T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRAFO SES SEVİYESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

Yasin GÜNLEMİŞ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Tarık Veli MUMCU

II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Aysel ERSOY YILMAZ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2021

Bu çalışma, 4.06.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Dr. Öğr. Üyesi Tarık Veli Mumcu(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahim Akgündoğdu
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Altuğ Bozkurt
Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, ... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocalarım Doç. Dr. Aysel ERSOY YILMAZ ve Dr. Öğr. Üyesi Tarık Veli MUMCU hocalarıma en içten dileklerim teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve İkitelli OSB'de bulunan nöbetçi montörü Abdullah CÖRÜT, Olcay DİKİCİ ve İbrahim KOÇAK çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2021 Yasin GÜNLEMİŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vi**
TABLO LİSTESİ ..... **viii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xii**
1. GİRİŞ **14**
2.GENEL KISIMLAR **15**
2.1 TRANSFORMATÖRLER 21
2.1.2. Kuru Tip Transformatör 22
2.1.3. Yağlı Tip Transformatör 23
2.1.4. Kuru Tip ve Yağlı Transformatörlerin Soğutma Yöntemleri 25
2.2 TRANSFORMATÖR GÜRÜLTÜSÜ 29
2.2.1 Transformatör Gürültü Nedenleri 31
2.2.2 Yüksüz Çalışmadaki Gürültü 33
2.2.3 Yükte Çalışmadaki Gürültü 35
2.2.4 Soğutma Ekipmanlarının Gürültü 36
3. MALZEME VE YÖNTEM **38**
3.1. SAHA ÖLÇÜM EKİPMANLARI 38
3.2 ÖLÇÜMÜ YAPILAN TRAFO TİPİ ÖZELLİKLERİ 40
3.3 YÖNTEM 41
3.4 YAPAY SİNİR AĞLARI 44
3.5 YAPAY SİNİR AĞ MODELLERİ 47
3.5.1 TEK KATMANLI İLERİ BESLEMELİ AĞLAR 47
3.5.2 ÇOK KATMANLI İLERİ BESLEMELİ AĞLAR 48
3.5.3 TEKRARLAYAN SİNİR AĞLAR (Recurrent Neural Network - RNN) 49
4.BULGULAR **52**
4.1 SAHA ÖLÇÜMLERİNİN YAPAY SİNİR AĞI MODELLEMESİ 52
5. SONUÇ **80**
ÖZGEÇMİŞ **86**

ŞEKİL LİSTESİ .....

Şekil 2.1: Kuru Tip Transformatör [17] 23

Şekil 2.2: Yağlı tip trafo (a)Dış kısım, (b) İç kısım [18].....24

Şekil 2.3: Transformatör Soğutma Yöntem ve Şekilleri 26

Şekil 2.4: (a)ONAN soğutma, (b)ONAF soğutma şekilleri [20].....27

Şekil 2.5: (a)OFAF soğutma, (b)OFWF soğutma şekilleri [20].....28

Şekil 2.6: Transformatör gürültü nedenleri 33

Şekil 2.7: (a)Akı yoğunluğunda manyetostriksiyon, (b)Akıya göre çekirdek katmanı uzunluğundaki değişiklik [28].....34

Şekil 2.8: ONAN ve ODAF soğutmalı radyatör monteli transformatörün ses ölçüm planı [31] 37

Şekil 3.1: Ölçümlerde kullanılan termal kamera……38

Şekil 3.2: Ölçümlerde kullanılan ses ölçüm cihazı…….39

Şekil 3.3: Sigmoid fonksiyonu…….44

Şekil 3.4: Hiperbolik tanjant fonksiyonu…….45

Şekil 3.5: Doğrusal Fonksiyonu……...45

Şekil 3.6: Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı [39] ……45

Şekil 3.7: İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan En Basit Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağı Modeli……..46

Şekil 3.8: Çok katmanlı ileri beslemeli ağ……..…… 47

Şekil 3.9: Tekrarlayan sinir ağ yapısı [34]……...……48

Şekil 3.10: Elman ve Jordan ağ yapıları…….…..……49

Şekil 4.1: (a) İleri beslemeli ağ ve (b) Tekrarlayan YSA Modelleri…….…….…..…….52

Şekil 4.2: Trafo 1'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...……..53

Şekil 4.3: Trafo 1'in %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...…..53

Şekil 4.4: Trafo 2'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları…….……54

Şekil 4.5: Trafo 2'nin %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları…….……..54

Şekil 4.6: Trafo 3'ün %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……..…….55

Şekil 4.7: Trafo 3'ün %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……..…….55

Şekil 4..8: Trafo 4'ün %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……..…….……56

Şekil 4.9: Trafo 4'ün %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları…….……..…….56

Şekil 4.10: Trafo 5'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...……57

Şekil 4.11: Trafo 5'in %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……..….57

Şekil 4.12: Trafo 6'nın %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları…….58

Şekil 4.13: Trafo 6'nın %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...……..58

Şekil 4.14: Trafo 7'nin %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...……..59

Şekil 4.15: Trafo 7'nin %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...…..59

Şekil 4.16: Trafo 8'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……...……60

Şekil 4.17: Trafo 8'in %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları……..…….60

Şekil 4.18: Tekrarlayan ve İleri Beslemeli Ağ %60 Eğitim oranı karşılaştırma……...…77

Şekil 4.19: Tekrarlayan ve İleri Beslemeli Ağ %75 Eğitim oranı karşılaştırma……..77

Şekil 4.20: İleri Beslemeli YSA'nın %75 ve %60 eğitim oran sonuçları…...……..78

Şekil 4.21: Tekrarlayan YSA'nın %75 ve %60 eğitim oran sonuçları…….……78

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Bazı Ses Kaynaklarının (dB) Değerleri [24].....29

Tablo 3.1: Trafo Etiket Değerleri……42

Tablo 3.2: Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması [40].....47

Tablo 4.1: Modelleme sonucunda alınan MSE sonuçları……...53

Tablo 4.2: 1. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 62

Tablo 4.3: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 62

Tablo 4.4: 2. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 63

Tablo 4.5: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 63

Tablo 4.6: 3. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 64

Tablo 4.7: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 64

Tablo 4.8: 4. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 65

Tablo 4.9: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 65

Tablo 4.10: 5. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 66

Tablo 4.11: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 66

Tablo 4.12: 6. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 67

Tablo 4.13: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 67

Tablo 4.14: 7. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 68

Tablo 4.15: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 68

Tablo 4.16: 8. Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 69

Tablo 4.17: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 69

Tablo 4.18: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 70

Tablo 4.19: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 70

Tablo 4.20: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 71

Tablo 4.21: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 71

Tablo 4.22: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 72

Tablo 4.23: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 72

Tablo 4.24: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 73

Tablo 4.25: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 73

Tablo 4.26: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 74

Tablo 4.27: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 74

Tablo 4.28: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 75

Tablo 4.29: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 75

Tablo 4.30: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 76

Tablo 4.31: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 76

Tablo 4.32: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları 77

Tablo 4.33: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları 77

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
AN	: Air Natural
AF	: Air Forced
ANC	: Active Noise Control
CAD	: Computer Aided Design
CAE	: Computer Aided Engineering
CGO	: Conventional grain oriented
dB	: Desibel
dB(A)	: A Ağırlıklı Desibel
dB(B)	: B Ağırlıklı Desibel
dB(C)	: C Ağırlıklı Desibel
DC	: Direct Current
d-LNF	: detailed Load Noise Formulas
FEM	: Finite Element Method
GOES	: Grain Oriented Electrical Steel
HFAMM	: Hilbert Fractal Acoustic Meta : Material
Hz	: Hertz
kV	: Kilo Volt
LMS	: Least Mean Squares
MSE	: Mean Squared Error
OFAF	: Oil Forced Air Forced
OFWF	: Oil Forced Water Forced
ONAF	: Oil Natural Air Forced
ONAN	: Oil Natural Air Natural
ONWF	: Oil Natural Water Forced
RNN	: Recurrent Neural Network
UHV	: Ultra High Voltage
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ÖZET

TRAFO SES SEVİYESİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yasin GÜNLEMİŞ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Tarık Veli MUMCU

II. Danışman : Doç. Dr. Aysel ERSOY YILMAZ

Bu çalışmada İstanbul İkitelli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 8 adet trafonun gürültüleri, sıcaklıkları ve yükleri ile beraber ortam koşulları 4 aylık bir süre içinde farklı anlarda takip edilmiş ve verileri kayıt edilmiştir. Gürültü seviyelerinin değişen durumlara göre farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Alınan veriler MATLAB ortamında girdiler ve istenilen hedefler olarak belirlenmiş, veriler ileri beslemeli yapay sinir ağ ve tekrarlayan yapay sinir ağ tipleri ile farklı eğitim yüzdeleriyle modellenmiş ve hedefe en yakın tahmin sonuçları elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda tekrarlayan yapay sinir ağ modelin daha iyi olduğu ve eğitim yüzdesinin yüksek tutulduğunda daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Mayıs 2021, 85. sayfa.

Anahtar kelimeler: yapay sinir ağları, ileri beslemeli, trafo gürültüsü, gürültü tahmini.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

Yasin GUNLEMIS

PREDICTION OF TRANSFORMER AUDIBLE-NOISE LEVEL WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Tarık Veli MUMCU

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Aysel ERSOY YILMAZ

In this study, the noises, temperatures and loads of 8 transformers in Istanbul İkitelli Organized Industrial Zone, as well as ambient conditions, were monitored at different moments over a period of 4 months and their data were recorded. It has been observed that the noise levels give different results according to the changing environmental conditions. The received data were determined as inputs and desired targets in MATLAB environment. The data were modeled with feed forward artificial neural network and recurrent artificial neural network types and different training percentages. The estimation results closest to the target were tried to be obtained. As a result of the study, it was seen that the recurrent neural network model was better and it gave better results when the training percentage was kept high.May 2021, 86. pages.

Keywords: artificial neural networks, feed forward, transformer noise, noise prediction.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi tüketimindeki hızlanan büyüme, kentsel alanların yakınında artan trafo merkezleri ve bu merkezlerin nominal güçlerinin artışına yol açmıştır. Sonuç olarak, transformatörlerin yaydığı gürültü, tesisler için bir sorun haline gelmiş ve transformatör üreticilerin daha sessiz çalışma için yatırım yapmalarını ve bu konu üzerine araştırmalar yapılmasını gerektirmiştir. Transformatörlerin gürültüsü bir sorun olarak görülmeye başlanması 20.yy'ın ilk çeyreğinde başlamış ve transformatör gürültüsüne dair bazı araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar ve incelemelerde gürültünün temel kaynağının trafoların yapısal sorunları olabildiği gibi genel olarak trafodan çekilen akım, trafodaki frekans, talep tarafı gücü trafonun içinde bulunduğu ortam koşulları(ortam sıcaklığı, trafoların birbirine olan mesafesi, ortamın basıncı, vb.) olduğu görülmüştür.

Yapılan gürültü ölçümlerine dair yapılan ilk çalışmalar 1931'de Robert B. George tarafından transformatör gürültüsünü ölçmek ve trafo gürültüsünün farklı kuvvet bileşenleri trafoda gürültüye neden olan bu kaynakları belirlemek için transformatör parçaları üzerinde yüzey titreşim ölçümleri yapmıştır. Trafo gürültüsünün bir sorun olarak görülmesi nedeniyle 20.yy'ın ikinci yarısında ve sonrasında yapılan çalışmalar gürültünün kaynağının belirlenmesi ile kalmamış, gürültünün azaltılmasına yönelik çeşitli aktif ses kontrolü, çekirdek malzemesinin iyileştirilmesi ve CAD/CAE (Computer Aided Design / Computer Aided Engineering) analiz programları üzerinden trafo gürültüsünün azaltılmasına dair çalışmalar da yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında trafoların yaymış olduğu gürültü ile talep tarafının davranışının değişimi ve ortam parametrelerinde değişimin etkisi yapay sinir ağları yöntemi ile analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada ortam sıcaklığının trafo gürültüsü üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığı fakat talep tarafındaki değişimin trafo gürültüsünün yağlı trafolarda %15'i olarak artırdığı (61 desibelden 71 desibele); kuru tip trafolarda ise gürültünün %50'ye varan oranlarda artışa (60 desibelden 91 desibele kadar) neden olduğu görülmüştür.

2.GENEL KISIMLAR

1931'de Robert B. George, gürültüyü ölçmek için kullanılan birimlerin ve kulağın duyulabilirlik özellikleri incelemiştir. Transformatör gürültüsünün farklı kuvvet bileşenleri ve diğer nedenlerini belirlemek için teorik bir araştırma ve transformatörlerde gürültüye neden olan kaynakları ve bu gürültü kaynaklarının çalışma koşullarındaki değişikliklerden nasıl etkilendiğini belirlemek için transformatör parçaları üzerinde yüzey titreşim ölçümleri yapmıştır. Çalışmakta olan transformatörlerden gelen ses şiddetini, frekans özelliklerini ve dağılımını ölçmek için gürültü araştırmaları yapmıştır. Trafo merkezi akustik koşullarının gürültü dağılımı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırmaları sonucunda çeşitli metal parçaların kritik titreşim frekanslarına ek olarak, güç transformatörlerinde gürültüye neden olan iki ayrı bileşen olduğunu, bunların; yük bileşeni, yük akımının karesi olarak değişiklik gösterir; uyarma bileşeni, normal çalışma aralığında hat gerilimindeki her yüzde değişim için yaklaşık yüzde 3 oranında değiştiğini, ancak bu oranın ve yük bileşeninin uyarma bileşenine oranları transformatör tasarımlarının farklılığına göre değişebileceğini saptamıştır. Daha fazla ilerleme kaydedilmesi için araçlar ve yöntemler geliştirilmiştir [1].

