliyetli olduğundan yaygın olarak kullanılamamaktadır.

Yapılan tez çalışmasının amacı kayıp ve kaçakları azaltmak amacıyla su şebekelerinin maliyeti düşük Kablosuz Algılayıcı Ağlar teknolojisi kullanılarak izlemektir.

Bu tez çalışmasında günümüzün önemli iletişim teknolojilerinden biri olan Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) tabanlı bir su şebekesi modeli kurulmuş ve kullanılan kablosuz basınç algılayıcılar ile şebeke modeli içerisinde hareket etmekte olan suyun basınç değerleri izlenmiştir. Bu değerlerin bilgisayar aracılığıyla veya internet üzerinden sadece bir web tarayıcı aracılığı ile izlenebileceği ara yüzler geliştirilmiştir.

Şebeke modeli içerisinden alınan veriler, şebekede hiç kaçak ve kullanım olmadığı, normal kullanımlar olduğu, kaçakların olduğu, normal kullanımlar ve kaçakların beraber olduğu durumlarda yapılan deneyler ile grafikler üzerinden izlenmiş ve davranış değişimleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler ile tespit edilen kaçaklar, aynı zamanda sistemden alınan verilerin kullanıldığı yapay sinir ağları (YSA) ile de karşılaştırılmıştır. YSA'dan alınan sonuçlar ile grafikler üzerinde yapılan değerlendirmelerin %97 oranında doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ayrıca tasarım alternatiflerini araştırmak amacıyla sistemin NS-2 ağ simülatörü altında bir modeli kurulmuş ve modelin onaylama ve geçerleme testleri yapılmıştır.

Gerçekleştirilen tez çalışmasının diğer bir özelliği de KAA temelli çalışan uygulamalarda ortaya çıkan düğümlerin kısıtlı enerji kaynağı probleminin çözümüne yeni bir yaklaşım sunmaktır. Şebeke modeli içerisindeki suyun hareketinden düğümün bataryasını şarj etmeye yetecek kadar gerekli enerji elde edilmiştir. Böylece varolan enerji kaynağının, enerji üretici bir birim ile desteklenmesi gerçekleştirilerek sistemin ömrünün uzamasına katkıda bulunulmuştur.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Problem Tanımı

Dünya üzerinde özellikle içilebilir su kaynaklarının miktarı gün geçtikçe azalmaktadır. Gelecekte özellikle nüfus artışı ile ters orantılı olarak su kaynaklarının azalmasıyla kişi başına düşecek olan içilebilir su miktarının bugünkü değerlere kıyasla çok daha azalacak olması nedeniyle dünyadaki su kaynakları her geçen gün daha kıymetli hale gelmektedir [1].

Petrol ve doğal gaz kaynaklarının yerine alternatif enerji kaynakları bulunabilir iken içme suyu için alternatifler üretmek çok daha zordur. Sunulan alternatifler tam olarak kaliteli bir içme suyu meydana getirememekte, ya da yüksek maliyetli olabilmektedirler. Yeraltı sularının kullanımı, deniz suyunun arıtılarak kullanımı, atık suların arıtılarak tekrar kullanılması bu alternatiflerdendir.

Teknolojik ilerlemeler her geçen gün devam etmekte ve kablosuz iletişimin son yıllarda hızla gelişmesiyle beraber bu alanda da yeni sistemler ve teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojilerden biri de Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) teknolojisidir. 1996 yılında düşük güçlü entegre kablosuz mikro algılayıcıların UCLA ve Rockwell Bilim Merkezi tarafından üretilmesiyle, kablosuz algılayıcılar ticari alanlarda kullanılmaya başlamıştır [2].

Petrol, doğal gaz ve su kaynaklarının korunması, üretimi, dağıtımı ve tüketimlerine kadar olan süreçteki izleme aşamalarında KAA teknolojilerinin kullanılması da günümüzde oldukça yaygındır.

KAA temelli sistemlerin bir çok avantajı vardır. Bunlardan bazıları kullanılan algılayıcıların küçük boyutlu olmaları, düğümlerin düşük güç tüketimlerine sahip

olmaları, kısa mesafede kablosuz ortam üzerinden haberleşmeleri, ortamdaki değişik fiziksel büyüklükleri algılamaları ve düşük maliyetli olmalarıdır [3].

KAA'ların getirdiği avantajlarının yanı sıra bazı kısıtlamaları da vardır. Bunlardan bazıları da güç sarfiyatları, iletişim mesafesi, sinyal güvenliği, servis kalitesi, işlemci ve hafıza kısıtlamaları ve çok miktarda düğüm kullanılması gerektiği uygulamalarda ortaya çıkması muhtemel yüksek maliyetlerdir [3].

KAA temelli çalışan sistemlerdeki düğümlerin çalışmasını sağlayan, yapısında bulunan doğru akım kaynağı bataryalardır. Bu bataryalar, algılayıcıların çalışması sırasında zamanla tükenmektedir. Bu bataryaların daha uzun ömürlü hizmet vermesi için enerji üretici ile desteklenmeleri gerekir. Tez içerisinde kullanılan enerji kavramı ile bu bataryaların sağladıkları enerji kastedilmektedir.

Diğer taraftan, tabii ve baraj gölleri gibi su kaynağı olarak kullanılan havzalardaki suyun temizliğinin kontrol altında tutulması çok önemli bir konu olduğu için kirlenmeye sebep olabilecek olan çeşitli etkenlerin de sürekli gözlem altında tutulmaları gerekir. Su kaynakları ile ilgili yapılan izleme uygulamalarının bir kısmı bu konuya, diğer bir kısmı ise su kaynaklarından belirli pompa istasyonları aracılığı ile şehir içindeki borulara verilen suyun şebeke içindeki bütünlüğünün korunması tarafına yöneliktir.

Sonuç olarak çeşitli sebepler dolayısıyla (kaçaklar ve su kalitesindeki bozulmalar) oluşan kayıplar veya kirlenmeleri tespit edebilmek için su şebekesi sürekli izlenmelidir [1].

Su şebekesindeki ücretlendirilemeyen su kullanımları kayıp olarak isimlendirilmektedir. Yangın musluklarından itfaiye araçları tarafından alınan sular, camilerdeki ve parklardaki su kullanımları kayıplara örnektir.

Şebeke içerisindeki boruların çeşitli sebeplerle kırılması sonucu suyun boru dışına akması ise kaçak olarak adlandırılmaktadır. Çeşitli kurumlar tarafından yapılan kazılar sırasında boruların zarar görmesiyle suyun şebeke dışına akması bir kaçak

örneğidir.

Fakat bu tür şebekeleri izlemek için gerekli altyapıyı kurmak yerel yönetimler için yüksek maliyetli olduğundan dolayı bu işe girememektedirler. Ancak kaçaklar dolayısıyla yüzeye su çıktığı zaman veya belirli bir noktada su kesintisi olduğunda şebeke planına göre o civardaki borular kontrol edilerek kaçaklar tespit edilmekte ve tamir edilmektedir.

Çeşitli ülkelerde yapılan çalışmalar fiziki kaçaklardan oluşan su kayıplarının toplam su hacminin %25-50'sine kadar ulaştığını tespit etmişlerdir. Alınan birçok önleyici tedbirlere rağmen kayıp/kaçak oranı %30-40'lar civarındadır [4].

Gerçekleştirilen tez çalışmasının amacı, yukarıda bahsedilen kayıp ve kaçakları azaltmak yolunda su şebekelerini KAA temelli olarak uzaktan izlemek ve izlenen su şebekesi üzerindeki basınç değerlerini gözlem altında tutmaktır. Çeşitli zamanlarda farklı sebeplerle karşılaşılabilen kaçakların tespit edilmesini sağlamak ve tespit edilen kaçaklara ilişkin konum tahmini yapılabilmesine yardımcı olmaktır. Böylece kaçaklar sebebiyle oluşacak olan su, para, zaman gibi kaynak israflarının önüne geçilmesi konusunda yardımcı bir yöntem geliştirmektir.

Bu işlemler yapılırken KAA'ların kısıtlarından biri olan kısıtlı enerji kaynağı sorununun çözümüne dair bir öneride de bulunmaktadır. Böylece sistemin ömrünün uzatılması sağlanmaktadır.

1.2. Literatür Özeti

KAA temelli olarak çeşitli ortamların uzaktan izlenmesi, su ve petrol boru hatlarının uzaktan izlenmesi ve kısıtlı enerji kaynağı sorununa çözüm bulunması amacıyla yapılan literatürde birçok çalışma vardır. Aşağıda literatürde yer alan çalışmalar ve içerikleri ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Simon ve arkadaşları tarafından 2004'te yapılan bir çalışmada, deneysel çalışmalarla karşidan ateş etmekte olan kişilerin algılanması ve yerinin tespit edilmesi amaçlı bir

uygulama sunulmuştur [5].

Tolle ve arkadaşları tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada, California Sonoma'daki ormanlarda bulunan çam ağaçlarına yerleştirilmiş olan sıcaklık, nem ve güneşten gelen radyasyon değerlerini ölçen algılayıcılar ile bu ağaçların gelişimleri izlenmiş ve bitki biyolojisine dair bazı teorilerin gerçeklikleri test edilmiştir [6].

Werner-Allen ve arkadaşları tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada, Ekvador'un kuzeyinde yer almakta olan Reventador volkanında oluşması muhtemel bir patlamanın daha erkenden tespit edilebilmesi için KAA tabanlı bir uzaktan izleme uygulaması yapılmıştır [7].

Zhang ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada, sağlık alanında kullanılan aşuların üretim süreçlerinin izlenmesine yönelik bir uygulama yapılmış ve bu süreç esnasında kullanılan damıtılmış suyun miktarı ve üretim işlemlerinin yapıldığı ortamın ısısının bulunması gereken ısı değer aralığının izlenmesi ve korunmasına dönük olarak izleme KAA'lar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Bu sayede üretimi yapılan aşulara dair ortaya çıkması muhtemel hayati problemlerin önlenmesi konusunda da tedbirler alınmıştır [8].

Castello ve arkadaşları tarafından 2010 yılında yapılan çalışmada üretim yapılacak olan bir tarlanın toprağının pH değeri, elektriksel iletkenliği, toprağın ısısı ve toprağın nemi değerlerini izlemek amaçlı olarak yerleştirilen kablosuz algılayıcılar ile üretimin ya da ürünün kalitesinin düşmesine yol açabilecek durumlar izlenerek daha iyi sonuçlar alınmasına yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir [9].

Liang ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada bir ev içerisinde kullanılan ZigBee standartında çalışan düğümler ile farklı türden verileri toplayan, bir PIC18LF4620 işlemci tarafından kontrol edilen ve cep telefonu veya PSTN hatları ile dışarıdan erişip evdeki çeşitli elektrikli aletleri de kontrol edebilen bir akıllı ev uygulaması sunulmuştur [10].

Baker ve arkadaşları tarafından 2007 yılında yapılmış çalışmanın içinde sunulan

uygulamalardan biri olan "Sleep Safe"te bebeğin kıyafetlerine algılayıcılar takılmış ve buradan alınan verilere göre uyku esnasında yatış şekli belirlenerek yüzüstü yattığı tespit edildiğinde ebeveynlere uyarı sinyalleri gönderilmiş ve bu sebepten doğabilecek olan bebek ölümleri önlenmeye çalışılmıştır [11].

Alippi ve arkadaşları 2008 yılında, güneş enerjisinden elde edilen enerjinin kablosuz düğümlerin şarj edilebilir pillerine ideal hava şartları olmasa dahi en iyi şekilde aktarımı üzerine bir çalışma yapmışlardır [12].

Vijayaraghavan ve Rajamani tarafından 2007 yılında yapılan bir diğer çalışmada ise bir algılayıcı üzerinden geçen araçların ortaya çıkardığı titreşimle algılayıcılar beslenmiştir [13].

Mateu ve arkadaşları tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada, insan vücuduna direkt olarak temas eden aygıtlar ve ısı üreteçleri kullanılarak enerji elde edilebildiği ortaya konmuştur [14].

Kokossalakis'in 2006 [15] ve David'in 2008 [16] yılında yaptıkları çalışmalarda borular içerisine bir hidrolik türbin konularak enerji üretimi yapılmıştır. Bu yöntemin avantajı algılayıcıları besleyebilecek kadar enerji elde edilebilmesi iken dezavantajı ise sistemin içerisine mekanik parçaların yerleştirilmesinin bazen çok zor olabilmesi ve uzun süreli kullanımlarda mekanik parçaların dönen hareketli kısımlarından kaynaklanan problemlerin çıkabilmesi potansiyelidir.

Pobering [17] 2008, Wang [18] 2009, Taylor [19] 2001 ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda sistem içerisine herhangi bir mekanik parça ilavesi yapılmadan enerji üretimi yapılmıştır. Bu yöntemin avantajı sistem içerisinde mekanik parçalar olmadığından dolayı özellikle mekanik parçalardan doğabilecek problemlerin önlenmesi iken dezavantajı ise elde edilen enerjinin çok küçük olması ve aktif moddaki bir algılayıcıyı tek başına besleyebilecek bir güç kaynağı olarak kullanılamamasıdır.

Cao ve arkadaşları tarafından 2008'de gerçekleştirilmiş olan başka bir KAA temelli

bir çevre gözlem uygulamasında kullanıcı ile sunucu arasında gerçek zamanlı bir bağlantı sağlanmıştır. Sunucudan alınmakta olan verilerin işlenmesi, kullanıcı bilgisayarında yüklü olan MATLAB tabanlı bir Grafiksel Kullanıcı Arabirimi (GKA) yardımıyla yapılmaktadır [20].

Yu ve Guo tarafından 2012’de yapılmış olan bir uygulamada, petrol ve doğalgaz iletim hatlarının durumunu izlemek amaçlı olarak kullanılan geleneksel yöntemlerdeki (GPRS, mikrodalga, radyo modem, kablolar) yüksek sistem kurulum ve bakım maliyetleri ile veri paketlerindeki gecikmeleri önleyecek olan KAA temelli bir boru hattı izleme sistemi çalışması sunmuşlardır [21].

Ding ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yapılmış olan çalışmada ZigBee standartında çalışan düğümler kullanılarak kurulan KAA tabanlı bir ağ ile petrol boru hattı üzerinde ortaya çıkan kaçağın tespit edilmesi uygulaması sunulmuştur [22].

Stoianov ve arkadaşları tarafından 2007 yılında Amerika’da yapılan çalışmada KAA tabanlı bir sistem ile şehir su şebekesindeki su basıncı ve ses (akustik) bilgilerinin incelenmesi yapılarak şebekede oluşan kaçağın yerinin bulunması, su kalite izlemesinin yapılması (pH gibi) ve kollektörlerdeki su seviyesinin izlenmesi konularında yardımcı olacak olan bir sistem geliştirilmeye çalışılmış ve sistem Boston şehrinde 22 ay süre ile denenmiştir [23].

Whittle ve arkadaşları tarafından 2010 yılında sunulan çalışmada Stoianov tarafından 2006 ve 2007 yıllarında sunulmuş olan çalışmalardan esinlenilerek çalışmalarına 2008 yılında başlanan ve 2009 yılından itibaren de Singapur’da sahada uygulanmakta olan bir çalışma olan WaterWiSe isimli sistem ile Singapur su şebekesi üzerinde izleme çalışmaları yapılmakta olduğu anlatılmaktadır [24].

1.3. Kaynakların Değerlendirilmesi

Yukarıda bahsedilmiş olan çalışmaların bazılarında şebeke izleme ve kaçak algılama işlemleri yapılmış, bazılarında düğümlerin enerji kaynaklarının enerji üretici birimler

ile desteklenmeleri yapılmış, bazılarında da uzak kullanıcıların internet üzerinden sisteme erişerek sistemi izleyebilmesi gerçekleştirilmiştir.

Fakat hem şebekenin izlenmesi, hem kaçak tespiti, hem internet üzerinden bağlanacak uzak kullanıcıların şebekeyi izleyebilmesi, hem düğümlerin bataryalarının enerji üretici birimler ile desteklenmeleri hem de şebekeden alınan verilerin tutarlılıklarının YSA ile kontrolü işlemleri aynı uygulama içerisinde gerçekleştirilmemiştir.

Gerçekleştirilen tez çalışması, bir önceki paragrafta sayılan bütün özellikleri bünyesinde barındırması ile sayılan çalışmalardan ayrılmaktadır.

1.4. Çözüm Önerisi

Gerçekleştirilen tez çalışmasının amacı, yukarıda bahsedilen örnek çalışmalarda olduğu gibi şehir su şebekelerini KAA temelli olarak uzaktan izlemek, izlenen su şebekesi üzerindeki basınç değerlerini gözlem altında tutmak, çeşitli zamanlarda farklı sebeplerle ortaya çıkması muhtemel kaçakların tespit edilmesini sağlamak, tespit edilen kaçaklara ilişkin konum tahmini yapılabilmesine yardımcı olmak ve kaçaklar sebebiyle oluşacak olan su, para, zaman gibi kaynak israflarının önüne geçilmesi konusunda yardımcı bir yöntem geliştirmektir. Kurulan sisteme SENSIS ismi verilmiştir.

Şebekede basınç yönetimi yapmak için şebekenin belirli noktalarına basınç vanaları koyarak belirli bir bölgeyi tüm şehir şebekesinden izole etmek ve bu bölgenin kendi içinde ayarlanmış olan basınç değerini bölgenin her yerinde korumaya çalışmak için oluşturulan şebeke bölgesine basınç izole bölgesi denir.

Yukarıdaki literatür bölümlerinden şehir su şebekelerindeki KAA uygulamalarıyla ilgili bilgiler verilen bölümde bahsedildiği şekilde, tez çalışması amacıyla kurulan deney modelinde bir basınç izole bölgesi oluşturulmuş ve bu bölge içerisindeki 3 noktaya yerleştirilmiş olan kablosuz basınç algılayıcıları ile şebeke modeli içerisine basılmış olan suya dair basınç, sıcaklık parametrelerine ilişkin veriler baz istasyonun

bağlı olduğu bilgisayara toplanmıştır.

Toplanan bu verileri kullanıcılar açısından daha kolay anlaşılır hale getirmek için, VB.NET tabanlı olarak geliştirilmiş olan bir yazılım aracılığı (SENSIS-PORT) ile grafikler çizdirilmiştir.

SENSIS-PORT yazılımı sayesinde verilerin toplandığı yerel bilgisayara internet üzerinden bağlanacak olan uzak kullanıcıların da erişimine açmak için, günümüzdeki en yaygın web programlama teknolojilerinden biri olan ASP.NET tabanlı olarak geliştirilmiş olan web sayfaları (SENSIS-WEB) bilgisayara kurulmuş olan Web sunucu üzerinde yayınlanmıştır.

KAA temelli olarak uzaktan izleme yapılan ve literatür kısmında isimleri belirtilen bazı çalışmalarda da bulunan bir özellik olan internet üzerinden erişerek verilerin izlemesinin yapılmasına imkan veren bazı uygulamalarda bulunan sınırlayıcı etkenlerden biri olan ve uzak kullanıcıların kendi internet erişimlerini sağladıkları cihazlarda yüklü bulunması gereken bazı bileşenler gibi sınırlandırıcı etkenlere karşı bir esneklik olarak da sadece kişinin kendi cihazında kullandığı web tarayıcı program, gerçekleştirilen tez çalışmasındaki şebekeyi uzaktan izlemesi için yeterli olmaktadır.

Yapılan uygulamanın internet kullanıcıları tarafından izlenmesi için 79.123.220.X IP adresinde yayınlanan web sayfalarına bir web tarayıcı ile erişilmesi yeterlidir.

Kurulmuş olan deney düzeneği üzerinde, şebekenin hem verilerin toplandığı yerel bilgisayardan hem de internetten bağlanan uzak kullanıcılar tarafından izlenmesi sağlanmıştır. Bununla beraber yukarıdaki literatür kısımlarında bahsedilmiş olan KAA'ların kısıtlarından biri olan kısıtlı enerji kaynağı probleminin de çözümüne yönelik olarak bir yöntem önerisi yapılmış ve uygulama içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Önerilen yöntem, su boruları içerisinde geçmekte olan ve ayarlanabilir belirli bir basınç değerine sahip olan suyun akış hareketinin, bir elektrik üreticisine aktarılması,

bu hareket ile tahrik edilen üreticinin çıkışlarından enerji elde edilmesi, elde edilen bu enerjinin de filtreleme gibi belirli işlemler sonrasında kurulan belirli bir şarj devresinden geçirilmesi, devrenin çıkışının da pile bağlanarak kablosuz basınç algılayıcıların pillerinin şarj edilmesini sağlamak esaslı olarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Böylece KAA temelli bir çok uygulamada ortak bir sorun olan enerji problemi, algılayıcıların pillerinin enerji üretici bir birim ile desteklenmesi ile çözülmüştür. Kurulan izleme sisteminin ömrünün daha da uzatılması sağlanmıştır. Sonuçta, enerji problemi sebebiyle sisteme yapılması muhtemel müdahalelerin de önüne geçilerek zaman ve maliyet kayıpları önlenmiştir.

Yine KAA temelli olarak yapılan bir çok şebeke izleme uygulamasında şebekedeki kaçakların tespit edilmesi işlemine yönelik olarak, sistemden toplanan basınç verileri incelenmiştir. Basınç grafiklerindeki değişimler, ortaya çıkmış olan herhangi bir noktadaki kaçak veya kaçaklardan kaynaklanabileceği gibi herhangi bir veya birkaç noktadaki ev veya işyerlerindeki kullanıcıların normal su kullanımlarından da kaynaklanabilir.

Bu değişimler incelenirken, şebeke modelinin tasarım aşamalarında düşünülmüş olan kaçaklardan kaynaklanabilecek olan değişimleri simule etmek için yerleştirilmiş olan vanalar ile ev yada işyerlerindeki su aboneleri tarafından yapılan su kullanımları sebebiyle oluşacak olan değişimleri simule etmek için musluklar kullanılmıştır.

Bu vanalar ve musluklardan herhangi bir veya birkaçı üzerinde yapılan planlı denemeler neticesinde grafiklerde ortaya çıkan değişimler incelenmiş ve bir çok durumda ortaya çıkan grafik değişimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bu davranışların sistem üzerinde aynı etkiler tekrarlandığında da aynı davranışları sergilemeye devam edip etmediği şeklinde de kontroller yapılmış ve tekrar ettikleri görülmüştür.

Sistemden elde edilen verilere göre çizilmiş olan grafiklerde ortaya çıkan değişimlerin anlamlandırılması yapıldıktan sonra, aynı sonuçların YSA ile de elde

edilip edilemeyeceğine yönelik kontrol çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, IBM SPSS Modeler (SPSS Clementine) programı kullanılmıştır [25].

1.5. Tezin Amacı

Gerçekleştirilen tez çalışmasının amacı, yukarıda bahsedilen kayıp ve kaçakları azaltmak adına su şebekelerini KAA temelli olarak uzaktan izlemek, izlenen su şebekesi üzerindeki basınç değerlerini gözlem altında tutmak, çeşitli zamanlarda farklı sebeplerle ortaya çıkması muhtemel kaçakların tespit edilmesini sağlamak, tespit edilen kaçaklara ilişkin konum tahmini yapılabilmesine yardımcı olmak ve kaçaklar sebebiyle oluşacak olan su, zaman gibi kaynak israflarının önüne geçilmesi konusunda yardımcı bir yöntem geliştirmektir. Bu işlemler yapılırken KAA'ların kısıtlarından biri olan kısıtlı enerji kaynağı sorununun çözümüne dair bir öneride de bulunmaktadır. Böylece sistemin ömrünün uzatılması da sağlanmaktadır.

1.6. Yöntem

Tez çalışmasında kullanılan yöntem, aşağıdaki basamakları içermektedir.

- -Kablosuz basınç algılayıcıları kullanılarak KAA temelli bir şehir su şebekesi modeli kurmak,
- -Kurulan su şebekesi modelinden, basınç verilerini baz istasyonun bağlı olduğu sunucu bilgisayara toplamak,
- -Sunucu bilgisayara toplanan verileri, SENSIS-PORT isimli yazılımla veritabanına aktarmak ve bu verilerin yerel bilgisayarda izlenebilecek olan grafiklerini çizdirmek,
- -Sunucu bilgisayara toplanan verilerin, internet aracılığı ile bağlanacak olan uzak kullanıcıların da erişimine açmak,
- -Sunucuda toplanan verilerin, internetten bağlanacak kullanıcıların görebileceği ASP.NET tabanlı SENSIS-WEB sayfası içinde görebilmelerini sağlamak [26],

- -Sunucudan yayınlanan basınç bilgilerinin, kullanıcıların istediği tarih ve zaman aralıklarına göre filtrelenmesini ve bu filtrelenmiş aralıktaki verilerin grafiklerini çizdirmek,
- -Su şebekesi modeli içerisinde hareket eden basınçlı suyun hareketinden elde edilen enerji ile kablosuz basınç algılayıcıların yapısında bulunan pillerin şarjını sağlamak,
- -Şebeke modeli üzerinden alınan verilere dair çizdirilen grafikler üzerinde normal kullanım etkilerini oluşturmak için musluklar, kaçak etkilerini oluşturmak için vanalar kullanmak,
- -Şebeke modelindeki grafiklerdeki vanalar ve kaçaklar sebebiyle ortaya çıkan davranış değişikliklerinin yorumlanması,
- -Şebeke modelindeki grafiklerdeki vanalar ve kaçaklar sebebiyle ortaya çıkan davranış değişikliklerinin veri madenciliği yöntemleri ile teyidinin incelenmesi.

1.7. Bilime Katkısı

Yapılan çalışma, su şebekesi içerisindeki basınçlı suyun hareket enerjisinden enerji üretilerek, KAA'ların besleme kaynaklarının şarj edilmesi yöntemiyle güç kısıtına bir çözüm önerisi yapılmak suretiyle bilime ve teknolojiye yenilik getirme katkısı sağlamıştır.

Ayrıca; su şebekelerinin izlenmesinde KAA teknolojisi kullanılarak su şebekelerinin izlenmesi gerçekleştirilmiş, böylece su, zaman gibi kaynakların israfının önlenmesine yönelik bir yöntem önerilmiş ve hidroelektrik santrallerinde veya bisiklet dinamolarındaki çalışma mantığı olan hareket enerjisinden enerji üretimi yöntemi, su şebekelerine uyarlanması suretiyle bilinen bir yöntemi yeni bir alana uygulama katkısı sağlanmıştır.

1.8. Tez Planı

Bölüm 1'de gerçekleştirilen tez çalışması ile ilgili problem tanımı, literatür bilgileri, çözüm önerisi, tezin amacı, yöntem ve bilime katkısı bölümleri ile ilgili bilgiler

verilmiştir.

Bölüm 2’de KAA teknolojisi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bölüm 3’de YSA ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bölüm 4’de NS-2 ağ simülatör programı ve kurulan sistemin NS-2 de modellenmesi ile ilgili bilgiler verilmiştir [27].

Bölüm 5’de algılayıcılar kullanılarak şebeke izleme ve uygulamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bölüm 6’da tez çalışmasında geliştirilmiş olan sistem ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bölüm 7’de tez çalışmasından elde edilen deney sonuçları hakkında bilgiler verilmiştir.

Bölüm 8’de sonuçlar ve değerlendirmeler hakkında bilgiler verilmiştir.

Ek A: Geliştirilmiş olan SENSIS-PORT yazılımının kaynak kodları verilmiştir.

Ek B: SENSIS uygulamasının internetten izlenebilmesi için geliştirilmiş olan SENSIS-WEB sayfasının kodları verilmiştir.

Ek C: Şebeke modelinin NS-2’de modellenmesi kodları verilmiştir.

BÖLÜM 2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR

2.1. Giriş

Bu bölümde, KAA hakkında bilgiler verilecektir.

2.2. Algılayıcı

Bir fiziksel ortamdaki ısı, ışık, nem, basınç, kuvvet, uzaklık gibi fiziksel veya kimyasal büyüklükleri ortamdan ölçen ve elektrik sinyallerine çeviren ölçüm elemanlarına algılayıcı ismi verilir [28].

Günümüzde gerek gündelik hayatta gerekse endüstriyel uygulamaların birçok yerinde farklı algılayıcılar kullanılmaktadır. Örnek olarak fotoğraf makinelerinde ışık algılayıcılar, kombilerde ve klimalarda sıcaklık algılayıcılar, çamaşır makinelerinde bulanıklık algılayıcılar, arabalarda yağmur algılayıcılar bu algılayıcı örneklerindendir [28].

Tüm algılayıcılar, buldukları ortamdan ölçtükleri bilgileri elektrik sinyallerine çevirir ve kablo üzerinden çıkış verirler. Bu yüzden kullanıldıkları ortamlarda kablolama durumunun gözönüne alınması gerekir. Özellikle ölçüm yapılan bazı ortamlarda kablolama işleminin çok zor olması veya ölçüm mesafesinin uzun olduğu durumlarda kullanımları sıkıntılı olabilmektedir.

2.3. Kablosuz Algılayıcı

Kablosuz algılayıcılar, özellikle yapılarında bulunan alıcı/verici ünitesi aracılığıyla ortamdan ölçtüğü bilgileri uzak mesafelerdeki merkeze (baz istasyonu) iletebilmeleri sebebiyle normal algılayıcılardan ayrılır ve kablolama ile ilgili problemleri ortadan kaldırmış olurlar [3]. Şekil 2.1.'de bir kablosuz algılayıcı görülmektedir.

Kablosuz algılayıcıların özellikleri aşağıda listelenmiştir [29].

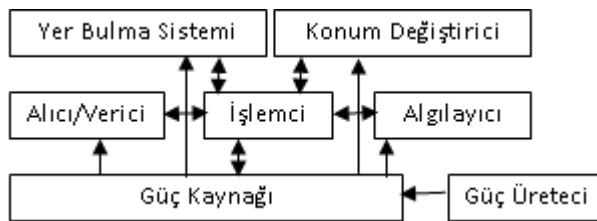
- Ortamdaki fiziksel büyüklükleri (nem, sıcaklık, ışık gibi) algılayabilen,
- Sınırlı şekilde işlem yapma kabiliyetine sahip olan,
- Kısa mesafede kablosuz ortam üzerinden haberleşen,
- Küçük boyutlu,
- Düşük güçlü,
- Düşük maliyetli tüm devredir.



Şekil 2.1. Kablosuz algılayıcı örneği

2.4. Kablosuz Algılayıcı Mimarisi

Bir kablosuz algılayıcı düğümünün Şekil 2.2’de görüldüğü gibi; algılayıcı, işlemci, alıcı/verici ve güç birimleri olmak üzere dört ana elemanı vardır. Bunlara ilave olarak kullanım amacına göre bir algılayıcıya yer bulma sistemi, güç üretim birimi, konum değiştirici de gerektiğinde eklenir [3].



Şekil 2.2. Kablosuz Algılayıcı Mimarisi

Kablosuz algılayıcı mimarisinde belirtilen birimler ve görevleri şöyledir.

İşlemci [3]: Veriyi işler ve algılayıcı düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler. Denetleyici olarak kullanılacak diğer alternatifler arasında genel amaçlı mikroişlemciler, sayısal sinyal işlemciler (DSP), alan programlanabilir geçit dizileri (FPGA) de bulunur. Maliyet ve düşük güç tüketimi gibi nedenlerden dolayı mikrodenetleyiciler algılayıcı düğümü için en uygun seçimdir.

Algılayıcı [3]: Algılayıcılar sıcaklık, basınç gibi fiziksel durumlardaki değişimleri ölçülebilen ve tepkiler üretebilen donanımsal aygıtlardır. Algılayıcılar tarafından algılanan sürekli analog sinyaller "Analog-Sayısal" çeviriciler yardımıyla sayısallaştırılarak işlenmek üzere denetleyicilere sunulmaktadır.

Alıcı/verici [3]: Kablosuz iletim ortamlarında tercihler radyo frekansı, optik iletişim (lazer) ve kızılötesidir. Lazer diğer tekniklere oranla daha az enerji gerektirir, ancak iletişim için görüş açısı önemlidir ve atmosferik koşullara duyarlıdır. Kızılötesi de lazer iletişimine benzemektedir ve anten gerektirmez ancak yayım kapasitesi oldukça sınırlıdır. Radyo frekansı (RF) tabanlı iletişim çoğu KAA uygulaması için en uygun olan iletişim şeklidir.

Güç Kaynağı [3]: Kablosuz algılayıcı içerisinde yeralan tüm birimler, görevlerini yerine getirebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar ve bu enerji de güç kaynağı tarafından karşılanır. Genellikle sonlu enerji kaynaklarından olan piller kullanılır. Bu pillerin ömür süresi, düğüm içerisinde harcanan güç miktarına bağlı olarak değişir.

Özellikle ölçüm yapılan verinin yayın yoluyla iletilme aşamasında yapılan sinyal yoğunluğu ve mesafesiyle ters orantılı olarak azalır. Bu sebeple bir süre sonra enerjinin bitmesi gibi durumlar yaşanmaktadır. Enerjinin bitmesi, kablosuz algılayıcı düğümlerin en önemli kısıtlarından biridir.

Konum değiştirici [3]: Ölçüm yapmak üzere ortama bırakılan kablosuz düğümlerin, gerektiğinde planlı veya plansız olarak ortamda yer değiştirmesini sağlamak üzere kullanılan birim.

Güç üretici [3]: Kablosuz algılayıcı düğümün yapısında bulunan pili, pilin bitmesi gibi durumlara karşı desteklemek amaçlı olarak konulan ve güneş, hareket veya ısıl yöntemlerden enerji üretebilme yeteneğine sahip olup yapılan uygulamanın ihtiyacına bağlı olarak kullanılan bir bileşendir.

Yer bulma sistemi [3]: Planlı veya plansız olarak ortama bırakılmış olan kablosuz algılayıcı düğümlerin buldukları coğrafi konumların uzaktan izlenmesi istenilen durumlarda ilave edilen bir bileşendir.

2.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve Tarihçesi

Algılayıcı düğüm kullanımlarına ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D) tarafından soğuk savaş yıllarında rastlanmaktadır. Okyanus tabanındaki kritik bölgelere yerleştirilen akustik algılayıcı içeren düğümler önceleri Sovyet denizaltılarını gözetlemek sonraları da okyanus içindeki hayvan hareketliliğini izlemek amacıyla kullanılmış ve geliştirilen algılayıcı ağı “Ses Gözetleme Sistemi” (Sound Surveillance System - SOSUS) olarak adlandırılmıştır. Kablolu algılayıcı düğümlerin kullanıldığı bu sistemde veriler farklı katmanlarda işlendikten sonra kablolu ortam üzerinden kıyılardaki merkezlere iletilmiştir [3].

Algılayıcı düğümler daha sonraları ise hava savunma sistemlerinde ve askeri iletişim için hiyerarşik ağ yapılarında kullanılmıştır.

KAA kavramı ilk kez 1980’lerin başlarında duyulmaya başlanmıştır. Mikro elektromekanik (MEMS) sistemlerdeki gelişmeler ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte 1990’lı yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır. İlk zamanlarda askeri alanda kullanılan KAA’lar zamanla maliyetlerinin düşmesi ile çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [30].

Kablosuz algılayıcı ağlar, bir ortam içerisine rastgele veya planlı olarak yerleştirilen bir veya daha çok sayıda kablosuz algılayıcıdan oluşan ve bırakıldıkları ortamdan ses, ısı, ışık, nem, basınç gibi bilgileri algılayıp radyo dalgaları ile merkezi birime ileten düğümlerden oluşan bir iletişim ağıdır [30].

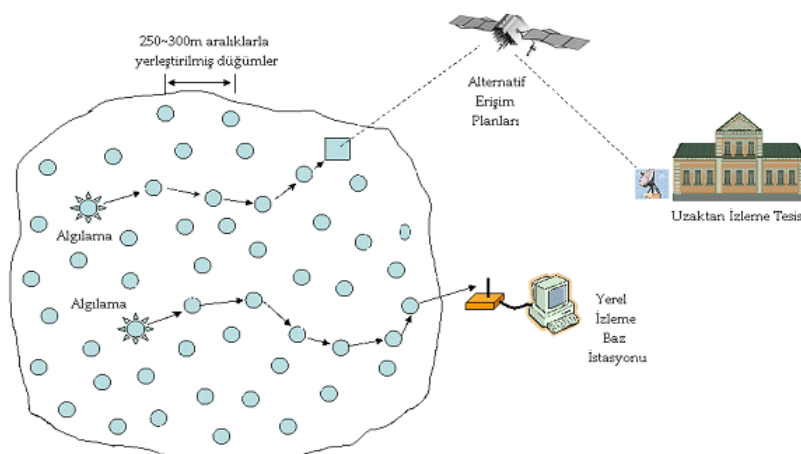
2.6. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi

Kablosuz algılayıcı ağlar temel işlevleri algılama, veri işleme ve haberleşme özelliğine sahip algılayıcı düğümlerden oluşur. Bilindiği gibi algılayıcı düğümler, herhangi bir kablo olmaksızın, izleyecekleri ortama rastgele veya planlı saçılmış halde bulunurlar. Şekil 2.3 bir kablosuz algılayıcı ağ mimarisini karakterize etmektedir. İzlemenin yapıldığı ortamda toplanan veri genelde 3 seviyede işlenir [3].