1955'de William B. Conover ve Robert J. Ringlee, transformatör gürültüsünün azaltılması için 2 yöntem uygulamışlardır. Bunlar bariyer yöntemi ve ses iptali yöntemleridir. Bu çalışmaları akustik testi için özel bir odada yapmışlardır. Yapılan deneylerde ses bariyer testi verileri, sert duvarlı bir bariyerin içindeki basınç birikiminin, belirli bir bariyer konfigürasyonu ile olası zayıflamadan doğrudan çıktığını gösterdiğini ve açık duvarlı yapılar için birikme, açık taraftaki gürültü ile orantılı olarak artırdığını belirlemişlerdir [2]. Elde edilen dört duvarlı bariyer verileri, duvar yüksekliği veya tanktaki boşluk ile ilişkili olmadığını , 2 ve 3 duvarlı bariyerlere bağlı olarak zayıflamanın basit hesaplamalar ile tahmin edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Ses iptali tekniğini kullanarak, yaklaşık 35 dereceye kadar olan açılardan uzun radyal mesafelerde belirli bir yönde transformatör gürültüsünü 6 dB veya daha fazla azaltmak mümkün olduğunu belirli bir noktada, yaklaşık 20 dB ortalama gürültü azaltımı kolayca elde edilebilir olduğunu göstermişlerdir. Transformatör gürültüsünü belirli bir yönde iptal etmek için bir veya iki hoparlör kullanıldığında, gürültü diğer bazı yönlerde artırdığını ancak, bu artışların tolere edilemediği durumlarda, başka bir yerde orijinal alanı

değiştirmeden istenen iptali gerçekleştirmek için yönlü bir ses kaynağı kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir [2].

1963'de P. N. Adkins, akustik alanından gelen "Saha İnsidansı Kütle Kanunu" kavramına dayanarak, büyük güç transformatörleri için dar alan kütle kaplaması ile transformatör gürültü azaltılması için tasarımı ve geliştirilmesini araştırmıştır. Prototip formunda beklentileri aşan bariyerin ağırlığının değiştirilmeden bariyerin kurşun-çelik oranının arttırılması gerektiğini belirtmiştir. Radyatörler ve fanların bu tip muhafaza ile her zaman bir gürültü kaynağı olacağını belirtmiştir [3].

1974'de A. Moses, transformatör gürültüsü ile ilgili manyetostriksiyon ve titreşim ölçümüne dair araştırma yapmıştır. Gerilmenin ve manyetostriksiyonun harmoniklerinin önemi, çeliğin gerilmesi hassasiyetini iyileştirmenin ve çekirdek titreşimini azaltmanın etkileri de dikkate alınarak, trafo gürültüsünü azaltabilecek uygun bir bağlama tekniği ile göstermiştir. Yaptığı çalışmanın sonucunda manyetostriksiyon, dönüştürücü teknikleri kullanılarak tekli laminasyonlarda doğru bir şekilde ölçülebilir ve bir çeliğin performansını değerlendirirken, manyetostriksiyonun gerilme hassasiyetinin dikkate alınması gerektiğini , çünkü bunun beklenen gürültü ve titreşimin bir göstergesi olduğunu belirtmiştir. Transformatör gürültüsüne en çok etki eden faktörlerden harmoniklerinde manyetostriksiyon gibi temel titreşiminkine benzer bir gerilme hassasiyetine sahip olduğunu belirtmiştir. Transformatörlerin manyetostriksiyonuna ve gerçek gürültü çıkışına dayalı olarak hesaplanan gürültü arasında iyi bir yönlendirme elde edildiğini, ancak transformatör çekirdeklerinde meydana gelen gerilimlerin daha iyi anlaşılması ve manyetostriksiyonun gerilim hassasiyeti dikkate alınarak geliştirilebilineceğini söylemiştir [4].

1983 yılında Minoru Kanoi, vd. tarafından yapılan araştırmada, transformatörlerden üretilen gürültünün azaltılmasına yönelik taleplerin artmakta olduğunu ve bir transformatör tarafından üretilen hemen hemen tüm gürültünün, çekirdekteki manyetostriktif titreşimin bir sonucunda gerçekleştiğini ve böyle bir gürültüyü azaltmanın bir yöntemi olarakta transformatörün etrafında bağımsız bir beton ve çelik plaka muhafazası yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, bu yöntemin bazı dezavantajları olduğunu, örneğin ekipman kurulumu için geniş bir alana ihtiyaç duyulduğunu söylemişlerdir. Yazarlar, trafo gürültüsünü azaltmak için

bir transformatörün tankına yakın monte edilmiş yapısal olarak izole edilmiş yeni bir ses yalıtım paneli geliştirmişlerdir. Bu izolasyona ek olarak, destekleyici yapılar yoluyla iletilen küçük titreşim, oldukça sönümlü bir plaka ile daha da azaltılmış ve bu yeni panelin geliştirilmesinde ilk olarak hesaplamalarda optimum bir yapı araştırılmıştır. Daha sonra, yarım ve tam ölçekli modellerle yapılan deneylerde yeni panelin etkinliği doğrulanıp bu yeni ses yalıtım paneliyle elde edilen toplam gürültü azaltımının 14 dB (A) olduğunu ifade etmişlerdir [5].

2015 yılında Jiabi Liang, vd. LabVIEW yazılımını kullanarak, transformatör gürültü ses basıncı seviyesini görüntülemek ve analiz etmek ve ayrıca LMS (Least Mean Squares-En Küçük Kareler) yöntemiyle aktif trafo gürültü kontrol yazılım sistemi tasarlamışlardır. LMS uyarlanabilir filtre algoritmasının adım boyutu ve filtre sırasının gürültü azaltma üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Belirli bir aralıkta, adım boyutu ve filtre sırası arttığında, sistem hızlı bir şekilde birleşir ve daha büyük gürültü azaltımı sağlar. Ancak, bu iki parametreden biri aşıldığında, sistem yakınsama hızı yavaşlayacak ve gürültü azaltma azalacaktır. Sonunda, sistem birbirinden uzaklaşacaktır. On-line izleme ve aktif trafo gürültü kontrol yazılım sistemi ve donanım cihazlarına dayanan deney, gürültü verilerinin gerçek zamanlı olarak erişilmesi, görüntülenmesi, analizi, işlenmesiyle LMS algoritmasının fizibilitesini ve yazılım platformunun güvenilirliğini doğrulayan transformatör gürültü ses seviyesini 10 dB azaltmayı başardığını belirtmişlerdir [6].

2017 yılında Janko Novosel, vd. güç transformatörü tankı tasarımının ses seviyesine etkisini araştırmışlardır. Transformatör tanklarının gürültüsü, tank duvarlarından buşingleri destekleyen güçlendiricilerin yerleşimi, tipi, düzeni ve boyutları, tank kalınlığı, tank şekli ve tipi, yalıtım sıvısı veya gaz (mineral yağ, ester veya hava) gibi çok çeşitli parametrelerden etkilendiğini belirtmiştir. Bir transformatörün gürültü seviyelerinin yeterli bir doğrulukla tahmin etmek için transformatörün tasarım simülasyonunu yapmıştır. Gerçekleştirilen simülasyon sonunda, modal ve harmonik analizinin avantajlarını göstermiştir. Analiz edilen tank yapısında daha yüksek deformasyonlara sahip “zayıf noktalar” olduğunu fark edilip. Harmonik analizinde, sistemin basınç uyarımına dayalı frekans fonksiyonun etkisinden kaynaklı ses basıncı seviyelerinin tepe değerlerinden kaçınmak için “zayıf noktalar” üzerine ilave güçlendirici takviyeler eklenmiştir. Sonuçlar, özellikle 100 ± 10 Hz ve 300 ± 10 Hz

aralığında pik değerlerinde önemli bir düşüş olduğunu göstermiştir. Yazar makalesinde simülasyonda dikkate alınması gereken bazı belirsizliklerin olduğunu da belirtmiştir [7].

2017'de Zhumao Lu, vd. Shanxi eyaletinde bulunan 1000kV UHV transformatörün gürültüsünü ölçmek için ses yoğunluğu ve titreşim yöntemini uygulamışlardır. Transformatörün yağ deposu yüzeyindeki titreşimi, hızlanma dağılımı ölçülüp, analiz edilmiştir. Spektrum analizinin sonuçları, UHV transformatörünün titreşimi ile üretilen gürültünün temel olarak 600 Hz'in altında ve maksimum genliğin 200 Hz' de göründüğü düşük frekanslı bir gürültü olduğunu göstermektedir. Titreşim ivmesinin sonuçları, destek kısmındaki titreşimin nispeten zayıf olduğunu ve bu da transformatör üzerinde koruyucu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir [8].

2018'de Tian-zheng Wang, vd. gürültü bariyerinin kenarlarına yakın kırılma ses dalgalarına karşı koymak için akustik meta malzeme gürültü bariyeri ile birlikte aktif gürültü kontrol yönteminin fizibilitesi 220kV'luk bir güç transformatörü üzerinde incelemişlerdir. Akustik meta malzemeli gürültü bariyerinin, düşük frekanslı gürültüleri azaltması nedeniyle güç trafosu gürültü azaltmada kullanımı beklentisine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Gürültü bariyerinin kenarları boyunca akustik kırınım, genel gürültü azaltımını belirgin şekilde azalttığını ve gürültü bariyerinin kenarlarına yakın kırınan ses dalgalarına karşı koymak için gürültü bariyeri ile birleştirilmiş bir aktif gürültü kontrol (ANC -Active Noise Control) yöntemi önermişlerdir. Düşük frekanslarda iyi ses yalıtım özelliklerine sahip üç sıra HFAMM ünitesinden oluşan gürültü bariyeri, 3D baskı teknolojisi ile üretilmiş ve HFAMM ünitesinin iletim kaybı, teorik olarak simülasyon sonucunda transformatör gürültüsünün ana frekanslarında 20dB'den yüksek olduğu gösterilmiştir. Hedef alanda belirtilen noktalarda ANC ile ses basınç seviyesi deneyinde ANC olmadan 10dB'den daha düşüktür. Akustik meta malzeme gürültü bariyerini ve ANC sistemini içeren deney sistemi kurulmuş ve deney sonuçları, hedef bölgede belirtilen noktalarda ANC ile gürültü azaltımının artmasının sırasıyla 14.68dB, 15.50dB ve 12.68dB olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, yeni yöntemin, transformatör gürültü azaltma için gürültü bariyerlerinin gürültü azaltma performansını iyileştirmek için uygun olduğunu kanıtlamışlardır [9].

2019 yılında Ali Al-Abadi güç transformatörleri tarafından üretilen gürültüyü etkileyen tasarım parametreleri araştırmış ve detaylı bir yük gürültüsü formülleri d-LNF (detailed load noise formulas d-LNF) geliştirmek için kullanmıştır. d-LNF, yük gürültüsünün hesaplanmasındaki güvenilirliğini kanıtlamış olduğunu ve bu nedenle, günlük tasarımlarda düşük gürültülü transformatörleri optimize etmek için kullanıldığını belirtmiştir. d-LNF ayrıca basitleştirilmiş bir LNF geliştirmek için sadece en ilgili parametreleri ağırlıklandırarak geliştirileceğini belirtmiştir. LNF'nin avantajı, sargı, tank duvarının manyetik kalkanlar, tank ve izolasyonların tasarımları hakkında ayrıntılar olmadan da transformatör üreticileri kolayca bilgi sahibi olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca LNF, yük gürültüsü ses basıncını ve güç seviyelerini, mevcut standart Reiplinger formülüne kıyasla yüksek doğrulukla bir formülde hesaplandığını ifade etmiştir [10].

2019'da C. Boonseng, vd. transformatör gürültüsünün kaynaklarından biri olan manyetostriftikliğin çevrimiçi ölçümle kuru tip transformatörde yalıtımın bozulması nedeniyle titreşimin yaşlanma üzerindeki bazı önemli etkilerini incelemişler ve veri madenciliğini kullanarak veri toplamışlardır. Kuru tip transformatör durum izleme için veri madenciliği kullanan ticari yazılımlar geliştirildiğini ve yeni izleme tekniklerinin uygulanmasında, sürekli çevrimiçi izleme sistemlerinin ve ilişkili gerçek zamanlı analizin sürekli gelişimi, modern veri sistemlerinin muazzam kapasitesi ile birleştiğinde, güçlü yeni izleme ve değerlendirme tekniklerinin geliştirilmesini sağlandığını ifade etmişlerdir. Bunun bir örneği kısmi deşarj izleme tekniklerinin kullanılmasıdır. Modern ivme tekniklerinin esnekliği, basit alarm sinyalleri sağlamak için kullanılabilecek veya kuru tip transformatör yalıtım bozulmasının hassas göstergelerini vermek için çok daha karmaşık analizlerle kullanılabilecek çeşitli şekillerde görüntülenmelerini ve analiz edilmelerinin sağlayabileceğini belirtmişlerdir [11].

2019 yılında Ali Al-Abadi, vd. Güç transformatörlerinde oluşan kayıpları ve gürültüyü azaltmak için manyetik şant tasarımını etkileyen etkin parametreler üzerinde inceleme ve optimizasyon işlemleri yapılmıştır. Güç transformatörlerindeki manyetik şantların uygulanmasını optimize etmek için yoğun ölçümler ve sonlu elemanlar yöntemi (FEM - finite element method) simülasyonları yapılmıştır. Araştırma, transformatörlerde oluşan kayıpları ve gürültüyü azaltmak için kaçak akıyı kontrol etmek amacıyla manyetik şant tasarımını

etkileyen etki parametreleri açıklamışlardır. Geliştirilen tasarım araçları, farklı güç değerlerine ve kısa devre empedanslarına sahip vaka çalışması transformatörlerine uygulama yoluyla kayıp ve gürültü azaltma şöntlerini optimize etme güvenilirliğini kanıtlamış olduğunu belirtmişler ve FEM simülasyonları, şöntlerdeki akıyı hesaplamak ve aşırı yük durumu sırasında şant tasarımı için bir kısıtlama seçeneği olarak akı doygunluğunun başlangıcını göstermek için başarıyla kullanılacağını ifade etmişlerdir. Hali hazırda geliştirilen tasarım kuralları kullanılarak yük kayıplarında ve gürültüde önemli azalmalar elde edildiğini ve bu nedenle, nihai güç trafosu tasarımını, kayıpları ve gürültü gereksinimlerini karşılarken malzeme tasarrufu ile optimize etmenin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir [12].