- İzlenilecek ortamdaki olaylar, algılayıcı düğümler tarafından algılanır. Her bir algılayıcı düğüm elde ettiği veriyi ayrı ayrı işlemektedir.
- İkinci seviyede her düğüm algılayıp, işledikleri veriyi komşularına yollamaktadır.
- Algılayıcı ağ haberleşmesindeki en üst katman, işlenmiş verinin baz istasyonu olarak adlandırılan merkeze yollanılmasıdır.

Baz istasyonuna gönderilen veri başka kıstaslar eşliğinde tekrar değerlendirilecekse yada başka amaçlar için kullanılacaksa bu işlemlerin yapılacağı sistemlere yada merkezlere iletimi sağlar.

Kablosuz algılayıcı ağlar, kullanıldıkları uygulamanın özelliğine bağlı olarak 5 veya 10 taneden, yüzlere, binlere hatta yüzbinlere varan sayılarda algılayıcı düğüm noktalarından oluşabilirler [30].



Şekil 2.3. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi

2.7. Kablosuz Algılayıcı Ağların Karakteristikleri

Kablosuz algılayıcı ağların karakteristikleri aşağıda listelenmektedir [30]. Bunlar:

- Algılayıcı düğümlerin güç tüketimlerinin pil veya enerji üretim yöntemleri ile karşılanması,
- Algılayıcı düğümlerde oluşan arızalarla başedebilme (yeniden organize olabilme),
- Düğümlerin hareketli olabilmesi,
- İletişim problemleri,
- Ölçeklenebilirlik,
- Zorlu çevre şartlarına dayanarak çalışabilme,
- Kullanım kolaylığıdır.

2.8. Kablosuz Algılayıcı Ağ Türleri

KAA'lar bir çok farklı alanda geniş bir uygulama yelpazesine hitap eden bir teknoloji olması dolayısıyla genel olarak 5 gruba ayrılırlar. Her bir grup, sahip oldukları avantajların yanısıra çeşitli dezavantajlara da sahiptir. Aşağıda bu gruplarla ilgili bilgiler verilmektedir [30].

- Karasal KAA'lar: Genel olarak 100'den 1000 adede kadar ucuz algılayıcılardan oluşan ve ortama planlı veya dağınık olarak yerleştirilen düğümlerden oluşan ve karasal geniş alanları izlemek amaçlı olarak kurulan KAA çeşididir. Özellikle yerleştirildikleri ortamlarda enerji kesintisi sorunları yaşamamaları için ikincil güç kaynakları ile desteklenmeleri önerilir. Bunun haricinde optimal paket yönlendirmesi yapılması, kısa iletim mesafesi kontrolü, çok miktardaki verilerin birleştirilmesi gibi sınırlamaları vardır. Çevre gözlem uygulamaları, endüstriyel sistemlerin izlenmesi ve yüzey keşif uygulamaları kullanıldıkları örneklerdendir.
- Yeraltı KAA'lar: Bir mağara veya maden gibi yeraltı ortamları izlemek amaçlı olarak yeraltında belirli noktalara yerleştirilmiş belirli sayıda algılayıcılardan oluşan KAA çeşididir. Sinyallerin sağlıklı ve kesintisiz olarak toplanmasına yardımcı olmak için gerektiğinde yeraltına fazladan alıcı düğümler de

yerleştirilmektedir. Yeraltındaki toprak, kayalar, çeşitli mineraller gibi ortam şartlarına dayanıklı olarak kesintisiz ölçüm ve iletişim yapabilme özelliklerine sahip olmaları gerektiğinden dolayı karasal KAA'lara göre kurulumlarının daha dikkatli yapılması gereken ve maliyetleri daha fazla olan bir KAA türüdür. Karasal KAA'larda kullanılan algılayıcılar gibi enerji problemi yaşanmaması için enerji sarfiyatlarını en aza indirmek amacıyla (enerji verimliliği daha yüksek olan iletişim protokolü kullanımları gibi) çeşitli çözüm yolları ile desteklenmeleri gerekir. Tarımsal gözlem uygulamaları, yeraltı yapı inşası uygulamaları, yeraltı toprak su veya minerallerin izlenmesi uygulamaları kullanıldıkları örneklerdendir.

- Sualtı KAA'lar [30]: Su altına yerleştirilmiş genellikle az sayıda algılayıcıdan ve cihazdan meydana gelen KAA türüdür. Karasal KAA'lardakine oranla çok daha pahalı ve az sayıda algılayıcılar kullanılır. Uzaktan kumandayla veya kendi kendine hareket eden sualtı araçlar ile algılayıcılardan sinyal toplanması gerçekleştirilir. Su altında genel olarak ses dalgaları temelli iletişim kullanılır. Fakat bu iletişimin de sınırlı bantgenişliği, uzun yayılım gecikmesi ve sinyal sönümlenmesi, enerji gibi sınırlamaları vardır. Kirlilik izlemesi, doğal afet önleme izlemeleri, sismik izlemeler kullanıldıkları örneklerdendir.
- Çokluortam KAA'lar [30]: Video görüntüsü, resim ve ses verileri temelli izlemelere imkan veren algılayıcılardan oluşan KAA türüdür. Üzerlerine kamera ve mikrofon ilavesi yapılmış genellikle ucuz düğümlerden oluşurlar ve izlenecek ortama en geniş kapsama alanını elde edebilecek şekilde planlı olarak yerleştirilirler. Servis kalitesi, yüksek enerji tüketimleri, geniş iletişim bantgenişliği isteği, verilerin sıkıştırılması ihtiyacı gibi sınırlamaları vardır. Genellikle KAA temelli olarak kurulmuş olan izleme sistemlerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılırlar.
- Mobil KAA'lar [30]: Buldukları ortamda istedikleri şekilde hareket ederek konum değiştirebilme özelliğine sahip algılayıcılardan oluşan KAA türüdür. Belirli bir süre bulunduğu noktadan veri ölçüm ve iletimi yaptıktan sonra başka bir konuma hareket eder ve gittiği noktadan tekrar ölçüm ve iletim yapar. Fakat baz istasyonu ile veya komşu düğümlerle kapsama alanı içerisinde bulunması zorunluluğu, hareket ve konumlanma durum kontrolü, enerji gibi

düşünülmesi gereken sınırlamaları vardır. Arama-kurtarma uygulamaları, hedef izleme uygulamaları, doğal hayat izleme uygulamaları kullanıldıkları örneklerdendir.

2.9. IEEE 802.15.4/ZigBee Kablosuz Algılayıcı Ağ İletişim Protokolü

ZigBee, kişisel kablosuz ağlarda düşük güç ile sınırlı kapasiteli veri iletimi sağlamak amacıyla ZigBee firması tarafından geliştirilmiş ve IEEE tarafından 802.15.4 adıyla standartlaştırılmış bir iletişim protokolüdür [31]. Tablo 2.1’de bu iletişim protokolünün radyo frekansları ve veri aktarım hızları gösterilmektedir.

ZigBee’nin diğer IEEE standartlarına göre ayırt edici özellikleri [32]:

- 10 ile 115.2Kbps arasında düşük veri hızı,
- Standart bir batarya ile birkaç yıl süren düşük güç tüketimi,
- Çoklu izleme ve uygulama kontrolü sağlayan ağ topolojisi,
- Düşük maliyet, basit ve kolay kullanım,
- Yüksek güvenlidir.

Tablo 2.1. IEEE 802.15.4 radyo frekansları ve veri aktarım hızları

Band	Etki Sahası	Kanal	Veri Hızı
2.4GHz	Dünya geneli	16 kanal	250kbps
915MHz	Amerika	10 kanal	40kbps
868MHz	Avrupa	1 kanal	20kbps

2.10. Kablosuz Algılayıcı Ağların Kullanım Alanları

KAA, yukarıda bahsedilen özellikleri sebebiyle çok esnek bir yapıya sahip olmalarından dolayı günümüzde farklı amaçlarla belli bir olay veya süreçleri uzaktan izleme yapmak istenen bir çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Savunma (askeri), sağlık, çevre, endüstriyel süreçler, tarım ve hayvancılık alanları en başta gelen alan örnekleridir [30].

Askeri uygulamalar konusunda [5], [33]; çevresel uygulamalar konusunda [6], [23]

[34], [35], [36], [37], [38]; endüstriyel uygulamalar konusunda [39], [40], [41], [42]; tarım ve hayvancılık alanında [9], [43], [44], [45]; akıllı ev otomasyonu alanında [46], [47]; sağlık uygulamaları alanında [11], [48], [49], [50] literatürde bulunan örneklerdendir.

2.11. Kablosuz Algılayıcı Ağların Kısıtları

Her yeni teknolojinin yapısında ortaya konan iyi özelliklerinin yanında bazı problemlerinin olabildiği ve KAA'ların da günümüzde yaygın olarak tercih edilmesine sebep olan bir çok esnekliği olduğu gibi bazı kısıtlamaları da bulunmaktadır [30]. KAA temelli bir izleme sistemi kurulmasının planlandığı durumlarda bu kısıtlamaların gözönünde bulundurulması gerekir. Bu gibi unsurlar düşünülmeden yapılacak olan bir planlama ve gerçekleştirilecek olan tasarım sonrasında, sistemin ömür süresi, çalışma şartları, sağlıklı ve güvenilir veri alabilme, uygulamanın herhangi bir anında sisteme müdahale edilmesini gerektirecek durumlarla karşılaşma gibi durumlar ortaya çıkacaktır. Bu gibi durumların hepsi fazladan zaman kaybı, iş yükü ve maliyetler doğuracaktır.

2.11.1. Güç sarfiyatları

Düğüm, yerleştirildikleri ortamda görevlerini yaparken yaygın uygulama olarak pil gibi sonlu enerji kaynaklarından beslenirler ve belirli periyotlarda da bu pillerin değiştirilmeleri gerektiğinden dolayı algılayıcılara müdahale ihtiyacı doğmaktadır [30].

Fakat bazen yerleştirilmiş oldukları ortamlara tekrar erişip müdahale ederek pilini değiştirmenin çok zor veya imkansız olabilmesinden dolayı enerji problemi yaşanabilmektedir. Yaşanan enerji problemi de sistemden sinyal alınamamasına sebep olabilmekte ve sistemin sağlığı adına istenmeyen bir durum ortaya çıkarmaktadır.

Bu yüzden algılayıcıların, pillerin yanısıra alternatif enerji üretim yöntemleri ile desteklenmeleri sistemin sürekliliği adına hayati bir durumdur. Böylece hem sistemin

ömrü uzayacak hem de sisteme müdahale için harcanacak zaman ve parasal maliyetlerden tasarruf edilebilecektir.

2.11.2. İletişim mesafesi

Her düğüm dış ortamdan ölçtüğü bilgiyi merkez noktaya/baza doğru iletirken belirli bir mesafeye kadar yayın yapabilir. Sinyalin iletileceği nokta (baza direkt veya komşu düğüm üzerinden atlayarak) yayın mesafesi içerisinde ise veri sorunsuz bir şekilde iletilir. Fakat iletilecek noktanın yayın mesafesinin dışında kalması ya da araya sinyalleri zayıflatabilecek engeller girmesi gibi durumlarda sinyaller sağlıklı bir şekilde iletilemeyecek ve veri kayıpları oluşmaya başlayacaktır. Bu durum da sistemin sağlıklı ve sürekli çalışmasına engel olacaktır [30].

İletim mesafesinin artması aynı zamanda sinyal iletimi için daha fazla güç harcanması anlamına da gelecek ve pillerin ömrünün daha kısa sürede bitmesine sebep olacaktır.

2.11.3. Güvenlik

Dış ortamdan ölçülen/algılanan veriler düğümden baz istasyonuna doğru havada radyo dalgaları ile iletilirken dalgalar her yöne doğru yayılır ve bu esnada istenmeyen kişiler tarafından da sinyallerin ele geçirilmesi durumu yaşanması muhtemeldir ve bu durum istenmeyen değişik güvenlik açıklarına yol açar. Bu yüzden sinyallerin istenmeyen kişilerce elde edilebilmesi durumlarına karşı çeşitli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Bu güvenlik önlemleri arasında özellikle sinyal şifreleme türü yollar yaygın olarak kullanılmaktadır [30].

2.11.4. Servis kalitesi

Sinyallerin düğümden baz istasyonuna eksiksiz ve bozulmadan iletilmeleri, verilerin toplanması, işlenmesi ve anlamlandırılması açısından çok önemlidir. Verilerdeki az miktarda dahi oluşabilecek olan bozulma veya eksilmeler sistemin güvenilirliği adına istenmeyen bir durumdur. Böyle verilere güvenilerek işlem yapmak sağlıklı sonuçlar

vermeyecektir [30].

2.11.5. İşlemci ve hafıza

Düğümün kendi üzerlerinde bulunan işlemcilerin işlem yapabilme yetenekleri ve ölçtükleri/algıladıkları verilerin üzerinde tutulacağı local hafıza büyüklükleri kullanılan algılayıcının marka ve modeline bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Bu değerler ne kadar fazla olursa o kadar çok veriyi tutabilme ve işleyebilme yetenekleri yükselecektir. Bu da düğümün daha fonksiyonel olmalarını sağlayacaktır [30].

Ortamdan toplanacak olan verilerin düğüm üzerinde depolanabilme ve işlenebilme özellikleri ne kadar fazla olursa, gönderilen verilerin toplandığı merkezde yapılacak olan ver işleme iş yükü de o oranda azalacaktır.

2.11.6. Üretim maliyetleri

Uygulamanın yapılış amacına ve ortam özelliklerine bağlı olarak 3-5 adetten yüzlerce adete kadar değişik sayıda düğüm sistem içerisinde kullanılabilir. Buradaki temel ölçüt, sistemdeki farklı noktalardan olabildiğince çok veri toplamak ve kullanıcıların sistem üzerindeki hakimiyetini artırmaktır.

Fakat bu amaçla, kullanılan algılayıcı sayısının artırıldığı durumlarda sistem içerisindeki toplam algılayıcı maliyeti de gittikçe yükseleceğinden dolayı iki unsurun da paralel olarak düşünülmesi gerekmektedir. Algılayıcı maliyetinin, kullanılacak bütçe maliyetinin üzerine çıkması durumlarında kurulması planlanan sistem, uygulanabilecek bir sistem olmaktan çıkacak ve hatta geleneksel kablolu yöntemler çok daha uygun bir maliyet seçeneği olarak öne çıkabilecektir [30].

2.12. KAA'da Kısıtlı Enerji Kaynağı Kısıtının Çözülmesine Yönelik Çalışmalar

Günümüzde KAA temelli uygulamalarda kullanılan düğümlerin büyük bir kısmı, sonlu enerji kaynakları olan pillerden beslenirler. Algılayıcıların pillerinin, algılayıcı

tarafından yapılan sinyal ölçme ve gönderme periyoduna bağlı olarak uzun veya kısa zamanda bitmesi, algılayıcının çalışmamasına sebep olacak ve bu da sistemin, izlenen ortama dair elde edilmesi beklenen verilerde eksilmeler ortaya çıkmasına hatta bazen sistemin tamamının ömrünün bitmesine yolaçabilecektir. Böyle bir sonuç da istenmeyen bir durum olacağından dolayı algılayıcıların güç ihtiyaçlarının karşılanması, sistemin sürekliliğinin sağlanması konusunda çözülmesi gereken önde gelen sorunlardan biri olarak öne çıkacaktır [51].

Bu konuya yönelik olarak yapılan çalışmalara genel olarak bakıldığında çalışmaların başlıca iki ana gruba ayrıldığı görülür. Bir kısım araştırmacılar, varolan güç kaynaklarının daha verimli kullanılarak kablosuz düğümlerin daha uzun süre sağlıklı bir şekilde veri ölçme ve ölçülen veriyi yayın yoluyla gönderebilmesine yönelik olarak çalışırken diğer grup araştırmacılar ise düğümlerde bulunan güç kaynaklarının alternatif enerji üretim yöntemleri ile desteklenerek düğümlerin daha uzun süre sağlıklı bir şekilde çalışabilmeleri tarafına yönelik çalışmalar yapmışlar ve çözüm önerilerinde bulunmuşlardır [52].

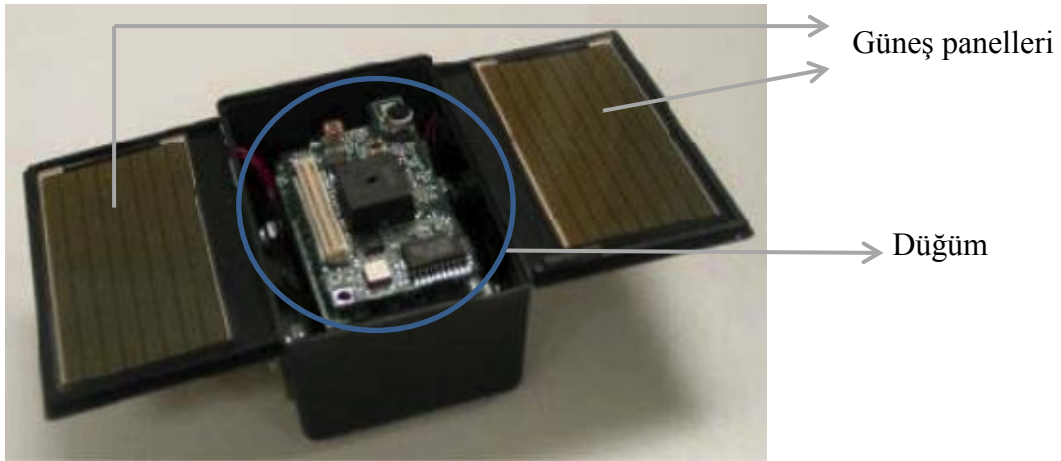
Varolan güç kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik olarak çalışma yapan araştırmacılar genel olarak düğümlerin sürekli olarak aktif durumda kalarak ölçüm yapmak ve sürekli olarak yayın yoluyla veri gönderme işlemi yapmak yerine, belirlenen periyotlarda ölçüm yapıp ölçülen veriyi yayın yolu ile ilettikten sonra diğer ölçüm zamanına kadar uyku moduna geçerek beklemesi mantığına dayanır. Böylece algılayıcı sürekli olarak yüksek güç harcamayacak ve pil ömrünü daha da uzatmış olacaktır. Swain ve arkadaşları tarafından 2010 yılında [53], Choi ve arkadaşları tarafından 2007 yılında [54], Mutazono ve arkadaşları tarafından 2010 yılında [55] bu konuda yapılmış olan çalışma örneklerindedir.

Düğümlerde bulunan güç kaynaklarının alternatif enerji üretim yöntemleri ile desteklenmeleri tarafında çalışma yapmış olan araştırmacılar ise günümüzde birçok alanda kullanılmakta olan güneş enerjisi, mekanik yöntemlerle enerji elde etme veya termal metotlar olarak bilinen ısı değişiminden enerji elde etme gibi değişik alternatif yöntemler ile pillerin desteklenmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalara dair aşağıda daha geniş bilgi verilmektedir.

2.12.1. Güneş ışınlarından enerji üretimi

Güneş ışığından enerji üretimi yöntemi, günümüzce bir çok farklı alanda en yaygın kullanılan ve en çok geliştirilmiş olan yöntemdir. Fakat bu yöntemin, ancak ortamda yeterli güneş ışığı veya suni ışık bulunduğu durumlarda enerji üretebilmesi gibi bir dezavantajı vardır [51]. Fakat bu dezavantajın giderilmesi için de çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Alippi ve arkadaşları, güneş enerjisinden elde edilen enerjinin kablosuz düğümlerin şarjedilebilir pillerine ideal hava şartları olmasa dahi en iyi şekilde aktarımı üzerine bir çalışma yapmışlardır [12]. KAA sistemlerindeki düğümlerin, güneş enerjisi ile beslenme sistemlerinin analiz ve tasarımı üzerine bir çalışma da Jeong ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [56]. Raghunathan ve arkadaşları da 2005 yılında Heliomote ismini verdiği çalışmasında Crossbow/Berkeley düğümlerinin güneş enerjisi ile beslenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır [57]. Şekil 2.4'de güneş panelleri ve düğümlerin bağlantısına dair örnek bir görüntü verilmiştir.



Şekil 2.4. "Heliomote" çalışmasından bir görüntü

2.12.2. Mekanik yöntemler

Nesnelerin hareketlerinden doğan titreşim, kinetik veya mekanik enerji çeşitlerinin depolanarak enerji elde edilmesi yöntemidir. Gündelik hayatta da bu enerji türlerinin ortaya çıktığı bir çok hareket vardır. Bir köprü üzerinden geçen tren veya araçların çıkardığı titreşimler, yürüyen bir insanın ayakkabısındaki hareket, bir düğmeye

basılması ve düğmenin önceki konumuna geri dönmesi bu örneklerdendir [51].

Ammar ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada çevredeki titreşimleri kullanarak güç üreten ve düğümleri besleyen bir sistem ortaya çıkarılmıştır [58]. Vijayaraghavan ve Rajamani tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise bir sensor üzerinden geçen araçların ortaya çıkardığı titreşimle trafik sensorleri beslenmiştir [13]. Tan ve arkadaşları da, yaptıkları uygulamada bir piezoelectric butona basılıp serbest bırakılmasında ortaya çıkan hareketten elde edilen enerjinin, 12 bitlik sayısal bir bilginin kablosuz bir şekilde iletilebilmesi için gerekli enerjiyi sağladığını ortaya koymuşlardır [59].

2.12.3. Termal yöntemler

Bir iletkenin iki ucu arasındaki ısı değişiminden dolayı enerji üretimi mantığına dayanan bir yöntemdir. Isı değişimi olayı temelli bir yöntem olduğu için bunun olduğu her ortamda kullanılabilir bir yoldur. Örneğin bir insan vücuduna bağlı bir iletkenin çevredeki cisimlere dokunması gibi. Bu yöntemin içerisinde hareketli bir parça olmasına gerek olmamasından dolayı da, titreşimden enerji üreten yöntemlere göre daha uzun ömürlü bir yöntemdir [51].

Mateu ve arkadaşları, insan vücuduna direkt olarak temas eden aygıtlar ve termojeneratörler kullanılarak enerji elde edilebildiğini ortaya konmuştur [14]. Haberleşme ve çeşitli gömülü sistemlerde kullanım ihtiyacı olan mikroyapıdaki termoelektrik aygıtların tasarımı üzerine bilgiler de Böttner tarafından ifade edilmektedir [60].

2.12.4. Akışkanlar mekaniği temelli çalışmalar

KAA'lardaki kısıtlı enerji kaynağı sorunun çözümüne yönelik olarak yukarıda belirtilen çözüm yollarının yanısıra özellikle bu tez çalışmasında da olduğu gibi sıvıların kullanıldığı sistemler üzerinde geliştirilmiş olan KAA temelli uygulamalarda, akışkanlar mekaniği esasları kullanılarak sistemde yerleştirilmiş olan

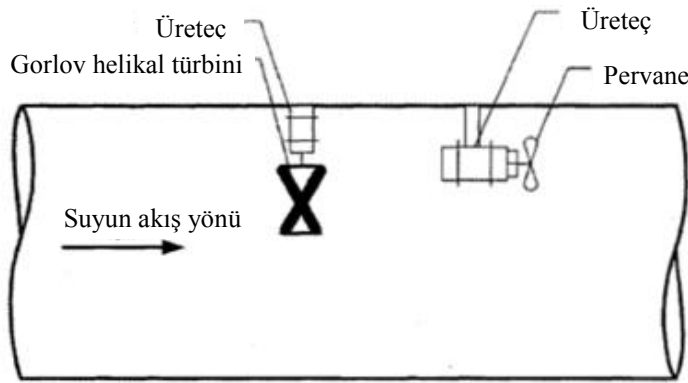
algılayıcıların enerji ihtiyaçlarının sistem içerisindeki suyun hareketinden elde edilmesine yönelik olarak da çalışmalar yapılmıştır [61]. Bu tür çalışmalar başlıca iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar:

- Mekanik parçalar kullanılarak güç elde edilmesi

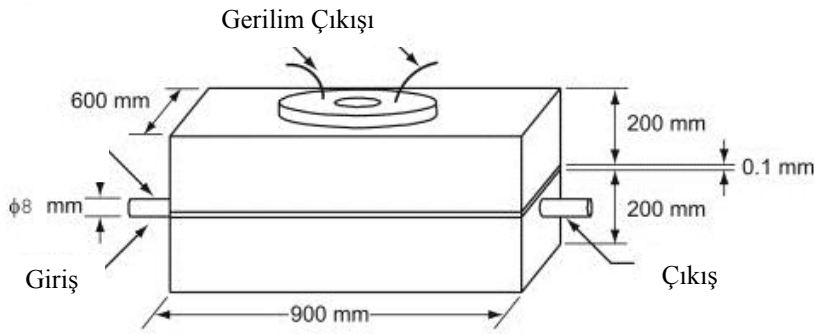
[15] ve [16]'da borular içerisine bir hidrolik türbin konularak enerji üretimi yapılmıştır. Şekil 2.5'de görüldüğü üzere boru içerisine suyun akışı ile dönecek bir pervane yerleştirilmiş ve bu pervanenin dönüş hareketi bir üreticiye aktararak enerji üretimi yapılmaktadır [15]. Bu yöntemin avantajı algılayıcıları besleyebilecek kadar enerji elde edilebilmesi iken dezavantajı ise sistemin içerisine mekanik parçaların yerleştirilmesinin bazen çok zor olabilmesi ve uzun süreli kullanımlarda mekanik parçaların dönen hareketli kısımlarından kaynaklanan problemlerin çıkabilmesi potansiyelidir.

- Mekanik parçalar kullanılmadan güç elde edilmesi

[17], [19], [62], [63] ve [65]'de sistem içerisine herhangi bir mekanik parça ilavesi yapılmadan enerji üretimi yapılmıştır. Örnek bir tasarım Şekil 2.6'da görülmektedir. Bu yöntemin avantajı sistem içerisinde mekanik parçalar olmadığından dolayı özellikle mekanik parçalardan doğabilecek problemlerin önlenmesi iken dezavantajı ise elde edilen enerjinin çok küçük olması ve aktif moddaki bir algılayıcıyı tek başına besleyebilecek bir güç kaynağı olarak kullanılamamasıdır.



Şekil 2.5. Su akışından enerji üretim sistemi mimarisi



Şekil 2.6. Mekanik parçalar olmadan güç üretimi

2.13. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Uzaktan İzleme

KAA temelli uygulamalarda ortamdaki toplanan veriler, genellikle baz istasyonun bağlı olduğu bilgisayarda depolanır ve bu bilgisayar üzerinde çalışabilme yetkisi olan herhangi bir kullanıcı tarafından bu yerel bilgisayardaki veriler görülür.

Fakat günümüzde insanlara sunulmakta olan yüksek hıza sahip gelişmiş iletişim altyapıları sayesinde, insanlar bir çok işini gerekli noktalara İnternet üzerinden erişerek yapabilmektedirler. Örneğin işyerindeki güvenlik kameralarına herhangi bir saatte evden bağlanarak kontrol etmek, kreşteki çocuğunu gün içinde internetten bağlanarak izlemek, beslediği küçük veya büyükbaş hayvanların yaşadığı yerlere bağlanarak hırsızlık veya hastalıklara karşı gözlemek.

İnternete erişimin kolaylaşması, hızlanması ve sağladığı kolaylıklar sebebiyle, çeşitli amaçlarla kurulan KAA temelli izleme sistemlerinde de uzaktan erişerek işlem yapabilme esnekliği bir çok kişi tarafından yaşanmak istenmektedir. Bu sebepten dolayı, yerel bilgisayarlarda depolanan verilerin, uzak kullanıcıların da internet üzerinden erişerek görebilmelerine imkan verecek şekilde sunulması ve de özellikle kullanıcılar tarafından daha anlamlı olarak tercih edilen bir yöntem olan, verilerin grafikler şeklinde görselleştirilmiş olarak sunulması bir ihtiyaç olarak öne çıkmaktadır.

KAA temelli olarak kurulan izleme sistemleri, KAA'nın yukarıdaki bölümlerde

anlatılan birçok avantajları sebebiyle kullanıcılar tarafından tercih edilmekte ve özellikle web tabanlı erişim özelliği bulunanlar gittikçe yaygınlaşmaktadır. KAA'dan toplanan verilerin kaydedilmesi, işlenmesi, görselleştirilmesi ve web üzerinden sunulması amacıyla yönelik olarak farklı teknolojiler kullanılarak yapılmış bir çok uygulama literatürde yer almaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmaktadır.

Kablosuz algılayıcı düğümler sektöründe önde gelen isimlerden biri olan Crossbow şirketinin bir ürünü olan Mote-View yazılımı, sistem içerisinde kullanılan düğümlerin konfigürasyonlarının yapılabilmesi, gerçek zamanlı olarak algılanan değerlerin grafiklerinin çizdirilebilmesi ve kaydedilmesini sağlarken malesef grafik ve görselleştirme hizmetlerini sadece yerel bilgisayarda (local) sunabilmektedir [64].

Diğer iki örnek olan SpyGlass [65] ve jWebDust [66] yazılımları ise Java tabanlı olarak geliştirilmiş modüler KAA görselleştiricileridir. Fakat her iki aracın da farklı uygulamalarda kullanılmak üzere ayarlanması için kullanıcı kişinin Java bilgisine sahip olmasını gerektirmektedir ki bu da bir kısıtlayıcıdır.

[20]'de gerçekleştirilmiş olan başka bir KAA temelli bir çevre gözlem uygulamasında kullanıcı ile sunucu arasında gerçek zamanlı bir bağlantı sağlanmıştır. Sunucudan alınmakta olan verilerin işlenmesi, kullanıcı bilgisayarında yüklü olan MATLAB tabanlı bir Grafiksel Kullanıcı Arabirimi (GKA) yardımıyla yapılmaktadır. Fakat bu uygulamanın dezavantajı ise GKA'nın kullanıcı bilgisayarında bulunması gerekliliğidir ki bu da uygulamanın esnekliğini azaltmaktadır.

[67]'de de MATLAB web sunucusu kullanılarak Web tabanlı bir izleme uygulaması yapılmıştır.

[68] nolu çalışmada KAA'lar için genel amaçlı web arabirimi tasarlamışlardır. Bu arabirimde veri işleme etkinliğinin geliştirilmesi ve veri tıkanıklığının giderilmesine odaklanılmıştır.

BÖLÜM 3. YAPAY SINİR AĞLARI

3.1. Giriş

Bu bölümde YSA ile ilgili bilgiler verilecektir.

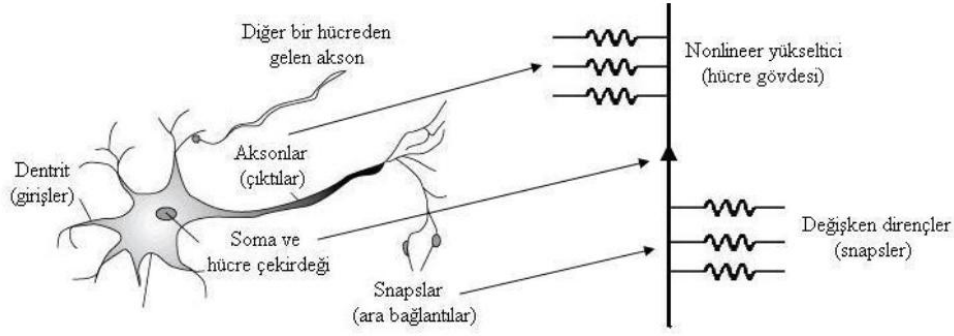
3.2. Yapay Sinir Ağı Nedir?

Literatürde yapay sinir ağları (YSA) için farklı kaynaklar tarafından yapılmış bir çok tanım vardır. Baş tarafından 2006 yılında yapılmış olan “YSA, beyinde var olan sinirlerin çalışma prensiplerinden esinlenerek sistemlere öğrenme, bilgi edinme, bilgiler arası bağlantı ve ilişki kurma ve hatırlama gibi yetenekleri kazandırmayı amaçlayan bilgi algoritmalarıdır.” şeklindeki tanım bunlardan bir tanesidir [69].

3.3. Biyolojik Sinir Hücresi (Nöron)

Bir sinir hücresi, çevreden gelen sinyalleri (girdileri) elektriksel sinyallere dönüştürerek beyne iletilmesini sağlayan alıcı sinirler (receptor) ve beynin ürettiği bu elektriksel sinyalleri çıktı olarak uygun tepkilere dönüşmesini sağlayan tepki sinirleri arasında sürekli olarak ileri geri besleme yaparak uygun sinyaller (tepkiler) üreten Merkezi Sinir Sistemleridir [70].

Sinir sisteminin temel işlevini yürüten hücrelerine nöron (sinir hücresi) denir. Bir hücre, bir hücre gövdesinden (soma), ağaç gibi yan dallardan (dendritler), aksonlar ve sinapslardan oluşmaktadır [71]. Şekil 3.1’de biyolojik ve elektronik (yapay) nöron modelleri görülmektedir.



Şekil 3.1. Biyolojik sinir hücresi

3.4. Yapay Sinir Hücresi

Yapay sinir ağları beynin çalışma prensiplerini kendine temel alarak geliştirilmiştir. İnsanoğlunun yaradılışından bu yana çevreyi araştırma ve taklit etme yeteneklerinden biri olan yapay sinir hücresi kullanılarak yapay sinir ağ teknolojisi üretilmiştir [73].

3.5. Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri

Yapay sinir ağının parçaları ile ilgili genel tanımlar aşağıda verilmekte ve genel yapısı da Şekil 3.2’de görülmektedir [74].

Girdiler: Yapay sinir ağlarına dış dünya veya diğer hücrelerden gelen bilgilerdir.

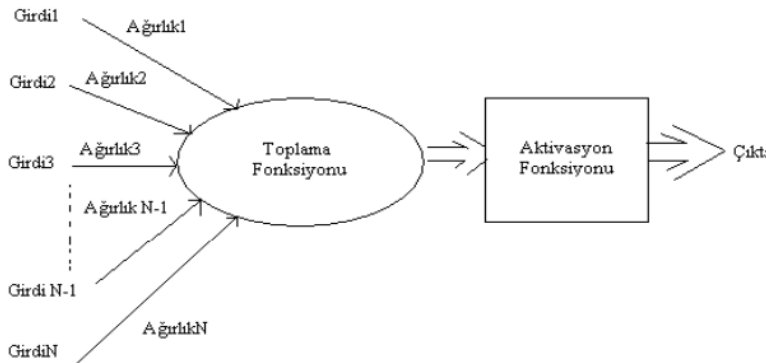
Ağırlıklar: Hücreler arasındaki bağlantıların sayısal değerini ifade etmektedir. Bir hücreye gelen bilginin değerini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir.

Toplama fonksiyonu: Hücreye gelen girdileri ağırlıklarla çarpıp toplayarak o hücrenin net girdisinin hesaplanmasını sağlar.

Aktivasyon fonksiyonu (Transfer fonksiyonu): Hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktının belirlenmesini sağlar.

Çıkış işlevi (Hücre Çıktısı): Aktivasyon fonksiyonları tarafından belirlenen çıktı değerleridir. Üretilen çıktı ya dış dünyaya, başka bir hücreye ya da kendisine girdi olarak gönderilebilir.

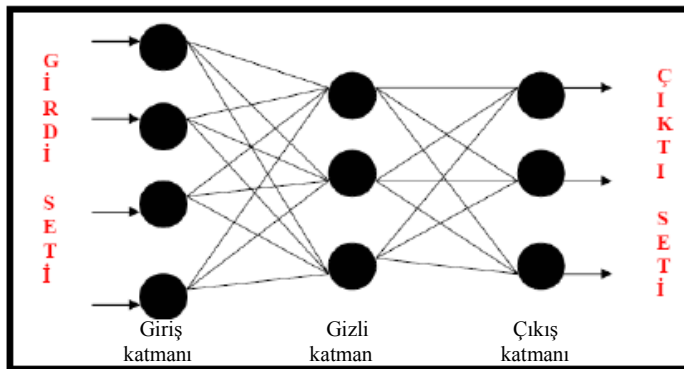
Şekil 3.2’de görüldüğü gibi dış ortamdan veya diğer hücrelerden alınan girdiler, ağırlıklar yardımıyla hücreye bağlanır. Toplama fonksiyonu ile net girdi hesaplanır. Net girdinin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle net çıktı hesaplanır. Bu işlem aynı zamanda hücrenin çıkışını verir.



Şekil 3.2. Yapay sinir hücresinin işleyişi

3.6. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Bir YSA'nın yapısı Şekil 3.3’de gösterildiği üzere 3 katmandan meydana gelir. Bunlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır [75].



Şekil 3.3. YSA'nın yapısı

Giriş katmanı: Dış ortamdan alınan giriş bilgilerini gizli katmanlara transfer eden nöronlardan oluşur. Giriş nöronları, aldıkları giriş değerleri üzerinde herhangi bir işlem yapmaksızın bir sonraki katmana iletimini sağlarlar [76].

Gizli katman: Giriş tabakasından gelen bilgilerin işlenerek çıktı katmanına

gönderilmesinin sağlandığı katmandır. Bu işleyiş gerçekleştirilirken bir veya birden fazla gizli katman kullanılabilir [76].

Çıkış katmanı: Çıkış katmanında, gizli katmandan gelen bilgileri işleyip, ağı giriş katmanına sunulan girdi seti için uygun çıktıyı üretir. Üretilen çıktı dış ortama gönderilir [76].

3.7. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Yöntemleri

Yapay sinir ağlarında öğrenmenin temel amacı, sinir ağının tahmin etme yeteneğindeki hata payının minimize edilmesi ve ağırlıkların elde edilmesi için ağın eğitiminin sağlanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda yapay sinir ağlarını öğrenme stratejilerine göre öğretmenli, öğretmensiz ve takviyeli öğrenme yöntemi olarak incelemek mümkündür.

Öğretmenli öğrenme: Yapay sinir ağlarında yaygın olarak kullanılan bir öğrenme yöntemi olan danışmanlı öğrenmede, ağa örnek bir çıktı verilir ve bu çıktılarla ağın ürettiği çıktı değerlerinin karşılaştırılması amaçlanır. Bu öğrenmede, ağırlıklar rastgele olarak verilir ve ağ tarafından hata miktarı minimize edilerek döngüsel işlemler gerçekleştirilir [77]. Bu öğrenme yönteminde, tahmin edilmek istenen durum gerçekleşene kadar döngü devam ettirilmeli, eğitim kümesi dışında oluşturulan bir test kümesi tarafından da ağın eğitiminin doğruluğu test edilerek kontrolü yapılmalıdır [69].

Öğretmensiz öğrenme: Danışmansız öğrenme yöntemi, ağa yalnızca örnek girdi değerlerinin verilmesi ve ulaşılmaya hedeflenen çıktılarının verilmediği durumun esas alındığı bir yöntemdir. Bu öğrenmede yapay sinir ağları, örnek verilere göre parametreler arası ilişkiyi ve bağlantı ağırlıklarından aynı özelliği gösteren örüntüleri kendisi belirleyerek, bunun için gerekli ayarlamaları da kendisi gerçekleştirir [77].

Takviyeli öğrenme: Giriş verileri ağa uygulanır ve bunlara karşılık alınan sonuçların danışman tarafından değerlendirilmesi yapılır. Ödüllendirme ve cezalandırma yöntemleri kullanılması yöntemiyle ağın ağırlıkları güncellenerek işlemler devam ettirilir [77].

3.8. Yapay Sinir Ağlarının Kullanıldığı Alanlar

Özellikle elde örnek verilerin olduğu fakat matematiksel modellemenin güç ve karmaşık olduğu durumlara kolaylıkla uygulanabilmesi avantajıyla birçok alanda kullanılmaktadır. Bu alanlardan bazıları haberleşme, bankacılık ve finans, tıp, otomasyon uygulamalarıdır.

3.9. Clementine Programı

İstatistik ve yapay zeka kökenli algoritmaları bir arada sunan , uygulama kolaylıkları ve açık yapısı ile Türkiye ve dünya genelinde veri madenciliği uygulamalarında tercih edilirliliği en yüksek bilgisayar programlarından [25]. IBM tarafından satın alınmadan önce SPSS şirketinin bir programı olan CLEMENTINE, satın alım sonrasında IBM SPSS MODELER ismini almıştır.

Literatürde YSA ile yapılmış çok sayıda çalışma vardır. Bunlardan bazıları [78], [79], [80], [81]'dir.

BÖLÜM 4. NS-2 ve SİSTEM MODELLEME

4.1. Giriş

Gerçekleştirilen tez çalışmasında kurulan su şebekesi modelinin modellenmesi için açık kaynak kodlu, ücretsiz ve en yaygın kullanılan ağ simülasyon programlarından biri olan NS-2 kullanılmıştır.

NS (Network Simulator), ağ simülasyonu oluşturmak ve gerçekleştirmek için ilk olarak 1989 yılında geliştirilmeye başlanmış, akademik araştırmalar için büyük öneme sahip açık kodlu bir ayırık olay ağ simülatörü olarak tanımlanmaktadır. NS kullanımı, 1995 yılında DARPA'nın sponsorluğunda bir ivme kazanmıştır ve günümüzde de simülatörün geliştirilmesi araştırmacılar tarafından sürdürülmektedir [82].

NS ile, bir kablolu (wired) ya da kablosuz (wireless) ağlarda istenilen miktarda düğümler (node) ve bu düğümler arası linkler tanımlanıp, yönlendirme algoritmaları (routing) ile çoğa gönderim (multicast) protokolleri kullanılır ve ad-hoc network, WiFi, WiMax, vb. gibi bir takım popüler kablosuz ağ uygulamalarının modellenmeleri ve simülasyonları gerçekleştirilebilir. NS simülatörü, ağ araştırma ve eğitimini destekleyerek protokol tasarımı, trafik araştırması sağlamakta, ücretsiz açık kaynak kodu ile karşılaştırmalı ve model paylaşımını güvenilir bir deney ortamı sunmaktadır [82].

4.2. NS-2 Mimari Yapısı

NS programlama, yapılan çalışmalarda belli bir algoritmaya uygun olarak oluşturulmaktadır. Öncelikle olay programlayıcısı kurulur, izleme açılır ve kapanır, ağ modeli oluşturulur, ilgili yönlendirme protokolü kurulur, sisteme hatalar girilir,

iletim bağlantısı ile trafik oluşturulur ve uygulama gerçekleştirilerek veriler iletilir [83].

NS simülatörünün ikinci versiyonu NS-2 olarak adlandırılmaktadır. NS, C++ tabanlı bir simülatördür ve Tcl dilinin nesneye yönelik bir versiyonu olan OTcl ile bir simülasyon arayüzü vasıtasıyla ağ simülasyonunu gerçekleştirmek mümkündür [83].

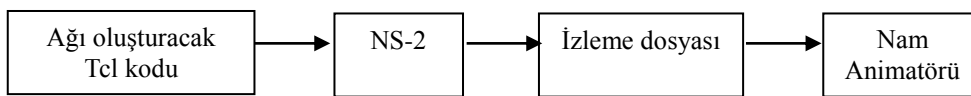
NS-2, Linux platformunda çalışmaktadır ve Cygwin programı vasıtasıyla Microsoft Windows ortamında da simülasyonlar gerçekleştirilebilmektedir. NS-2 simülatörünün son sürümü olan 2.34, Haziran 2009'da kullanılmaya başlanmıştır.

NS-2 Yerel Alan Ağlarının, Geniş Alan Ağlarının ve Kişisel Alan Ağlarının simülasyonunda da kullanılabilir.

4.3. NS-2 Ağ Simülatöründe Simülasyon Sonuçlarını İzleme

Ağ animatörü (network animator-Nam), ağ simülasyonunu izlemek için kullanılan animasyon tabanlı bir araçtır. Nam geliştirme süreci, VINT isimli devam etmekte olan bir proje ile sürmektedir.

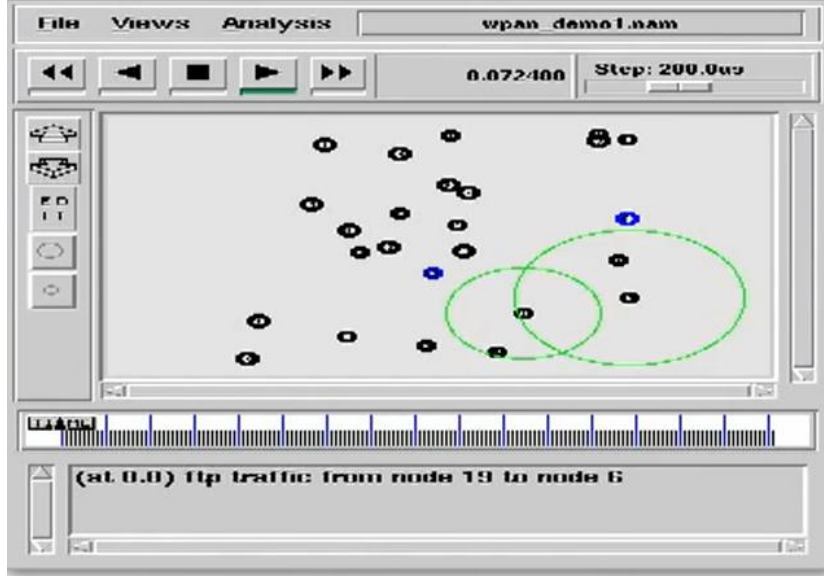
NS-2 ile bir ağ simülasyonu yapmak için yapılması gereken aşamalar Şekil 4.1'de gösterildiği gibi oluşturulacak olan Tcl kodunun yazılması ile başlar. Yazılan Tcl kodu NS-2 ağ simülasyon motoru tarafından çalıştırılır ve izleme dosyası (trace file) üretilir. İzleme dosyası düğümler, linkler ve paketler gibi topoloji bilgilerini içerir. İzleme dosyası üretildiği zaman, simülasyon için gerekli altyapı hazır hale gelir. Çalışmaya başlayan Nam aracı, izleme dosyasını okur, topolojiyi oluşturur ve Şekil 4.2'de görülen bir ekranda simülasyonu çalıştırır [83].



Şekil 4.1. NS-2'da simülasyon oluşturulma aşamaları

Şekil 4.2, tez çalışmasında kullanılan basınç algılayıcılarının çalıştığı standart olan

ZigBee iletişimi yapan bir ağın simulasyon halinden bir görüntüdür. Görüldüğü üzere düğümler verilerini, daireler şeklinde yayılan dalgalar ile iletmektedirler.



Şekil 4.2. NS2'de bir ZigBee uygulaması NAM ekranı görüntüsü

Tez çalışması için kurulmuş olan şebeke modelinin NS-2 ortamında modellenmesi için kullanılan kodların örnek bir kısmı Ek C'de verilmiştir.

BÖLÜM 5. ALGILAYICILAR KULLANILARAK ŞEBEKE İZLEME

5.1. Giriş

Bu bölümde kablosuz algılayıcılar kullanarak şebeke izleme konusu ile ilgili bilgiler verilecektir.

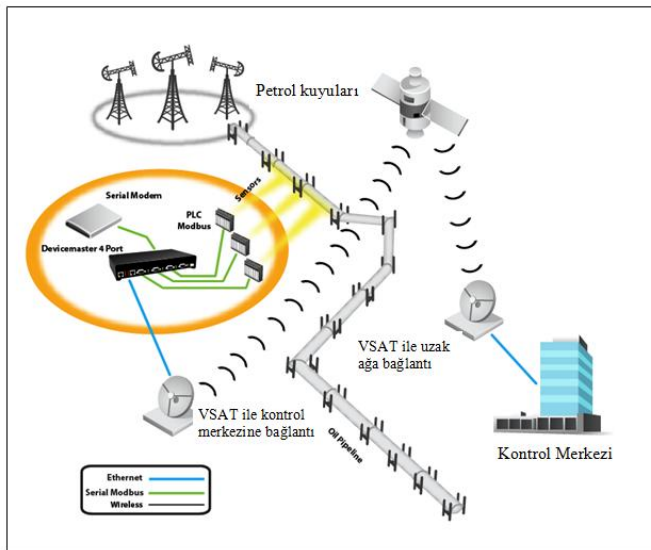
KAA'lar, yapılarında bulundurdukları düğümlerin algılama, işleme ve yayın yoluyla iletebilme fonksiyonları ile gündelik hayatın birçok noktasında çeşitli faydalar sağlayabilecek değişik birçok uygulamalara imkan tanımaktadır. Bu sebeple bilgisayar alanının en popüler çalışma konularından biridir.

KAA'ların en yaygın kullanım alanlarından biri de petrol, doğal gaz ve içme suyunun üretiminin yapıldığı ortamlar ve iletiminin yapıldığı boru hatlarıdır. Bunun da başlıca sebebi petrol ve doğalgazın dünya üzerinde az bulunması, çıkarılmasının maliyetli ve zor olması, birçok alanda kullanılan hammaddeleri ihtiva ediyor olmasından dolayı aranan kıymetli madenler özelliği bulundurması ve bu kıymetli madenlerin gerek üretim aşamasında gerekse de üretilmiş olanların belli noktalara aktarılması aşamalarında ortaya çıkması olası kayıp ve kaçakların çok çok az veya hiç olmamasının istenmesindedir.

Petrol, su ve doğalgaz kaynaktan son kullanıcılara tankerlerle, gemilerle veya boru hatları ile taşınırlar. Konunun maliyet ve verimlilik adına yapılan değerlendirmeler sonucunda boru hatları ile yapılan transferler daha uygun görüldüğünden özellikle boru hatları ile taşımacılık çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu boru hatlarının tasarımı, gerçekleştirilmesi ve yönetilmesi çok kapsamlı ve önemli konulardır. [84] ve [85]'de bu konularda geniş bilgiler bulunmaktadır.

5.2. Petrol ve Doğalgaz İletim Hatlarında KAA Uygulamaları

Petrol ve doğalgaz sektörlerindeki KAA uygulamaları başlıca iki gruba ayrılır. Bunlardan birincisi petrol ve doğalgazın üretim noktalarındaki üretim safhalarının kontrol altında tutulmasına yönelik olarak yapılan izleme uygulamaları, ikincisi ise üretim sonrasında ortaya çıkan petrol ve doğalgazın üretim noktalarından depolama veya işleme noktalarına doğru boruhatları boyunca olan iletim süreçleri sırasında ortaya çıkabilecek olan çeşitli durumları izlemek amaçlı uygulamalardır. Kaçakçılık amacıyla kasıtlı yapılan sızmalar, borulardaki basınç sebebiyle kendiliğinden oluşabilen kaçakların tespit edilmesi, sızma ve ya kaçaklar dolayısıyla ortaya çıkacak olan petrol ve doğalgaz kayıplarının en aza indirilmesi bu durum örneklerindedir. Şekil 5.1’de örnek bir boru hattı izleme sistemi mimarisi gösterilmiştir. Çeşitli konumlardan bilgiler alınmakta ve uydu bağlantısı ile kontrol merkezine aktarılarak hattın izlenmesi gerçekleştirilmektedir [86].



Şekil 5.1. Bir petrol boru hattı izleme sistemi mimarisi

Petrol boru hatlarında kasıtlı olarak yapılan sızmalar veya borulardaki basınç sebebiyle oluşabilen patlamalar dolayısıyla oluşacak olan çevre kirliliği, can ve mal kayıplarının önlenmesi de bu olayların düşünülmesi gereken başka bir boyutunu oluştururlar [87].

Petrol boru hatlarındaki üretim safhalarının kontrol altında tutulmasına yönelik

olarak yapılan uygulamalar endüstriyel uygulamalar başlığı altında sunulan çalışmalar ile aynı kategoride bulunan uygulama örnekleridir. Bu bölümde KAA'ların petrol, doğalgaz ve su boru hatları üzerindeki izleme işlemleri amaçlı uygulanmaları konusu inceleneceği için üretim safhalarındaki uygulama örneklerine değinilmeyecektir.

Üretilen petrol ve doğalgazın, üretim noktasından işleme noktalarına kadar iletilmesi için çeşitli yollar vardır. Bunlar karayoluyla, deniz yoluyla, raylı sistemlerle veya boru hatları ile iletilir. Bu yöntemlerin hepsi aynı amaca yönelik olsalar da her birinin farklı maliyet ve kapasite büyüklükleri vardır ki bu yöntemler arasında maliyet ve taşıma kapasitesi olarak en uygun olanı boru hatları ile iletim seçeneğidir.

Petrol boru hatları, 100 ile 1200 mm iç çap ölçülerinde çelik veya plastik borulardan meydana gelirler ve bir çoğu da 0,91 ile 1,8m arası derinliğe gömülürler. Petrol, boru hattı içerisinde belli noktalarda bulunan pompa istasyonları kullanılarak saniyede 1-6 m arası bir hızla hareket ettirilir.

Doğalgaz boru hatları ise karbon çelikten ve 51-1500 mm diameter ölçülerinde borulardan oluşurlar ve kompresör istasyonları ile basınçlandırılarak iletilirler.

Dünya üzerinde de coğrafi koşullar elverdiği ölçüde en yaygın olarak tercih edilen yöntem petrol ve doğalgazın boru hatları ile iletim seçeneğidir. Fakat bu seçenek maliyet ve kapasite açısından uygun olsa da bu yöntemin kullanılması durumlarında gözönünde bulundurulması gereken bazı unsurlar vardır. Bunlardan bazıları boru hattı ne kadar uzun olursa olsun hattaki basıncın korunması, hatta meydana gelebilecek olan kaçaklar ve kaçaklar sebebiyle oluşacak olan kayıplar ve maliyetleri, borularda zamanla meydana gelebilecek olan paslanmalar ve oluşturacağı problemler, boruların ek yerlerinde zamanla oluşabilecek olan deformasyonlardır.

Bu gibi problemlerin yaşanmaması, yaşanma ihtimalinin en aza indirgenmesi ve bu durumlar ortaya çıktığında da en kısa zamanda müdahale edilerek problemin

çözülmesi ve hattın tekrar devreye alınarak iletimde oluşacak olan petrol, doğalgaz ve zaman kayıplarının en aza indirgenmesi ve dış ortama yayılacak olan petrol ve doğalgaz sebebiyle çevrede oluşacak olan çevre kirliliği, çevre kirliliğinden dolayı oluşabilecek olan insan ve hayvan sağlıklarında oluşabilecek olan hastalıklar ve bu kirlilik ve hastalanmalar hatta ölümler için ödenecek olan temizlik ve tazminat masraflarının önlenmesi için boru hattının sürekli izlenmesi gerekir.

Bu işlemi yerine getirmek için temel olarak iki alternatif yöntem vardır. Bunlar kablolu sistemler veya kablosuz sistemlerdir.

Kablolu sistemlerde boru hattı boyunca belirli mesafelere algılayıcılar ve kameralar konur ve bunların gerek elektriksel beslemeleri için elektrik kabloları gerekse de algılanan verinin ve görüntülerin iletimi için data iletim kabloları (bakır veya fiber optik) çekilmesi gerekir. Çekilmesi gereken kablo uzunluğunun büyük mesafelere varabilmesi, aynı zamanda çekilmiş olan kabloların hem bulunduğu ortam şartlarından hem de dış etkenler tarafından verilen zararlar dolayısıyla hasara uğraması dolayısıyla ölçme ve iletime işleminin sağlıklı yapılamaması, algılayıcının ve kameraların monte edildikleri noktaların sabit olup yer değiştirilebilme esnekliğinin az olması, boru hattındaki bu elemanlara sık sık bakım yapılması ihtiyaçlarından dolayı işlem ve personel maliyetleri gittikçe yükselmeye başlayacaktır.

Kablosuz sistemler ise GPRS, mikrodalga, frekans tahsisi gerektirebilen radyo modemler gibi ücretli/ücretsiz kablosuz iletişim altyapısı çeşitlerinin kullanılması veya radyo dalgaları gibi ücretsiz kablosuz iletişim altyapısını kullanan KAA altyapısının kullanılması esaslı sistemlerdir.

GPRS tabanlı altyapı KAA türüne göre daha önce çıkmış olmasından dolayı 5-10 yıl öncesine kadar yaygın olarak kullanılıyordu. Fakat özellikle KAA teknolojsinin ortaya çıkması ve altyapısında bulunan düğümlerin algılama, işleme ve yayın yoluyla iletim yapabilme kabiliyetlerinin teknolojik gelişmeler sayesinde daha fonksiyonel hale getirilebilmiş olmalarından dolayı çok daha tercih edilmeye başlanmış ve KAA temelli boru hattı izleme sistemleri dünya çapında yaygın kullanılır hale gelmiştir.

KAA temelli olarak çalışan izleme sistemlerinde sistem içerisinde yer alan ve geniş bir alana planlı yerleştirilmiş veya rastgele dağıtılmış çok sayıda düğüm noktası bulunabilir. Bu düğüm noktalarından merkez nokta olan baz istasyonuna veri akışı olacaktır.

Petrol ve doğalgaz sektörlerindeki sözkonusu maddelerin yapısı gereği, kullanılması düşünülen kablosuz cihazların sağlaması gereken bazı şartlar veya kısıtlar vardır ki KAA'da kullanılan düğümler de bunların tamamını sağlamaktadır [88]. Bunlar:

- Sınırlı güç kaynağı, hafıza, depolama alanı, pil sarfiyatı,
- Bakım maliyetlerini azaltmak amaçlı olarak mümkünse kendi enerjisini kendi üretmesi veya birkaç yıl yetebilecek pil paketlerine sahip olması,
- Radyo gürültüleri gibi bozucu etkenlerin olduğu zorlu kablosuz ortam şartlarında çalışabilme ve aynı zamanda belirli sınırlamalara uymak (özellikle yangına hassas bölgelerde),
- Zorlu çevre şartlarına sahip ortamlara dayanıklı olmak ve çalışmayı sürdürebilmek,
- Karmaşık ağ algoritmaları ve yönlendirme protokollerine uyumluluk,
- Ad-Hoc ve çok atlamalı çalışabilme,
- Mevcut IT uygulamaları ile beraber sorunsuz şekilde çalışabilme,
- Tekrar konfigüre edilebilir, dinamik ve uyumlu olma,
- Açık, uluslararası standartlara bağlı olarak çalışma,
- Frekans spektrumunda lisans alma gerektirmeden çalışabilme,
- Hata toleransı ve kurtarma desteği,
- Güvenli işlem yapabilme ve iletim yapabilmedir.

[21], [22] ve [89], petrol boru hatları üzerinde KAA temelli olarak yapılmış çalışma örnekleridir.

5.3. Su İletim Hatlarında Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulamaları

Göller ve baraj gölleri gibi su kaynağı olarak kullanılan havzalardaki suyun

temizliğinin kontrol altında tutulması çok önemli bir konu olduğu için kirlenmeye sebep olabilecek olan çeşitli etkenlerin sürekli gözlem altında tutulmaları gerekir. Bu yüzden KAA temelli olarak yapılan uygulamaların bir kısmı işin bu tarafına yönelirken diğer bir kısım uygulamalar ise su kaynaklarından belirli pompa istasyonları aracılığı ile şehir içindeki su şebekesine verilen suyun şebeke içindeki bütünlüğünün korunması veya mümkün olan en az kayıp miktarı ile istenilen noktalara yeterince su götürülebilmesi ve suyun kaynağındaki kalitesinin korunarak insanlara ulaştırılmasını izleme tarafına yöneliktir.

Bolu, Düzce, Sakarya ve Kocaeli illerindeki yerel yönetimlerin su işleri birimleri ile su şebekeleri ve problemleri üzerine yapılan görüşmelerde ortaya çıkan ortak problemler gerek ülkemiz geneli gerekse de dünyanın birçok yöresi için bir fikir vermektedir. Bunlar [4]:

- Kaçaklar,
- Kaçaklar sebebiyle oluşan kayıplar,
- Suyun kalite izlemesi,
- Farklı kurumların yaptıkları kazılarda şebekeye verilen zararlar,
- Su şebekelerinin planlara yeterince işlenmiş olmamalarından dolayı hatların yerlerinin tespitindeki zorluklar ve
- İmar planlarına tam olarak uyulmadan yapılan inşaatlardaki uygulama hatalarıdır.

Dünya üzerindeki tüm yerleşim birimlerinde insanların evleri, işyerleri gibi birçok noktaya kadar suyun iletilebilmesi için yeraltında döşenmiş olan farklı ölçülerde ve farklı malzemelerden üretilmiş su borularından meydana gelen su şebekeleri bulunur. Bu şebekelere belirli pompa istasyonlarından basılan basınçlı su, şebeke içinde bir çok alt kollara ayrılarak caddeler, sokaklar ve apartmanlara kadar dağılarak iletilir.

Altyapısı yeni olan yerleşim bölgelerinde bile su basıncının yükseldiği zamanlarda boruların bu basınca dayanamadığı zamanlarda kaçaklar meydana gelmekte iken su şebekesi daha eski olan bölgelerde bu tür kaçaklarla daha sık karşılaşmaktadır. Ve bu kaçaklar dolayısıyla kaybolan su miktarı patlağın büyüklüğüne, patlağın oluştuğu

zaman ve yerin tespit edilebilmesine ve patlağın tamir edilinceye kadar geçen zamana bağlı olarak çok büyük miktarlara varabilir.

Patlağın çok büyük olmadığı ve kaybolan suyun da yeryüzüne çıkmayıp yeraltına doğru aktığı durumlarda ise patlağın tespit edilip tamir olması mümkün bile olamamakta ve bu durumlar göz yumulan kayıplar kategorisi içinde değerlendirilmek zorunda kalmaktadır.

Fakat bu sırada ortaya çıkacak olan tek sorun su kaybı olmayacaktır. Zira su kaybının yanısıra bu onarım işlemi için kullanılacak olan malzeme ve personel giderleri, insanların ev veya iş yerlerindeki susuz kalma zamanı, kaçak sebebiyle veya patlağın tamir edilebilmesi için yapılması gerekli olan kazılardan dolayı oluşacak olan asfalt veya çevre bozulmaları, yolların kapanabilmesi dolayısıyla oluşacak olan trafik kargaşası, patlayan borulardan dışarı taşacak olan sudan dolayı zarar görecektir olan insanların zararları gibi bir çok durum daha ortaya çıkacak ve bütün bunların telafisi de çok daha zor ve maliyetli olacaktır [4].

Yukarıda bahsedilen sebepler dolayısıyla (kaçaklar ve su kalitesi) su şebekesi sürekli izlenmelidir. Fakat bu tür şebekeleri izlemek için gerekli altyapıyı kurmak bir çok yerel yönetim için yüksek maliyetli olduğundan dolayı bu işe girememektedirler. Ve şebekedeki kaçaklar dolayısıyla ortaya çıkan kayıpları azaltabilmek konusunda ancak kaçaklar dolayısıyla yüzeye su çıktığı zaman o noktada tamir çalışması yaparak veya belirli bir noktada su kesintisi olduğunda şebeke planına göre o civardaki boruları yüzeyden çeşitli dinleme aygıtları ile dinleyerek kaçak noktadan kaçan suyun çıkardığı sesi tespit ederek patlağın yerini bulmaya çalışmakta ve bu noktalardaki kaçakları tespit edebilmektedirler.

Şebekedeki kaçak su oranı, birçok yerleşim biriminde ayın sonunda tahsilatı yapılan su parası ve miktarı ile şehre ay boyunca verilmiş olan su miktarı kıyaslanarak kayıplar hesaplanabilmektedir. Bu kayıplara itfaiye muslukları, camiler ve parklar statüsündeki noktalardan alınan su miktarlarının da dahil olmaması için bir çok yerel yönetim buralara da su saatleri takmaktadır.

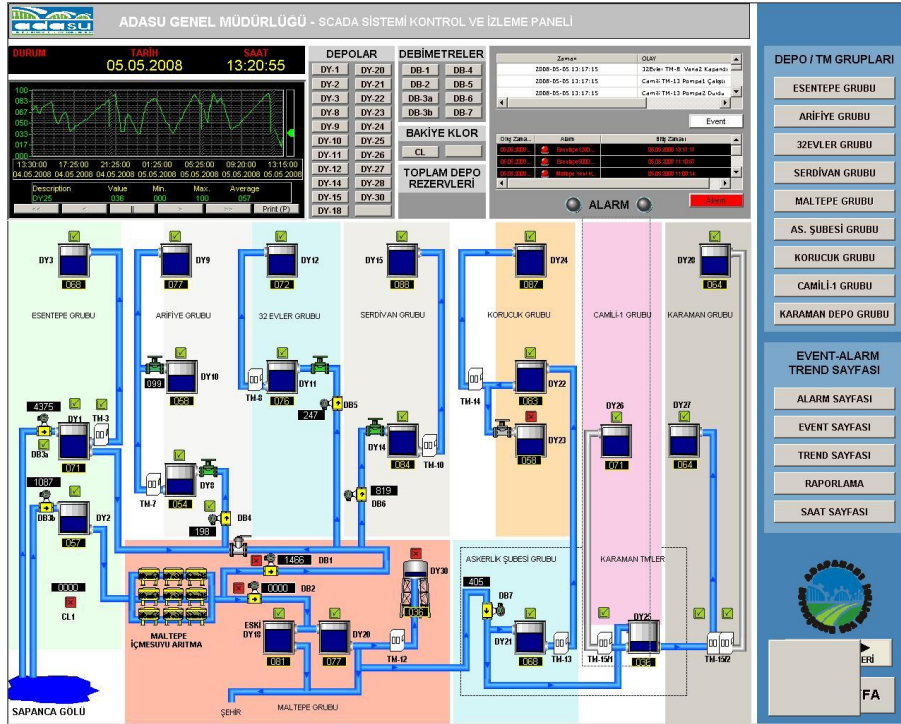
5.3.1. Su şebekesi izlemede SASKİ örneği

Su şebekesinin izlenmesinin yapılması konusunda bazı yerel yönetimler (Sakarya SASKİ ve İzmit İSU) SCADA sistemini kurmuşlar ve şebeke içindeki pompa istasyonları ve su deposu gibi noktaları uzaktan kontrol altında tutmaktadırlar. SCADA sistemi ve işleyişine örnek olarak SASKİ SCADA sistemi ile ilgili aşağıdaki bilgiler verilebilir :

Kapsamlı ve entegre bir Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)) sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözlenmesi sağlanmaktadır. Anlık olay ve alarmları saklayarak geçmişte meydana gelen olayları da tekrar günün tarihinde ve saatinde gözlemleyebilmesini de sağlayan geniş kapsamlı bir sistemdir.

SASKİ Genel Müdürlüğü 2007 yılında yapılan ihale ile su temin ve dağıtım sisteminde SCADA sistemi kurmuştur. Sistem, depo ile motopomplar arasında kablolu/kablosuz olarak bilgi iletişimini düzenlemekte olup, depodaki su seviyesine göre motopompların çalışmasını, durmasını ve durum bilgilerini (çalışma ve arıza) göndermesini sağlamaktadır. Sistem ihtiyacı olan su miktarını belirleyip bu miktarlara ulaşıncaya kadar motopompları faal halde tutmakta, su ihtiyacını giderdiği an sistemde çalışan motopompları kapatmaktadır. Böylece depoların sürekli olarak dolu tutulması sağlanmaktadır. Gerekliğinde operatör tarafından otomatik kumanda kesilerek, sistemde bulunan tüm denetim elemanlarına el ile veya SCADA merkezinden kumanda edilebilmektedir. Şekil 5.2’de SASKİ SCADA sisteminin yapısı görülmektedir.

Sapanca gölünden temin edilen ham su, terfi merkezlerindeki motopomplar ile Esentepe’de bulunan toplama depolarına terfi ettirilmekte, bu depolardan Maltepe’de bulunan ham su deposuna kendi cazibesıyla gelmektedir. Arıtma tesisinde arıtılan su şehrin muhtelif noktalarında bulunan su depolarına cazibe ve motopomplar ile terfi ettirilmektedir.



Şekil 5.2. SASKİ SCADA uygulaması

Terfi merkezlerindeki tüm motopomplardan (asıl ve yedek); pompa çalışıyor, pompa duruyor, pompa arızası (termik ve faz koruma), elektrik yok, haberleşme yok, güvenlik ikazı, pompa çıkışında su var, pompa çıkışında su yok ve pompa basma hattındaki vanaların; vana açık, vana kapalı bilgileri, ultrasonik algılayıcılardan elde edilen depo su seviyesi (% 0 ile %100 arası % 1 aralıklı) bilgileri, Şehrin çeşitli noktalarına konulan debimetrelerden alınan debi bilgileri merkezdeki SCADA bilgisayarının ekranında görülebilmektedir. Merkezdeki SCADA bilgisayarından tüm pompalar ve motorlu vanalar el ile çalıştırılabilmektedir.

Depodaki su seviyesi SCADA bilgisayarında operatör tarafından set edilmiş minimum ve maksimum su seviyelerine göre değerlendirilerek, pompalar otomatik olarak çalıştırılmakta veya durdurulmaktadır. Terfi merkezlerinde çalışan pompalardan birinin arızalanması durumunda yedeği otomatik olarak devreye girmektedir. Enerji maliyetini azaltmak amacıyla SCADA programı ile motopomplar belirlenen bir saat diliminde çalıştırılmakta veya durdurulmakta ve böylece depoların mümkün olduğu kadar elektrik enerjisinin ucuz olduğu zaman diliminde doldurulması sağlanmaktadır.

SASKI'deki SCADA sisteminin özelliklerinde de görüldüğü gibi şebeke içindeki ana noktalar olan depolar, pompalar, terfi noktaları gibi yerler izlenmekte ve şehir içindeki bazı noktalardan debi bilgisi alınmaktadır. Bu gibi veriler de şebeke içinde ortaya çıkan herhangi bir patlamanın yerinin tespit edilmesi konusunda çok da faydalı olamamakta ve SCADA sistemi bu konuda yetersiz kalmaktadır.

SCADA sisteminin bahsedilen artıları yanında bahsedilen açığı olması dolayısıyla kaçak bulma konusunda desteklenmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak gerek SASKI'de gerekse de İSU'da şebekede basınç yönetimi yapma çalışmaları başlatılmıştır.

Şebekede basınç yönetimi yapmak, için basınç izole bölgesi oluşturulmuştur. Bu da bölge içindeki çeşitli noktalara basınç algılayıcıları koyarak basınç değerlerini ve değişimleri izlemek ile yapılır. İzlenen değerlerin belli bir süre (birkaç hafta veya birkaç ay) sonra periyodik hareketler şeklinde tekrar edileceği düşünülmekte ve bu periyodik hareketlerden olası sürekli ve hata toleransı sınırlarının üstü veya altı değerlerde oluşan olan sapsmalar, bölge içinde olası kaçaklar olarak değerlendirilmektedir.

Bölge içindeki hangi algılayıcıya yakın anormallikler tespit edilirse o civarda bir kaçak olacağından dolayı patlamanın tespit edilmesi kolaylaşacak, tespit ve tamir süreci klasik yöntemlere göre daha da kısılacağından dolayı bir çok kaynaktan (su, zaman, emek) tasarruf sağlanmış olacaktır.

KAA teknolojisi kullanarak şebekede basınç yönetimi yapmak, şebeke içindeki suyun kalite izlemesini yapmak, şebekenin bütünlüğünü izleyerek basınçta oluşan değişimlerin tespit edilerek kaçak tespiti ve kaçağın yerinin belirlenmesi türü bir çok çalışma literatürde mevcuttur. Bunlardan bazıları laboratuvar ortamlarında deneysel olarak kurulmuş olan düzenekler üzerinde test edilirken bazıları ise hem laboratuvar hem de sahada uygulanarak sistemlerin başarıları test edilmiş ve çıkan sonuçlar hakkında çok sayıda makale yayınlanmıştır.

Bu çalışmaların bir kısmı suyun hidrolik özellikleri olan su basıncı ve suyun akış

değerlerini işleme alırken, bazıları hidrolik özelliklerin yanısıra suyun kalitesine ilişkin parametrelerden olan pH, bulanıklık, serbest klor gibi bazı değerleri de izlemişler, bazıları ise su şebekesi içerisinde hareket etmekte olan suyun çıkardığı sesleri izlemiş ve kaçak bölgesinden dışarı fışkıran suyun çıkardığı sesteki değişimler algılanarak patlağın ve yerinin tespit edilmesine dönük uygulamalar yapılmıştır [90]. Bu uygulamalar ile ilgili aşağıda bilgiler verilmektedir.

5.3.2. Literatürde bulunan su şebekesi kontrolü uygulama örnekleri

Konunun farklı yönlerinin bahsedildiği yukarıdaki bilgilere ilişkin örnek çalışmalar aşağıda sunulmaktadır.