2019'da Fenggang Yang, vd. transformatörün yol açtığı gürültü ve titreşimi doğru bir şekilde hesaplamak için, 1000kVA yağa daldırılmış bir dağıtım transformatörüne COMSOL programına dayalı multifizik kuplaj analizi uygulamışlardır. İlk olarak, manyetik alanın harici devre ile birleştirilmesiyle, manyetik akı yoğunluğunun transformatör çekirdeği üzerindeki dağılımının elde edildiğini, ikinci olarak manyetik akı yoğunluğunu yapı alanının uyarılmasını alarak, titreşim ivmesinin çekirdek üzerindeki dağılımının analiz edildiğini, üçüncü olarak akustik alan analizi gürültü dağılımını elde edebildiğini ve son olarak da sayısal analizi doğrulamak için, titreşim ve gürültünün fiziksel deneyi yüksüz voltajlar altında transformatör gürültüsü ve üç boyutlu titreşim sinyali deneyleri gerçekleştirildiğini belirtmişler ve aşağıdaki sonuçlara varmışlardır:
(1) Yüksüz durumda, yağ deposunun sol tarafı çoğunlukla X ve Z ekseni titreşimidir, ön tarafı esas olarak Y ekseni titreşimidir ve üst yüzey esas olarak Z ekseni titreşimidir. Ek olarak tankın her yüzeyinin ortasındaki titreşim daha şiddetlidir.
(2) Titreşim genliği, temel frekans titreşim genliği ve her ölçüm noktasının gürültüsü yüksüz voltajın artmasıyla artar. Yağ deposunun temel frekans titreşim genliği ve uyarma geriliminin nominal gerilime oranı, kuadrik bir eğriye benzer şekilde doğrusal değildir.
(3) Yüksüz çalışma sırasında transformatörün en şiddetli titreşim konumu esas olarak orta kolon ile üst ve alt boyunduruklar ile yan sütun ve üst boyunduruk arasındaki bağlantıda bulunur [13].

2019'da L. Cassiano, vd. yapılan araştırmada titreşim ve gürültünün iletim yolları yalıtım yağı (sıvı-yapı kuplajı) yolu ve yapısal yol olmak üzere iki ana gruba incelendiğini ve bunların

transformatörden yayılan gürültü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yağ iletim yolunun analizi Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak transformatörün yapısal analizi ele alınmıştır. Vaka çalışmasında bir çekirdek tipi güç transformatörü kullanıldığını ifade etmişlerdir. Üç ardışık simülasyondan oluşan bir sayısal model geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yapısal yollarla, yalıtım yağı tarafından sokulan akustik transmisyonun yayılan akustik basıncın % 38 oranında arttırdığını gözlemlemişler ve yapısal yollar nötralize edilirse, sayısal modelde yağın gürültüye katkısının önemsiz olduğunu ifade etmişlerdir. Bu sonuç, güç transformatörünün frekans yanıtındaki küçük değişikliklerin yayılan gürültü seviyesini önemli ölçüde etkileyebileceği gerçeğiyle doğrulanmaktadır. Gerçekten de, doğal titreşim frekanslarındaki kombine yapısal değişiklikler ve yağ etkisine bağlı etkinin doğru simülasyonu ile, frekans tepkisinin yerel minimumlarını elektromanyetik yükün ana harmonikleriyle eşleştirmek için yapısal tasarım ile optimize edilebileceğini belirtmişlerdir [14].

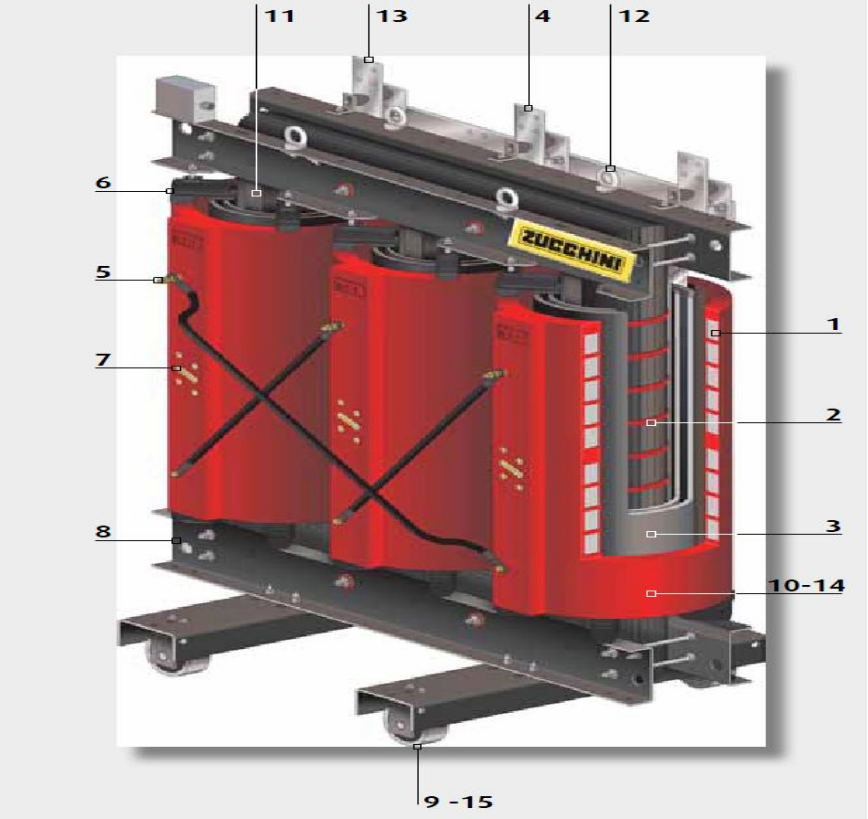
2.1 TRANSFORMATÖRLER

1880'lerden beri hayatımızı şekillendiren teknolojik icatlar, günlük yaşamımızın her alanında bulunan iletişim ve ulaşım gibi elektrik enerjisindeki buluşların temel ilerlemelerinden kaynaklanmıştır. Elektrik gücünün her yerde bulunmasını sağlayan transformatörler günlük yaşamda farkına varmadığımız hareket etmeyen, neredeyse tamamen sessiz olan bir cihazdır. Transformatör 19. yüzyılda sanayi devriminin de etkisiyle o çağda geliştirilmiş olan elektrik güç sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Neredeyse hiç enerji kaybı olmadan yüksek akım ve düşük gerilim elektriği, düşük akım yüksek gerilimli elektriğe (ve tam tersi şekilde) dönüştürebilir. Bu dönüşüm, elektrik enerjisinin en verimli şekilde yüksek gerilimle iletilirken, düşük gerilimlerde kullanılıp ve üretilmesini sağlar. Transformatörlerin yokluğu gibi bir durumda elektriğin ilk üretim yeri ile tüketiciler arasındaki mesafenin kısaltılması gerekecek, yerleşim yerlerinin çoğunluğu sanayi merkezlerinin dibine inşa edilmesi gerekecek ve elektrik kullanımı kısıtlı bölgelerde az kullanışlı bir enerji kaynağı olacaktı. Transformatörleri hayatımızdaki basit elektrikli ev aletlerinde, çok karmaşık elektronik sistemlerde tamamlayıcı bir eleman olarak kullanırız. Örneğin evdeki masa lambası, televizyon ve oyuncakların çoğunda gerilimin artırılıp yükseltilmesinde kullanılır [15, 16].

Transformatörler elektrik iletiminde ve dağıtımda gerilim frekansının değiştirilmeden voltajın yükseltilmesi veya alçaltılmasıyla günümüzde kullanılan başlıca elektrik makinelerinden biridir. Enerji santrallerinde, orta gerilim seviyelerinde elektik enerjisi üretilip, enerji nakil hatlarıyla uzun mesafelere taşınır. Uzun mesafelere taşıma işleminde en az kayıp için de gerilim değerinin yükseltilmesi gerekir. İletimde güç sabit olup, gerilim artışında akım düşecektir. Voltajın artması demek akım kaybının az olması demektir. Taşınan elektrik de kullanılacak yerlere göre (sanayi, mesken vs.) gerilimi uygun çalışma değerine trafolar yardımı ile düşürülür. Ülkemizde alçak gerilim şebekeleri 230 V ve 400 V , orta gerilim şebekeleri 6,3 kV, 15 kV ve 33 kV (6,3 kV ve 15 kV kaldırılmakta), yüksek gerilim ise 66 kV ve 154 kV ve çok yüksek gerilime sahip şebekeler de 380 kV kullanmaktadırlar [15].

2.1.2. Kuru Tip Transformatör

Atmosfer altında ya da gaz içinde çalışan trafolardır. Alçak ve yüksek gerilim sargıları kapalı ortamda dökme reçineli olarak imal edilirler. Genellikle yer altı trafo merkezlerinde bina içinde ve büyük alışveriş merkezlerinde kullanılırlar. Kuru tip transformatör yağlı tip trafolar gibi bakım gerektirmez. Nem ve ısı değişikliklerine karşın ve sargı yalıtımında kullanılan epoksi kolay kolay yanmayan ve kendiliğinden sönebilen malzeme olduğu için yangın çıkarma riski azdır. Soğutma işlemi için fan takılabilir [16].



Şekil 2.1: Kuru Tip Transformatör [17]

Tablo 1: Şekil 2.1 kuru tip transformatör bölümleri

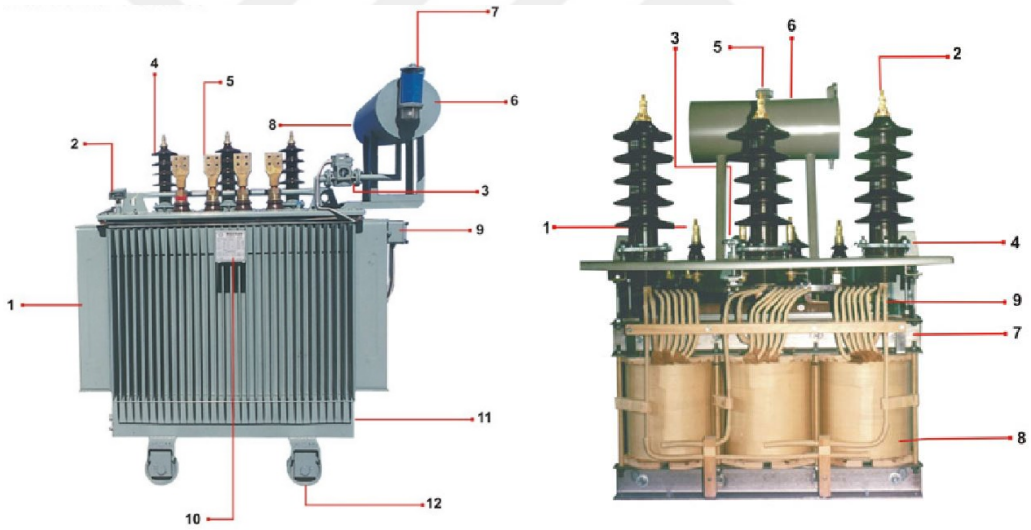
1	YG Sargılar	8	Yapı Çerçevesi
2	Çekirdek	9-15	Tekerlekler
3	AG Sargılar	10-14	Epoksi Reçine ve Yalıtım Malzemesi
4	AG Bağlantılar	11	Sıcaklık Sensörleri
5	YG Bağlantılar	12	Kaldırma Halkaları
6	Ses Yalıtımı Malzemesi	13	AG Direk Bağlantı
7	Kademe Değiştirici Bağlantıları		

2.1.3. Yağlı Tip Transformatör

Yağlı tip trafoların sargıları tamamen yağın içine batırılmıştır. Hermetik ve yağ genleşme depolu olarak ikiye ayrılırlar.

Yağ genleşme depolu transformatörler atmosfere açıktır bu yüzden sıcaklıktan etkilendiği için slikajel (hava kurutucu) sayesinde havanın nemi alınarak hava alışverişi sağlanır. Sıcaklıkla artan yağ hacmi yüzünden genleşme depolarının boyutları yağın genleşmesini depolayacak şekilde imal edilir. Bu tip trafoların belli aralıklarla kontrollerinin yapılması gerekir [16].

Hermetik tip transformatörler atmosfere kapalı olarak fabrika ortamında hermetik basınç ayarı yapılarak imal edilir. Trafo tankının iç tarafında yağ ve hava teması olmadığı için yağda bozulma olmaz. Hava ile temas olmadığından transformatör yağı nem almamaktadır. Bu nedenle hermetik tip trafolar genleşme depolu olanlara göre daha uzun ömürlü olmaktadır. Hermetik trafolar, buşinglerin temizliği ve koruma cihazlarının kontrolü dışında bakıma ihtiyaç duymaz [16].



(a) (b)

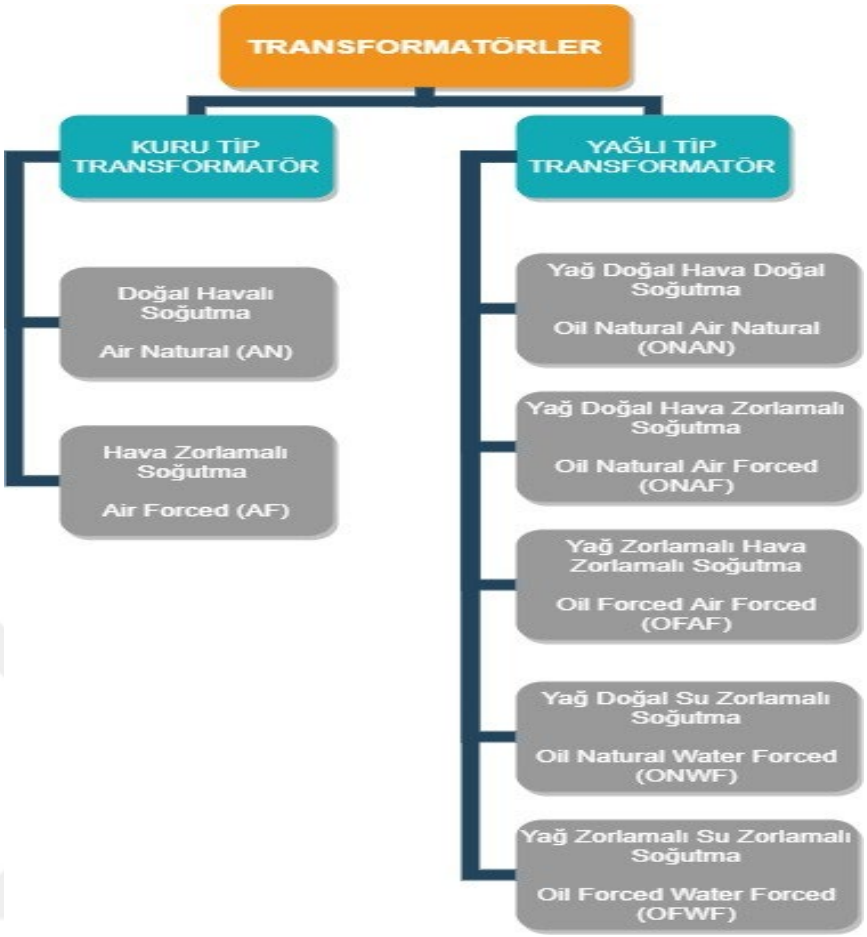
Şekil 2.2: Yağlı tip trafo (a)Dış kısım, (b) İç kısım [18]

Tablo 2:Şekil 2.2 trafo kısımları

	Dış Kısım	İç Kısım
1	Dalga Duvar Kazan	AG İzalatör
2	Kadranlı Kontaklı Termometre	YG İzalatör
3	Bucholz Rölesi	Komütatör
4	YG İzalatör	Kaldırma Kulağı
5	AG İzalatör	Yağ Doldurma Kapağı
6	Yağ Genleşme Deposu	Slikajel Bağlantı Flanşı
7	Silikajel Kutusu	Boyunduruk
8	Manyetik Yağ Seviye Göstergesi	Sargılar
9	Klemens Kutusu	Komütatör Bağlantı
10	Etiket	
11	Yağ Boşaltma Vanası	
12	Tekerlek	

2.1.4. Kuru Tip ve Yağlı Transformatörlerin Soğutma Yöntemleri

Transformatörün soğutma amacıyla çeşitli soğutma yöntemlerinde hava, sentetik yağlar, mineral yağlar, gaz, su kullanılmaktadır. Genel olarak kullanılan kuru tip ve yağlı tip transformatörlerin soğutulma yöntemleri aşağıda verilmiştir.



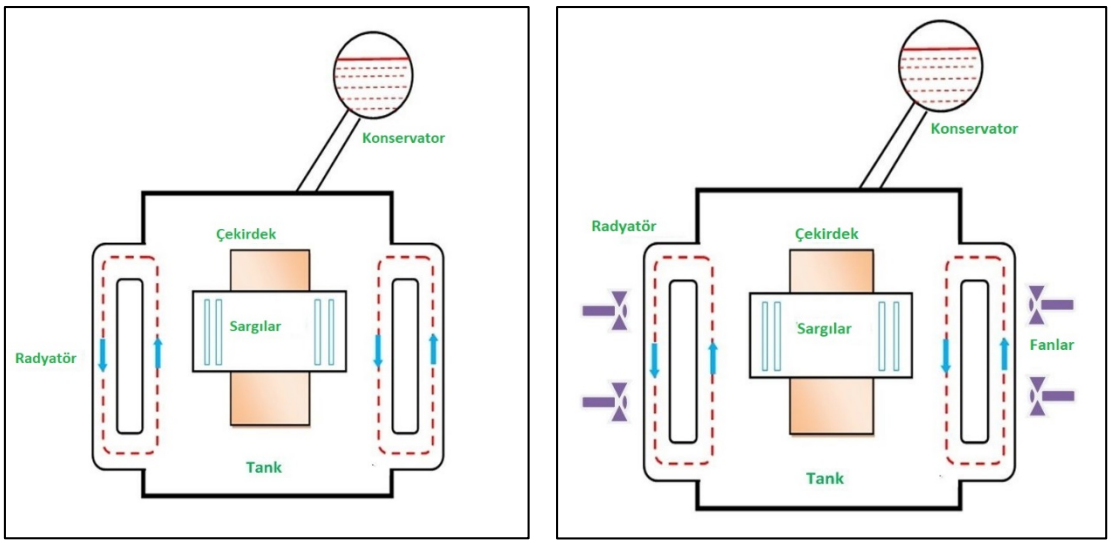
Şekil 2.3: Transformatör Soğutma Yöntem ve Şekilleri

Doğal Hava (AN) Air Natural yöntemiyle, transformatörde üretilen ısı doğal havanın dolaşımı ile soğutulur. Transformatörün sıcaklığı, çevredeki havanın sıcaklığına kıyasla daha yüksek olduğunda, doğal konveksiyon işlemiyle ısıtılan hava, soğuk hava ile değiştirilir. Bu yöntem aynı zamanda kendi kendine soğutulan bir yöntem olarak da bilinir. Bu yöntem, 1.5 MVA'ya kadar olan kuru ve yağlı tip transformatörleri soğutmak için kullanılır.

Hava Zorlamalı (AF) Air Forced yöntemde, üretilen ısı cebri hava sirkülasyonu yöntemi ile soğutulur. Fanlar ve üfleyiciler yardımıyla, transformatörün çekirdeğinde ve sargılarında yüksek hava hızı zorlanır. Transformatör içindeki sıcaklık standart güvenli seviyenin üzerine çıktığında, bir alarm etkinleştirilir ve fanlar ve üfleyiciler otomatik olarak açılır. Bu yöntem 15 MVA'ya kadar transformatörlerde kullanılır.

Yağ Doğal Hava Doğal (ONAN) Oil Natural Air Natural yöntemde doğal işletme sistemi sayesinde bakım maliyeti ve servis maliyeti yoktur. Çekirdek ve sargılar ısındıkça, transformatördeki yağın sıcaklığı yükselir. Bunun sonucunda yağ yukarı doğru hareket eder ve transformatör tankının üst kısmından akar. Bu sıcak yağ, Şekil 2.4a'da gösterildiği gibi doğal konveksiyon ve iletim işlemiyle havadaki ısıyı dağıtır, yağ doğal havanın dolaşımı ile soğutulur [19].

Yağ Doğal Hava Zorlamalı (ONAF) Oil Natural Air Forced yöntemi genellikle güç transformatörlerinde kullanılır. Transformatöre fanlar ve üfleyiciler monte edildiğinde, radyatöre ve soğutma kulelerine yüksek hızda hava uygulayarak yağın daha hızlı ve verimli bir şekilde soğutulmasına yardımcı olur. Bu yöntemde fan ve üfleyiciler ilave bir soğutma ekipmanı olarak bağlandığından, yağ ve hava dolaşımının doğal olarak yapıldığı başka bir işleme kıyasla maliyet daha yüksektir. Yağdaki ısı transfer mekanizmaları ONAF için ONAN soğutma tipiyle aynıdır, ancak yağ akış hızı, soğutuculardan harici soğutma ortamına daha verimli bir şekilde dağılmasının bir sonucu olarak biraz daha iyi olabilir. ONAF soğutması için ısı transfer mekanizmaları Şekil 2.4b'de gösterilmiştir [19].



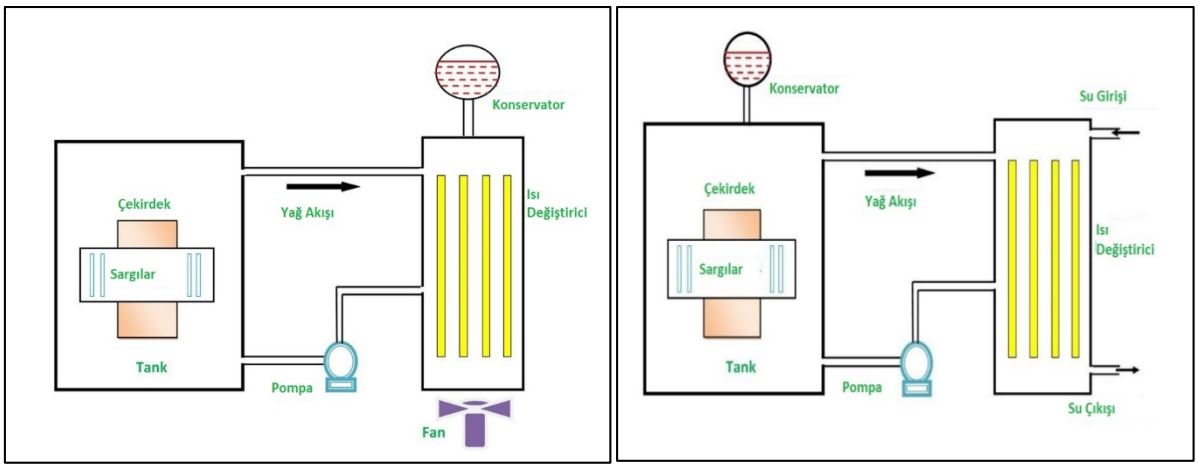
(a) (b)

Şekil 2.4: (a)ONAN soğutma, (b)ONAF soğutma şekilleri [20]

Yağ Zorlamalı Hava Zorlamalı (OFAF) Oil Forced Air Forced sistemin adında anlaşılacağı gibi hem yağın hem de havanın transformatörün soğutulması için kuvvet uygulandığı sistemdir. Bu yöntemde transformatör üzerinde düşük yük olduğunda soğutma ONAN sistem gibi davranır.(Şekil 2.5a) Yük arttığında üretilen ısı da daha fazla olur bağlı olan sensörler yardımıyla sistem OFAF'a döner [20].

Yağ Doğal Su Zorlamalı (ONWF) Oil Natural Water Forced soğutma yönteminde transformatör çekirdeği ve sargılar yağ tankına daldırılır. Tankın dışına bir radyatör monte edilir. Sıcaklık yükseldiğinde ısınan yağ yukarı doğru hareket eder, doğal konveksiyon işlemi ile ısı dağılır ve yağ radyatörden geçirilir, ancak bu kez su pompalanır ve soğutma için ısı eşanjöründen yağ geçirilir [19].

Yağ Doğal Su Zorlamalı (OFWF) Oil Forced Water Forced bu yöntem OFAF yöntemine benzer, sıcak yağ, bir yağ pompası vasıtasıyla ısı eşanjörüne gönderilir. Isı eşanjörünün içerisindeki borularda dolaşan sıcak yağ, su ile ısı değişimi yaparak soğur.(Şekil 2.5b) Bu tip soğutma hidroelektrik santralinde kurulu olan transformatör için yapılır [19].



(a) (b)

Şekil 2.5: (a)OFAF soğutma, (b)OFWF soğutma şekilleri [20]

2.2 TRANSFORMATÖR GÜRÜLTÜSÜ

Gürültü, işitmeyi olumsuz etkileyen, yüksek veya rahatsız edici olarak değerlendiren ve istenmeyen seslerdir. Gürültü kirliliği genellikle insanlarda veya diğer canlı organizmalarda olumsuz etkilere neden olabilecek yüksek ses seviyelerine düzenli maruz kalma olarak tanımlanır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, maruziyetin ne kadar uzun veya tutarlı olduğuna bakılmaksızın 70 dB'den düşük ses seviyeleri canlı organizmalara zarar vermemektedir. 85 dB'in üzerindeki sabit gürültüye 8 saatten uzun süre maruz kalmak tehlikeli olabilir. Nitekim 6331 sayılı kanunda da 85 dB üzeri gürültü bulunan sahalarda çalışanların kulak koruyucu işitsel koruyucu donanım takması yasal zorunluluktur. Yoğun bir yol veya otoyolun yakınında günde 8 saat çalışıyorsanız, muhtemelen 85 dB civarında trafik gürültüsü kirliliğine maruz kalırsınız [21].

Günlük hayatımızdaki bazı ses kaynaklarının dB değerleri aşağıdaki gibidir;

Tablo 2.1: Bazı Ses Kaynaklarının (dB) Değerleri [22]

(dB)	Örnekler	Subjektif Değerlendirme
140	Jet motoruna yakın	Hasar Verici
130	Ağrının Başlangıcı	
105	Kuvvetli rock müzik	
100	3m uzaklıkta otomobil klakson sesi	Çok Yüksek
90	Şehir cadde gürültüsü	
82	Fabrika gürültüsü	
80	Akustik yalıtım yapılmamış okul, kantin gürültüsü	Yüksek
62	Açık trafikli yol	
62	Tali bir yolun gürültüsü	Orta
50	Büro gürültüsü	
40	Konutta düşük düzeyde çalınan müzik	Düşük
20	Fısıltı	Çok Düşük
8	İnsanın nefes alış verişi	
0	İşitmenin başlangıcı	

Sesin iki temel karakteristiği frekans ve şiddettir. Frekans birim zamandaki titreşim sayısı olup, birimi Hz' dir. Bütün titreşimler insan kulağı tarafından duyulmaz. İnsan kulağı 20 Hz

ile 20 kHz'lik frekans aralığında sesleri duyar. İnsan kulağın en duyarlı olduğu frekans aralığı 1kHz - 4 kHz arasıdır. Ses basınç seviyesi birimi desibeldir ve dB simgesi ile gösterilir. Ses seviyesinin birimi, kullanılan ağırlık eğrisine göre dB(A), dB(B) ya da dB(C) dir [22].

Gürültü seviyesi dB(A) olarak ölçülür. dB(A) birimi logaritmik bir büyüklüktür. İnsan işitmesinin başlangıcı 0 dB(A), son eşik hasar verici boyut 120–130 dB(A)'dır. Bir ses yaklaşık 6-10 dB(A) artarsa insan kulağı tarafından 2 kat olarak hisseder [22].

Trafo merkezlerindeki bir güç transformatörünün ses düzeyi genel olarak 60-80 dB(A) aralığındadır. Transformatör gürültüsü, transformatör boyutuna, gerilim büyüklüğüne ve tasarıma bağlı olarak farklı oranlarda olmaktadır. Kentsel alanlardaki trafo gürültüsüne bağlı şikayet oranları trafo merkezlerinin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bölgeler gürültü seviyelerine göre sınırlandırılabilir [23].

- Sanayi bölgesi < 75 dB(A)
- Ticaret bölgesi < 65 dB(A)
- Yerleşim bölgesi < 55 dB(A)

Trafo merkezlerindeki ses seviyelerini azaltmak için bazı yöntemler vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz [23];

Düşük darbeli gürültü ekipmanları açık hava tip anahtarlama ekipmanları trafo merkezlerindeki gürültünün başlıca nedenidir. Şalt sistemi yapımı ve mümkünse vakum veya üfleme (puffer) devre kesicilerinin kullanılması, darbe emisyonlarını kontrol etmenin en etkili yoludur [23].

Saha konumu trafo merkezlerinin bulunduğu alan gürültü seviyelerine duyarlı olduğu bilinen bir alana, saha yerinin uygun seçimi bir gürültü azaltma yöntemi olarak etkili olabilir [23].

Bariyerler ve duvarlar trafo merkezinde transformatörün etrafında duvarlar ses emici paneller veya saptırıcılar (deflector) kullanılabilir. Düzgün yapılandırılan ses bariyerleri gürültü seviyesinde birkaç desibel azalma sağlayabilir [23].

Ekipman yerleşimi trafo merkezlerinde transformatörlerin konumlarının bölge içerisinde kenar taraflara değil de merkeze konumlandırılmasıyla gürültü azaltılabilir [23].