Amerika'da yapılan "PIPENET" isimli çalışmada KAA tabanlı bir sistem ile şehir su şebekesindeki su basıncı ve ses (akustik) bilgilerinin incelenmesi yapılarak şebekede oluşan kaçakların yerinin bulunması, su kalitesinin izlenmesinin yapılması (pH) ve kollektörlerdeki su seviyesinin izlenmesi konularında yardımcı olacak olan bir sistem geliştirilmeye çalışılmış ve sistem Boston şehrinde 22 ay süre ile denenmiştir. Intel Mote düğümler, Bluetooth haberleşmesi ve GPRS modemlerden oluşan üç katmanlı bir altyapı kurularak basınç, ses ve pH değerleri izlenmiştir. Enerji sorunlarını çözebilmek için Şekil 5.3'de görüldüğü üzere bazı aşamalarda sokaklardaki lamba direklerinden elektrik beslemesi almışlardır. Elde edilen bu bilgiler kendi tasarladıkları bir algoritma ile incelenerek kaçak tespiti ve kaçağın yerini tespit kestirme denemeleri yapmışlardır. Ve bunlarda da kısmen başarılı olmuşlardır. Ve bu sistemin geliştirilmesi süreçlerine devam etmektedirler [23].

Yang ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılmış olan uygulamada ise deneysel olarak kurulan bir düzenekteki su boruları üzerine yerleştirilmiş olan akustik algılayıcılardan alınan veriler üzerinde otokorelasyon işlemleri yapılmış ve elde edilen neticeler yapay sinir ağları yaklaşımı ile incelenerek normal ses değerlerinin grafiklerinde oluşan sapmalar tespit edilmiş ve bu yaklaşımla şebeke içinde ortaya çıkartılan kaçakların tespit edilmesinde %92,5'lik bir başarı yakalanmıştır [90].



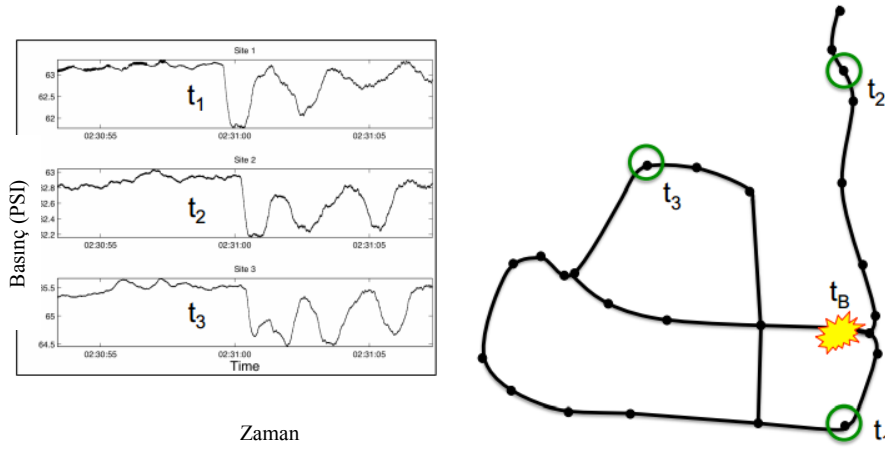
Şekil 5.3. PIPENET sistemi mimarisi

Ediriweera tarafından sunulan WaterWiSe isimli çalışmada, Stoianov tarafından 2006 ve 2007 yıllarında sunulmuş olan çalışmalardan esinlenilerek çalışmalarına 2008 yılında başlanan ve 2009 yılından itibaren de Singapur'da sahada uygulanmakta olan bir çalışma olan WaterWiSe isimli sistem ile Singapur su şebekesi üzerinde izleme çalışmaları yapıldığı anlatılmaktadır. Bu sistemin ilk başlangıç aşamalarında sadece 8 algılayıcı düğüm ile şebekedeki sadece basınç bilgilerinin izlenmesi yapılırken daha sonraları 50 düğüm ile yaklaşık 80 km²'lik bir alanda basınç, ses, akış ve bazı su kalitesi parametreleri izlenmeye başlanmıştır [91].

Aşağıda Şekil 5.4'te sistem içerisinde kullanılmakta olan algılayıcılar ve yerleştirme şekilleri görülmektedir. Şekil 5.5'de ise sistemden alınan basınç verilerinde, kaçak anında oluşan sapsmalara dair örnek görüntüler yer almaktadır. Yapılmış olan tez çalışmasında da Şekil 5.5'de olduğu gibi basınç değerlerindeki grafik değişimleri incelenmiştir.



Şekil 5.4 WaterWiSe'da kullanılan çok parametrelı algılayıcı (solda) ve bir vanaya takılı hali (sağda)



Şekil 5.5. Sağda t_B olarak gösterilen noktada bir kaçak olduğu anda grafik üzerindeki t_1, t_2 ve t_3 zamanlarındaki grafik davranışları belirgin olarak gözükmemektedir.

BÖLÜM 6. YENİ BİR DÜĞÜM ENERJİ TOPLAMA YAKLAŞIMLI KAA TABANLI ŞEHİR SU DAĞITIM ŞEBEKESİ İZLEME SİSTEMİ TASARIM VE UYGULAMASI

6.1. Giriş

Gerçekleştirilmiş olan “Yeni Bir Düğüm Enerji Toplama Yaklaşımli KAA Tabanlı Şehir Su Dağıtım Şebekesi İzleme Sistemi (SENSIS)” isimli tez çalışmasının amacı, Bölüm 5’te de bahsedilen örnek çalışmalarda da olduğu gibi şehir su şebekelerini KAA temelli olarak uzaktan izlemek, izlenen su şebekesi üzerindeki basınç değerlerini gözlem altında tutmak, çeşitli zamanlarda farklı sebeplerle ortaya çıkması muhtemel kaçakların tespit edilmesini sağlamak, tespit edilen kaçaklara ilişkin konum tahmini yapılabilmesine yardımcı olmak ve kaçaklar sebebiyle oluşacak olan su, para, zaman gibi kaynak israflarının önüne geçilmesi konusunda yardımcı bir yöntem geliştirmektir.

Bölüm 1’de bahsedildiği şekilde, tez çalışması amacıyla kurulan deney modelinde bir basınç izole bölgesi oluşturulmuş ve bu bölge içerisindeki 3 noktaya yerleştirilmiş olan kablosuz basınç algılayıcıları ile şebeke modeli içerisine basılmış olan suya dair basınç, sıcaklık gibi parametrelere ilişkin veriler baz istasyonun bağlı olduğu bilgisayara toplanmıştır.

Bu işlemler yapılırken sistemden okunacak olan basınç, sıcaklık, pil voltaj değerleri gibi verilerden basınç değerleri dikkate alınarak şebekede basınç izlemesi yapılmaya çalışılmış ve bu basınç verilerinin hem değerlerin kendilerini listeleyen hem de kullanıcılar açısından bakıldığında verilerin daha kolay izlenmesi ve daha anlaşılır olması açısından grafiklerini çizerek ekranda gösterilmesini sağlayan SENSIS-PORT yazılımı geliştirilmiştir.

SENSIS-PORT yazılımı sayesinde verilerin toplandığı yerel bilgisayarda şebekenin izlenmesi yapılmaktadır. Fakat günümüzde bir çok sistemde kullanıcıların beklediği bir esneklik olan internet üzerinden erişilerek aynı amacın yerine getirilebilmesi isteğini de karşılamak amacıyla sistemden toplanan verilerin, verilerin toplandığı yerel bilgisayara kurulan bir Web sunucu üzerindeki SENSIS-WEB aracılığı ile uzak kullanıcıların erişimine açılmıştır.

KAA temelli olarak uzaktan izleme ve literatür kısmında isimleri belirtilen bazı çalışmalarda da bulunan bir özellik olan internet üzerinden erişerek verilerin izlenmesinin yapılmasına imkan veren bazı uygulamalarda bulunan sınırlayıcı etkenlerden biri olan ve uzak kullanıcıların kendi internet erişimlerini sağladıkları cihazlarda yüklü bulunması gereken bazı bileşenler gibi sınırlandırıcı etkenlere karşı bir esneklik olarak da sadece kişinin kendi cihazında kullandığı web tarayıcı program, gerçekleştirilen tez çalışmasındaki şebekeyi uzaktan izlemesi için yeterli olmaktadır.

Yapılan uygulamanın internet kullanıcıları tarafından izlenmesi için oluşturulmuş olan web sitesinin yayınının yapıldığı adres olan 79.123.220.X IP adresi ve devamında, aşağıda sistemin çalışması aşamalarına dair olan kısımdaki web sayfası adresini yazmaları yeterli olmaktadır.

Kurulmuş olan deney düzeneği üzerinde, şebekenin yerel bilgisayardan ve internetten bağlanan uzak kullanıcılar tarafından izlenmesi sağlanmakla beraber yukarıdaki literatür kısımlarında bahsedilmiş olan KAA'ların kısıtlarından biri olan enerji probleminin de çözümüne yönelik olarak da bir yöntem önerimi yapılmış ve uygulama içerisinde de gerçekleştirilmiştir.

Önerilen enerji toplama yaklaşımında, su boruları içerisinde akmakta olan ve ayarlanacak belirli bir basınç değerine sahip suyun akış hareketinin, bir elektrik üreticisine aktarılması, bu hareket ile tahrik edilen üreticinin çıkışlarından enerji elde edilmesi ve filtrelemesinden sonra şarj devresinden geçirilerek ve düğüm enerji kaynağı olan pile bağlanarak kablosuz basınç algılayıcılarının pillerinin şarj edilmesini sağlamak esaslı olarak tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Böylece KAA temelli bir çok uygulamada ortak bir sorun olan enerji problemi, algılayıcıların pillerinin enerji üretici bir birim ile desteklenmesi ile çözülmüştür. Bu birim sayesinde suda akış hareketi olduğunda algılayıcıların bu akıştan elde edilen enerji ile çalışması, yeterli şiddette akış olmadığı zamanlarda ise algılayıcıların pillerden beslenerek çalışması şeklinde bir durum ortaya çıkmış ve böylece kurulan genel izleme sisteminin ömrünün daha da uzatılması sağlanmıştır. Sonuç olarak enerji problemi sebebiyle sisteme yapılması muhtemel müdahalelerin de önüne geçilerek zaman ve maliyet kayıpları önlenmiştir.

Yine KAA temelli olarak yapılan bir çok şebeke izleme uygulamasındaki şebekedeki kaçakların tespit edilmesi işlemine yönelik olarak, sistemden toplanan verilere dair çizilmiş olan grafiklerdeki değişimler incelenmiştir. Şebeke içerisindeki grafik değişimleri, ortaya çıkmış olan herhangi bir noktadaki kaçak veya kaçaklardan kaynaklanabileceği gibi herhangi bir veya birkaç noktadaki ev veya işyerlerindeki kullanıcıların normal su kullanımlarından da kaynaklanabilir.

Grafiklerdeki bu değişimler incelenirken, şebeke modelinin tasarım aşamalarında düşünülmüş olan kaçaklardan kaynaklanabilecek olan değişimleri simule etmek için yerleştirilmiş olan vanalar ve ev yada işyerlerindeki su aboneleri tarafından yapılan su kullanımları sebebiyle oluşacak olan değişimleri simule etmek için kullanılan musluklar kullanılmıştır.

Bu vanalar ve musluklardan herhangi bir veya birkaçı üzerinde yapılan planlı denemeler neticesinde grafiklerde ortaya çıkan değişimler anlamlandırmaya çalışılmış ve bir çok durumda da ortaya çıkan grafik değişimlerinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bu davranışların sistem üzerinde aynı etkiler tekrarlandığında da aynı davranışları sergilemeye devam edip etmediği şeklinde de kontroller yapılmış ve tekrar ettikleri görülmüştür.

Sistemden elde edilen verilere göre çizilmiş olan grafiklerde ortaya çıkan değişimlerin anlamlandırılması yapıldıktan sonra, aynı sonuçların veri madenciliği yöntemleri ile de elde edilip edilemeyeceğine yönelik kontrol çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, veri madenciliğinde kullanılan programlardan biri

olan IBM firmasının Clementine programı kullanılmıştır. Bu program üzerinde yapay sinir ağıları yöntemleri kullanılarak yapılan gerekli eğitim aşamaları sonrasında, sistemden elde edilmiş olan gerçek verilerin sınamaları yapılmış ve yaklaşık %90 oranında doğru sonuçların elde edildiği görülmüştür.

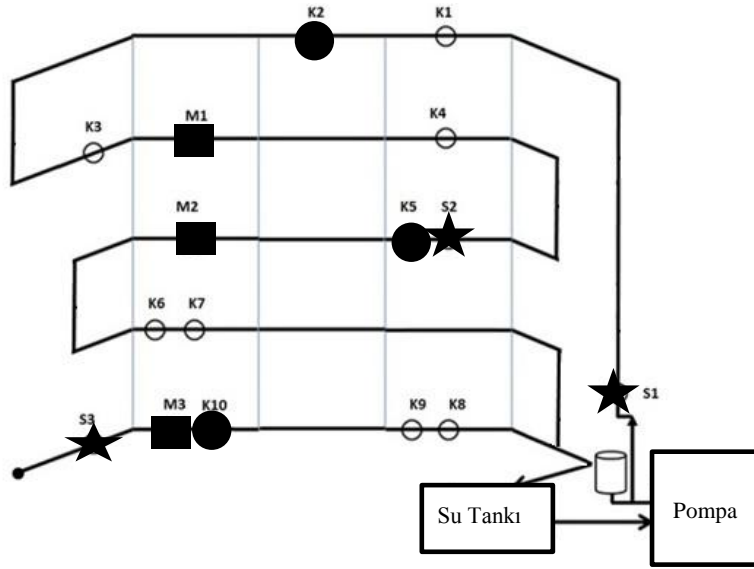
6.2. Donanım Altyapısı

Tez çalışmasında kullanılmak üzere örnek bir şehir su şebekesi modeli, bu şebeke içerisine istenilen basınç değer aralığında basınçlandırılmış su basabilmek için gerekli pompa ve kontrol düzenekleri, şebeke içerisindeki muhtemel kaçak etkileri için vanalar, kullanıcıların yapacakları su harcamalarının etkilerini oluşturmak için musluklar, su borularının içerisinde geçecek olan basınçlı suyun hareketinden enerji üretimi için kullanılacak olan üreteç biriminden oluşan bir donanım düzeneği altyapısı kurulmuştur. Bu sistemin parçaları hakkında aşağıdaki bölümlerde detaylı bilgi verilmektedir.

6.2.1. Şehir su şebekesi modeli

Bir veya birden fazla depoda bulunmakta olan suyun, yerleşim birimi içerisinde bulunan bütün mahalle ve sokaklara dağıtımının yapılabilmesi için kurulması gerekli olan su şebekeleri örnek alınarak laboratuvar ortamında 25 mm çaplı PVC boru ve aynı ölçüdeki ara bağlantı elemanları (dirsekler, t ekler, maşonlar, vb.) kullanılarak yaklaşık 80 metrelik bir şebeke modeli kurulmuş ve bu model üzerinde tez çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu şebekenin planı Şekil 6.1’de ve şebekeye dair örnek resimler Şekil 6.2’de görülmektedir. Deney modeli içerisinde soğuk su kullanılacağı için boru seçiminde buna uygun boru malzemesi tercih edilmiştir.

Şekil 6.2’de görülen şebeke modeli üzerindeki K olarak isimlendirilen noktalar model üzerinde yapılan denemeler sırasında kaçak oluşturmak için vana takılan noktaları; M olarak isimlendirilen noktalar normal kullanım etkilerini oluşturmak için musluk takılan noktaları; S olarak isimlendirilen noktalar da algılayıcı takılmak için kullanılan noktaları ifade etmektedir.



Şekil 6.1. Şehir su şebekesi modeli planı



Şekil 6.2. Kurulan şebeke modelinden örnek bir görüntü

6.2.2. Pompa ve basınç kontrol paneli

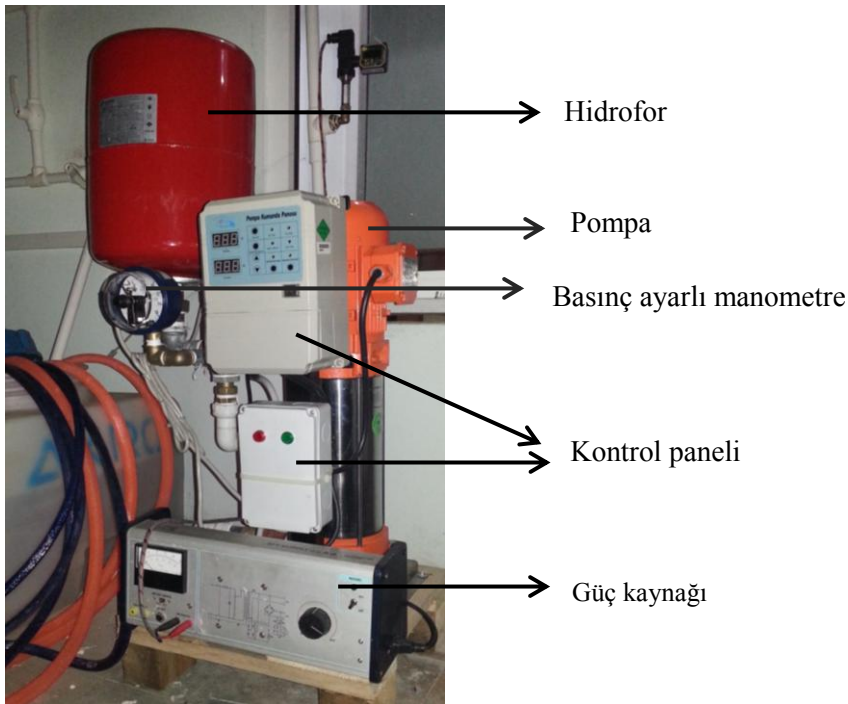
Su şebekesi modeli içerisine basılacak olan suyun 0 ile 10 bar arasında istenilen değer aralığına göre basınçlandırılması için kullanılan hidrofor, kontrol paneli ve basılması için kullanılan pompa düzeneği aşağıdaki Şekil 6.3’de görülmektedir.

Bu düzeneğin içerisinde “Coras” marka, 3 fazlı, 2.4 Hp gücünde ve 100 metre yüksekliğe kadar su basabilme (10 barlık su basabilme özelliğine sahip) bir pompa kullanılmıştır [92]. Fakat yerleşim bölgelerindeki su şebekelerinde şebeke içerisinde

genellikle 3 ile 6 bar arası su basıncı değerleri kullanılması sebebiyle deney düzeneği içerisinde de 3-6 bar arası basınçlı soğuk su kullanılmıştır.

Deney düzeneği içerisinde basılacak olan suyun istenilen basınç değer aralığında basınçlandırılması için bir Pakkens basınç ayarlı manometrelerinden 0-10 bar basınç kademesi ayarlayabilme özelliğine sahip olan aşağıdaki Şekil 6.4'te görülen modeli kullanılmış ve kumanda işlerini yapabilmesi için gerekli olan ve rölelerden oluşan kontrol devresi de yapılarak yanına monte edilmiştir [93].

Deney düzeneği içerisine basılacak olan suyun basınçlandırılması işleminde aşağıda Şekil 6.3'te görülmekte olan 24 litrelik su hacmine sahip olan “Nema” marka bir genişleme tankı (hidrofor) kullanılmıştır [94].



Şekil 6.3. Hidrofor, kontrol ünitesi ve su pompası



Şekil 6.4. Pakkens basınç ayarlı manometre

6.2.3. Kablosuz basınç algılayıcılar ve baz istasyonu

Deney düzeneği içerisinde kullanılacak olan kablosuz basınç algılayıcısının seçimi için yapılan araştırmalar sırasında farklı firmaların farklı model algılayıcıları incelenmiştir. Fakat bu ürünler arasından Şekil 6.5'de görülen Electrochem firmasının "PS-1 500" modelinin kullanımına karar verilmiştir [95].

Şebeke modeli içerisindeki su basıncı değerlerini ölçmek için kullanılan ve Şekil 6.5'de görülmekte olan Electrochem firmasının basınç algılayıcısı, 3,9 V AA Lityum batarya ile beslenen, ISM 2,4 GHz frekans bandında çalışan; iç mekanlarda 30 metre dış mekanlarda 100 metreye kadar sinyal iletimi yapabilen; sıcaklık, basınç ve pil voltaj değerlerini algılayıp ileten bir yapıya sahip bir algılayıcıdır.

Bu ürünün seçilmesinin nedenleri Türkiye'de izin verilen çalışma bandında çalışıyor olması, ıslak ortamlarda kullanılmaya elveren bir dış yapıya sahip olması, kolay monte edilebilmesi, özellikle endüstriyel uygulamalar gibi birçok uygulamada yaygın olarak kullanımı ve geniş bir dokümantasyon ve desteğe sahip olmasıdır. Ayrıca bu ürün ile beraber, algılayıcılardan gönderilen sinyallerin toplanıp bilgisayara aktarılması için gerekli baz istasyonu modeli olarak da Şekil 6.6'da görülen modeli kullanılmıştır [96].



Şekil 6.5. Electrochem kablosuz basınç algılayıcı (PS-1 500)



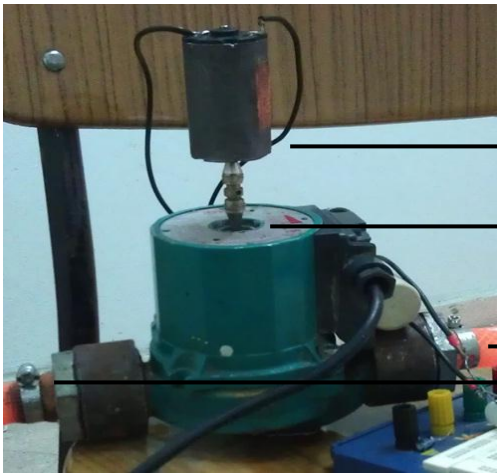
Şekil 6.6. Kablosuz basınç algılayıcılarının baz istasyonu

6.2.4. Musluk ve vanalar

Su şebekesi modeli üzerinde düğümlere yakın noktalardaki kaçaıklardan dolayı oluşacak olan basınç değer değişimlerini simule etmek için vanalar ve normal su kullanımlarından doğacak olan basınç değer değişimlerini simule etmek için ilave edilmiş olan musluklar Şekil 6.7’de görülmektedir.



Şekil 6.8. Devirdaim Pompası

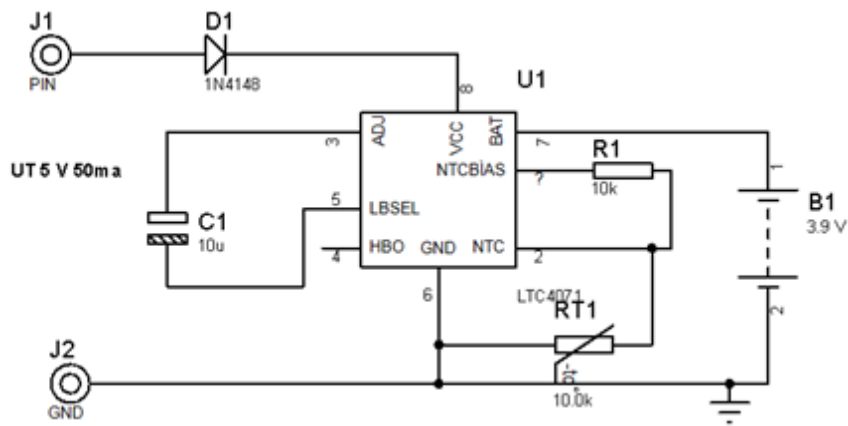


DC motor

Kombi sirkülasyon pompası

Boru bağlantıları

Şekil 6.9. Devirdaim pompası üzerine bağlanmış olan DC motor



Şekil 6.10. Bataryaların şarj edilmesi için kullanılan devre

6.3. Yazılım Altyapısı

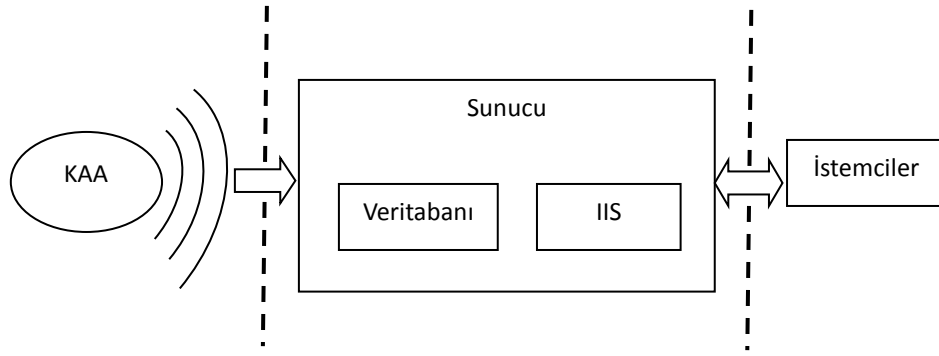
6.3.1. Kablosuz Algılayıcı Ağ

Su şebekesi modeli üzerinde 3 farklı noktaya yerleştirilmiş olan kablosuz basınç algılayıcı düğümlerden gelen basınç, sıcaklık ve batarya voltaj verileri düğümlerden baz istasyonuna aktarılmaktadır. Bu veriler, baz istasyonun bağlı olduğu sunucu bilgisayara kurulmuş olan Electrochem firmasının algılayıcılar ile beraber satın alınmış olan yönetim ve raporlama yazılımı ile belirtilen isim ve konuma metin dosyası halinde kaydedilmektedir. Su şebekesinin kurulan modeli laboratuvar ortamında olduğundan dolayı algılayıcılar ile baz istasyonu birbirlerine yakın mesafededirler. Bu yüzden algılayıcılar sinyallerini direkt olarak baz istasyonuna ulaştırabilmektedirler. Birbirleri üzerinden sinyallerin aktarımına gerek kalmamaktadır.

Tez çalışmasının amacı su şebekesindeki basıncın izlenmesi ve değişimlerinin incelenmesi esaslı olduğundan dolayı sıcaklık ve batarya voltaj verileri incelemeye dahil edilmemiştir.

6.3.2. Sunucu ve Veritabanı

Sunucu, düğümlerden gelen verilerin üzerinde tutulduğu, Microsoft SQL Server 2008 veritabanı ve IIS 7.0 web server kurulu bir bilgisayardır. Düğümlerden baz istasyonu aracılığı ile alınan ve bir metin dosyası içerisinde kaydedilmekte olan veriler, Microsoft Visual Studio 2008'de Visual Basic.NET ile geliştirilmiş olan bir masaüstü uygulama programı ile SQL Server 2008 üzerinde oluşturulan bir veritabanı içindeki tablolara aktarılmaktadır. Günümüzde de özellikle daha tercih edilen bir yöntem olduğu üzere bu yolda verilerin değerlendirme işlemleri, bir metin dosyası yerine bir veritabanından okunarak yapılmakta ve bu da işlemlerin daha hızlı ve kolay yapılabilmesini sağlamaktadır. Sunucu ve veritabanı modeli Şekil 6.11'de gösterilmiştir.

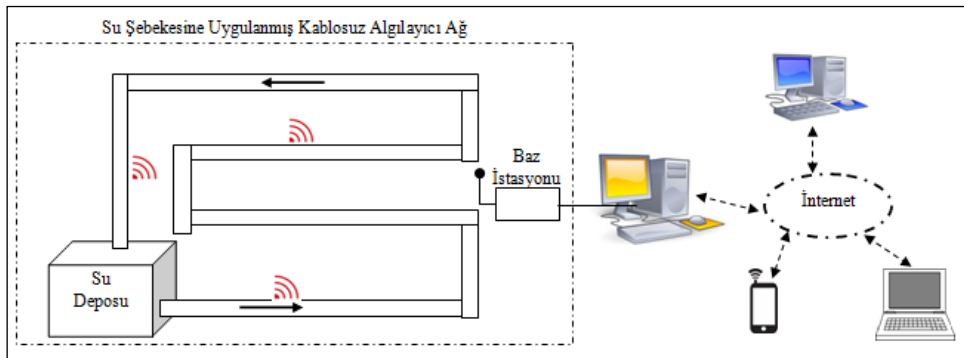


Şekil 6.11. Sunucu ve veritabanı modeli

6.3.3. Uzak Kullanıcı

Dizüstü bilgisayar, cep telefonu gibi internet bağlantısı bulunan cihazlar vasıtası ile sunucuya internet üzerinden bağlanan ve sunucu üzerinde çalışmakta olan IIS 7.0 web server yazılımı üzerinde yayınlanmakta olan SENSIS-WEB aracılığı ile verileri listeleyen ve verilere ilişkin grafikleri gösteren internet tarayıcı ekranları; sisteme uzaktan erişimi mümkün kılmaktadır. Uzak kullanıcı, internete bağlandığı cihaz üzerinden kullandığı web tarayıcı programı ile sayfalara ulaşabilmekte ve sisteme dair tüm verileri ekran üzerinden görebilmektedir. Sistemin çalışmaya başladığı andan itibaren tüm veriler veritabanında tutulabildiğinden dolayı istenilen herhangi bir anda, sayfaya yerleştirilmiş olan tarih ve zaman aralığına göre filtreleme araçları ile geçmişe dönük verileri listeleme ve bu aralıktaki verilerin grafiklerini çizdirebilmektedir.

Kurulan sistemin genel mimarisi Şekil 6.12’de gösterilmektedir.



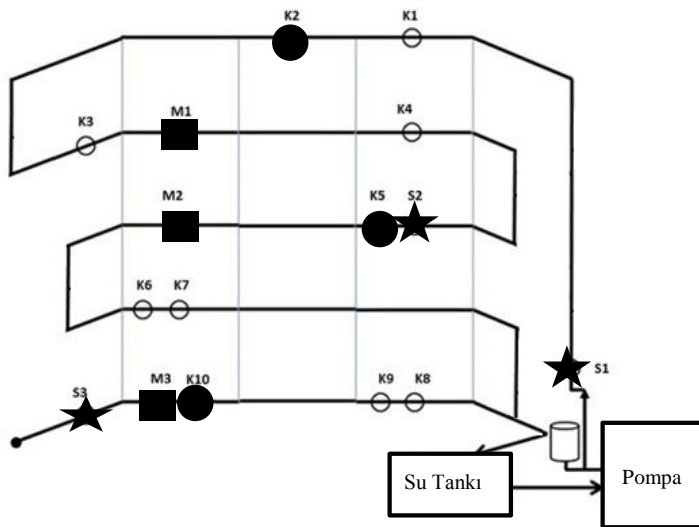
Şekil 6.12. Tez çalışmasında kurulan sistemin genel mimarisi

6.3.4. Sistemin Çalışması

Su deposundan alınan su, basınç ayarlı manometre ile ayarlanmış olan 6 bara kadar basınçlandırılarak şebeke modelindeki borulara pompa ile basılmaktadır. Sistemde hiç bir su kaçağı veya su kullanımının olmadığı böyle bir durumda basınç grafiklerindeki her üç sinyal de aynı eğrileri çizmektedir. (Hidrofor ve bağlantı elemanlarındaki ihmal edilen kaçaklar dolayısıyla grafiklerde hafif bir eğim durumu gözlenmektedir.)

Şekil 6.13'de siyah renkli daireler olarak gözükmekte olan K2, K5 ve K10 noktalarına kaçak oluşturmak için vanalar; siyah renkli kareler olan gözükmekte olan M1, M2 ve M3 noktalarına normal kullanım etkileri için musluklar; siyah yıldızlar olarak gözükmekte olan S1, S2 ve S3 noktalarına kablosuz basınç algılayıcıları takılmıştır.

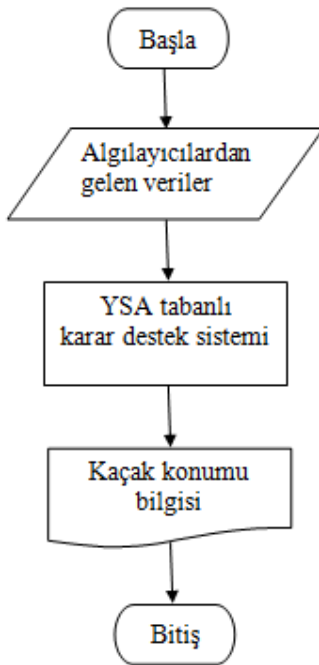
Daha sonra Tablo 7.1'de belirtilen vanalardan kaçak ve musluklardan normal kullanım etkileri oluşturularak sistemden su çıkışları meydana getirilmektedir. Bu gibi durumlarda şebekedeki suyun basıncı 3 barın altına düştüğünde, hidroforun önünde bulunan basınç ayar rölesi hidrofor ve pompayı tekrar devreye sokarak sistemdeki suyun basıncının yine ayarlanmış maksimum değer olan 6 bara tamamlanmasını sağlamaktadır.



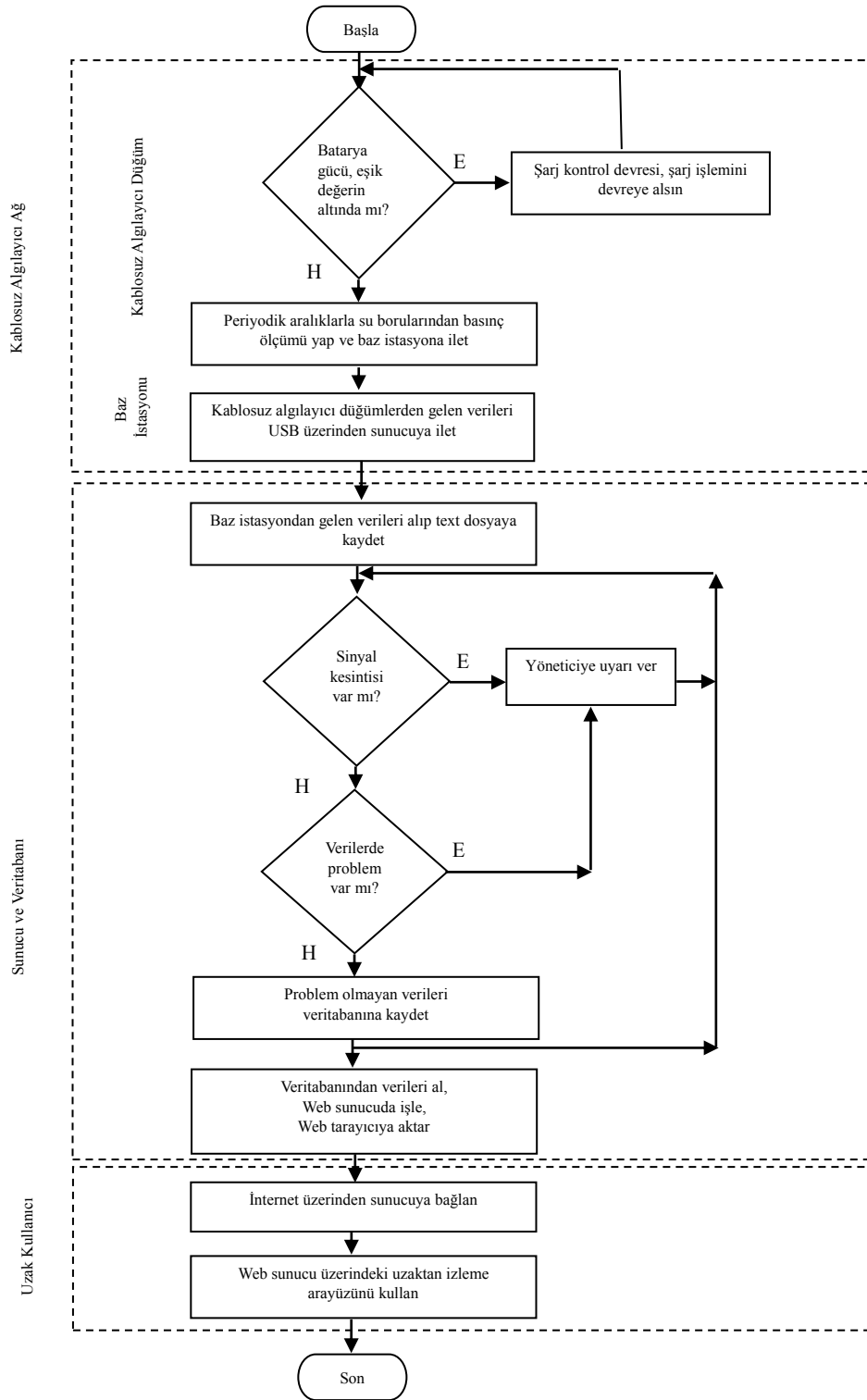
Şekil 6.13. Şebeke modelinde kullanılan noktalar

Sistemin 3-6 bar aralığında çalışması esnasında 5-6 V DC gerilim elde edilmiş ve bir filtreden geçirme işlemi sonrasında 30-40 mA'lık bir akımla 3.9 V'luk bir AA batarya şarj edilebilmiştir. LTC 4071 [98] devre elemanı kullanılarak hem Lityum bataryalar için çok önemli olan fazla şarj etmeye karşı koruma sağlanmış hem de devrenin bu haliyle ledler, dirençler ve lineer doğrultucular kullanılarak yapılan klasik şarj devrelerine göre çok daha iyi bir güç işleme verimliliği sağlanmıştır.