Daha büyük bahçe alanı trafo merkezi gürültü yoğunluğu mesafe ile ters orantılı olarak değişir. Trafo merkezinin bulunduğu bölgenin parselinin büyüklüğünü arttırmayı içerir her türlü gürültüyü kontrol etmek için etkili bir stratejidir [23].

Aktif gürültü önleme teknikleri transformatör gürültüsü sorununa bir başka çözüm, kaynakta istenmeyen gürültüyü iptal etmek için aktif gürültü kontrol teknolojisinin kullanımını içerir Aktif gürültü önleme sistemleri, 20 dB'e kadar gürültü azaltımı sağlayabilir [23].

Trafo ses seviyelerinin azaltılması güç trafoları, voltaj regülatörleri ve reaktörler bir trafo merkezindeki sürekli yayılan birincil gürültü kaynakları olduğundan, ekipman tasarımına dikkat edilmesi, trafo merkezindeki gürültü emisyonlarının kontrolünde önemli bir etkiye sahip olabilir [23].

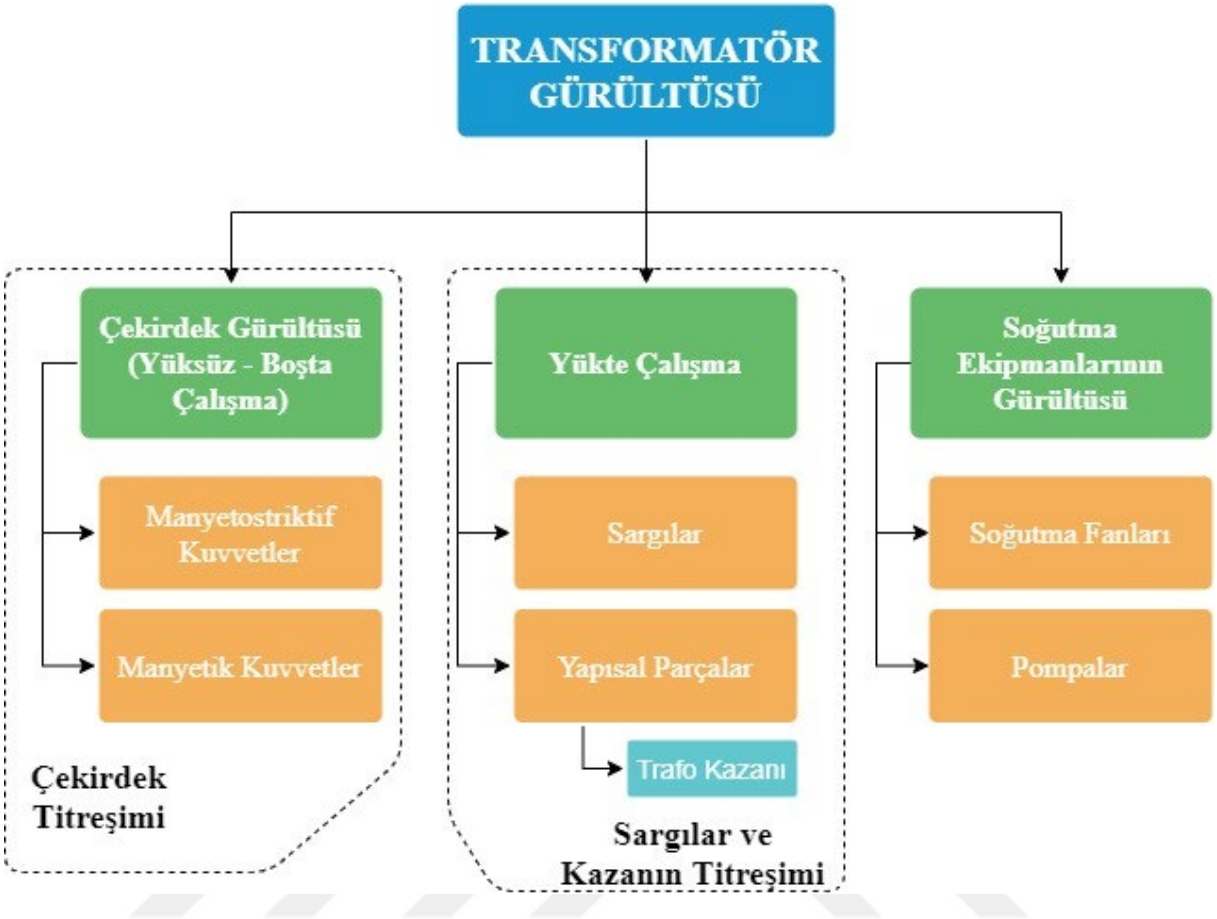
2.2.1 Transformatör Gürültü Nedenleri

Transformatörler elektriğin iletimi veya üretimi aşamalarında bir voltaj seviyesinden diğerine dönüştürülmesi için temel sistemler olarak güç transformatörlerinin çeşitli gürültü kaynakları vardır. Bunlardan güç transformatörünün gürültüsüne sebep olan üç temel gürültü kaynağı Şekil 2.6' da gösterildiği gibidir. Bir transformatördeki gürültü üretiminin birincil kaynağı, bu parçalarla ilişkili dalgalanan elektromanyetik akının etkisi altında transformatör çekirdeğinin ve sargı bobinlerinin mekanik deformasyonudur . Manyetostriksiyon özellik çekirdeğin üretildiği malzemelere göre değişebilmektedir. Bu malzemeler tane yönelimli elektriği çeliği olarak bilinen (Grain Oriented Electrical Steel – GOES) malzemelerin çeşitleridir. Yüksek geçirgenlikte (High permeability grain oriented) ya da konvensiyonel tane yönelimli (CGO - Conventional grain oriented) gibi bazı çeşitleri vardır. GOES; büyük küçük transformatörlerin, yüksek performanslı jeneratörlerin ve şönt reaktörlerin üretiminde

kullanılan önemli bir malzemedir. Transformatörde oluşan gürültüyle ilişkili fiziksel olaylar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [24]:

1. Bir transformatör çekirdeğinin malzemesi manyetostriktif özellikler gösterir. Çekirdeğin titreşimi üzerine çalışmalar yapan Mizokami titreşimin manyetostriksiyonu ve gürültü seviyesini artırdığını göstermiştir. Zhu, çekirdekte kullanılacak nanokristal yumuşak manyetik kompozit malzeme ile katmanlar arasındaki boşlukları doldurmanın çekirdeğin manyetostriksiyonunu ve titreşimini azalttığını bulmuştur [25]. Çekirdeğin sacları arasında fazla boşluklar olduğunda, periyodik manyeto-itici kuvvet çekirdek saclarının birbirine çarpmasına ve gürültü üretmesine neden olabilir. Ayrıca, akım taşıyan bobinlerin sargılarında gevşeklik varsa titreşimlere neden olabilir [26].

2. Bir transformatördeki soğutma fanları ve pompalar gibi bazı cihazlarında gürültü kaynağı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2.6: Transformatör gürültü nedenleri

2.2.2 Yüksüz Çalışmadaki Gürültü

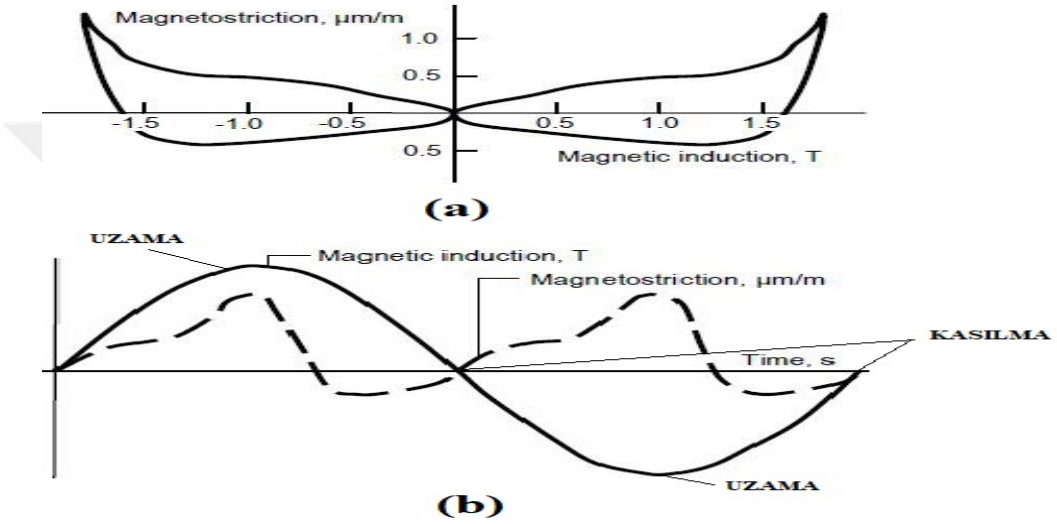
Transformatörlerin yüksüz(boşta çalışma) gürültüsüne genellikle iki ana gürültü kaynağı neden olur. Manyetostriksiyon ve saclar arası manyetik kuvvetlerdir. Manyetostriksiyon, alternatif bir manyetik alanda çekirdek katmanlarının küçük mekanik deformasyonları için kullanılan bir terimdir. Manyetostriksiyon alternatif manyetik alan nedeniyle malzemenin boyutlarındaki küçük değişiklikleri açıklar. Saclar arası manyetik kuvvetler, manyetik akı, örneğin yığılmış çekirdeğin ek yerlerinde, farklı geçirgenlikteki malzemeleri geçmeye zorlandığında ortaya çıkar [27].

Yüksüz gürültü trafonun boşta çalışmasında meydana gelen gürültüdür. Manyetostriksiyon, güç transformatörlerinde çekirdek gürültüsü olarak da bilinen yüksüz çalışmadaki gürültüsünün ana kaynağı olarak bilinir. Manyetostriksiyon, ferromanyetik malzemelerin bir

özelliğidir ve alternatif manyetik alanın neden olduğu geometrik boyutların değişimini açıklar. Genellikle manyetostriksiyon gerinimi

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L} \tag{2.1}$$

L malzemenin uzunluğu iken, ΔL uzunluktaki değişiklik olarak tanımlanır.



Şekil 2.7: (a)Akı yoğunluğunda manyetostriksiyon, (b)Akıya göre çekirdek katmanı uzunluğundaki değişiklik [28]

Bir transformatöre uygulanan AC voltaj mıknatıslanmadan kaynaklanan, çekirdekte bir akı veya manyetik kuvvet çizgileri üretir. Akı derecesi, manyetostriksiyon miktarını (uzamalar ve kasılmalar) gürültü seviyesini belirleyecektir. Bu uzamalar ve kasılmalar düzgün değildir. Daha yüksek akı yoğunluklarında, akı yoğunluğuna göre manyetostriksiyon eğrisi de doğrusal olmayacaktır. Manyetostriksiyonun değeri, Şekil 2.7a' da gösterilen manyetik indüksiyona, transformatör çekirdek katmanı tipine ve elektromanyetik kuvvetlerin etkisinden kaynaklanan mekanik gerinimlere bağlıdır [28].

Bir parça manyetik çelik sac mıknatıslandığında kendini genişletecektir. Mıknatıslanma ortadan kalktığında, eski haline geri döner. Bir transformatör çekirdeği, Şekil 2.7b'de gösterildiği gibi çekirdeğin katmanları AC voltajla uyarıldığında, tam bir mıknatıslama döngüsü sırasında iki kez uzatılmasına ve büzülmesine neden olur [29]. Bu nedenle,

gürültünün veya titreşimin temel frekansı, güç kaynağının frekansının iki katıdır. Böylece, şebeke gerilimi 50 Hz frekansta, temel frekansı 100 Hz ya da 60 Hz frekansta, temel frekansı 120 Hz olan titreşimden kaynaklanan gürültüye neden olur. İlk temel harmoniğin yanı sıra yüksek harmonik seviyelerinde çekirdeğin gürültü seviyesi de artar. Manyetik çekirdeğin gürültü seviyesi için kullanılan deneysel ifade [28]:

$$L_{wa}(çekirdek) = k1 \log GFe + k2.B + k3 \quad (2.2)$$

L_{wa} → A ağırlıklı ses gücü seviyesi
B → Çekirdek içindeki indüksiyon
k1, k2 → katsayılar
k3 → Transformatörün sac tipini, çekirdeğin tipini ve yapısını, transformatörün tankının frekansını, tasarımını dikkate alan deneysel katsayıdır.

2.2.3 Yükte Çalışmadaki Gürültü

Transformatörün yük gürültüsüne, yükte çalışmasındaki akımlar tarafından üretilen sızıntı alanlarından kaynaklanan elektromanyetik kuvvetler nedeniyle trafo kazanı duvarlarındaki, manyetik kalkanlardaki ve transformatör sargılarındaki titreşimler neden olur. Bu elektromanyetik kuvvetler, yük akımlarının karesi ile orantılı ve yük gürültüsünün frekansı genellikle elektrik dağıtım şebekesinin (yani 50 Hz için 100 Hz) frekansının iki katıdır. Transformatördeki yük gürültüsü genellikle eksenel ve radyal titreşim sonucunda meydana gelir. Trafo tank duvarlarına sıkıca tutturulmuş sert katmanlı manyetik kalkanlar, rezonansın önlenerek yük gürültüsünün azalmasını sağlayabilir. Manyetik kalkanların tasarımı, transformatörlerin gücü dikkate alınarak tasarlanmalıdır [30].

Çalışmalar, çok büyük bobinler haricinde, radyal titreşimlerin sargı gürültüsüne etki etmediğini göstermiştir. Elektromanyetik kuvvetler eksenel titreşimler üretir ve bu titreşimler sonucunda sargılarda gürültü oluşabilir. Yük akımı ve geriliminde harmoniklerin varlığı, harmonik frekanslarının iki katında titreşim oluşmasına ve dolayısıyla bir transformatörün gürültü seviyesinin artmasına neden olur [30].

Belirli bir yükte sargı için deneysel formülle sargıların gürültü seviyesi aşağıdaki ifade kullanılarak hesaplanabilir [28]:

$$L_{wa}(sargı) = k1 + k2 \log Sr + 40 \log \alpha \quad (2.3)$$

Sr → transformatörün nominal gücü,

k1, k2 → katsayılar

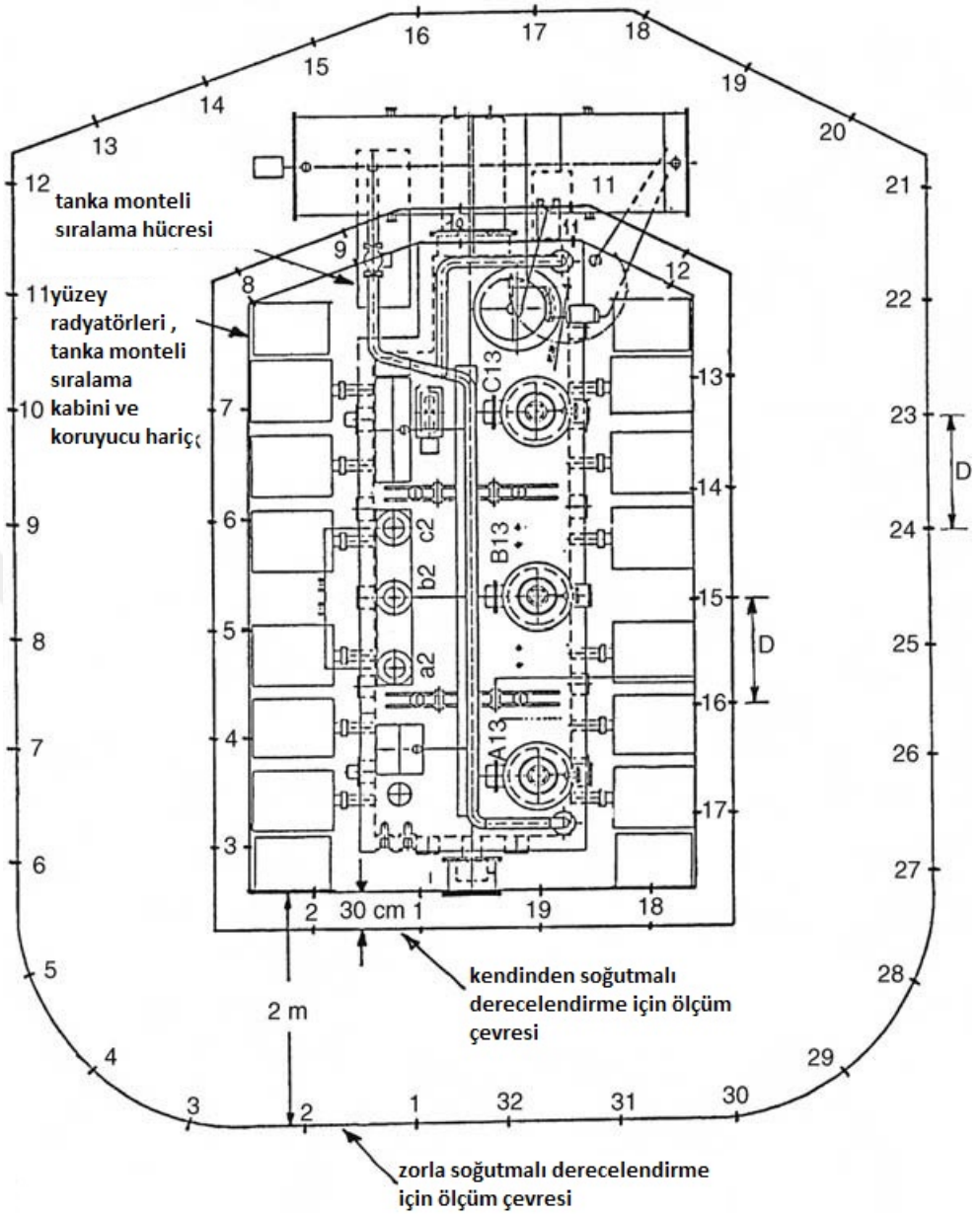
α → bağıl yükü (yük Akımı / nominal akımı) gösterir.

Yük akımı gürültü seviyesi büyük ölçüde transformatör yüküne bağlıdır. Akımı yüzde 50 azaltmak yük akımı gürültüsünün 12 dB azalmasını sağlar.

2.2.4 Soğutma Ekipmanlarının Gürültü

Transformatör gürültüsüne etki eden diğer önemli gürültü kaynağı, soğutma fanları ve yağ pompaları gibi transformatör soğutma ekipmanlarının gürültüsüdür. Soğutma fanları, insan kulağının transformatör çekirdeğinin manyetostriksiyonun etkisiyle ürettiği 100 Hz temel frekanstan daha hassas olduğu bir frekans bandı olan 500-2000 Hz aralığında ses üretir [31].

Güç transformatörleri, transformatörün çekirdeği, bobinleri ve diğer metalik yapısal çalışmasıyla ısı üretir. Bu ısı radyatörler veya soğutucular ile transformatörün üzerine hava üfleyen fanlar tarafından uzaklaştırılır. Fanların toplam gürültüsünü artıran faktörler arasında fanların dönüş hızı, kanat tasarımı, kanat sayısı ve fan sayısı gibi birçok faktör vardır. Fanların ses gücü seviyesini bu etkenler oluşturmaktadır [32]. Birçok soğutmalı transformatör için soğutucu, transformatörler düşük yükte çalıştığı zaman transformatörün kendisinden önemli ölçüde daha büyük bir gürültü kaynağı olabilir. Örneğin Şekil 2.8'de plan görünümünde gösterilen transformatör 80 MVA'lık iki pompa ve sekiz fan kullanarak ODAF (Oil Directed Air Forced) dereceli tanka monteli radyatörlere sahip 40 MVA ONAN sınıfı 132/33 kV transformatördür. Bu transformatörün ONAN modunda çalışması sonucu 66 dBA ses gücü seviyesinde gürültü oluşmuş ancak belli bir yüklenmeyi geçmesi durumunda ODAF modunda çalışan tüm pompalar ve fanlar ses gücü seviyesi 82 dBA'ya yükselmiştir [31].



Şekil 2.8: ONAN ve ODAF soğutmalı radyatör monteli transformatörün ses ölçüm planı [31]

3. MALZEME VE YÖNTEM

Trafo gürültüsü ile talep tarafı arasındaki ilişkiyi yapay sinir ağları yöntemlerinden ileri beslemeli ve tekrarlayan sinir ağları (Recurrent Neural Network-RNN) yöntemiyle açıklamaya çalışan bu tezimizde saha ölçüm cihazları ve yöntem bu bölümde detaylandırılmıştır.

3.1. SAHA ÖLÇÜM EKİPMANLARI

Bu çalışmada trafo gürültüsü analizi için gürültüye etkiyen faktörlerde hesaba katılacağı için çevre ölçüm ekipmanları olarak termal kamera, ses seviye ölçer ve nem ölçer cihazları kullanılmıştır.

Bu çalışmada trafo sıcaklığını ölçmek için FLIR T-335 termal kamerası kullanılmıştır. Cihazın çalışma sıcaklığı –15°C'den +50°C aralığında çalışmakta ve ölçülen nesnenin sıcaklığı –20°C'den +650°C'ye kadar 0.05°C termal hassasiyet ile ölçüm yapma özelliklerine sahiptir. Ölçümlerde kullanılan cihaza ait fotoğraf Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Ölçümlerde kullanılan termal kamera

Bu çalışmada trafo gürültüsünün alınması için dördü bir arada ölçüm cihazı sıcaklık, nem, ışık ve ses ölçümü yapan Cem DT-8820 kullanılmıştır. Ses ölçüm aralığı Lo (Low/düşük) 35dB - 100dB / Hi (High/yüksek) 65dB - 130dB, ses hassasiyeti ±3,5 dB (94 dB seviyesinde) özelliklerine sahiptir. Ölçümlerde kullanılan cihaza ait fotoğraf Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: Ölçümlerde kullanılan ses ölçüm cihazı

3.2 ÖLÇÜMÜ YAPILAN TRAFO TİPİ ÖZELLİKLERİ

İkitelli OSB'de bulunan imalat tarihi 1994 ve 2017 model, güçleri 1000 KVA-1250 KVA-1600 KVA yağlı hermetik tip ve genleşme depolu olan 8 adet trafonun etiketleri değerleri aşağıda verilmiştir. Bu trafolar farklı zamanlarda aralık ve mart aylarında ölçümleri alınmıştır.

Tablo 3.1: Trafo Etiket Değerleri

	ÜRETİM YILI	TOPLAM AĞIRLIK (KG)	GÜÇ (kVA)	BAĞLANTI GRUBU	EMPEDANS (%Uk)	SOĞUTMA TİPİ	BOŞTA KAYIP (W)	YÜK KAYBI (W)	FREKANS (HZ)	YÜKSEK GERİLİM (V)	ALÇAK GERİLİM (V)
Trafo-1	1997	3950	1600	DYN11	6,59	ONAN	2590	16190	50	1- 30000	
										2- 31500	
										3- 33000	400/231
										4- 34500	
										5- 36000	
Trafo-2	1994	3805	1250	DYN11	6,12	ONAN	2030	14383	50	1- 36000	
										2- 34500	
										3- 33000	400/231
										4- 31500	
										5- 30000	
Trafo-3	2017	4570	1600	DYN11	6,22	ONAN	2014	13513	50	1- 28500	
										2- 30000	
										3- 31500	
										4- 33000	400/√3
										5- 34500	
										6- 36000	
Trafo-4	2017	3539	1600	DYN11	6	ONAN	1799	13764	50	1- 28500	
										2- 30000	
										3- 31500	
										4- 33000	400/231
										5- 34500	
										6- 36000	
Trafo-5	1997	2721	1000	DYN11	5,88	ONAN			50	1- 30000	
										2- 31500	
										3- 33000	400/231
										4- 34500	
										5- 36000	
Trafo-6	1997	2721	1000	DYN11	5,78	ONAN			50	1- 30000	
										2- 31500	
										3- 33000	400/231
										4- 34500	
										5- 36000	
Trafo-7	1998	4421	1600	DYN11	6	ONAN			50	1- 30000	
										2- 31500	
										3- 33000	400/231
										4- 34500	
										5- 36000	
Trafo-8	2017	4570	1600	DYN11	6,06	ONAN	2058	13227	50	1- 28500	
										2- 30000	
										3- 31500	
										4- 33000	400/231
										5- 34500	
										6- 36000	

3.3 YÖNTEM

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağları ile çalışılmıştır. Yapay sinir ağları (YSA) ve transformatörlerdeki kullanımına dair günümüze kadar çalışmalar yapılmıştır bu çalışmalardan bazıları şunlardır.

İnsan beyni, gerçek dünyadaki durumların bağlamını bilgisayarların yapamayacağı şekilde yorumlar. Sinir ağları ilk olarak 1950'lerde bu sorunu çözmek için geliştirildi. Yapay bir sinir ağı, bir insan beynini oluşturan nöron ağını simule etme girişimidir, bilgisayarın aynen insanlar gibi bir şeyler öğrenebilmesini ve öğrendiklerinin sonucu olarak kararlar

verebilmesini amaçlar [33]. Beyin oldukça karmaşık, doğrusal olmayan bir bilgi işleme sistemidir. Bazı hesaplamaları (ör. Örüntü tanıma, algılama ve motor kontrolü) bugün var olan en hızlı dijital bilgisayardan çok daha hızlı gerçekleştirmek için nöronlar olarak bilinen yapısal bileşenlerini düzenleme yeteneğine sahiptir. Örneğin, bilgi toplama işlevi olan bir insanın çevresini algılaması durumunu düşünün ve yorumlayabilmesi için çevresi ile etkileşime girmesi ihtiyaç duyulan bilgileri alması görsel sistemin işlevidir. Beyin rutin olarak algısal tanıma görevlerini (örneğin, alışılmadık bir sahneye gömülü tanıdık bir yüzü tanıma) yaklaşık 100–200 ms içinde gerçekleştirirken, çok daha az karmaşık olan görevler güçlü bir bilgisayarda çok daha uzun sürer. YSA ile insandaki tanıma görevlerinin bilgisayara öğretilmesi amaçlanır [34].

1997'de J. Pihler, vd. dijital güç transformatörü korumasını geliştirme olasılığına çalışmışlardır. Güç transformatörlerinde demerajın anında, mevcut sayısal korumanın güvenilmez hale geldiğini belirtmişlerdir. Transformatörün kalkış tespitine Yapay Sinir Ağı (YSA) uygulamışlar ve entegre dijital diferansiyel güç trafosu korumasına işletim güvenilirliğinin koruma algoritmasına yapay bir sinir ağı ekleyerek çalışmalarını önerilen koruma algoritmasıyla 30 kVA ve 50 MVA trafolarda yapılan testlere uygun olduğu kanıtlamışlardır. Dijital diferansiyel güç trafosu korumasının yapay sinir ağı ile yapılması, yazılım ve donanımı temelden değiştirmedi. Çalışmanın sonucunun Kalkış akımının 2. Harmonik bileşeninde güvenilir demeraj çalışması, biraz gecikmeli kısa devre ile kalkışta artan çalışma hızı ve kısmen doymuş akım trafolarında güvenli koruma çalışması olduğunu belirtmişlerdir [35].

2001 yılında A.S. Farag, vd. dağıtım trafosunun arıza teşhisi için Yapay Sinir Ağları (YSA) sistemi geliştirmişlerdir. YSA, dağıtım trafolarının arızalarından elde edilen gerçek verileri kullanarak Geri Yayılma Algoritması kullanılarak eğitmişlerdir. YSA, belirli çıktıları vermek için altı faktöre göre altı ayrı YSA'dan oluşturulduğunu ve bu faktörlerin; trafo yaşı, hava durumu, hasarlı buşingler varsa, hasarlı kasa veya mahfaza varsa, yağ sızıntısı varsa ve sargılarda herhangi bir arıza olup olmadığına göre oluşturulduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda dağıtım transformatörleri, en yaygın olanı yıldırım ve anahtarlama dalgalanmaları olmak üzere birçok nedenden dolayı hizmette başarısız olabildiğini en yaygın listelenen arıza nedenleri şunlardır:

a) yıldırım ve anahtarlama dalgalanmaları gibi anormal durumlar ve yağ veya yalıtımın mekanik kusurları veya kimyasal ayrışması,
b) üretim süreci sırasında kusurlar,
c) sızdıran contalar, kapaklar ve buşingler,
d) kısa devre arızaları ve yeterli korumanın olmaması,
e) şiddetli aşırı yüklenme,
f) kazalar,
g) çevresel (hava) koşullar,
h) bilinmeyen nedenler

Geliştirilen YSA, çalışma koşullarına bağlı olarak olası arızaları önlemek için çalışma transformatörleri için önerilen tam teşhisi sağlamak için kullanılabilir olduğunu ve sonuç olarak YSA, çalışma / çevre koşullarına bağlı olarak olası arızaları önlemek için eksiksiz bir teşhis ve tavsiyelerde bulunduğundan, çalışan transformatörlerde gerçek uygulamalar için yararlı olduğunu belirtmişlerdir [36].