Şekil 6.15'de görülen akış diyagramında, sistemdeki işleyiş düzeni anlatılmaktadır. Şekilde de görüldüğü üzere, sistem içerisine yerleştirilmiş olan 3 tane kablosuz basınç algılayıcılarından belirli periyotlarda alınan veriler, sunucu bilgisayara USB portundan bağlı olan baz istasyona ulaşmaktadırlar. Bu veriler, algılayıcıların yönetim arayüzü üzerinden belirtilen isim ve konumdaki metin dosyası içerisine kaydedilmektedir. Şekil 6.16'da örnek metin dosyası ve içinde kaydedilen veriler görülmektedir. Şekil 6.14'de de bu verilerin YSA ile işlenmesinin akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 6.14. YSA tabanlı kaçak tespit işlemi akış diyagramı



Şekil 6.15. Sistemin çalışmasını gösteren akış diyagramı

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım						
29.10.2013	12:25:00		111603	111604	111607	000000	000000	000000	000000	000000
29.10.2013	12:25:43		-421,837		-190,511		73,612	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:25:47		409,685		476,811		666,266	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:25:54		504,505	856,918	1214,636		0,000	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:01		1289,583		1655,243		2219,236	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:05		2074,401		2513,727		3310,826	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:12		4468,045		5255,527		5863,956	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:19		4897,569		5115,140		5263,027	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:26		4607,262		4005,010		5346,935	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:33		4584,798		4829,708		5067,072	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:37		4533,168		4787,246		5026,403	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:42		4513,263		4766,498		4999,775	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:26:52		4497,836		4740,179		4983,976	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:03		4088,157		1919,026		868,370	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:12		4184,510		2592,955		910,992	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:19		4030,341		2976,783		947,610	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:23		3286,285		1841,905		711,710	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:37		3583,390		2228,353		837,939	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:42		4161,253		2528,999		886,406	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:48		4738,329		2838,245		908,515	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:27:55		5069,113		5297,154		931,147	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:00		3900,872		3806,934		648,535	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:06		3870,210		4286,134		5243,952	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:11		5375,084		5742,150		5889,176	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:18		5230,701		5479,217		5706,913	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:24		5174,128		5417,763		5660,179	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:29		5145,449		5398,093		5607,141	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:38		5124,775		5375,765		5620,668	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:28:51		5106,412		5360,422		5612,493	0,000	0,000	0,000
29.10.2013	12:29:02		5097,725		2500,829		525,282	0,000	0,000	0,000

Şekil 6.16. Verilerin içerisinde tutulduğu metin dosyalardan örnek bir görüntü

Metin dosyası içerisine kaydedilen bu veriler, geliştirilmiş olan yazılım ile incelenmekte ve algılayıcılardan gelen verilerde sinyal kesintisi olup olmadığı incelenmekte ve kesinti varsa bu konuda sistem yöneticisine uyarı verdirilmektedir.

Sinyal kesintisine sebep olabilecek durumlar:

- Algılayıcıların herhangi bir fiziksel müdahaleden dolayı bozulmaları,
- Algılayıcıların yerlerinden sökülerek, ortamdaki uzaklaştırılmaları,
- Algılayıcıların, batarya problemleri sebebiyle sinyal göndermemesi,
- Algılayıcıların donanım konfigürasyonlarından doğabilecek sinyal göndermemesidir.

Algılayıcılardan gelen sinyallerde herhangi bir kesinti yoksa bu durumda da gelen veriler incelenmekte ve verilerde problem olması durumlarında yine sistem yöneticisine uyarı verdirilmektedir.

Verilerde problem olarak düşünülen durumlar:

- Algılayıcı konfigürasyonları sebebiyle gönderilen anormal yüksek değerler,
- Algılayıcı konfigürasyonları sebebiyle gönderilen anormal düşük değerler,
- Algılayıcı konfigürasyonları sebebiyle gönderilen sıfır değerleridir.

Bütün bu kontroller neticesinde sağlıklı olduğu düşünülen veriler SQL Server

üzerinde yapılandırılmış olan veritabanına aktarılmaktadır. Veritabanına kaydedilen veriler, izleme sisteminin işleyişinin devamı için kullanılmaya başlarken bir yandan da yeni gelen veriler aynı kontrol aşamalarından geçirilerek kayıt edilmeye döngüsel olarak devam edilmektedir.

Veritabanına aktarılan veriler, Tablo 6.1’de görülen yapıya sahip “Veriler” isimli bir tablo içerisinde tutulmaktadır.

Tablo 6.1. Veritabanındaki verilerin tutulduğu “Veriler” tablosunu yapısı

Veriler Tablosu			
Alan No	Alan Adı	Veri Türü	Açıklama
1	sirano	Int	Her kayıt için 1'er 1'er artan otomatik sayı
2	sayac	Int	Sinyal numaraları için sayaç
3	tarih	Date	Sinyalin alındığı tarih bilgisi
4	saat	Time	Sinyalin alındığı saat bilgisi
5	s1	Real	S1 algılayıcısından alınan veri büyüklüğü
6	s2	Real	S2 algılayıcısından alınan veri büyüklüğü
7	s3	Real	S3 algılayıcısından alınan veri büyüklüğü

Bu sırada yerel bilgisayar üzerinde çalışmakta olan kullanıcılar, bu verileri görebilmektedirler. Aynı anda internet üzerinden bağlanacak olan kullanıcıların da bu verileri görebilmesi için uygulamanın web adresinde yayınlanmakta olan SENSIS-WEB’e istekte bulunması yeterlidir. İster sayfa üzerinde yayınlanmakta olan tüm verileri görür, isterse de sayfa üzerinde yer alan tarih ve zaman aralığı belirtme imkanları ile belirli bir tarih ve zaman aralığına dair veritabanındaki verileri ve bunlara dair grafikleri görme imkanına sahiptir.

6.3.5. Web Tabanlı İzleme Sistemi

Algılayıcı düğümlerden 6 saniyede bir okunan ve metin dosyasına kaydedilen veriler, 6 saniyede bir veritabanına aktarılmaktadır. Uygulamanın amacı bir şehir su şebekesi modeli içindeki su basıncı değerlerini izlemek ve bu basınç değerlerindeki anormal düşümleri tespit etmek olduğu için sadece basınç verileri web arayüzünde kullanıcılara gösterilmektedir ve bu basınç değerlerine ilişkin grafikler Şekil 6.17’de görüldüğü şekilde çizdirilerek veriler görsel açıdan da anlamlı hale getirilmektedir.

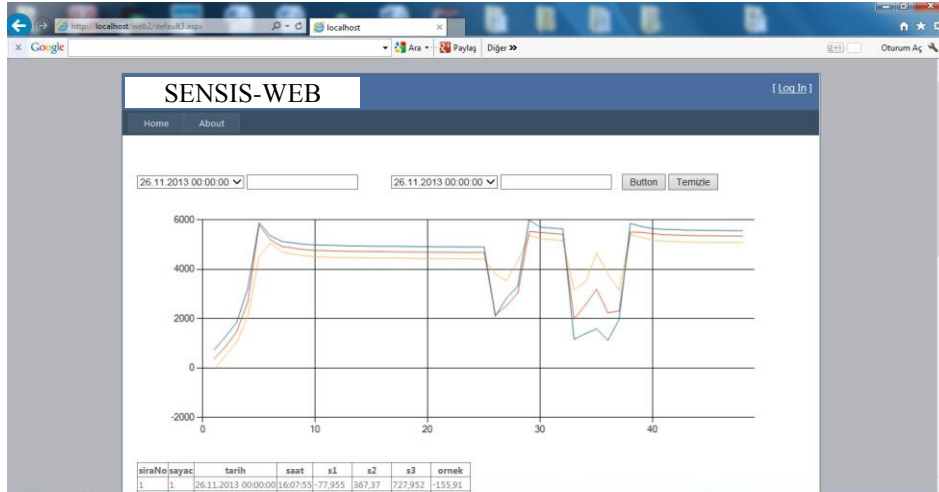
Laboratuvar ortamında bahsedilen sistemin kurulumundan sonra yapılan çalışmalar esnasında yerel bilgisayarda toplanmakta olan verilerin uzaktan internet aracılığı ile bağlanacak olan kullanıcıların da izlemelerinin sağlanabilmesi için öncelikle verilerin toplandığı bilgisayara bir web sunucu kurulmuş ve bu bilgilerin SENSIS-WEB ile yayınlanması sağlanmıştır. Fakat bu işlem, sadece dahili ağda bulunan kullanıcıların sisteme erişip izleyebilmesini sağladığından dolayı, kurum ağı dışından da kullanıcıların bağlanabilmesi için gerekli işlemler yapılmıştır. Bu işlemler sonrasında dış kullanıcılar da artık sistemi dışarıdan izlemeye başlamışlardır.

SENSIS-WEB arayüzü sayesinde kullanıcılar, sistemden o anda okunmakta olan basınç verilerini ve grafik halini görebileceği gibi konulmuş olan tarih ve zaman filtreleme seçeneği ile de tarih ve zaman başlangıç ve bitiş değerlerini de belirterek geçmişe dönük veri listelemesi ve grafik çizdirimi de yaptırabilmektedir.

6.3.5.1. Arayüz yazılımının teknik özellikleri

Şekil 6.17’de görülen SENSIS-WEB yazılımının özellikleri aşağıda listelenmektedir.

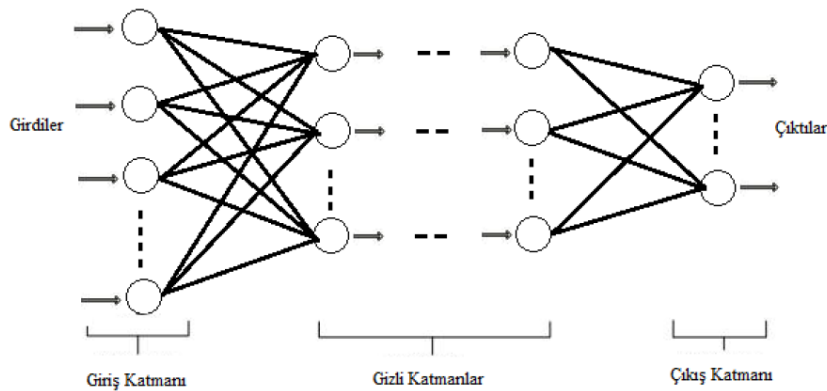
- ASP.NET teknolojisi ile Visual Studio ortamında geliştirilmiştir.
- Sistemden alınıp veritabanına kaydedilmiş olan veriler sayfada listelenebilmektedir.
- Listelenmekte olan verilerin grafikleri ekranda görülmektedir.
- Belirtilecek tarih ve zaman aralığına göre verilerin filtrelenmesi sonucu uyan kayıtların listelenmesi ve listelenen verilerin grafiklerinin çizimi yapılabilmektedir.
- Belirli bir web adresinde yayınlanmakta olan web sitesine erişim ve izleme için sadece bir web tarayıcı yeterlidir.



Şekil 6.17. Web arayüzü örnek ekran görüntüsü

6.4. Oluşturulan Yapay Sinir Ağı Model Yapıları

Şebeke modelinden alınan verilerin incelenmesi için 4 ayrı YSA modeli kurulmuştur. Kurulan modellerin genel yapısı Şekil 6.18’de görülmektedir. Bu modeller arasında kullanılan eğitim yöntemi, giriş ve çıkış nöron sayıları, gizli katman sayıları ve gizli katmanlarda bulunan nöron sayıları farklılıkları vardır. Bu modellere dair bilgiler aşağıda verilmektedir.



Şekil 6.18. YSA model yapısı

Birinci modelde hızlı (quick training) eğitim yöntemi kullanılmış, giriş nöron sayısı 33, çıkış nöron sayısı 3, gizli katman sayısı 1 ve gizli katmanda bulunan nöron sayısı 3’tür.

İkinci modelde dinamik (dynamic training) yöntemi kullanılmış, giriş nöron sayısı 33, çıkış nöron sayısı 3, gizli katman sayısı 2 ve gizli katmanların her ikisinde de 6'şar nöron vardır.

Üçüncü modelde hızlı eğitim yöntemi kullanılmış, giriş nöron sayısı 3, çıkış nöron sayısı 3, gizli katman sayısı 1 ve gizli katmanda bulunan nöron sayısı 3'tür.

Dördüncü modelde dinamik eğitim yöntemi kullanılmış, giriş nöron sayısı 3, çıkış nöron sayısı 3, gizli katman sayısı 2, birinci gizli katmanda 8 nöron ve ikinci gizli katmanda 5 nöron vardır.

Kurulmuş olan şebeke modeli içerisine 3 tane algılayıcı yerleştirilmiş ve bunlardan belirli bir periyotta basınç verileri toplanmaktadır. Bu verilere ilişkin çizilen basınç grafiklerindeki grafik davranış değişiklikleri gözlemlenerek herhangi bir veya birkaç noktada kaçak durumu tespit edilmeye çalışılmaktadır. Herhangi bir veya birden fazla noktada kaçak olması durumu ile normal kullanıcıların su kullanımları durumunda grafikteki davranış değişimi farklı olmaktadır. İnsan gözüyle tespit edilebilen bu durumun YSA ile de tespit edilebilmesi için, grafiklerdeki düşüm miktarı ve düşüş eğiminin YSA tarafından öğrenilmesi gerekir.

YSA tarafından bu öğrenmenin yapılabilmesi için kurulan 4 farklı YSA modelinden birinci ve ikinci modellerde her bir basınç algılayıcıdan gelen basınç değerleri kendisi ve kendisinden sonra 10 kez çoğaltılarak 11 kere kullanılmıştır. Verilerin 11 kere kullanımıyla grafiklerdeki eğimlerin YSA tarafından öğrenilebilmesi amaçlanmıştır. Sinyallerin 10'dan daha da fazla kullanılması durumunda YSA'nın çıkış verme süresi daha da artacaktır ve model yavaşlayacaktır. Böylece 3 basınç algılayıcıdan toplam 33 nöronluk giriş katmanı meydana gelmiştir. Şekil 6.19'da birinci modelin eğitimi için kullanılan veri setinden bir kısmının görüntüsü verilmiştir. Buradaki S1, S2, S3 algılayıcılardan gelen verileri; S1-1, S1-2 gibi değerler ise S1'in değerlerinin çoğaltılmış hallerini (gecikmelerini) ifade etmektedir. V1, V2 ve V3 değerleri eğitim için tanımlanmış çıkış değerlerini (vanalardaki kaçak noktalarını); \$N-V1, \$N-V2 ve \$N-V3 ise YSA'dan çıkan sonuç değerlerini (vanalardaki kaçak noktalarını) ifade etmektedir.

Kurulan üçüncü ve dördüncü YSA modellerinde ise her bir basınç algılayıcıdan gelen basınç değerlerinin sadece kendileri kullanılmıştır. Böylece 3 basınç algılayıcıdan toplam 3 nöronluk giriş katmanı meydana gelmiştir. Şekil 6.20’de üçüncü modelin eğitimi için kullanılan veri seti gözükmektedir. Burada görünen S1, S2, S3 algılayıcılardan gelen verileri ifade etmektedir. V1, V2 ve V3 değerleri eğitim için tanımlanmış çıkış değerlerini (vanalardaki kaçak noktalarını); \$N-V1, \$N-V2 ve \$N-V3 ise YSA’dan çıkan sonuç değerlerini (vanalardaki kaçak noktalarını) ifade etmektedir.

Her dört YSA modelinin de çıkış nöron sayıları 3’tür. Bu 3 çıkış nöronu sırasıyla algılayıcı bulunan noktalara yakın bulunan V1, V2, V3 vana noktalarını ifade etmektedir. Alabileceği değerler 0 veya 1 olarak tanımlanmıştır. Yani çıkış değerleri 1 olan nöronlar, yakınında kaçak olması muhtemel algılayıcı noktalarını, 0 olan nöronlar ise yakınında kaçak olmayan algılayıcı noktalarını anlatmaktadır.

Her 4 YSA modelinde de 210 set veri eğitimler için, 50’şer set veri de modellerin testi için kullanılmıştır.

	s1-1	s1-2	s1-3	s1-4	s1-5	s1-6	s1-7	s1-8	s1-9	s1-10	s2	s2-1	s2-2	s2-3	s2-4	s2-5	s2-6	s2-7
s2-10	s3	s3-1	s3-2	s3-3	s3-4	s3-5	s3-6	s3-7	s3-8	s3-9	s3-10	v1	v2	v3	\$N-V1	\$N-V2	\$N-V3	
701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	1096	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115
\$nu115	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	1879	1096	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115
\$nu115	2033	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	0	\$nu115
1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	1721	1879	1096	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115
\$nu115	2109	2033	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
3150	1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	4199	1721	1879	1096	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115
\$nu115	4791	2109	2033	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
5250	3150	1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	5304	4199	1721	1879	1096	\$nu115	\$nu115	\$nu115
\$nu115	5513	4791	2109	2033	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
4786	5250	3150	1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	4987	5304	4199	1721	1879	1096	\$nu115	\$nu115
\$nu115	5204	5513	4791	2109	2033	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
4613	4786	5250	3150	1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	\$nu115	4900	4987	5304	4199	1721	1879	1096	\$nu115
\$nu115	5076	5122	5204	5513	4791	2109	2033	1497	\$nu115	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
4584	4613	4786	5250	3150	1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	\$nu115	4824	4852	4900	4987	5304	4199	1721	1879
\$nu115	5051	5076	5122	5204	5513	4791	2109	2033	1497	\$nu115	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
4567	4584	4613	4786	5250	3150	1498	1543	701	\$nu115	\$nu115	4811	4824	4852	4900	4987	5304	4199	1721
\$nu115	5043	5051	5076	5122	5204	5513	4791	2109	2033	1497	\$nu115	0	0	0	0	0	0	\$nu115
4510	4567	4584	4613	4786	5250	3150	1498	1543	701	\$nu115	4674	4811	4824	4852	4900	4987	5304	4199
1096	4809	5043	5051	5076	5122	5204	5513	4791	2109	2033	1497	0	0	0	0	0	0	\$nu115
4093	4510	4567	4584	4613	4786	5250	3150	1498	1543	4255	4674	4811	4824	4852	4900	4987	5304	4199
1879	4455	4809	5043	5051	5076	5122	5204	5513	4791	2109	2033	0	0	0	0	0	0	\$nu115
3856	4093	4510	4567	4584	4613	4786	5250	3150	1498	4032	4255	4674	4811	4824	4852	4900	4987	5304
1721	4255	4455	4809	5043	5051	5076	5122	5204	5513	4791	2109	0	0	0	0	0	0	\$nu115

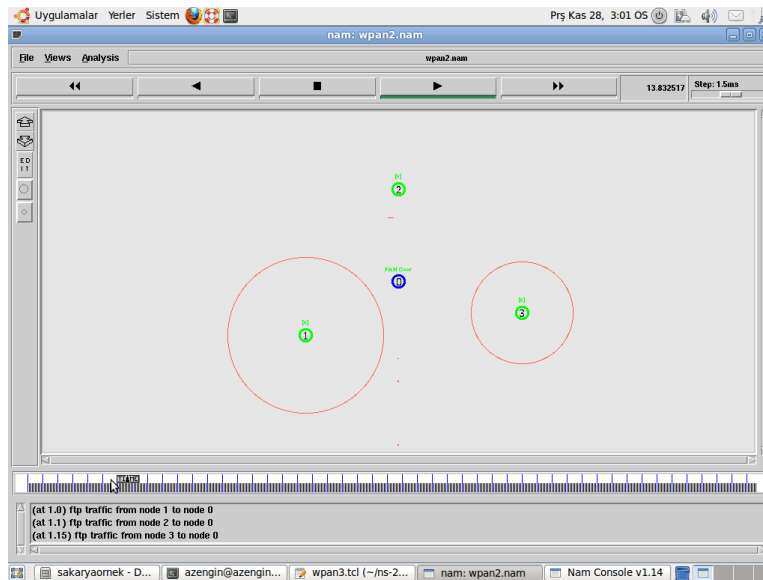
Şekil 6.19. Giriş nöron sayısı 33, çıkış nöron sayısı 3 olan eğitim verilerinden bir görüntü

	V1	V2	V3	\$N-V1	\$N-V2	\$N-V3
s1						
5098	5316	5530	0	0	0	0
4987	5228	5456	0	0	0	0
4955	5194	5433	0	0	0	0
4931	5179	5400	0	0	0	0
4917	4432	3759	0	0	0	0
2745	1668	2012	0	1	0	0
3761	2484	2776	0	1	0	0
3535	2386	2660	0	1	0	0
4399	2865	3145	0	1	0	0
5171	3162	2820	0	1	0	1
3273	4465	5222	0	0	0	0
5367	5564	5752	0	0	0	0
5207	5443	5661	0	0	0	0
5156	5398	5620	0	0	0	0
5122	5367	5592	0	0	0	0
5104	5347	5581	0	0	0	0
5098	5340	5576	0	0	0	0

Şekil 6.20. Giriş nöron sayısı 3, çıkış nöron sayısı 3 olan eğitim verilerinden bir görüntü

6.5. NS-2 ile Şebekenin Modellenmesi

Linux işletim sistemi çeşitlerinden biri olan Ubuntu üzerinde kurulu olan NS-2 ortamında 3 adet kablosuz basınç algılayıcısı ile kurulmuş olan şebeke modelinin simülasyonunun çalışması esnasında NAM ekranından alınmış bir görüntü Şekil 6.21'de görülmektedir. Burada simülasyonun görsel arayüzü gösterilmiştir. Fakat sistemin modellenmesi, ilgili ağ trafiklerinin oluşturulması ve simülasyonun çalıştırılabilmesi için arka planda bir çok Tcl kodu çalışmaktadır. Ek C'de bu kodlar verilmiştir.



Şekil 6.21. 3 tane basınç algılayıcısı ile kurulan şebeke modelinin NAM ekranından bir görüntü

Bu kodlar içerisinde sırasıyla kablosuz ağ ortamı ile ilgili tanımlamalar, simülasyon değişkenleri ile nam ve izleme dosyaları tanımlamaları, gerekli topoloji tanımlamaları, UDP alıcı / vericileri, hangi UDP alıcı ve vericileri üzerinde çalışacak olan CBR trafikleri, bu trafiklerin hangi zaman aralıklarında çalışıp duracakları ve simülasyon bitiş işlemlerine dair detaylar belirtilmektedir.

BÖLÜM 7. DENEY SONUÇLARI

7.1. Giriş

Bu bölümde tez çalışması için kurulmuş olan deney düzeneğinde, sistemin çeşitli durumlardaki davranışlarını görmek ve anlamlandırmak amaçlı olarak vana ve musluklara belirli bir plan dahilinde yapılmış olan müdahaleler ve sistemin verdiği tepkilerin basınç/zaman grafikleri ile ilgili bilgiler verilecektir.

7.2. Deney Sonuçları

Bu başlığın altında listelenmekte olan durumlara dair basınç grafiklerinin farklı durumlardaki davranışları incelenerek, şebeke modeli içerisinde hangi noktalar arasında bir kaçak olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Şehir su şebekelerinde genellikle 3-6 bar arasında basınç değeri kullanıldığı için, kurulan şebeke modelinde de aynı basınç değer aralığı kullanılmıştır. Buradan sonraki grafiklerin hepsi, sisteme 6 barlık su basıldıktan sonra yaptırılmış olan kaçak ve normal kullanım etkilerini göstermektedir.

Şebeke modeli üzerinde yaptırılan kaçak veya normal kullanım etkileri, grafikler üzerinde belirtilmiş olan Açık/Kapalı ekseninin Açık olduğu durumlarda meydana gelmekte; Kapalı olduğu durumlarda ise şebeke modelinde hiç bir kaçak olmadığı düşünülmektedir.

7.2.1. Hiç kaçak ve kullanımın olmadığı durumun grafiği

Sisteme 6 barlık su basıldıktan ve hiçbir kullanım veya kaçak etkisi yok iken grafikte de görüldüğü üzere, ilk anda bir yükselip alçalma olduktan sonra değerler

oturmakta ve hep beraber düz bir çizgi çizmektedirler (Şekil 7.1).

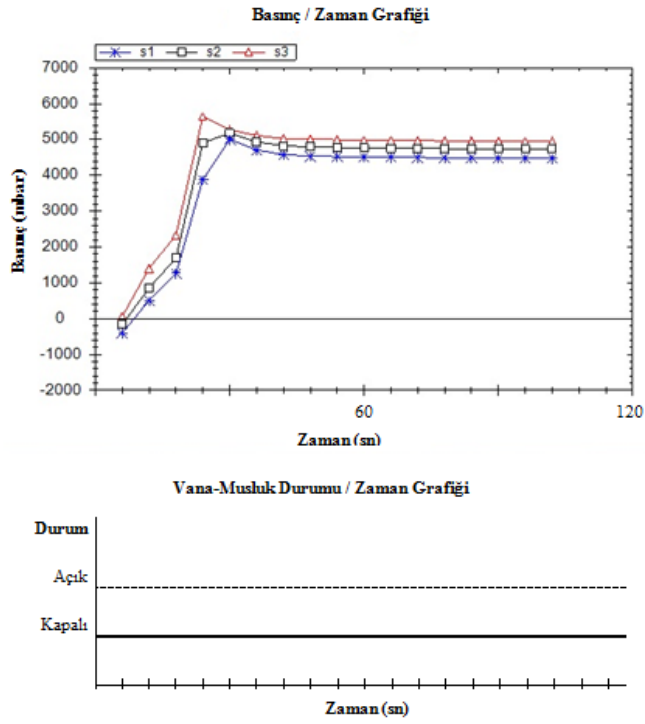
Tablo 7.1. Şebeke modeli üzerinde yapılan deney durumları ve anlamları

Durum No	Açıklama
1	Sadece S1'e yakın vana yarım açık iken
2	Sadece S2'ye yakın vana yarım açık iken
3	Sadece S3'e yakın vana yarım açık iken
4	S2 ve S3'lere yakın iki vana da yarım açık iken
5	S2 ve S3'lere yakın iki vana da yarım açık iken
6	S1'e yakın vana tam açık iken
7	S2'ye yakın vana tam açık iken
8	S3'e yakın vana tam açık iken
9	S1 ve S2'ye yakın iki vana da yarım açık iken
10	S1 ve S2'ye yakın iki vana da yarım açık iken
11	S1 ve S3'e yakın iki vana da yarım açık iken
12	S1 ve S3'e yakın iki vana da yarım açık iken
13	S1 ve S3'e yakın iki vana da tam açık iken
14	S1 ve S2'ye yakın iki vana da tam açık iken
15	S2 ve S3'e yakın iki vana da tam açık iken
16	S1 ve S2 ve S3'e yakın üç vana da yarım açık iken
17	S1 ve S2 ve S3'e yakın üç vana da tam açık iken
18	M1 açık iken
19	M2 açık iken
20	M3 açık iken
21	M1 ve M2 açık iken
22	M1, M2 ve M3 açık iken
23	M1 ve S1'e yakın vana yarım açık iken
24	M1, M2, S1'e yakın vana yarım açık iken
25	M1,2,3 ve S1'e yakın vana yarım açık iken
26	M1, S1'e yakın vana ve S2'ye yakın vana yarım açık iken
27	M1, M2 ve S1'e yakın vana ve S2'ye yakın vana yarım açık
28	M1, M2 ve S1'e yakın vana ve S3'e yakın vana yarım açık
29	M1, M2 ve S2'e yakın vana ve S3'e yakın vana yarım açık
30	M1,2,3 ve S1,2,3'e yakın vanalar yarım açık iken
31	M1,2,3 ve S1,2,3'e yakın vanalar tam açık iken

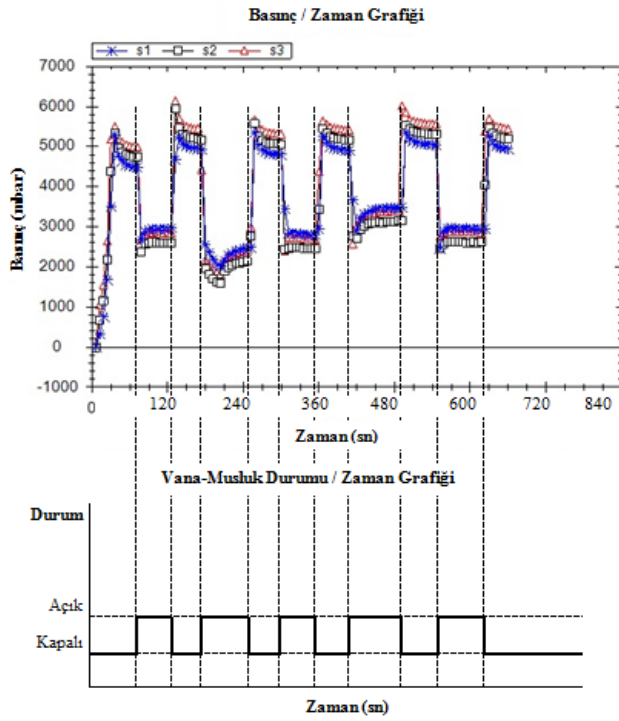
7.2.2.1 nolu durumun grafiği

S1'e yakın vanadan bir kaçak yaptırıldığı durumlarda her üç algılayıcıdan alınan

veriler toplu bir şekilde beraberce düşmekte oldukları görülmektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.1. Hiç kaçak ve kullanım yok iken basınç/zaman grafiği



Şekil 7.2. 1 nolu durumun basınç/zaman grafiği

7.2.3.2 nolu durumun grafiği

S2'ye yakın vanadan bir kaçak yaptırıldığı durumlarda, S1'in diğer iki algılayıcıdan belirgin olarak üstta kaldığı ama S2 ve S3'den gelen verilerin beraber düştüğü görülmüştür (Şekil 7.3).

7.2.4.3 nolu durumun grafiği

S3'e yakın vanadan bir kaçak yaptırıldığı durumlarda, S1'in belirgin şekilde üstte kaldığı, S3'den gelen değerlerin de S2'den gelenlerden altta kalacak şekilde düştüğü görülmüştür (Şekil 7.4).

7.2.5.4 ve 5 nolu durumların grafiği

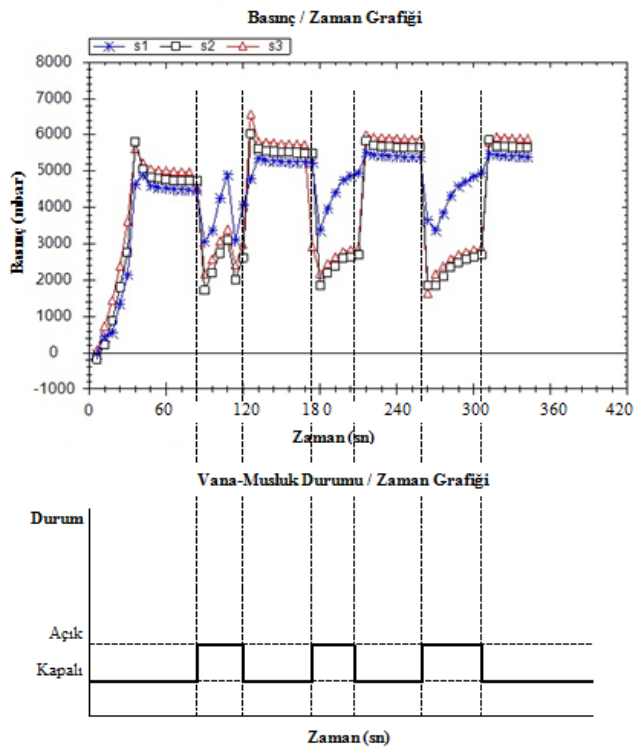
S2 ve S3'e yakın vanalardan kaçak yaptırıldığı durumlarda S1'den gelen değerlerin diğer iki algılayıcıdan gelenlere oranla çok daha az düşerek üstte kalırken, S2 ve S3'den gelen verilerden S3'ün verilerinin S2'ninkilerden altta kaldıkları görülmüştür (Şekil 7.5).

7.2.6.6 nolu durumun grafiği

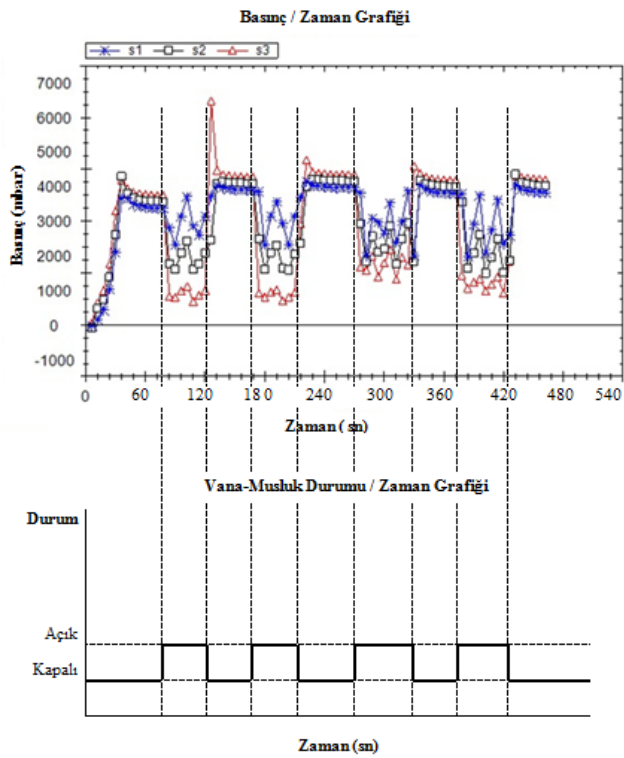
S1'e yakın vanadan bir kaçak yaptırıldığı durumda her üç algılayıcıdan alınan verilerin bir önceki grafiğe göre yine toplu bir şekilde ve daha fazla bir değerde beraberce düşmektedirler (Şekil 7.6).

7.2.7.7 nolu durumun grafiği

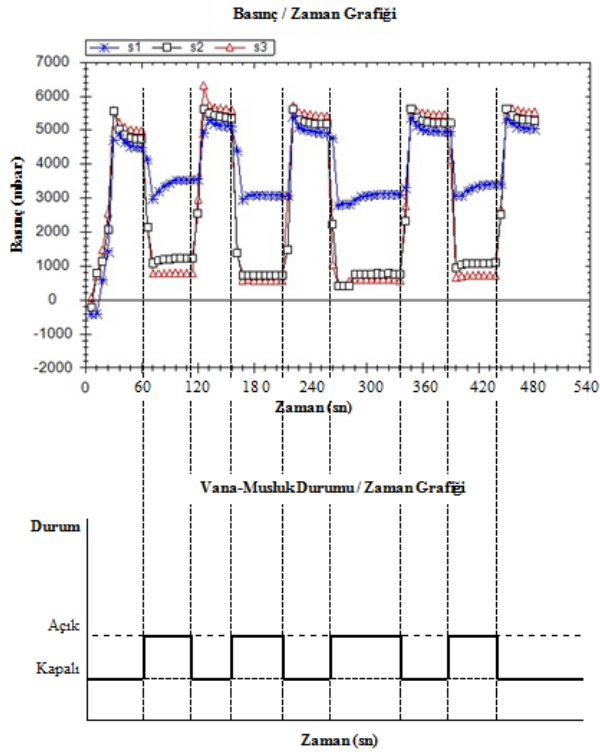
S2'ye yakın vanadan bir kaçak yaptırıldığı durumlarda, S1'in diğer iki algılayıcıdan belirgin olarak üstta kaldığı ama S2 ve S3'den gelen verilerin bir önceki grafiktekine göre daha fazla düşüm yaşansa da beraber düştüğü görülmüştür (Şekil 7.7).



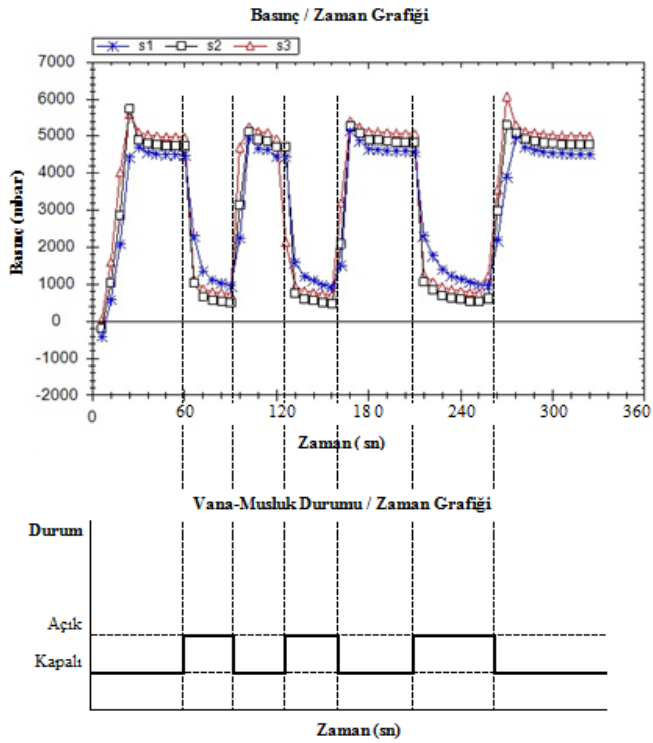
Şekil 7.3. 2 nolu durumun basınç/zaman grafiği



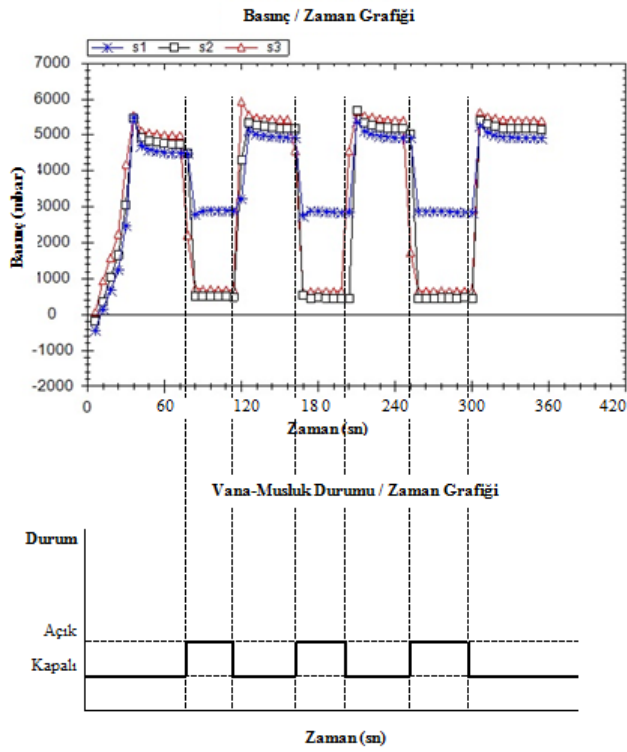
Şekil 7.4. 3 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.5. 4 ve 5 nolu durumların basınç/zaman grafiği



Şekil 7.6. 6 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.7. 7 nolu durumun basınç/zaman grafiği

7.2.8.8 nolu durumun grafiği

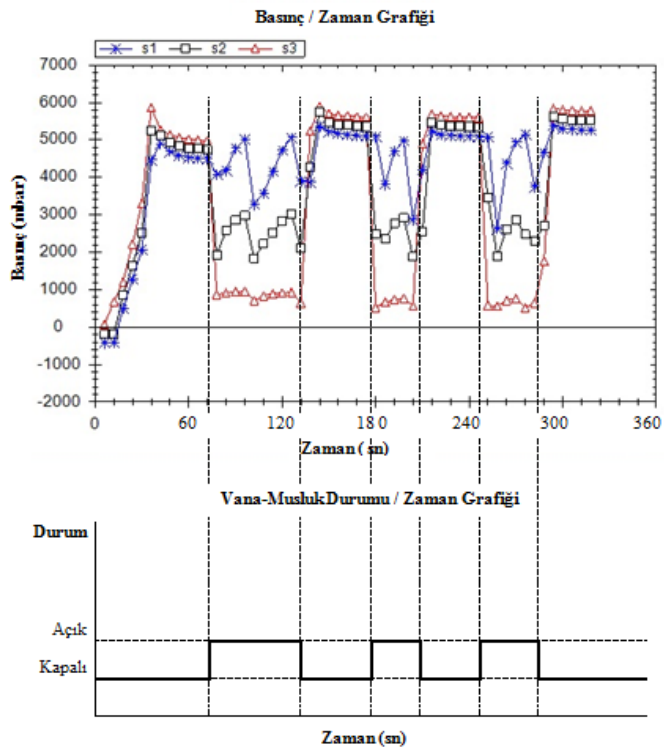
S3'e yakın vanadan bir kaçak yaptırıldığı durumlarda, S1'in belirgin şekilde üstte kaldığı, S3'den gelen değerlerin de S2'den gelenlere göre bir önceki grafiğe göre daha fazla altta kalacak şekilde düştüğü görülmüştür (Şekil 7.8).

7.2.9.9 ve 10 nolu durumların grafiği

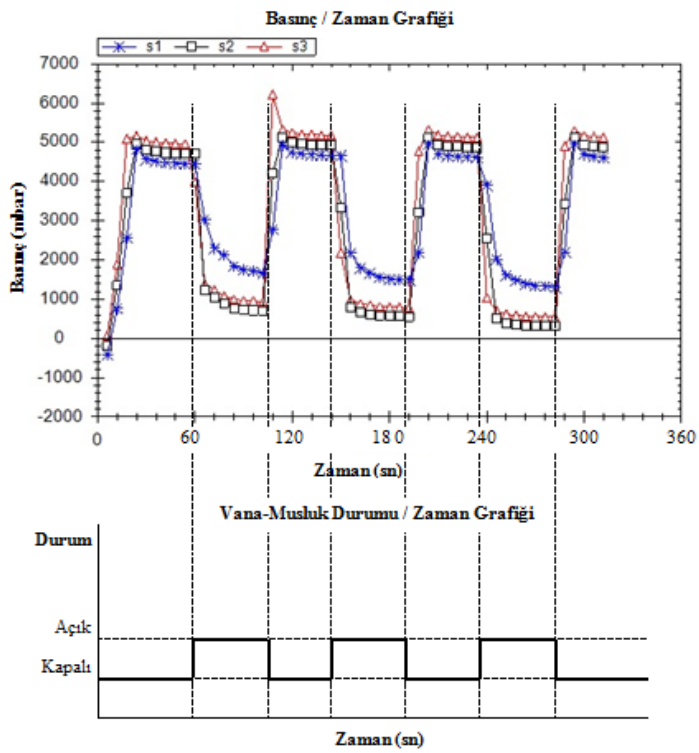
S1 ve S2'ye yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığı durumlarda S1'in S2 ve S3'den gelen veriler kadar olmasa da belirgin bir şekilde düştüğü, S3'ün ise S2'den gelen değerlerin hafif üstünde kaldığı görülmüştür (Şekil 7.9).

7.2.10. 11 ve 12 nolu durumların grafiği

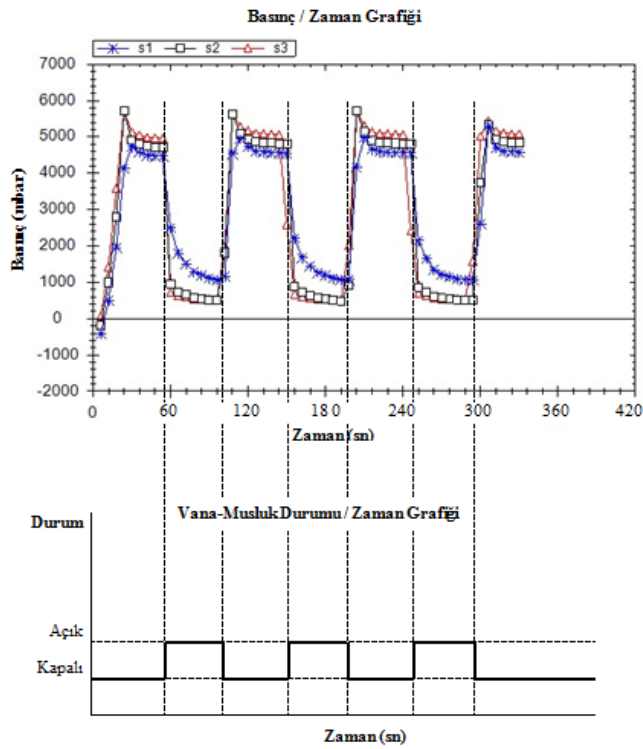
S1 ve S3'e yakın vanalardan kaçak yaptırıldığı durumlarda S1'in S2 ve S3'den gelen veriler kadar olmasa da belirgin bir şekilde düştüğü, S3'den gelen verilerin ise S2 ile neredeyse aynı çizgide oldukları gözlenmiştir (Şekil 7.10).



Şekil 7.8. 8 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.9. 9 ve 10 nolu durumların basınç/zaman grafiği



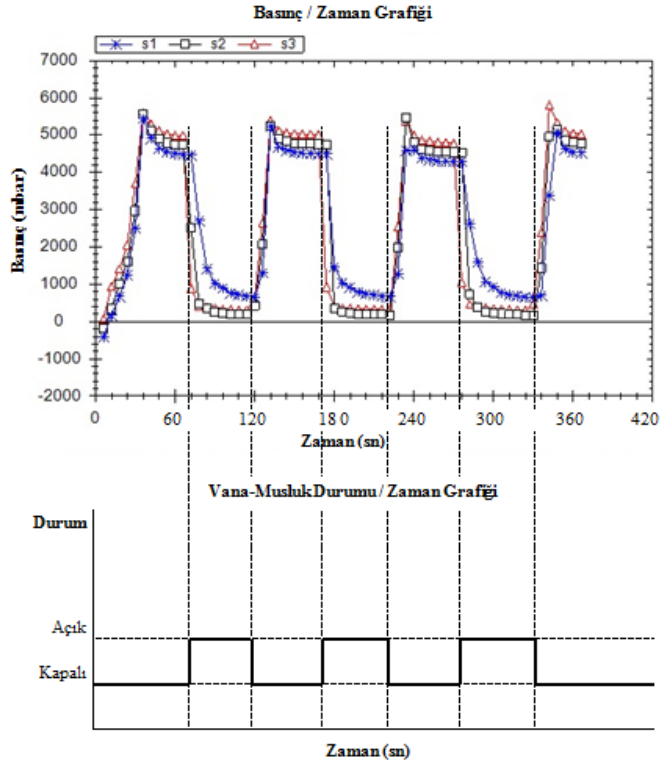
Şekil 7.10. 11 ve 12 nolu durumların basınç/zaman grafiği

7.2.11. 13 nolu durumun grafiği

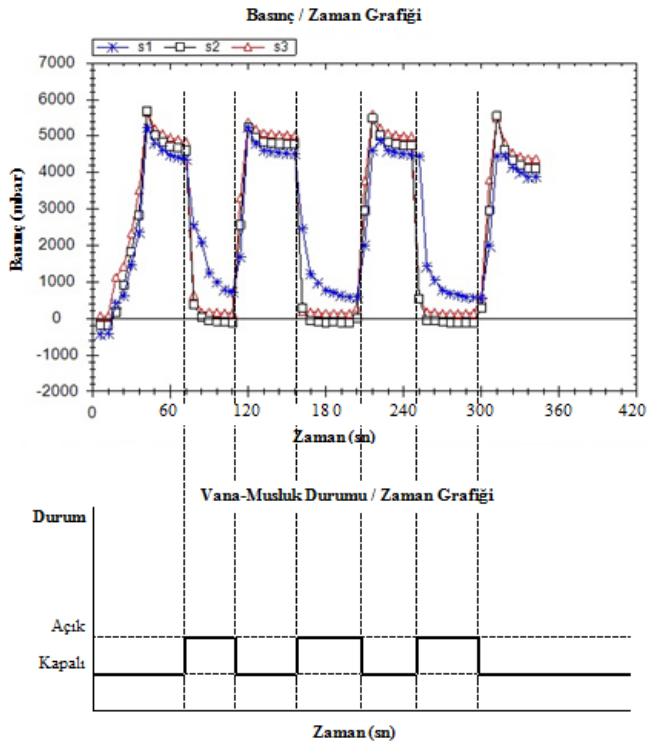
S1 ve S3'e yakın vanalardan kaçak yaptırıldığı durumlarda tüm algılayıcıdan gelen verilerin değerlerindeki düşümlerin artmakla beraber S1'in S2 ve S3'den gelen veriler kadar olmasa da belirgin bir şekilde düştüğü, S3'den gelen verilerin ise S2 ile neredeyse aynı çizgide oldukları gözlenmiştir (Şekil 7.11).

7.2.12. 14 nolu durumun grafiği

S1 ve S2'ye yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığı durumlarda tüm algılayıcı değerlerindeki düşüm miktarlarının artarken S1'in S2 ve S3'den gelen veriler kadar olmasa da belirgin bir şekilde düştüğü, S3'ün ise S2'den gelen değerlerin hafif üstünde kaldığı görülmüştür (Şekil 7.12).



Şekil 7.11. 13 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.12. 14 nolu durumun basınç/zaman grafiği

7.2.13. 15 nolu durumun grafiği

S2 ve S3'e yakın vanalardan kaçak yaptırıldığı durumlarda düşüm miktarları artmakla beraber, S1'den gelen değerlerin diğer iki algılayıcıdan gelenlere oranla çok daha az düşerek üstte kalırken, S2 ve S3'den gelen verilerin birbirlerine çok yakın oldukları görölmüştür (Şekil 7.13).

7.2.14. 16 nolu durumun grafiği

Tüm algılayıcılara yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığı durumlarda S1'in diğer iki algılayıcı kadar olmasa da belirgin düştüğü, diğer iki algılayıcınınınsa neredeyse aynı çizgide düştükleri görölmüştür (Şekil 7.14).

7.2.15. 17 nolu durumun grafiği

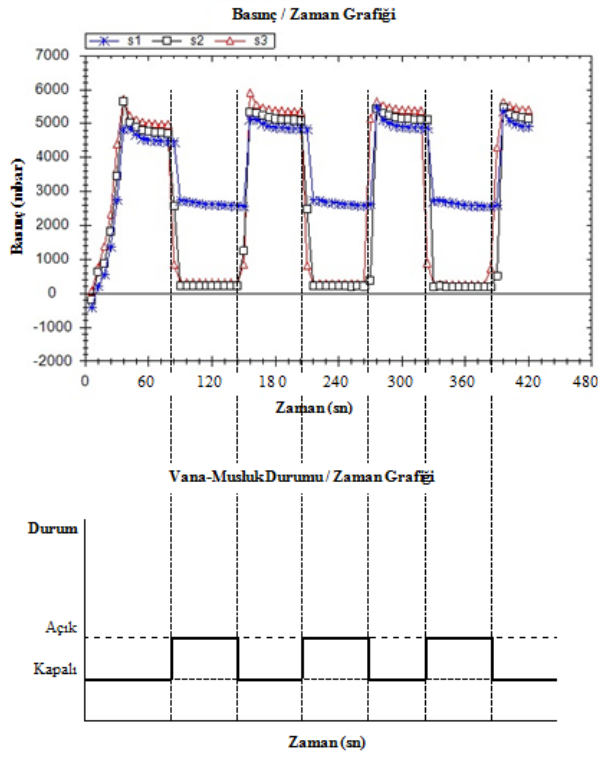
Tüm algılayıcılara yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığı durumlarda düşüm miktarlarda artmakla birlikte S1'in diğer iki algılayıcı kadar olmasa da belirgin düştüğü, diğer iki algılayıcınının ise yine aynı çizgide düştükleri görölmüştür (Şekil 7.15).

7.2.16. 18 nolu durumun grafiği

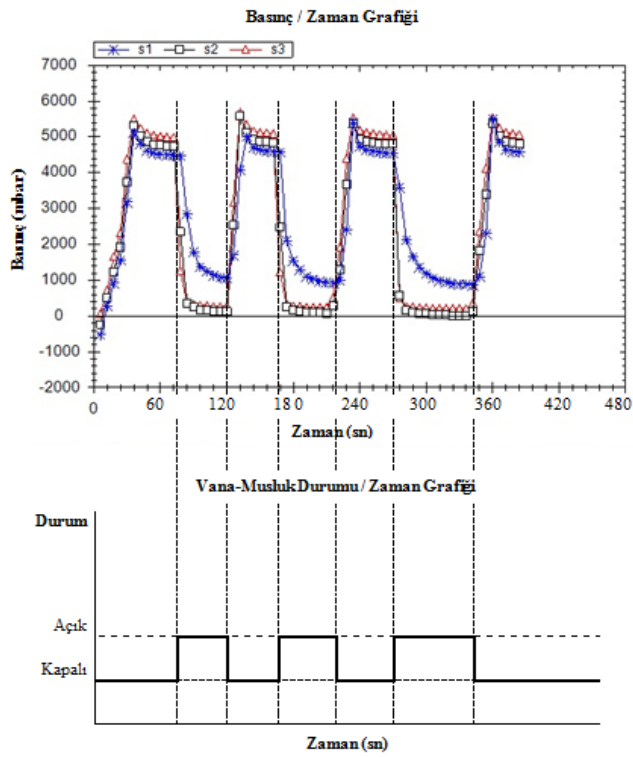
M1 musluğu açıldığı durumlarda her üç algılayıcıdan gelen verilerin de beraber ve aynı aynı eğimde düzgün bir şekilde düştükleri görölmüştür (Şekil 7.16).

7.2.17. 19 nolu durumun grafiği

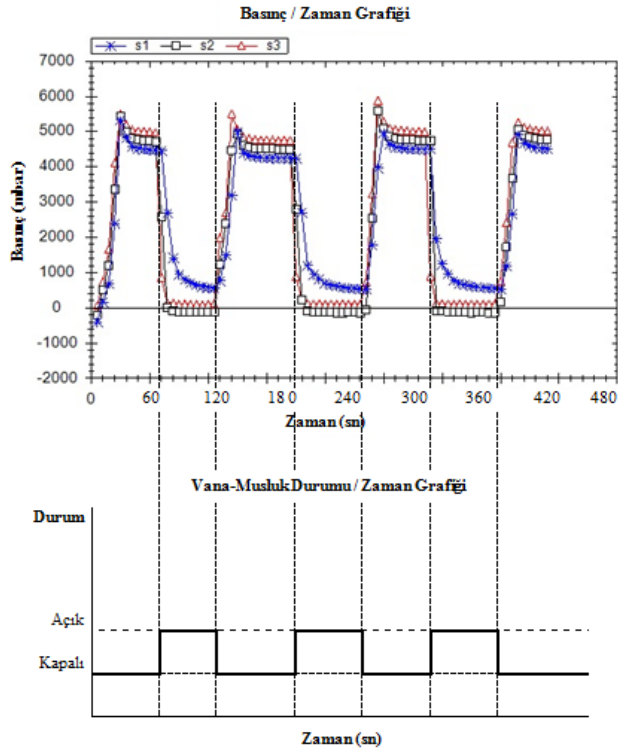
M2 musluğu açıldığı durumlarda her üç algılayıcıdan gelen verilerin de beraber ve aynı aynı eğimde düzgün bir şekilde düştükleri görölmüştür (Şekil 7.17).



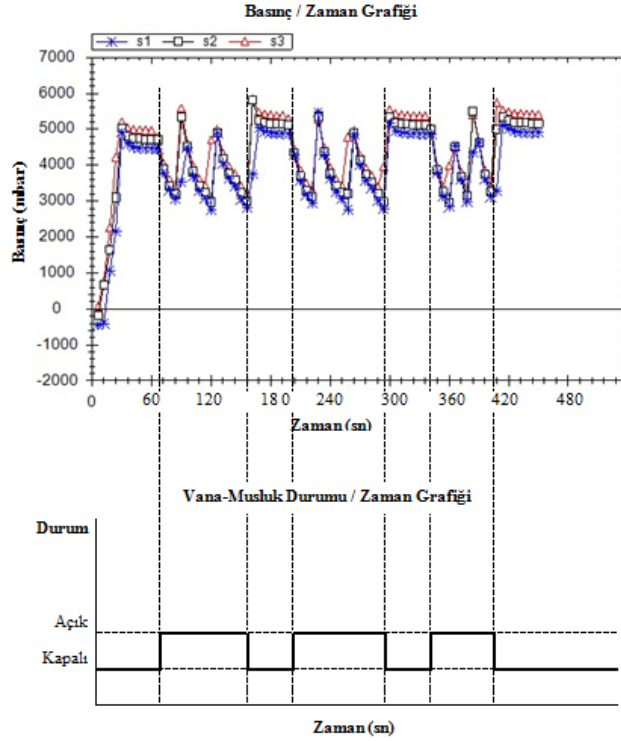
Şekil 7.13. 15 nolu durumun basınç/zaman grafiği



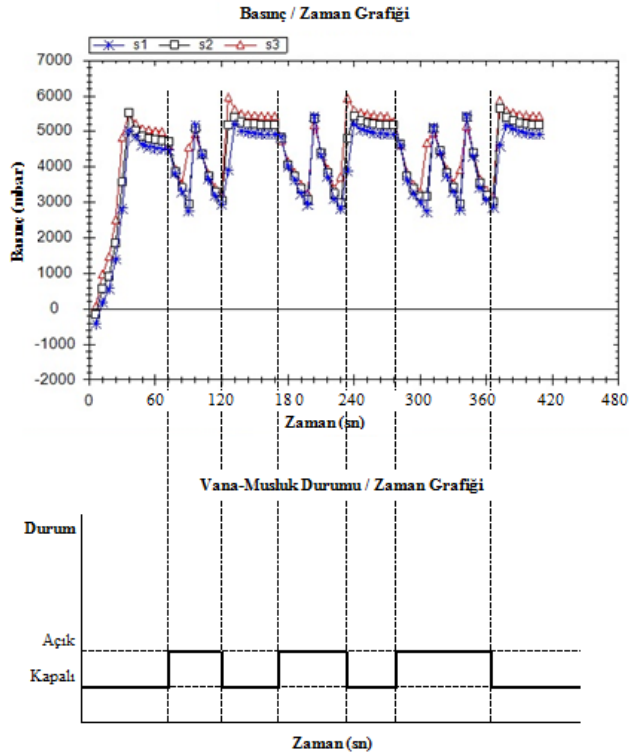
Şekil 7.14. 16 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.15. 17 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.16. 18 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.17. 19 nolu durumun basınç/zaman grafığı

7.2.18. 20 nolu durumun grafığı

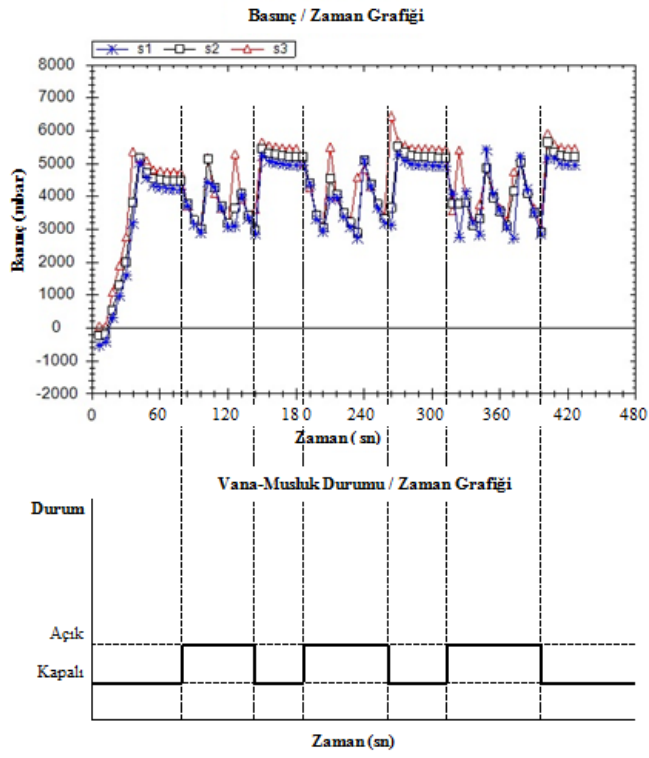
M3 musluğu açıldığı durumlarda her üç algılayıcıdan gelen verilerin de beraber ve aynı aynı eğimde düzgün bir şekilde düşükleri görülmüştür (Şekil 7.18).

7.2.19. 21 nolu durumun grafığı

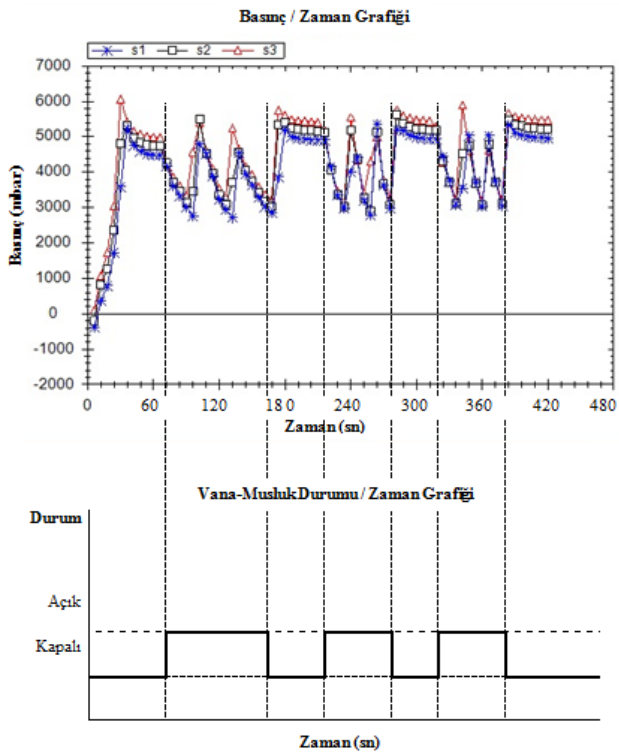
M1 ve M2 musluklarından normal kullanımlar yaptırıldığı durumlarda musluk açılımlarında görülen beraber ve düzgün eğimli düşüş gözlenmiştir (Şekil 7.19).

7.2.20. 22 nolu durumun grafığı

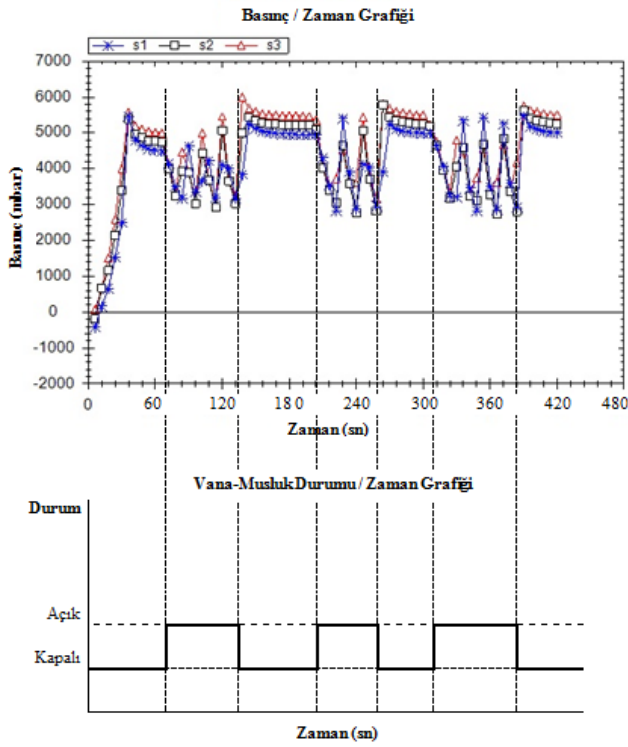
M1, M2 ve M3 musluklarından normal kullanımlar yaptırıldığı durumlarda musluk açılımlarında görülen beraber ve düzgün eğimli düşüş gözlenmiştir (Şekil 7.20).



Şekil 7.18. 20 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.19. 21 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.20. 22 nolu durumun basınç/zaman grafiği

7.2.21. 23 nolu durumun grafiği

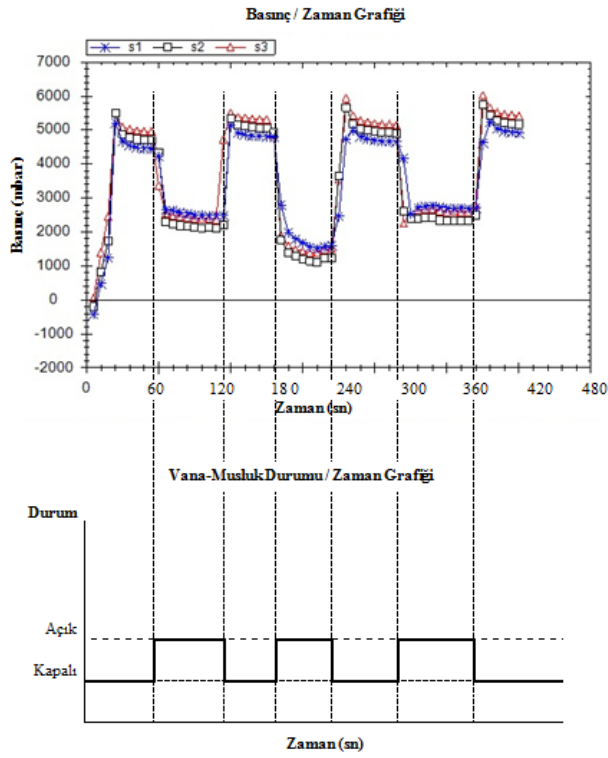
S1'e yakın vana ve M1'den kullanımlar yaptırıldığı durumlarda ortaya çıkan grafiğin, sadece S1'e yakın vana açıldığı durumlarda ortaya çıkan grafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.21).

7.2.22. 24 nolu durumun grafiği

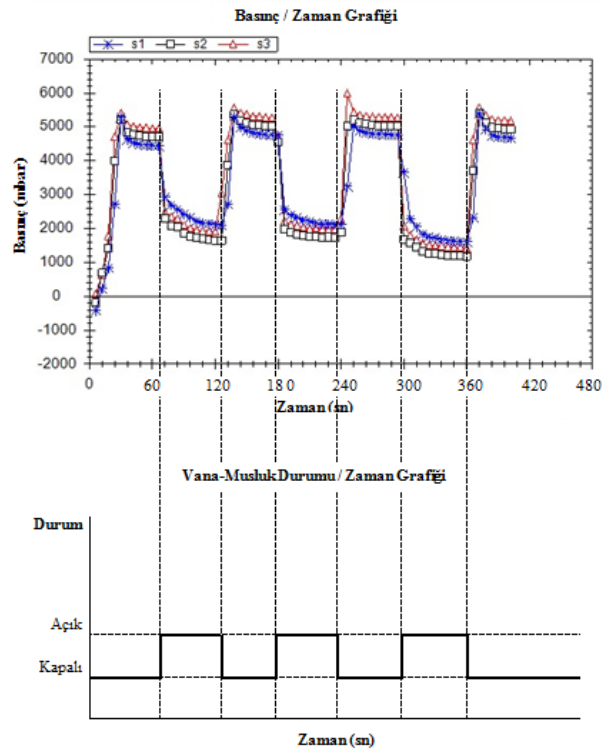
S1'e yakın vana ile M1 ve M2'den kullanımlar yaptırıldığı durumlarda ortaya çıkan grafiğin, sadece S1'e yakın vana açıldığı durumlarda ortaya çıkan grafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.22).

7.2.23. 25 nolu durumun grafiği

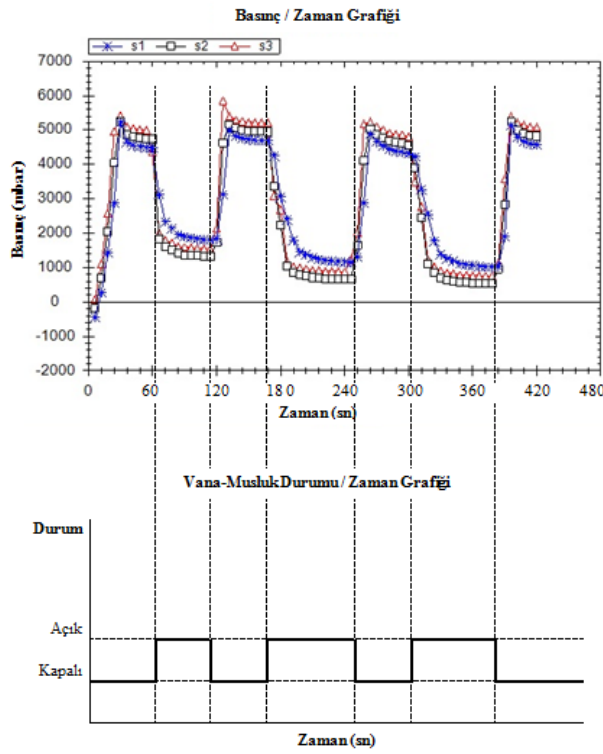
S1'e yakın vana ile M1, M2 ve M3'den kullanımlar yaptırıldığı durumlarda ortaya çıkan grafiğin, sadece S1'e yakın vana açıldığı durumlarda ortaya çıkan grafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.23).



Şekil 7.21. 23 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.22. 24 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.23. 25 nolu durumun basınç/zaman grafiği

7.2.24. 26 nolu durumun grafiği

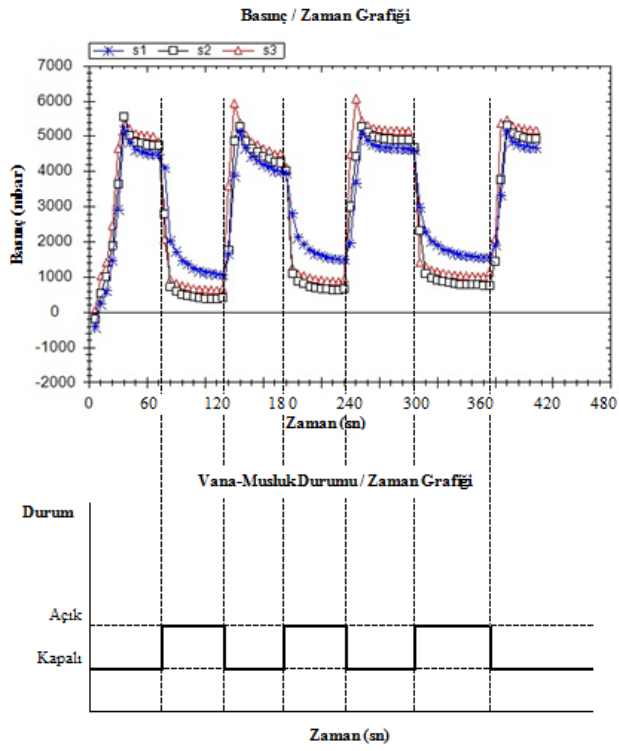
S1 ve S2'ye yakın vanalar ve M1'den kullanımlar yaptırıldığında ortaya çıkan grafiğin, sadece S1 ve S2'ye yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığında ortaya çıkan gafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.24).

7.2.25. 27 nolu durumun grafiği

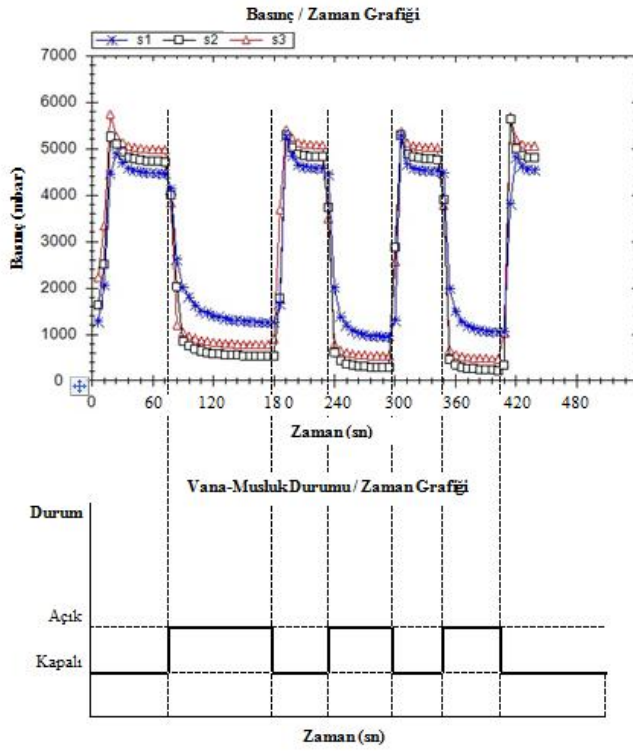
S1 ve S2'ye yakın vanalar ve M1 ile M2'den kullanımlar yaptırıldığında ortaya çıkan grafiğin, sadece S1 ve S2'ye yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığında ortaya çıkan gafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.25).