2017 yılında Gajanan C. Jaiswal, vd. çalışan dağıtım transformatörlerinden gerçek ölçümlerden yararlanarak dağıtım transformatörü sağlık durumunun değerlendirilmesi için yapay sinir ağından yararlanmışlardır. Hesaplanan sağlık durumu, dağıtım trafosu sağlık durumunun değerlendirilmesi için kullandığı belirtmişlerdir. Araştırmacı yazar, dağıtım trafosunun sağlık durumunu öğrenmek için sahadan toplanan gerçek verileri kullanmıştır. Gerçek veriler voltaj, yük akımı, trafo yağ seviyesi ve üst yağ sıcaklığıdır. YSA eğitimi, dağıtım trafolarının gerçek ölçümleri kullanılarak yapılmıştır. Gerçek veriler, çalışan dağıtım trafosu için eğitimli sinir ağı performansının test edilmesinde kullanılır. Performans değerlendirmesi, laboratuvarda özel olarak tasarlanmış 15 kVA, 400/400 V üç fazlı dağıtım transformatörü üzerinde test edilmiş ve dağıtım trafosunun sağlığını etkileyen parametre değişikliklerinin izlendiği tamamen izlenmiş, sonuç olarak dağıtım transformatörünün kestirimci bakımı için YSA eğitimi kullanışlı olduğunu ve eğitimli sinir ağının çalışan herhangi bir dağıtım transformatörünün sağlık durumunu tespit etmek için güvenilir olduğunu göstermişlerdir [37].

3.4 YAPAY SİNİR AĞLARI

İnsan beyni modellenerek simule etmeye çalışan programların eğitilerek, kendi kendine öğrenerek bilgiyi işleyen ve bu bilgiler sonucunda doğru sonuca en yakın tahminleri vermeye çalışarak değerlendirme yapan yapay sinir ağları, yapay zeka dallarından biri olarak sibernetik yapay zeka olarak bilinir.

Yapay sinir ağlarının kısa bir tarihçesi olarak 1890-1910 tarihleri arasında insan beyni fonksiyonları, yapısı ve beyin bileşenlerinin sinir hücrelerinden oluştuğu fikri benimsenmiştir. 1940'lı yıllardan sonra nörofizyolog Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından yapay sinir hücreleriyle ilgili olarak ilk yapay sinir ağ modelini oluşturdular. Oluşturulan bu ağ modeli sonraki yıllarda öğrenme işlemi bilgisayarlar tarafından gerçekleştirildi. 1950'li yıllarda Widrow ve Hoff, ADALINE ve MADALINE isminde yapay sinir ağların mühendislik uygulamalarının ilki sayılan bu ağ modellerini geliştirdiler. Sonraki yıllarda tek katmanlı algılayıcının geliştirilmesi XOR problemi çözülememesi yüzünden 1970'li yıllarda yapay sinir ağları araştırmalarının durma noktasına gelmesi sonrasında ise çok katmanlı algılayıcıların geliştirilmesi ile XOR probleminin çözümüyle günümüze kadar ilerlenemeyen ağ modellerinin geliştirilmesi ve sayısız çalışmalar devam etmektedir [38].

Yapay sinir ağları aynen insan beyninin fonksiyonel özelliklerinin yaptığı gibi öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme ve optimizasyon gibi işlemleri başarılı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Girdileri yani örnekleri alan sinir ağları bu bilgiler ile kendini eğitmeye başlar deneyimlerini oluşturur ve sonunda benzer çıktılar verir [38].

Gerçek sinir ağlarındaki gibi sinir hücreleri yapısına sahip olan yapay sinir ağları aynı şekilde yapay sinir hücreleri bulunur(Şekil 4.3). Bu benzerlik 5 işlem süreci ile gösterilir. Bunlar süreçler şunlardır [38];

Girişler, ağın öğrenmesi istenen örnek verilerdir. Girdiler ilk defa programa tanıtıldığı gibi bir başka hücreden de gelebilir.

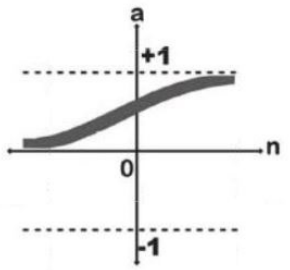
Ağırlıklar, hücreye gelen girdinin hücre üzerindeki etkisini gösterir.

Toplama işlevi, hücreye gelen net girdiler hesaplanır. Gelen girdi değerleri kendi ağırlıkları ile çarpılarak toplanır ve aktivasyon etkinlik işlevine gönderilir. Gelen girdi değerleri ağırlıklı toplam fonksiyonu kullanıldığı gibi farklı toplama fonksiyonları da kullanılabilir.

Etkinlik aktivasyon işlevi, hücreye gelen girdiler aynı toplama işlevinde olduğu gibi farklı fonksiyonlar ile yapılabilir. Hücre çıktısı için hedef olarak belirtilen değerlerin en iyi sonuçları elde etmek için farklı fonksiyonlar denenerek bulunur. Yapay sinir ağ modellerinde en çok tercih edilen bazı aktivasyon fonksiyonları şunlardır.

Sigmoid fonksiyonu hem doğrusal olarak hem de doğrusal olmayan çıktılar ile modelleme yapar(Şekil 3.3). Ağırlık değerleri 0-1 aralığındadır.

$$F(Net) = \frac{1}{1+ e^{-Net}} \tag{3.1}$$

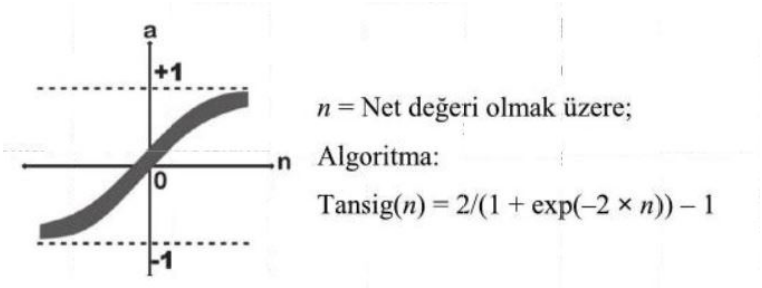


n = Net değeri olmak üzere;
Algoritma:
Logsig(*n*) = 1 / (1 + exp(–*n*))

Şekil 3.3: Sigmoid fonksiyonu

Hiperbolik Tanjant bu fonksiyonda ilk olarak girişler [-1,1] aralığında alınır ve çıktılarda aynı şekilde [-1,1] aralığında üretilir(Şekil 3.4).

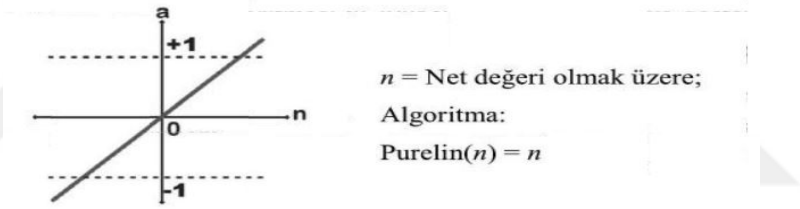
$$F(Net) = \frac{e^{Net} - e^{-Net}}{e^{Net} + e^{-Net}} \tag{3.2}$$



Şekil 3.4: Hiperbolik tanjant fonksiyonu

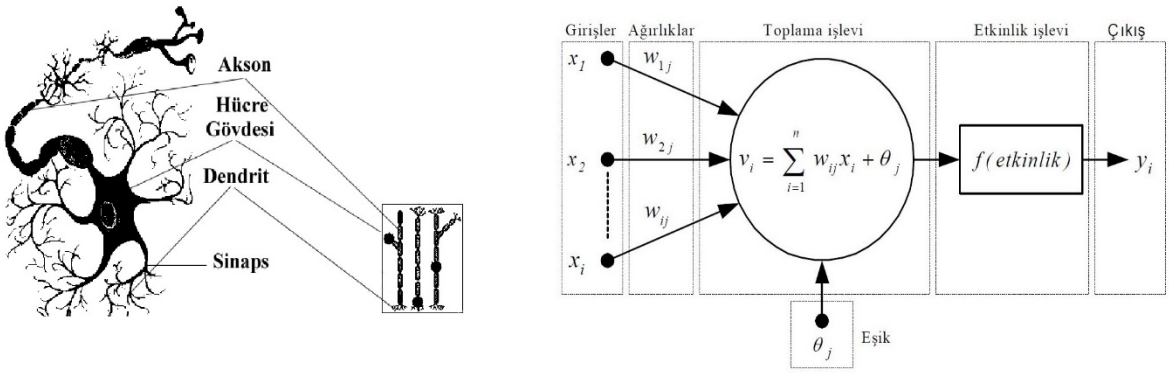
Doğrusal Fonksiyon bu fonksiyonda girişler aynen çıkış olarak doğrusal olarak üretilir(Şekil 3.5).

$$F(Net) = Net \tag{3.3}$$



Şekil 3.5: Doğrusal Fonksiyonu

Çıkış, aktivasyon fonksiyonu işlevinden sonra hedef değeri çıkışı, başka hücrelere girdi olarak yada tekrar kendisine giriş olarak gönderilir.



Şekil 3.6: Biyolojik sinir hücresi ve yapay sinir ağı [39]

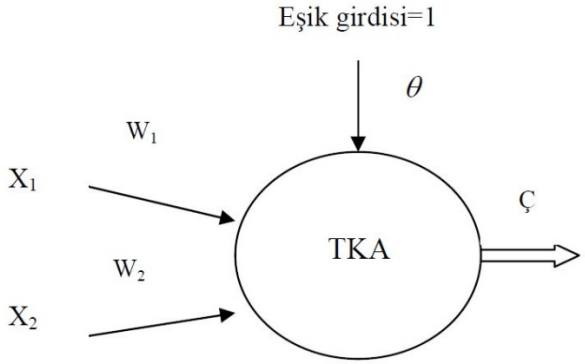
Tablo 3.2: Biyolojik sinir ağı ile yapay sinir ağının karşılaştırılması [39]

Biyolojik Sinir Ağı	Yapay Sinir Ağı
Sinir Sistemi	Sinirsel Hesaplama Sistemi
Sinir	Düğüm (Sinir, İşlem elemanı)
Sinaps	Sinirler arası bağlantı ağırlıkları
Dendrit	Toplama İşlevi
Hücre Gövdesi	Etkinlik İşlevi
Akson	Sinir Çıkışı

3.5 YAPAY SİNİR AĞ MODELLERİ

3.5.1 TEK KATMANLI İLERİ BESLEMELİ AĞLAR

Yapay sinir ağına üretmesi gereken çıktı değerleri ve giriş değerleri verilir. Bu ağ modelinde geri besleme bağlantıları yoktur. Çıktıların üretimi için eğitim devam eder. Ulaşılmak istenen çıktı değerleri için her iterasyonda ağın ağırlık değerleri değiştirilir. Eğitimin bitmesi çıktı değerlerine ulaşılmasıyla sonlanır. Bu ağ modeli doğrusal problemlerin çözümünde kullanılır ve doğrusal olmayan veri noktalarını sınıflandıramaz ve karmaşık problemleri çözemez [40]. Tek katmanlı yapay sinir ağ modelinde ağın girdisinden sonraki elemanların ve ağın çıktısının 0 olmasını engellemek amacıyla değeri hep 1 olan eşik değeri vardır [38].

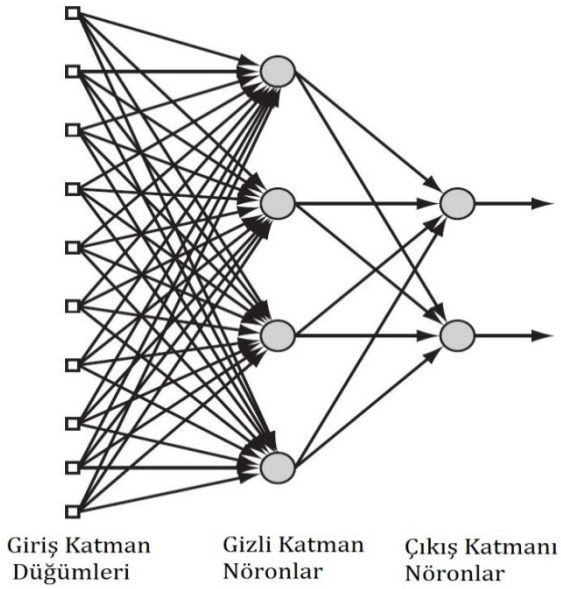


Şekil 3.7: İki Girdi ve Bir Çıktıdan Oluşan En Basit Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağı Modeli

3.5.2 ÇOK KATMANLI İLERİ BESLEMELİ AĞLAR

Tek katmanlı yapay sinir ağların doğrusal olmayan problemlerin çözümündeki yetersizliği çok katmanlı yapay sinir ağ modelinin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu ağ modeli ile durma noktasına gelen yapay sinir ağ araştırmaları devam etmiştir. Çok katmanlı modelde veriler girişten çıkışa doğru tek yönde ilerler. Katmanlar sadece kendisinden sonraki katmana bağlıdır, nöronların çıktısı kendisinden sonraki katmanın nöronuna girdi olabilir, aynı katmandaki başka bir nörona girdi olamaz [40].

Ağın giriş katmanındaki kaynak düğümler, ikinci katmandaki yani gizli katman nöronlara uygulanan giriş sinyallerini oluşturan aktivasyon modelinin (giriş vektörü) ilgili öğelerini sağlar. İkinci katmanın çıkış sinyalleri üçüncü katmana girişler olarak kullanılır ve ağın geri kalanı için bu şekilde devam eder. Tipik olarak, ağın her katmanındaki nöronların girişleri yalnızca önceki katmanın çıkış sinyallerine sahiptir. Ağın çıkış (son) katmanındaki nöronların çıkış sinyalleri seti, ağın giriş (birinci) katmanındaki kaynak düğümler tarafından sağlanan aktivasyon modeline genel yanıtını oluşturur. Tek bir gizli katman durumunda çok katmanlı ileri beslemeli bir sinir ağının düzenini özetlemek gerekirse, Şekil 4.5'deki ağ, 10 kaynak giriş düğüme, 4 gizli nörona ve 2 çıkış nöronuna sahip olduğu için 10–4–2 ağ olarak adlandırılır. [34].