7.2.26. 30 nolu durumun grafiği

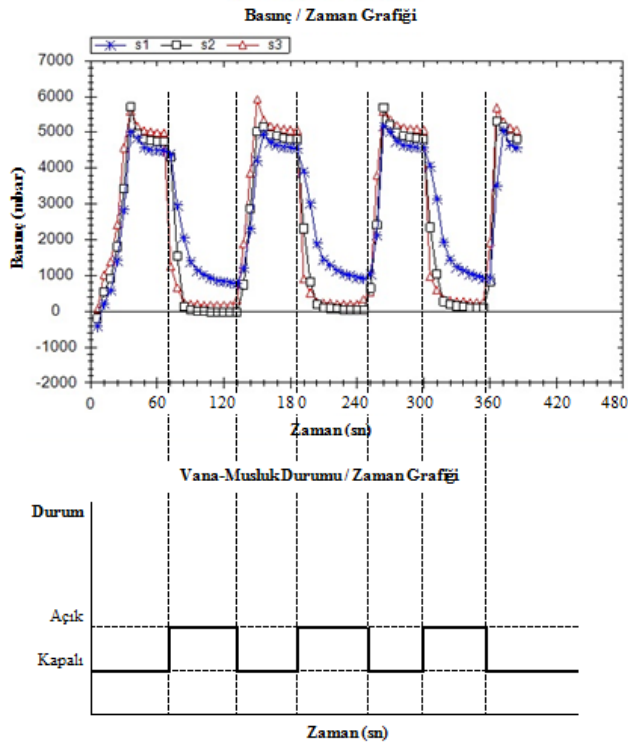
S1, S2 ve S3'e yakın vanalar ve M1, M2 ve M3'den kullanımlar yaptırıldığında ortaya çıkan grafiğin, sadece S1, S2 ve S3'e yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığında ortaya çıkan gafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.26).



Şekil 7.24. 26 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.25. 27 nolu durumun basınç/zaman grafiği



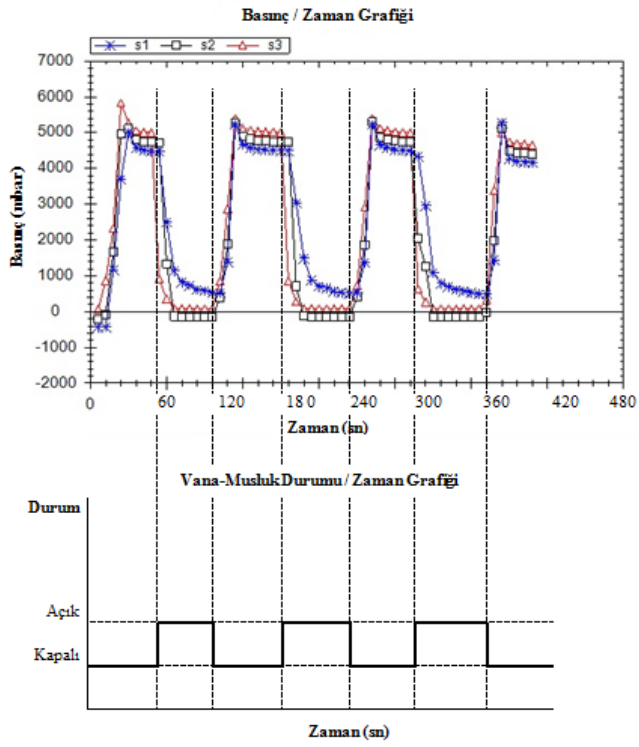
Şekil 7.26. 30 nolu durumun basınç/zaman grafiği

7.2.27. 31 nolu durumun grafiği

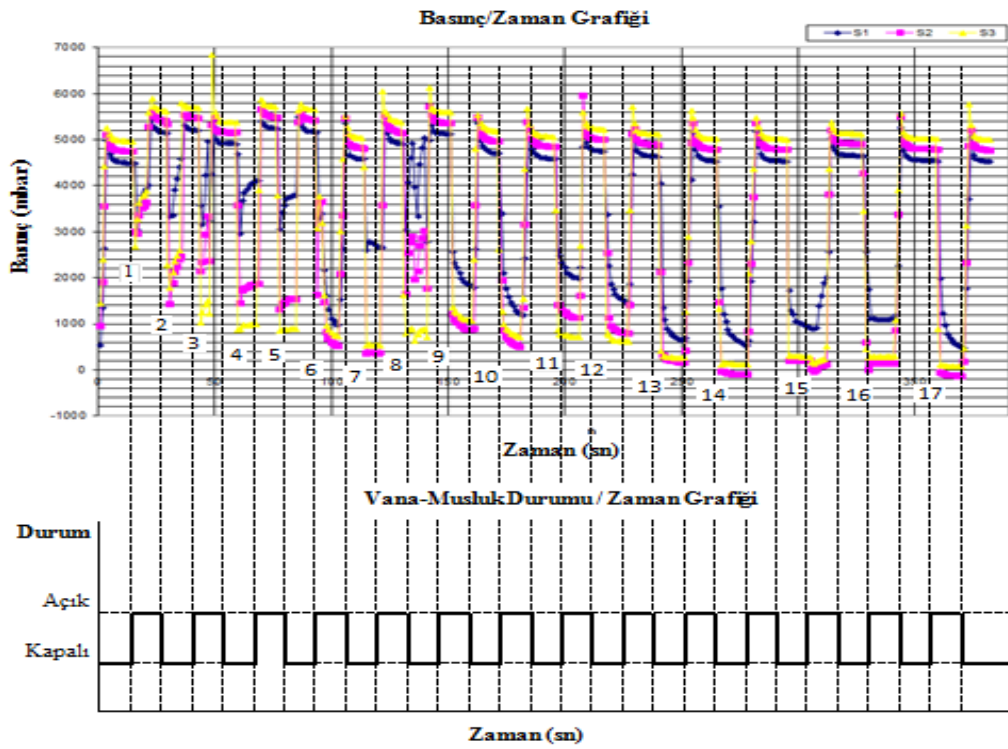
S1, S2 ve S3'e yakın vanalar ve M1, M2 ve M3'den kullanımlar yaptırıldığında ortaya çıkan grafiğin, sadece S1, S2 ve S3'e yakın vanalardan kaçaklar yaptırıldığında ortaya çıkan grafikten çok farklı olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.27).

7.2.28. Kaçak ve normal kullanımların kaynağa yakın veya uzaklıklarına göre birarada karşılaştırılmaları

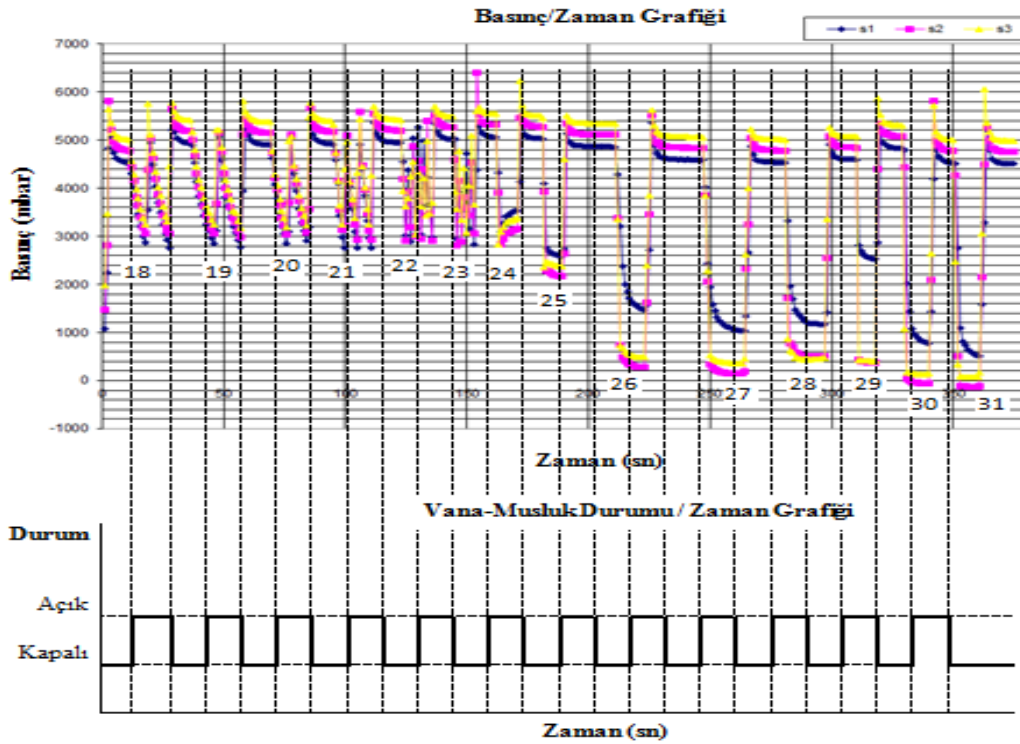
Su şebekesi üzerindeki kaçaklar ve normal kullanımlardan dolayı oluşacak olan su basıncı değerlerindeki oynamaları simüle edebilmek için kurulan model üzerine ilave edilmiş olan vana ve musluklar üzerinde Tablo 7.1'de belirtilen deneylerdeki durumlar Şekil 7.28 ve Şekil 7.29'da birarada gösterilmektedir.



Şekil 7.27. 31 nolu durumun basınç/zaman grafiği



Şekil 7.28. Tablo 7.1'de belirtilen 1-17 nolu durumların sırayla denendiği grafik



Şekil 7.29. Tablo 7.1'de belirtilen 18-31 nolu durumların sırayla denendiği grafik

Deney düzeneği üzerinde, Tablo 7.1'de listelenmiş kaçaklar yaptırılarak elde edilen ve Şekil 7.28 ve Şekil 7.29'da görülen grafiklere göre aşağıdaki durumlar gözlenmiştir.

Deney düzeneğine basınçlı su verildiği ve model üzerinde hiçbir kaçağın olmadığı ilk durumlarda hidroforun yapısından kaynaklanan bir yükselip düşme hareketi ve sonrasında da modeldeki kayıplardan (algılayıcıların yapısından ve bağlantı elemanlarından kaynaklanan hata payları) kaynaklanan hafif eğrilik gösteren sabitlikler görülmüştür.

Kaçak noktalarında herhangi bir noktada oluşturulan kaçak veya birden fazla noktada oluşturulan kaçaklarda aynı durumların çok sayıda tekrar edilmesi anlarında da genel olarak aynı davranışların sergilendiği fakat kaçak veya kaçakların büyüklüklerine (kaçak etkisi oluşturmak amaçlı açılan vanaların yarım veya tam açık olması gibi) bağlı olarak grafiklerdeki düşümlerin arttığı veya azaldığı ve genel olarak da benzer şekilde davrandığı görülmüştür.

Sadece normal kullanımlar dolayısıyla oluşacak olan basınç düşümlerini simüle etmek için deney düzeneğine ilave edilmiş olan musluklardan yaptırılan kaçak durumlarında ise, bir veya birden fazla musluk açılması durumlarında bile grafiğin hep benzer ve düzgün bir şekilde düştüğü görülmüştür.

Normal kullanımları simüle eden musluklar ile kaçakları simüle eden vanalardan aynı anda kaçak ve kullanım müdahaleleri yapıldığında, musluklardan dolayı oluşan su kullanım etkilerinin kaçak davranışından dolayı oluşan grafik davranışlarını değiştirebilme özelliklerinin olmadığı görülmüştür. Sadece sınırlı da olsa düşüm eğimlerine etkisi olmaktadır.

Basınç değerleri veritabanında tutulduğundan dolayı geriye dönük olarak belirtilen bir zaman aralığındaki verilere ve bunlara ilişkin grafiğe ulaşılabilmektedir.

7.3. Bataryaların Şarj Edilmesi

Algılayıcı düğüme bağlı şarj kontrol devresi, sürekli olarak düğümdeki bataryanın enerjisini ölçmekte ve batarya enerjisi, düğümün çalışabilmesi için gerekli eşik değer altına indiği durumlarda şarj işlemini başlatmaktadır.

Şebeke modelinde şarj enerjisi oluşturmaya yeterli su hareketinin olmadığı zamanlarda algılayıcılar yapılarında bulunan bataryalar ile çalışmaktadırlar. Yeterli su hareketinin olduğu zamanlarda ise şarj kontrol devresinin şarj işlemine başlatmasıyla bataryalar şarj edilmektedirler.

7.4. YSA ile Kaçak Tespit Edilmesi

Bölüm 6.4'te kurulan YSA modelleri, modellerin özellikleri, eğitilmesi ve eğitim sonrasında yapılan test işlemleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Yapılan bu eğitimler sonrasında çizilmiş olan basınç grafiklerinde kaçak olduğu zamanlarda alınan basınç değerlerinin, YSA'ya giriş değerleri olarak verilmesi sonrasında YSA'nın çıkış değerleri gözlenmiştir. Üretilen çıkış değerlerinin

grafiklerdeki kaçak noktası ile aynı konumu işaret edecek şekilde olduğu görülmüştür. Bu durumun anlatıldığı örnek veri girişi ve çıkışları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 7.2’de görülen S1, S2, S3 alanları algılayıcı noktalarını; V1,V2, V3 alanları eğitim için YSA’ya girilmiş olan kaçığın bulunduğu vana konumlarını; \$N-V1, \$N-V2, \$N-V3 alanları da YSA tarafından yapılan kaçak tahmin konumlarını göstermektedir. V1, V2, V3 ve \$N-V1, \$N-V2, \$N-V3 konumlarından hangilerinde bir kaçak varsa 1 ile; hangilerinde kaçak yoksa 0 ile ifade edilmektedir. Örnek bir satır olarak Tablo 7.2’nin 2. satırında görüldüğü üzere, eğitim için YSA’ya sadece V1 konumunda bir kaçak olduğu bilgisi girilmiş (1 bilgisi) ve aynı satırda YSA’nın da \$N-V1 konumunda kaçak olduğuna dair 1 bilgisi çıkmaktadır. Bu durum, şebekedeki kaçakların ve konumlarının tespitinin YSA ile de yapılabildiğini ve konum tespitini göstermektedir.

Şebekeden alınan örnek bir grup satır veri üzerindeki kaçığın tespitinin YSA ile teyit edilmesi, şebekenin izlendiği bilgisayar ekranının başında sürekli bir uzmanın oturmasına gerek bırakmamaktadır.

Tablo 7.2. 3. ve 4. YSA modellerine verilen örnek girişlere göre üretilen çıkışlar

S1	S2	S3	V1	V2	V3	\$N-V1	\$N-V2	\$N-V3
5064,04	5319,218	5542,896	0	0	0	0	0	0
2977,427	2556,998	2904,644	1	0	0	1	0	0
3057,01	2808,066	3062,971	1	0	0	1	0	0
3181,466	2883,4	3112,169	1	0	0	1	0	0
3265,07	2935,469	3166,228	1	0	0	1	0	0
3301,746	2951,87	3193,662	1	0	0	1	0	0
5239,3	5494,564	2923,33	0	0	0	0	0	0
3368,805	1853,396	2179,936	0	1	0	0	1	0
3973,977	2192,166	2459,973	0	1	0	0	1	0
4412,585	2394,455	2645,329	0	1	0	0	1	0
4761,109	2604,703	2793,714	0	1	0	0	1	0

7.5. Değerlendirme

Şebeke modelinin 3 noktasına kablosuz basınç algılayıcılar yerleştirilmiş ve bunlardan alınan veriler geliştirilen SENSIS-PORT yazılımı ile veritabanına aktarılmış ve izlemeye sunulmuştur. Geliştirilen diğer bir yazılım olan SENSIS-WEB aracılığı ile de internette bağlanacak olan uzak kullanıcıların sistemi izleyebilmesi sağlanmıştır.

Basınç verilerine ilişkin grafikler incelenmiş ve grafiklerdeki belirli durumlarda tekrar eden belirli davranışlar tespit edilmiştir. Böylece grafiklerdeki davranışlar anlamlandırılarak kaçakların hangi nokta veya noktalar arasında bulunduğuna dair kestirimler yapılmıştır. Bu kestirimlerin sonuçlarının YSA temelli olarak kurulmuş olan modeller ile de kontrolleri yapılmış ve gerekli eğitim ve test aşamaları sonucunda grafiklerden ve YSA'dan %90'lar oranında aynı sonuçların alındığı görülmüştür.

Bataryaların kısıtlı enerji kaynaklarının desteklenmesi amacıyla kurulmuş olan şarj düzeneği ve devresi kullanılarak elde edilen gerekli enerji ile bataryaların şarj edilmeleri sağlanmıştır.

BÖLÜM 8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gerçekleştirilen tez çalışmasında elde edilen sonuçlar 4 başlık altında incelenecektir. Bunlar şebekenin izlenmesi ve kaçak bulunması, enerji değerlendirmesi ve sistemden alınan verilerin YSA ile testinden elde edilen sonuçlar ve NS-2 modellemesi ve şebeke modelinin karşılaştırılmasıdır..

8.1. Şebekenin İzlenmesi ve Kaçak Bulunması

Deney düzeneği üzerinde farklı şartlar altında yapılmış olan çok sayıda ve aynı durumların tekrarlı denemeleri sonrasında ortaya çıkan basınç değer değişimleri izlenmiş ve bunların değerlendirmeleri sonucunda:

- Bölüm 7’de verilmiş olan farklı kaçak veya kaçaklar durumlarındaki grafik davranışları incelendiğinde davranışların aynı olmadığı görülmektedir. Buradan yola çıkılarak hangi algılayıcı nokta veya noktaları civarında bir kaçak olduğu tespit edilmektedir. Kaçaklara dair bölge kestirimleri yapılmakta, mesafe kestirimi yapılmamaktadır. Grafik davranışları gözle incelendiğinde kaçaklar, yüksek bir doğruluk oranıyla tespit edilebilmiştir.
- Şebekedeki normal kullanımlar ve kaçaklardan dolayı oluşan basınç değer değişimlerinin davranışları basınç grafikleri üzerinde birbirinden ayırt edilebilmiş ve normal kullanım etkileri kaçak olarak algılanmamıştır.
- Normal kullanımlar ile kaçakların bir arada olduğu denemeler sonucunda ortaya çıkan grafiklerde, normal kullanım etkilerinin kaçak durumlarındaki grafik davranışlara etkilerinin sınırlı olduğu ve genel kaçak davranışlarını bozmadıkları görülmüştür.
- Suyun şebekeye basıldığı noktaya en yakın olan algılayıcıya yakın vanadan yaptırılan kaçakların, diğer iki algılayıcıya yakın vanalardan yaptırılan kaçaklara göre grafiklerde çok daha belirgin olduğu görülmüştür.

- SENSIS-WEB arayüz yazılımı kullanılarak internet erişimine sahip tüm kullanıcıların sadece bir web tarayıcı aracılığı ile yaklaşık 10 sn gecikmeli olarak sistemi izleyebildiği görülmüştür.

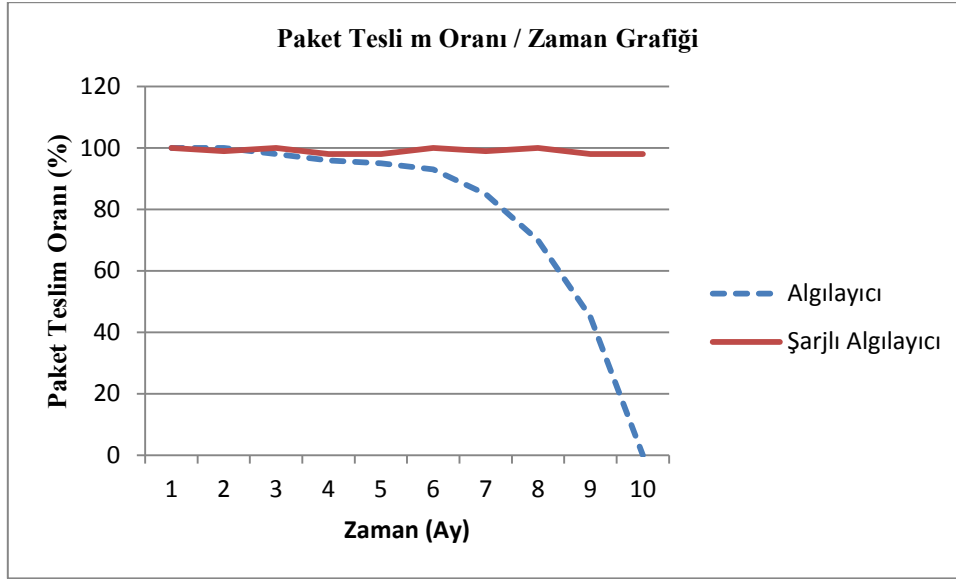
8.2. Enerji Değerlendirmesi

Algılayıcı düğümlerin içlerinde bulunan AA ebatındaki bataryalar, boru içerisinde geçmekte olan basınçlı suyun hareketinden elde edilen enerji ile şarj edilmişler ve KAA'ların kısıtlarından biri olan kısıtlı enerji kaynağı problemine bir çözüm sağlanmıştır.

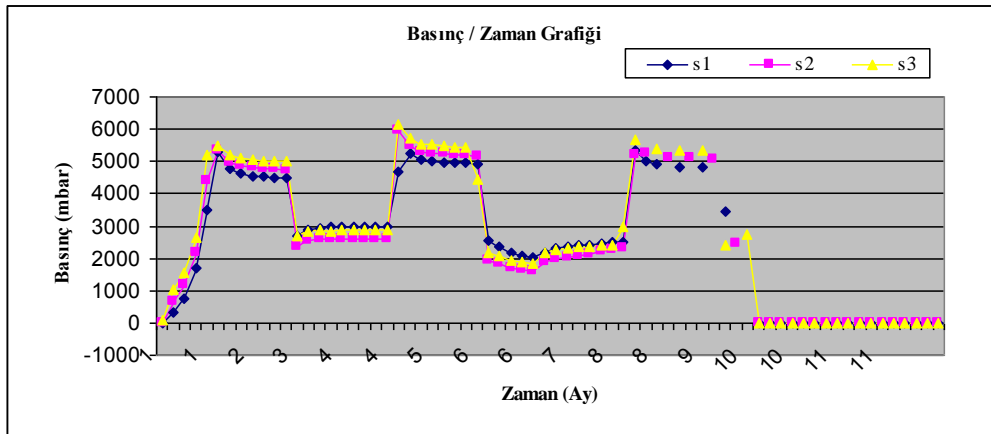
Tez çalışmasında kullanılan basınç algılayıcıların kullanma klavuzunda, algılayıcıların varsayılan veri gönderme periyodu olan 10 sn'de bir veri göndermeleri halinde yapılarında bulunan AA ebatındaki bataryaların ömrünün 1 yıl olduğu belirtilmiştir. Çalışmalar sırasında bu periyot değeri 10 sn'den 6 sn'ye indirilmiş olmasından dolayı hesaplanan ömrü de 1 yıldan yaklaşık 8 aya düşmektedir. Bu sebepten yaklaşık 8 ay sonra şebeke içerisindeki yerlerine yerleştirilmiş olan algılayıcıların bataryalarının değiştirilmeleri için müdahaleye ihtiyaç duyulacaktı. Fakat gerçekleştirilen tez çalışmasında olduğu gibi, kısıtlı enerji kaynağı olan bataryanın enerji üretici bir yöntemle desteklenmiş olması durumunda böyle bir müdahaleye gerek kalmayacaktır.

Tasarlanmış olan tez düzeneğinin enerji parametrelerinin simülasyon sonuçlarına göre Şekil 8.1'de görülen grafik çizilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi algılayıcı sadece kendi bataryası ile beslenmesi durumunda, yaklaşık altıncı aydan itibaren paket teslim oranları düşüşe geçmektedir. Özellikle yaklaşık sekizinci aydan sonra paket teslim oranı %50'lerin altına inmeye başlamaktadır. Simülasyondan ortaya çıkan bu durum ışığında çizilmiş olan Şekil 8.2'deki grafik, bu durumun basınç/zaman grafiklerine yansımalarını ifade etmek için çizilmiştir. Şekil 8.2'de görüldüğü üzere yaklaşık 8. aydan sonrasında veri kayıpları oluşmakta ve yaklaşık 10. aydan sonrasında da hiç veri alınamadığından dolayı grafikler 0'a düşmektedir. Bu durumların hepsi şebekenin izlenmesi ve kaçak bulunması performanslarını ciddi şekilde etkilemektedir.

Şekil 8.1’de görülmekte olan grafikteki şarjlı algılayıcının çizgisine bakıldığında ise, paket teslim oranında çok küçük dalgalanmalar yaşandığı görülmektedir. Bu kadar küçü dalgalanmalar da sistemin şebeke izleme ve kaçak bulma performanslarına etki etmemektedir.



Şekil 8.1. Paket Teslim Oranı/Zaman grafiği



Şekil 8.2. Batarya durumunun sistem performansına etkisi

8.3. YSA’dan Elde Edilen Sonuçlar

Şebeke modeli üzerinden elde edilen gerçek veriler ile YSA modelinin eğitilmesi gerçekleştirilmiş ve sonrasında gerçek veriler ile model test edilmiştir. Yapılan bu

testlere ilişkin bilgiler Tablo 8.1’de verilmektedir.

Tablo 8.1. Eğitilen yapay sinir ağı modelleri ve sonuçları

YSA Model No	1	2	3	4
Eğitim Yöntemi	Hızlı	Dinamik	Hızlı	Dinamik
Eğitimde kullanılan veri seti sayısı	210	210	210	210
Test için kullanılan veri seti sayısı	50	50	50	50
Model Topolojisi (Giriş K.:Gizli K.:Çıkış K.)	33:3:3	33:6:6:3	3:3:3	3:8:5:3
Doğruluk oranı	%95,657	96,242	90,68	97,861

Tablo 8.1’de görüldüğü üzere farklı eğitim yöntemleri ve kullanılan farklı giriş nöron sayılarına göre yapılmış olan eğitimler sonrasında %90,68 ile %97,861 arasında değişen doğru tahmin etme yüzdesi ortaya çıkmaktadır.

Bu sonuçlara göre gerekli eğitimler neticesinde, şebekede meydana gelen kaçakların %97,861 oranla tespit edilebilmiş olduğu görülmektedir.

Kurulmuş olan 4 farklı YSA modelinde giriş nöron sayıları, gizli katman sayıları ve gizli katmanlarda bulunan nöron sayıları değişmektedir. Fakat çıkış nöron sayısı 3 olarak hepsinde aynıdır.

Test verilerinde sisteme girilen örnek değerlere göre çıkış nöronlarına bakılmakta ve hangi çıkış nöronlarının 1 olduğuna göre o algılayıcı noktasına yakın bir noktada kaçak olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

Tablo 7.3’deki örnek veriler üzerinden yapılan örnek kaçığın YSA ile de tespit edilmesi, hem kaçakların YSA ile de tespit edilebilmesini göstermekte hem de bir uzmanın sürekli olarak monitörden şebekeyi izlemesine gerek olmadığını göstermektedir.

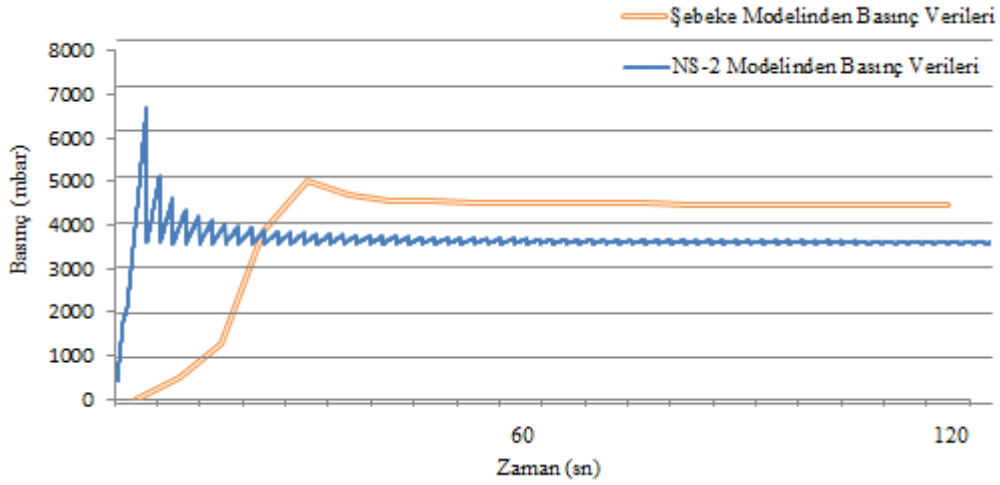
8.4. NS-2 Modellemesi ve Şebeke Modelinin Karşılaştırılması

Kurulmuş olan deney düzeneğinden elde edilen grafiklerden, hiç kaçak olmadığı esnadaki basınç/zaman grafiği ile sadece S1’e yakın bir kaçak olduğu esnadaki

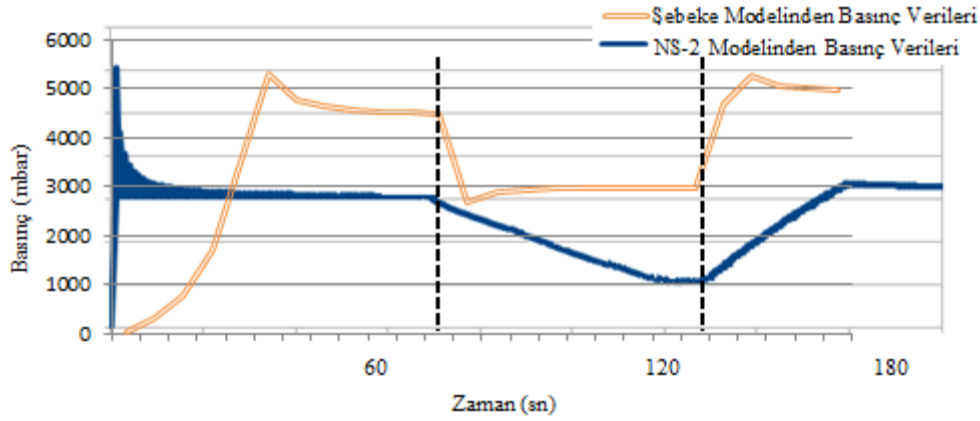
basınç/zaman grafikleri örnek olarak seçilmişlerdir. Seçilen bu örnek iki duruma dair NS-2 üzerinde kurulmuş olan şebeke modelindeki grafikleri de elde edilmiş ve bu ikisinin karşılaştırılmasını yapmak için aynı grafikte bir araya getirilmişlerdir. Bu karşılaştırmalar Şekil 8.3 ve Şekil 8.4'te görülmektedirler.

Şekil 8.3'te her iki grafik de ilk başta biraz yükselip daha sonra belli bir sabit çizgiye oturmakta ve düz bir çizgi halinde devam etmektedir.

Şekil 8.4'de her iki grafik de ilk başta biraz yükselip belli bir değerlerde sabitlik davranışlarına başladıktan sonra ilk kesikli çizgi ile gösterilen anda oluşturulan bir kaçıktan dolayı düşme hareketi yapmakta ve ikinci kesik çizgi civarında da açılan vananın kapatılması sonrasında tekrar baştaki çizgileri seviyesine yükselmeye başlayıp sabit olarak devam etmektedirler.



Şekil 8.3. Hiç kaçak olmadığı esnadaki şebeke modeli ile NS-2 modelinin karşılaştırılması



Şekil 8.4. S1'e yakın bir kaçak olduğu esnadaki şebeke modeli ile NS-2 modelinin karşılaştırılması

Kurulu olan sisteme dair yapılmış olan modellemelerden elde edilen grafikler ile gerçek verilerden alınmış olan grafiklerin paralellik göstermesi, kurulan NS-2 modelinin gerçekçi olduğunu göstermektedir. Buradan yola çıkarak, NS-2'deki modeli oluşturan kodlar içerisinde kullanılacak olan düğüm sayısının döngüsel yollarla artırılması durumları gerçekleştirildiğinde çok sayıda algılayıcı düğümün oluşan çok daha büyük bir şebeke modelinin de modellenmesinin yapılabileceği ortaya çıkmaktadır.

8.5. Çalışmanın Getirdiği Katkılar

Bu çalışmanın bilime ve teknolojiye getirdiği ana katkılar aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır:

1. Bilime ve teknolojiye yenilik getirme

a. Su şebekesi içerisindeki basınçlı suyun hareket enerjisinden enerji üretilerek, KAA'ların besleme kaynaklarının şarj edilmesi yöntemiyle güç kısıtına bir çözüm önerisi yapılmıştır.

2. Bilinen bir yöntemi yeni bir alana uygulama

a. Su şebekelerinin izlenmesinde KAA teknolojisi kullanılarak su şebekelerinin izlenmesi gerçekleştirilmiş ve böylece su, zaman, para gibi kaynakların

israfının önlenmesine yönelik bir yöntem önerilmiştir.

b. Hidroelektrik santrallerinde veya bisiklet dinamolarındaki çalışma mantığı olan hareket enerjisinden enerji üretimi yöntemi, su şebekelerine uyarlanmıştır.

8.6. Tartışma ve Öneriler

Tez çalışmasında kurulan düzeneği üzerinde elde edilen sonuçlarından faydalanarak gelecekte yapılabilecek çalışmalara ışık tutmak üzere aşağıda 3 öneri sunulmaktadır.

a. Şebeke modeli içerisinde kullanılan basınç algılayıcısı sayısı mali kısıtlardan dolayı 3 tane olarak sınırlı kalmıştır. Kullanılacak olan daha fazla sayıda basınç algılayıcısı ile daha geniş bir şebeke alanı üzerinde izleme yapılabilir.

b. Şebeke modeli üzerinde daha fazla sayıda kablosuz basınç algılayıcısı kullanılması durumunda, kaçakların tespit ve konumlandırılması işlemlerindeki hata payları daha da azaltılabilir.

c. Şebeke modeli içerisine su kalitesi parametrelerinden olan pH, bulanıklık gibi değerleri de algılayabilecek olan kablosuz algılayıcısı yerleştirilmesi durumunda şebeke üzerindeki izleme sisteminin kabiliyetleri artırılabilir ve laboratuvar sonuçlarının çıkması beklemeden şebeke gerçek zamanlı olarak izlenebilir.

d. Şebekeden alınan gerçek veriler, Clementine veri madenciliği programı kullanılarak gerçek zamanlı olmadan incelenmiştir. Verilerin gerçek zamanlı olarak incelenebilmesi için Clementine programının sunucu versiyonunun kullanılması gerekmektedir. Fakat bu programın lisans ücreti 20000 TL civarında bir meblağ olduğundan dolayı ancak bu rakamı karşılayabilecek bir bütçe bulunması durumunda bu işlem gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] http://web.itu.edu.tr/~kkocak/su_sorunu.htm, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [2] HANDE, A., POLK, T., WALKER, W., BHATIA, D., Self-powered wireless sensor networks for remote patient monitoring in hospitals, Moleculer Diversity Preservation International, 10.3390/s6091102, Switzerland, 22 Eylül 2006.
- [3] AKYILDIZ, I.F., WEILIAN, S., SANKARASUBRAMANIAM, Y., CAYIRCI, E., A survey on sensor networks, Communications Magazine, IEEE (Volume:40 , Issue: 8), 102-114, 2002.
- [4] PALA, B., LATİFOĞLU, A., İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıpları kayseri ili örneği, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Ekim 2003.
- [5] SIMON, G., MAROTI, M., LEDECZI, A., BALOGH, A., KUSY, B., NADAS, A., PAP, G., SALLAI, J., FRAMPTON, K., Sensor network-based countersniper system, International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2004.
- [6] TOLLE, G., POLASTRE, J., SZEWCZYK, R., CULLER, D., TURNER, N., TU, K., BURGESS, S., DAWSON, T. , BUONADONNA, P., GAY, D., HONG, W., A macroscope in the redwoods, International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2005.
- [7] WERNER-ALLEN, G., LORINCZ, K., WELSH, M., MARCILLO, O., JOHNSON, J., RUIZ, M., LEES, J., Deploying a wireless sensor network on an active volcano, IEEE Internet Computing, 2006.
- [8] ZHANG, Y., YANG, M., JIA, Z., CAO, X., Study on real-time monitoring system based on configuration software for production of infusion solutions, IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA), 2009.
- [9] CASTELLO, C.C., FAN, J., DAVARI, A., Rwei-Xi Chen, Optimal sensor placement strategy for environmental monitoring using wireless sensor networks, 42nd Southeastern Symposium on System Theory (SSST), 275-279, 2010.
- [10] LIANG, L., HUANG, L., JIANG, X., YAO, Y., Design and implementation of wireless smart-home sensor network based on zigbee protocol, International Conference on Communications, Circuits and Systems, 434-

438, 2008.

- [11] BAKER, C.R., ARMIJO, K., BELKA, S., BENHABIB, M., BHARGAVA, V., BURKHART, N., DER MINASSIANS, A., DERVIŞOĞLU, G., GUTNIK, L., HAICK, M.B., HO, C., KOPLOW, M., MANGOLD, J., ROBINSON, S., ROSA, M., SCHWARTZ, M., SIMS, C., STOFFREGEN, H., WATERBURY, A., LELAND, E.S., PERING, T., WRIGHT, P.K., Wireless sensor networks for home health care,. 21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINAW '07), 832-837, 2007.
- [12] ALIPPI, C., GALPERTI, C., An adaptive system for optimal solar energy harvesting in wireless sensor network nodes, IEEE Trans. on Circuits and Systems, 2008.
- [13] VIJAYARAGHAVAN, K., RAJAMANI, R., Active control based energy harvesting for battery-less wireless traffic sensors, American Control Conference (ACC'07), 2007.
- [14] MATEU, L., CODREA, C., LUCAS, N., POLLAK, M., SPIES, P., Energy harvesting for wireless communication systems using thermogenerators, In Proc. of the XXI Conference on Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS), Barcelona, Spain, 2006.
- [15] KOKOSSALAKIS,G., Acoustic data communication system for in-pipe wireless sensor networks, Doctor of Science in Civil and Environmental, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [16] DAVID, R.D.H., SAFTNER, A., GREEN, R. A., LYNCH, J. P., MICHALOWSKI, R. L., The use of wireless sensors in geotechnical field applications, 15th Annual Great Lakes Geotechnical/Geoenvironmental Conference, Indianapolis, IN, 2008.
- [17] POBERING,S., SCHWESINGER, N., Power supply for wireless sensor systems, IEEE Sensors, 685-688, 2008.
- [18] WANG, D.-A., KOH.-H., Piezoelectric energy harvesting from flow-induced vibration, Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol.20, Num. 2, 27 Kasım, 2009.
- [19] TAYLOR, G.W., BURNS, J.R., KAMMANN, S.A., POWERS, W.B., WELSH, T.R., The energy harvesting eel: a small subsurface ocean/river power generator, IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 26, 539-547, 2001.
- [20] CAO, X., CHEN, J., ZHANG, Y., SUN, Y., Development of an integrated wireless sensor network microenvironment monitoring System, ISA Transactions, Cilt 47, 247-255, 2008.

- [21] YU, H., GUO, M., An efficient oil and gas pipeline monitoring systems based on wireless sensor networks, International Conference on Information Security and Intelligence Control (ISIC),178-181, 2012.
- [22] DING, J., WANG, J., YUAN, N., PAN, Q., The monitoring system of leakage accidents in crude oil pipeline based on zigbee technology, Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 1774-1777, 2011.
- [23] STOIANOV, I., NACHMAN, L., MADDEN, S., TOKMOULINE, T., CSAIL, M., PIPENET: A wireless sensor network for pipeline monitoring, International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 264-273, 2007.
- [24] WHITTLE, A., GIROD, L., PREIS, A., ALLEN, M., LIM, H.B., IQBAL, M., SRIRANGARAJAN, S., FU, C., WONG, K.J., GOLDSMITH, D., WATERWISE@SG: A testbed for continuous monitoring of the water distribution system in Singapore, Water Distribution System Analysis 2010 (WDSA2010), 2010.
- [25] <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/modeler/>, Erişim Tarihi:09.11.2013.
- [26] <http://www.asp.net/>, Erişim Tarihi:09.11.2013.
- [27] <http://www.nsnam.org/>, Erişim Tarihi:09.11.2013.
- [28] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Sens%C3%B6r>, Erişim Tarihi: 09.11.2013.
- [29] <http://www.muratc.sakarya.edu.tr/tr/dersnotları>, Erişim tarihi: 09.11.2013.
- [30] YICK, J., MUKHERJEE, B., GHOSAL, D., Wireless sensor network survey, Computer Networks 52 (2008) 2292–2330, 2008.
- [31] KARASULU, B., TOKER, L., KORUKOĞLU, S., ZigBee - IEEE 802.15.4 standartı temelli kablosuz algılayıcı ağları, XIV. Türkiye'de İnternet Konferansı (Inet-tr'09), 2009.
- [32] CHANDRA, P., DOBKIN, D. M., BENSKY, A., OLEXA, R., LIDE, D. A., DOWLA, F., RF & Wireless Networking, Elsevier, s-510, USA, 2008.
- [33] ADAMS, J.D., WHITTEN, R., ROGERS, B. S., Chemical, biological, and explosive vapor detection with micro cantilever array sensors, SPIE Defense & Security Symposium, Orlando, USA, 2007.
- [34] SUNG, J., AHN, S., PARK, T., JANG, S., YUN, D., KANG, J., YOO, S., CHONG, P., KIM,D., Wireless sensor networks for cultural property

- protection, 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications – Workshops (AINAW), 615-620, 2008.
- [35] SHA, K., SHI, W., WATKINS, O., Using wireless sensor networks for fire rescue applications: requirements and challenges, IEEE International Conference on Electro/information Technology, 239-244, 2006.
- [36] LAISHENG, X., XIAOHONG, P., ZHENGXIA, W., BING, X., PENGZHI, H., Research on traffic monitoring network and its traffic flow forecast and congestion control model based on wireless sensor networks, International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA '09), 142-147, 2009.
- [37] JUANG, P., OKI, H., WANG, Y., MARTONOSI, M., PEH, L.S., RUBENSTEIN, D., Energy-efficient computing for wildlife tracking: design tradeoffs and early experiences with zebranet, Proceedings of ASPLOS-X, 96-107, 2002.
- [38] BEKÇİBAŞI, U, SEVİN, A., EKİZ, H., BAYILMIŞ, C., ERTÜRK, İ., ATMACA, S., BANDIRMALI, N., SEYHUN, A., AKGÜL, M.M., K-ATKS: Kablosuz algılayıcı ağ kullanarak gemiler için geliştirilen bir acil durum tespit ve kurtarma sistemi, Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 10-12 Şubat 2010.
- [39] ANASTASI, G., FARRUGGIA, O., LORE, G., ORTOLANI, M., Monitoring high-quality wine production using wireless sensor networks, 42nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '09), 1-7, 2009.
- [40] AKHONDI, M.R., TALEVSKI, A., CARLSEN, S., PETERSEN, S., Applications of wireless sensor networks in the oil, gas and resources industries, 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), 941-948, 2010.
- [41] MOLINA, F.J., BARBANCHO, J., LUQUE, J., Automated meter reading and scada application for wireless sensor network, ADHOC-NOW, 2003.
- [42] WANG, Y., HUANG, L., YANG, W., A novel real-time coal miner localization and tracking system based on self-organized sensor networks, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2010, 2010.
- [43] TIRELLI, P., BORGHESE, N.A., PEDERSINI, F., GALASSI, G., OBERTI, R., Automatic monitoring of pest insects traps by zigbee-based wireless networking of image sensors, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2011.
- [44] MATIJEVICS, I., Advantages of wireless sensor networks in greenhouse environment, International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY '09), 155-159, 2009.

- [45] NAN, L., ZETIAN, F., RUIMEI,W., XIAOSHUAN , Z., Developing a web-based early warning system for fish disease based on water quality management, IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 1-6, 2006.
- [46] LIANG, L., HUANG, L., JIANG, X., YAO, Y., Design and implementation of wireless Smart-home sensor network based on zigbee protocol, International Conference on Communications, Circuits and Systems (ICCCAS 2008), 434-438, 2008.
- [47] BASU, D., MORETTI, G., GUPTA, G.S., MARSLAND, S., Wireless sensor network based smart home: Sensor selection, deployment and monitoring, IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), 49-54, 2013.
- [48] LORINCZ, K., CHEN, B., CHALLEN, G.W., CHOWDHURY, A. R., PATEL, S., BONATO, P., WELSH, M., BMercury: A wearable sensor network platform for high-fidelity motion analysis, In Proc. of 7th ACM Conf. Embedded Netw. Sensor Syst., 353–366, 2009.
- [49] PATEL, S., LORINCZ, K., HUGHES, R., HUGGINS, N., GROWDON, J., STANDAERT, D., AKAY, M., DY, J., WELSH, M., BONATO, P., Monitoring motor fluctuations in patients with parkinson’s disease using wearable sensors, IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine, Kasım 2009.
- [50] GAO, T., PESTO, C., SELAVO, L., CHEN, Y., KO, J., LIM, J.H., TERZIS, A., WATT, A., JENG, J., Chen, B., LORINCZ, K., WELSH, M., Wireless medical sensor networks in emergency response: implementation and pilot results, IEEE Conference on Technologies for Homeland Security, 187-192, 2008.
- [51] SEAH, W.K.G., EU, Z.A., TAN, H., Wireless sensor networks powered by ambient energy harvesting (WSN-HEAP) - survey and challenges, 1st International Conference on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology, 1-5, 2009.
- [52] ALIPPI, C., ANASTASI, G., FRANCESCO, M. , ROVERI, M., Energy management in wireless sensor networks with energy-hungry sensors, IEEE Instrumentation and Measurement Magazine Vol. 12, N. 2, April 2009, 16-23, 2009.
- [53] SWAIN, A.R., HANSDAH, R.C., CHOUHAN, V.K., An energy aware routing protocol with sleep scheduling for wireless sensor networks, 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), 933-940, 2010.

- [54] CHOI, S., LEE, J., KIM, Y., CHONG, H., An energy-efficient mac protocol with random listen-sleep schedule for wireless sensor networks, IEEE, 2007.
- [55] MUTAZONO, A., SUGANO, M. ; MURATA, M., Energy efficient sleep scheduling in wireless sensor networks inspired by satellite behavior of frogs, 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM), 450-455, 2010.
- [56] JEONG, J., JIANG, X., CULLER, D., Design and analysis of micro-solar power systems for wireless sensor networks, In Proc. of the 5th Int. Conference on Networked Sensing Systems (INSS), Kanazawa, Japan, Haziran, 181–188, 2008.
- [57] RAGHUNATHAN, V., KANSAL, A., HSU, J., FRIEDMAN, J., SRIVASTAVA M., Design considerations for solar energy harvesting wireless embedded systems, Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2005), 457-462, 2005.
- [58] AMMAR, Y., BUHRIG, A., MARZENCKI, M., CHARLOT, B., BASROUR, S., MATOU, K., RENAUDIN, M., Wireless sensor network node with asynchronous architecture and vibration harvesting micro power generator, In Proc. of Joint sOc-EUSAI conference, Grenoble, France, 287–292, 2005.
- [59] TAN, Y.K., HOE, K.Y., PANDA, S.K., Energy harvesting using piezoelectric igniter for self-powered radio frequency (RF) wireless sensors, In Proc. of IEEE Intl. Conference on Industrial Technology (ICIT), Mumbai, India, 1711–1716, 2006.
- [60] BOTTFNER, H., NURNUS, J., GAVRIKOV, A., KUHNER, G., JAGLE, M., KUNZEL, C., EBERHARD, D., PLESCHER, G. ; SCHUBERT, A., SCHLERETH, K.-H., New thermoelectric components using microsystem technologies, Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 13, no. 3, 414–420, 2004.
- [61] MOHAMMED, M.I, WU, W.Y., MONIRI, M., Power harvesting for smart sensor networks in monitoring water distribution system, International Conference on Networking, Sensing and Control Delft, the Netherlands, 11-12 Nisan 2011.
- [62] WANG, D.-A., KO, H.-H., Piezoelectric energy harvesting from flow-induced vibration, Journal of Micromechanics and Microengineering vol. 20, Number 2, Kasım 2009.
- [63] WANG, D.-A., CHANG K.-H., Electromagnetic energy harvesting from flow induced vibration, Microelectron. J., vol. 41, 356-364, 2010.
- [64] Crossbow MICAZ Data Sheet”, Crossbow Technology Inc.,

http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAZ_Datasheet.pdf, Erişim tarihi 18.10.2009.

- [65] BUSCHMANN, C., PSTERER, D., FISCHER, S., FEKETE, S.P., KROLER, A., Spyglass: a wireless sensor network visualizer, ACM SIGBED Review, Cilt 2, Sayı 1, 1-6, 2005.
- [66] CHATZIGIANNAKIS, I., MYLONAS, G., NIKOLETSEAS, S.E., jWebdust: a javabased generic application environment for wireless sensor networks, Proceedings of the IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Networks (DCOSS), 376–386, 2005.
- [67] BAYILMIŞ, C., ÇAKIROĞLU, M., ZTÖRK, S.Ő., ÇANKAYA, İ., Matlab web sunucusu kullanılarak kablosuz algılayıcı ağlar için internet tabanlı izleme sistemi tasarımı, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 25, No 2, 371-379, 2010.
- [68] CAO, X., CHEN, J., SUN, Y., An interface designed for networked monitoring and control in wireless sensor networks, Computer Standard Interface, Cilt 31, 579-585, 2009.
- [69] BAŞ, N., Yapay sinir ağları yaklaşımı ve bir uygulama, Mimar Sinan Güzeli Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.
- [70] BOSE, N.K., LIANG, P., Neural network fundamentals with graphs, Algorithms and Applications, McGraw-Hill International Editions, 1996.
- [71] BAYIR, F., Yapay sinir ağları ve tahmin modellemesi üzerine bir uygulama, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana bilim dalı, İstanbul, 2006.
- [72] ALTINIŐIK, A., Toprak İşlemede Traktör Çeki Performansının Yapay Sinir AĞları İle Analizi , Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2012.
- [73] ÇANAKÇI, M., HOSUZ, M., Energy and exergy analyses of a diesel engine fuelled with various biodiesels, Energy Sources, Part B, 379–394, 2006.
- [74] KARAKUZU, C., Yapay sinir ağları ders notları, Bilecik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Bilecik, 2011.
- [75] ZTEMEL, E., Yapay sinir ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- [76] ANAKÇI, M., HOSUZ, M., Energy and exergy analyses of a diesel engine fuelled with various biodiesels, Energy Sources, Part B, 379–394, 2006.
- [77] Anderson, D., McNeill, G., Artificial neural networks technology, Kaman Sciences Corporation, New York, 1992.

- [78] KARABOGA, D., AKAY, B., Artificial bee colony (ABC) algorithm on training artificial neural networks, IEEE Signal Processing and Communications Applications (SIU), 2007.
- [79] YILMAZ, S., ATIK, K., Modeling of a mechanical cooling system with variable cooling capacity by using artificial neural network, Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issue 13, 2007.
- [80] WANG, H., LI, G., MA, Z., LI, X., Application of neural networks to image recognition of plant diseases, International Conference on Systems and Informatics (ICSAI), 2012.
- [81] KONDO, T., PANDYA, A.S., Medical image recognition by using logistic GMDH-type neural networks, Proceedings of the 40th SICE Annual Conference, 2001.
- [82] GUPTA, S.G., GHONGE, M.M., THAKARE, P. D., JAWANDHIYA, P. M., Open-source network simulation tools: an overview, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 2013.
- [83] ÇAVUŞOĞLU, Ü., ZENGİN, A., "NS-2 ve NS-3 ağ simülatörlerinin ölçeklenebilirlik analizi ve karşılaştırma", Bilişim Teknolojileri Dergisi 5, no. 3, 41-50, 2012.
- [84] MUHLBAUER, W.K., Pipeline risk management manual: ideas, techniques and resources, Elsevier.
- [85] VINCENT-GENOD, J., Fundamentals of pipeline engineering, Editions Technip.
- [86] <http://blog.comtrol.com/2012/06/27/devicemaster-up-plays-key-role-in-oil-pipeline-monitoring/>, Erişim Tarihi: 08.11.2013.
- [87] <http://www.konrad.org.tr/Enerji/12DENIZ.pdf>, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [88] AKHONDI, M. R., TALEVSKI, A., CARLSEN, S., PETERSEN, S., Applications of wireless sensor networks in the oil, gas and resources industries, 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), 941-948, 2010.
- [89] ZHANG, H., ZHANG, F., WANG, Y., ZHANG, G., Wireless sensor network based anti-theft system of monitoring on petroleum pipeline, Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 4689-4692, 2011.
- [90] YANG, J., YUMEI, W., PING, L., Leak acoustic detection in water

distribution pipelines, 7th World Congress on Intelligent control and Automation (WCICA), 2008.

- [91] EDIRIWEERA, D.D., MARSHALL, I.W., Sensor networks for monitoring and control of water distribution systems, Drink. Water Eng. Sci., 107–113, 2010.
- [92] <http://www.gurteknik.com/>, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [93] <http://www.yildiz-teknik.com.tr/manometreler-pakkens.html>, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [94] <http://ozerteknik.com.tr/urunlerimiz.aspx?UrunId=2463>, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [95] <http://www.electrochemsolutions.com/pdf/ps1.pdf>, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [96] http://www.digi.com/pdf/ds-xbee-pro_pkg-rf-modems.pdf, Erişim tarihi: 08.11.2013.
- [97] <http://www.sirkulasyonpompassi.org/sirkulasyonpompassi/wilo-katalog.pdf>, Erişim tarihi: 13.12.2013.
- [98] <http://www.linear.com/product/LTC4071>, Erişim tarihi: 13.12.2013.

EKLER

Ek A. Algılayıcılardan gelen verilerin veritabanına aktarılması ve yerel bilgisayarda grafiklerin çizimi için geliştirilen SENSIS-PORT yazılımının kodları

```
Imports System.IO
Imports ZedGraph
Imports System.Data.SqlClient
Public Class Form1
    Dim son_satir As Integer = 0
    Dim dt As New DataTable
    Dim sayac As Integer = 0
    Dim baglanti As SqlConnection
    Dim adaptor As SqlDataAdapter

    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
        Handles MyBase.Load

            dt.Columns.Add("sayac")
            dt.Columns.Add("tarih")
            dt.Columns.Add("saat")
            dt.Columns.Add("s1")
            dt.Columns.Add("s2")
            dt.Columns.Add("s3")
            dt.Columns.Add("ornek")

            Label3.Text = "0"

            Dim cumle As String = "Server=lenovo-lenovo;Uid=sa;Pwd=666666;Initial
            Catalog=TEZ;Integrated Security=True"
            baglanti = New SqlConnection(cumle)

            Dim silSql As String = "truncate table veri"
            Dim komut As New SqlCommand(silSql, baglanti)
            baglanti.Open()
            komut.ExecuteNonQuery()
            baglanti.Close()

            Dim sql As String = "select * from veri"
            adaptor = New SqlDataAdapter(sql, baglanti)
            adaptor.Fill(dt)

            baglanti.Close()

            'textten ilk okuma

            timer_olayi()
```

```
DataGridView1.DataSource = dt
```

```
End Sub
```

```
Dim durum As Boolean
```

```
Private Sub Button2_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
```

```
Button2.Click
```

```
    If durum = False Then
```

```
        Dim gecikme As Integer = Val(TextBox2.Text) * 1000
```

```
        Timer1.Interval = gecikme
```

```
        Timer1.Start()
```

```
        durum = True
```

```
        Button2.Text = "durdur"
```

```
    Else
```

```
        Timer1.Stop()
```

```
        durum = False
```

```
        Button2.Text = "başlat"
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
```

```
    timer_olayi()
```

```
End Sub
```

```
Sub timer_olayi()
```

```
    Label1.Text = Now
```

```
    Dim yol, hedef As String
```

```
    yol = Application.StartupPath & "\20092012.txt"
```

```
    hedef = Application.StartupPath & "\deneme.txt"
```

```
    If File.Exists(hedef) Then
```

```
        File.Delete(hedef)
```

```
    End If
```

```
    File.Copy(yol, hedef)
```

```
    Dim tmp As String
```

```
    Dim dosya As String = Application.StartupPath & "\deneme.txt"
```

```
    Dim fs As FileStream = New FileStream(dosya, FileMode.Open)
```

```
    Dim r As StreamReader = New StreamReader(fs)
```

```
    If son_satir = 0 Then
```

```
        TextBox1.Text = ""
```

```
        tmp = r.ReadLine
```

```
        TextBox1.Text = TextBox1.Text & tmp & Microsoft.VisualBasic.ControlChars.CrLf
```

```
        TextBox1.Text &= vbCrLf
```

```
        son_satir = 1
```

```
    Else
```

```
        For i As Integer = 1 To son_satir
```

```
            r.ReadLine()
```

```
        Next
```

```
    End If
```

```
    Label2.Text = son_satir
```

```
Do
```

```
    tmp = r.ReadLine
```

```

If tmp <> Nothing Then
    son_satir += 1
    Label3.Text = Val(Label3.Text) + 1
    Dim araci() As String
    araci = Split(tmp, vbTab)
    Dim ara2() As String
    ara2 = Split(araci(0), " ")

    Dim saat As String
    saat = ara2(1)
    sayac += 1
    If araci(1) <> 0 And araci(2) <> 0 And araci(3) <> 0 Then
        dt.Rows.Add(sayac, ara2(0), saat, araci(1), araci(2), araci(3), araci(1) * 2)

    End If

    End If
Loop Until tmp Is Nothing
dt.TableName = "veri"
baglanti.Open()
Dim cb As New SqlCommandBuilder(adaptor)
adaptor.Update(dt)
baglanti.Close()

r.Close()
fs.Close()
grafik_yenile()
End Sub

Sub grafik_yenile()
    zg1.GraphPane.CurveList.Clear()
    Dim myPane As GraphPane = zg1.GraphPane
    myPane.Title.Text = "Basınç/Zaman Grafiği"
    myPane.XAxis.Title.Text = "Sayac"
    myPane.YAxis.Title.Text = "S1 sonuclar"
    '*****

    Dim dsp1 As New DataSourcePointList
    dsp1.DataSource = dt

    dsp1.XDataMember = "sayac"
    dsp1.YDataMember = "s1"
    Dim myCurve1 As LineItem = myPane.AddCurve("s1", dsp1, Color.Blue, SymbolType.Star)

    myCurve1.Symbol.Fill = New Fill(Color.White)

    '*****

    Dim dsp2 As New DataSourcePointList
    dsp2.DataSource = dt

    dsp2.XDataMember = "sayac"
    dsp2.YDataMember = "s2"
    Dim myCurve2 As LineItem = myPane.AddCurve("s2", dsp2, Color.Black,
SymbolType.Square)

    myCurve2.Symbol.Fill = New Fill(Color.White)
    '*****

    Dim dsp3 As New DataSourcePointList
    dsp3.DataSource = dt

```

```
dsp13.XDataMember = "sayac"  
dsp13.YDataMember = "s3"
```

```
Dim myCurve3 As LineItem = myPane.AddCurve("s3", dsp13, Color.Red,  
SymbolType.Triangle)
```

```
myCurve3.Symbol.Fill = New Fill(Color.White)  
zg1.AxisChange()
```

```
Me.Refresh()  
End Sub
```

```
Private Sub Button3_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles  
Button3.Click
```

```
zg1.GraphPane.CurveList.Clear()
```

```
Dim myPane As GraphPane = zg1.GraphPane  
myPane.Title.Text = "Basinç/Zaman Grafikleri"  
myPane.XAxis.Title.Text = "Saat"  
myPane.YAxis.Title.Text = "S1 sonuclar"
```

```
Dim dsp12 As New DataSourcePointList
```

```
dsp12.DataSource = dt
```

```
'Populate Data
```

```
dsp12.XDataMember = "ornek"
```

```
dsp12.YDataMember = "s1"
```

```
Dim myCurve2 As LineItem = myPane.AddCurve("s1", dsp12, Color.Black,  
SymbolType.Square)
```

```
myCurve2.Symbol.Fill = New Fill(Color.White)
```

```
zg1.AxisChange()
```

```
Me.Refresh()  
End Sub  
End Class
```

Ek B. Web sunucudaki verilerin yayınlandığı SENSIS-WEB'in kodları

```
Imports System.Data
Imports System.Web.UI.DataVisualization.Charting
Imports ZedGraph
Imports System.Drawing
Imports System.Data.SqlClient
Partial Class Default3
    Inherits System.Web.UI.Page
    Public ds As DataSet
    Public baglanti As SqlConnection
    Public adaptor As SqlDataAdapter
    Protected Sub Page_Load(sender As Object, e As System.EventArgs) Handles Me.Load
        If Page.IsPostBack = False Then
            DsDoldur_ChartDoldur(Session("tarih1"), Session("tarih2"))
            Dim view As DataView = New DataView(ds.Tables("veri"))
            Dim tekveriler As DataTable = view.ToTable(True, "tarih")

            DropDownList1.DataValueField = "tarih"
            DropDownList1.DataSource = tekveriler
            DropDownList1.DataBind()
            DropDownList2.DataValueField = "tarih"
            DropDownList2.DataSource = tekveriler
            DropDownList2.DataBind()

            ds.Tables.Add("filtre")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("sayac")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("tarih")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("saat")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("s1")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("s2")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("s3")
            ds.Tables("filtre").Columns.Add("ornek")
        End If
    End Sub

    Protected Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
        DsDoldur_ChartDoldur(Session("tarih1"), Session("tarih2"), Session("saat1"), Session("saat2"))
    End Sub

    Public Sub DsDoldur_ChartDoldur(Optional tarih1 As String = "", Optional tarih2 As String = "",
    Optional saat1 As String = "", Optional saat2 As String = "")
        ds = New DataSet
        '*****
        Dim cumle As String = "Data Source=.\SQLEXPRESS;AttachDbFilename=" &
        Server.MapPath("App_Data/sensor_veriler.mdf") & ";Integrated Security=True;User Instance=True"
        baglanti = New SqlConnection(cumle)
        Dim sql As String = ""
        If tarih1 = "" And tarih2 = "" Then
            sql = "select * from veri"
        Else
            Dim yeniTarih1 As Date = CDate(tarih1)
            Dim yeniTarih2 As Date = CDate(tarih2)
            Dim yeniSaat1 As Date = DateTime.Parse(saat1)
            Dim yeniSaat2 As Date = DateTime.Parse(saat2)
        End If
    End Sub
End Class
```

```
sql = "select * from veri where (tarih >= " & yeniTarih1.Month & "/" & yeniTarih1.Day & "/" & yeniTarih1.Year & ") AND (tarih <= " & yeniTarih2.Month & "/" & yeniTarih2.Day & "/" & yeniTarih2.Year & ") and (saat >= " & yeniSaat1.Hour & ":" & yeniSaat1.Minute & ":" & yeniSaat1.Second & ") AND (saat <= " & yeniSaat2.Hour & ":" & yeniSaat2.Minute & ":" & yeniSaat2.Second & ") "
```

```
End If
```

```
adaptor = New SqlDataAdapter(sql, baglanti)
```

```
adaptor.Fill(ds, "veri")
```

```
baglanti.Close()
```

```
*****
```

```
GridView1.DataSource = ds.Tables("veri")
```

```
GridView1.DataBind()
```

```
Chart1.DataSource = ds.Tables("veri")
```

```
Dim alan As ChartArea = New ChartArea("chartArea")
```

```
Chart1.ChartAreas.Add(alan)
```

```
Dim series1 As Series = New Series("s1veriler")
```

```
series1.ChartArea = "chartArea"
```

```
series1.XValueMember = "sayac"
```

```
series1.XValueType = ChartValueType.Int32
```

```
series1.YValueMembers = "s1"
```

```
series1.YValueType = ChartValueType.Int32
```

```
series1.ChartType = SeriesChartType.Line
```

```
Chart1.Series.Add(series1)
```

```
Dim series2 As Series = New Series("s2veriler")
```

```
series2.ChartArea = "chartArea"
```

```
series2.XValueMember = "sayac"
```

```
series2.XValueType = ChartValueType.Int32
```

```
series2.YValueMembers = "s2"
```

```
series2.YValueType = ChartValueType.Int32
```

```
series2.ChartType = SeriesChartType.Line
```

```
Chart1.Series.Add(series2)
```

```
Dim series3 As Series = New Series("s3veriler")
```

```
series3.ChartArea = "chartArea"
```

```
series3.XValueMember = "sayac"
```

```
series3.XValueType = ChartValueType.Int32
```

```
series3.YValueMembers = "s3"
```

```
series3.YValueType = ChartValueType.Int32
```

```
series3.ChartType = SeriesChartType.Line
```

```
Chart1.Series.Add(series3)
```

```
Chart1.DataSource = ds.Tables("veri")
```

```
Chart1.DataBind()
```

```
End Sub
```

```
Protected Sub Button1_Click(sender As Object, e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
```

```
Dim myDate1 As DateTime = DropDownList1.SelectedItem.Value
```

```
Dim myDate2 As DateTime = DropDownList2.SelectedItem.Value
```

```
Session("tarih1") = myDate1
```

```
Session("tarih2") = myDate2
```

```
Dim mySaat1 As DateTime = TextBox1.Text
```

```
Dim mySaat2 As DateTime = TextBox2.Text
```

```
Session("saat1") = mySaat1
```

```
Session("saat2") = mySaat2
```

```
DsDoldur_ChartDoldur(Session("tarih1"), Session("tarih2"), Session("saat1"), Session("saat2"))
```

```
End Sub
```

```
Protected Sub Button2_Click(sender As Object, e As System.EventArgs) Handles Button2.Click
    Session("tarih1") = ""
    Session("tarih2") = ""
    Session("saat1") = ""
    Session("saat2") = ""
    DropDownList1.SelectedIndex = -1
    DropDownList2.SelectedIndex = -1
    TextBox1.Text = ""
    TextBox2.Text = ""
End Sub
End Class
```

Ek C. Şebeke modelinin NS-2’da modellenmesi kodu

```
set val(chan)      Channel/WirelessChannel      ;# channel type
set val(prop)      Propagation/TwoRayGround     ;# radio-propagation model
set val(netif)     Phy/WirelessPhy             ;# network interface type
set val(mac)       Mac/802_11                  ;# MAC type
set val(ifq)       Queue/DropTail/PriQueue     ;# interface queue type
set val(ll)        LL                          ;# link layer type
set val(ant)       Antenna/OmniAntenna         ;# antenna model
set val(ifqlen)    50                          ;# max packet in ifq
set val(nn)        4                           ;# number of mobilenodes
set val(rp)        AODV                        ;# routing protocol
```

=====

```
set ns_ [new Simulator]
set tracefd [open sensor.tr w]
$ns_ trace-all $tracefd
set namtrace [open sensor.nam w]
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace 500 500

set topo [new Topography]

$topo load_flatgrid 500 500

create-god $val(nn)

# configure node

$ns_ node-config -adhocRouting $val(rp) \
                 -llType $val(ll) \
                 -macType $val(mac) \
                 -ifqType $val(ifq) \
                 -ifqLen $val(ifqlen) \
                 -antType $val(ant) \
                 -propType $val(prop) \
                 -phyType $val(netif) \
                 -channelType $val(chan) \
                 -topoInstance $topo \
```



```
-agentTrace ON \  
-routerTrace ON \  
-macTrace OFF \  
-movementTrace ON
```

```
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {  
    set node_($i) [$ns_ node]  
}
```

```
#####
```

```
$node_(0) set X_ 5.0  
$node_(0) set Y_ 2.0  
$node_(0) set Z_ 0.0
```

```
$node_(1) set X_ 390.0  
$node_(1) set Y_ 385.0  
$node_(1) set Z_ 0.0
```

```
$node_(2) set X_ 200.0  
$node_(2) set Y_ 385.0  
$node_(2) set Z_ 0.0
```

```
$node_(3) set X_ 200.0  
$node_(3) set Y_ 385.0  
$node_(3) set Z_ 0.0
```

```
#####
```

```
set udp1v [new Agent/UDP]  
$ns_ attach-agent $node_(1) $udp1v  
set udp1a [new Agent/Null]  
$ns_ attach-agent $node_(2) $udp1a  
$ns_ connect $udp1v $udp1a  
#$udp1v set fid_ 1
```

```
set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]  
$cbr1 set packetSize_ 5000  
$cbr1 set interval_ 1  
$cbr1 attach-agent $udp1v  
set cbr4 [new Application/Traffic/CBR]  
$cbr4 set packetSize_ 200  
$cbr4 set interval_ 1  
$cbr4 attach-agent $udp1v
```

```
set udp2v [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(1) $udp2v
```

```
$ns_ connect $udp2v $udp1a
$udp2v set fid_ 2
```

```
set cbr2 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr2 set packetSize_ 5000
$cbr2 set interval_ 1
$cbr2 attach-agent $udp2v
```

```
set udp3v [new Agent/UDP]
$ns_ attach-agent $node_(3) $udp3v
```

```
$ns_ connect $udp3v $udp1a
$udp3v set fid_ 2
```

```
set cbr3 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr3 set packetSize_ 5000
$cbr3 set interval_ 1
$cbr3 attach-agent $udp3v
```

```
set cbr5 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr5 set packetSize_ 200
$cbr5 set interval_ 1
$cbr5 attach-agent $udp2v
```

```
set cbr6 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr6 set packetSize_ 200
$cbr6 set interval_ 1
$cbr6 attach-agent $udp2v
```

```
set cbr7 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr7 set packetSize_ 5000
$cbr7 set interval_ 0.1
$cbr7 attach-agent $udp3v
```

```
$ns_ at 0 "$cbr1 start"
```

```
$ns_ at 0 "$cbr3 start"
```

```
$ns_ at 0 "$cbr2 start"
```

```
#$ns_ at 10 "$cbr1 stop"
```

```
#$ns_ at 10 "$cbr3 stop"
```

```

#nns_ at 10 "$cbr2 stop"
#nns_ at 11 "$cbr4 start"
#nns_ at 11 "$cbr5 start"
#nns_ at 11 "$cbr6 start"
#nns_ at 25 "$cbr4 stop"
#nns_ at 25 "$cbr5 stop"
#nns_ at 25 "$cbr6 stop"
#nns_ at 30 "$cbr7 start"
#nns_ at 40 "$cbr7 stop"
#####
for {set i 0} {$i < $val(nn) } {incr i} {
    nns_ at 150.0 "$node_($i) reset";
}
nns_ at 150.0 "stop"
nns_ at 150.01 "puts \"NS EXITING...\" ; nns_ halt"
proc stop {} {
    global nns_ tracefd
    nns_ flush-trace
    close $tracefd
}

puts "Starting Simulation..."
nns_ run

```

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Kayaalp, 31.05.1978 tarihinde Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimlerini sırasıyla Cengiz Topel İlkokulu, Vatan İlkokulu (Şanlıurfa), Orhan Gazi İlkokulu (Akçakoca), Gazipaşa İlkokulu (Bolu), İzzet Baysal Anadolu Lisesi (Bolu) okullarında tamamladı. 2000 yılında Marmara Üniversitesi T.E.F. Bilgisayar ve Kontrol Öğretmenliği bölümünde lisans, 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi bölümünde yüksek lisans eğitimlerini bitirdi. 4 yıl kadar Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı okullarda Bilgisayar Öğretmenliği yaptıktan sonra 2006 yılında Düzce Üniversitesi Düzce Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı görevini sürdürmektedir.

A CITY WATER PIPELINE MONITORING SYSTEM BASED ON WSN WITH A NEW NODE ENERGY HARVESTING APPROACH

SUMMARY

Key Words: Wireless Sensor Networks, Water Distribution Systems Monitoring, Finite Energy Source Problem, NS-2

As the importance of the water supplies becoming more crucial, the number of studies about the efficiency of water resources has increased in recent years. Some of the researches are about the protection of the water supplies and some are about monitoring water pipelines and to detect and locate the leakages in a pipeline system.

Water pipelines have to be monitored against the leakages and contamination of water that can be caused by many factors such as cost and deployment. Since investment costs of a monitoring a pipeline system is so high, they can't be used widespread.

The aim of this thesis is to monitor the city water pipeline system to detect any leakages and to minimize water loss by using a low cost Wireless Sensor Networks (WSN) technology.

In this thesis, a monitoring system based on WSNs, which is one of the important communication technologies today has been implemented and the pressure values of the water, flowing in the pipeline model has been monitored by using wireless pressure sensors. The software interfaces are created to monitor the pressure values either in computer or in a web browser through internet.

The data collected in many experimental conditions such with no normal water usage and no leakage, with normal water usage, with leakages and with leakages and water usage together has been monitored in pressure graphics and the changes in graphics has been evaluated. The leakages detected with the evaluation stage are also compared with the results of Artificial Neural Networks models using the data collected from the pipeline model. In the comparison result, 97% correction ratio has come out.

Additionally, in order to search design alternatives, the pipeline system model used in the thesis has been modeled in NS-2 Network Simulator for validation and verification of the model.

Another feature of the thesis study is to present a novel approach to the finite energy sources problem of the nodes that can occur in applications based on WSN. Adequate energy to recharge the battery of the node has been harvested from the flow of water in pipelines. The existing energy source has been supported with an energy harvesting unit and the lifetime of the system has been extended.