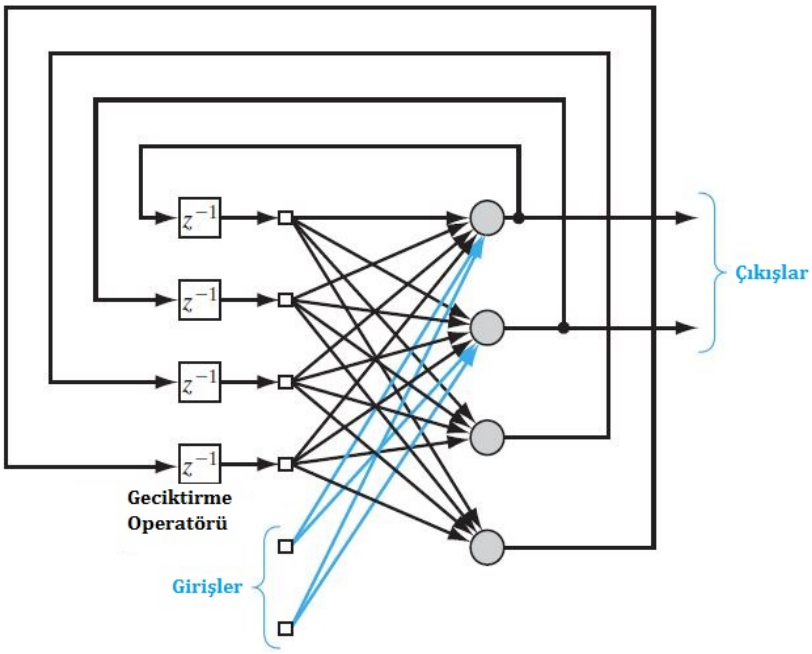


Şekil 3.8: Çok katmanlı ileri beslemeli ağ

3.5.3 TEKRARLAYAN SİNİR AĞLAR (Recurrent Neural Network - RNN)

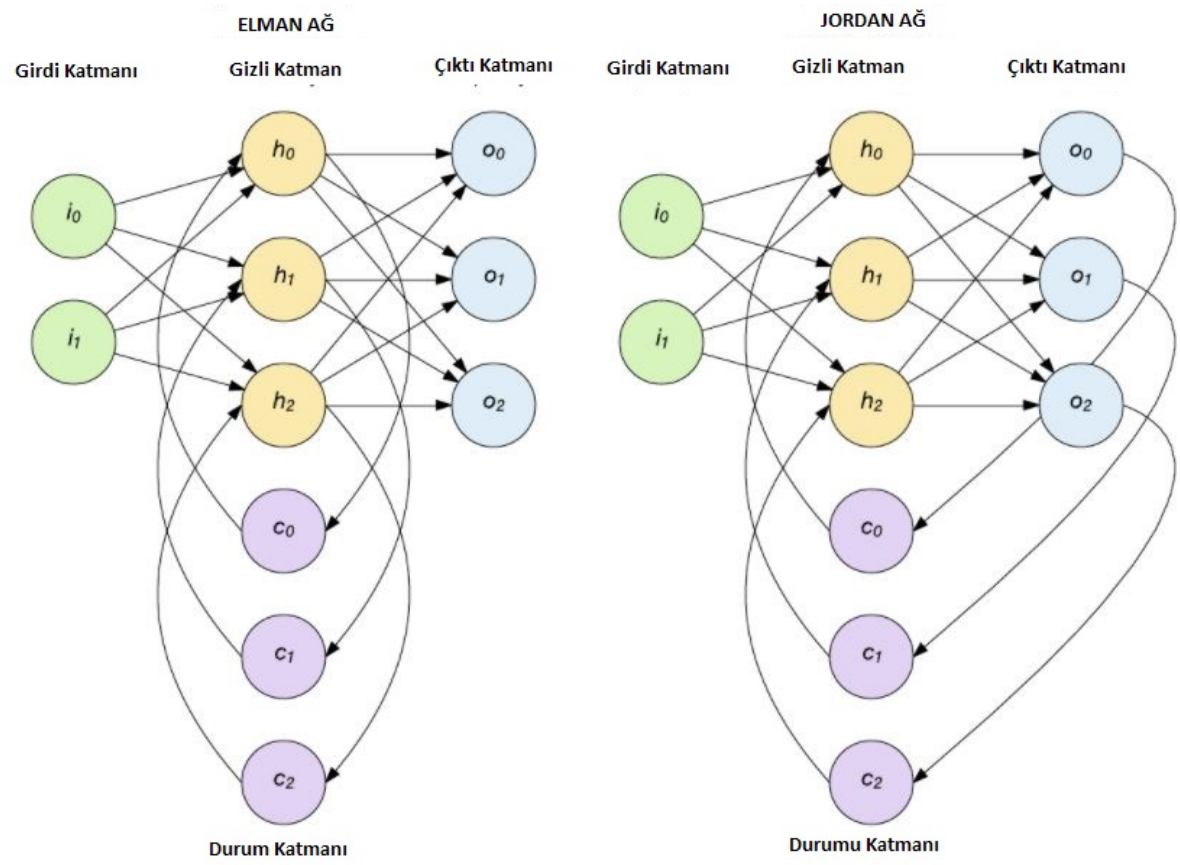
Tekrarlayan sinir ağı (RNN), zaman serilerini modellemek için 80'lerde önerilmiş bir yapay sinir ağı modelidir. Ağın yapısı, bir zaman gecikmesiyle ilişkili gizli birimler arasında bağlantılara izin vermesiyle birlikte, standart bir çok katmanlı algılayıcıya benzer. Bu bağlantılar aracılığıyla model, geçmiş girdiler hakkındaki bilgileri saklayabilir ve saklanan verilerde bağlantılarla ilişkilerin kalıcı olması için kendi içinde dönen döngüyle çıkış verilerinin tahmini yapar [41].

Tekrarlayan sinir ağlarında nöronlar bir belleğe sahiptir ve katmanlar arası bağlantı vardır. Bu ağ modelinde nöron girdileri kendi katmanındaki nörona yada kendisinden önceki hücreye iletilir. Bu tekrarlama yani veriyi geri besleme farklı yöntemler ile yapılarak farklı modelde ağ modelleri türetilebilir. Ağ öğrenimi tekrarlama sayesinde ortaya çıkan hataları analiz edip aynı hataların tekrarlanmamasını sağlayarak düzeltebilir. Öğrenim süreci sonunda ağ modelinde ön tahminlerin başarılı olması için katmanlar arası ağırlıklar değiştirilebilir. Bu ağırlıklar girdi ve gizli katmanı arası, gizli katmanlar arası son olarak gizli ve çıktı katmanı arasında değiştirilebilir [40].



Şekil 3.9: Tekrarlayan sinir ağ yapısı [34]

Tekrarlayan yapay sinir ağ modellerinin farklı yöntemlerinden en çok bilinenleri Elman ve Jordan ağ yapılarıdır. Recurrent(tekrarlayan) sinir ağında sonuç ilk verilen inputlara bağlı olduğu gibi Elman ağ yapısında gizli(hidden) katmandan sonraki çıktılar başka gizli katmandaki başka nörona veya Jordan ağ yapısındaki gibi çıktı katmanındaki çıkışlar durum katmanı aracılığıyla gizli katmanlara tekrar input olarak girer. Bu tekrarlamalardan dolayı bu ağ modellerinde de ağlarda çıktıları girdi olarak kullandıkları için yapay bir belleğe sahiptir diyebiliriz.



Şekil 3.10: Elman ve Jordan ağ yapıları

Tekrarlayan yapay sinir ağların avantajları şunlardır;

Bu ağ modelinde herhangi bir uzunluktaki girdiler işlenebilir,

Bir RNN modeli zaman boyunca her bilgiyi hafızasında tuttuğu için her bilgiyi hatırlamak için modellenmiştir,

Girdi büyüklüğü artsa da model boyutunun artmaması,

RNN dahili belleğini, ileri beslemeli sinir ağlarında geçerli olmayan gelişigüzel giriş serilerini işlemek için kullanabilir [42].

Tekrarlayan yapay sinir ağlarının dezavantajları şunlardır;
Tekrarlayan yapısı nedeniyle hesaplama yavaştır,
RNN modellerinin eğitimi zor olabilir,
Aktivasyon fonksiyonları olarak relu veya tanh kullanıyorsa, çok uzun dizileri işlemek çok zor hale gelebilir [42].

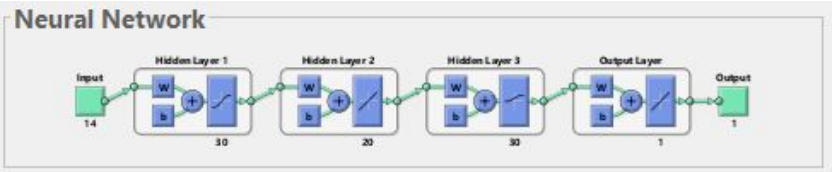
4.BULGULAR

4.1 SAHA ÖLÇÜMLERİNİN YAPAY SİNİR AĞI MODELLEMESİ

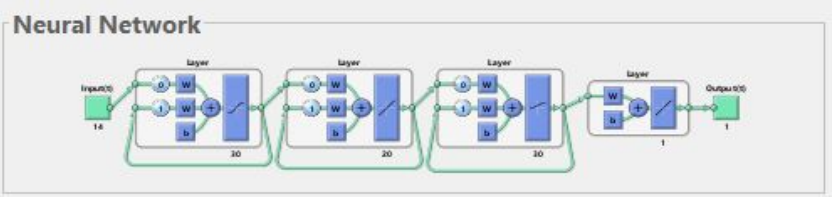
Bu kısımda tez çalışması için Aralık 2020 – Nisan 2021 tarihleri arasında İstanbul İkitelli Organize Sanayi Bölgesindeki 8 adet trafo merkezinin yapay sinir ağı modeline trafo gürültüsünün analizi için girdi ve hedef değerlerinin gösterileceği yük, hava sıcaklığı, termal kamera ile alınan trafo sıcaklığı ve trafo sayaçları üzerinden alınan veriler üzerinden matlab ile modelleme yapılmıştır.

Matlab üzerinde ileri beslemeli ağ yapısı ve Elman RNN fonksiyonları kullanılmıştır. Sahada toplanan veriler bu 2 ağ yapısı ile farklı öğrenme algoritmaları kullanılarak analiz edilmiş olup çoğunlukla RNN modelin hedeflere daha yakın tahmin sonuçları verdiği görülmüştür. Danko Brezak, vd. finansal tahmin modellerinde ileri beslemeli ağ ve RNN modelde elde edilen sonuçları her iki ağın da tatmin edici tahmin özelliklerini göstermekte olduğunu belirtmiş, bununla birlikte, tekrarlayan NN, ileri beslemeli NN'den daha az sayıda gizli katman nöron kullanılarak sonuçların pratik olarak tüm testlerde daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [43]. M. Sundermeyer, vd. konuşma tanıma için dil modelleme üzerine ileri beslemeli ağlar ve tekrarlayan ağları karşılaştırmışlardır. Araştırmada Fransızca konuşma tanıma görevinde ayrıntılı olarak analiz etmişler, farklı kelime dağarcığı boyunca dil modeli olasılıklarını normalleştirmek için basit ve etkili bir yöntem önermişlerdir. Çalışma sonucunda, Fransızca konuşma tanıma görevinde ileri beslemeli ve tekrarlayan sinir ağlarının, bu verilerde standart ileri besleme yaklaşımlarından daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır [44].

Matlab üzerinde modelleme yapabilmek için gerçek dünyadaki verilerimizi kaydedilen dosyaları matlab içine import ettikten sonra verilerin fonksiyonda kullanılacak işleve getirmek için transpozesi alınır. Bu süreçlerden sonra modellemede kullanılan fonksiyonlarda %75 ve %60 eğitim oranları, 3 katmanlı gizli katman (hidden layer) sırasıyla 10, 40 ve 40 nöron kullanılmış kullanılan nöron sayısı performans iyileştirmesi için farklı değerlerde denenmiştir



(a)



(b)

Şekil 4.1: (a) İleri beslemeli ağ ve (b) Tekrarlayan YSA Modelleri

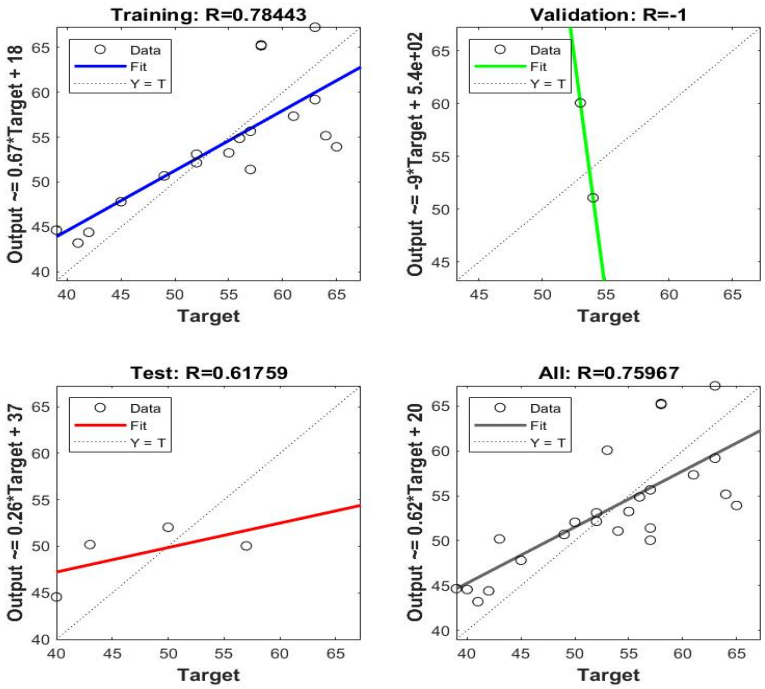
Aktivasyon fonksiyonları olarak tansig, logsig ve purelin kullanılmıştır. Ağ newelm ve newff fonksiyonları ile eğitimleri yapılmış ve çıkan sonuçlar excel dosyalarına yazdırılmıştır. Bu işlemler sahada ölçümleri alınan 8 trafo için Elman RNN ve ileri beslemeli geri yayılım fonksiyonları için yapılmıştır. Alınan tahmin sonuçları ve ortalama hata değerleri aşağıdaki grafik ve tablolarda gösterilmiştir. İleri beslemeli ve tekrarlayan model karşılaştırmasında 2017 yılında P. Abhigna, vd. yapmış olduğu meteoroloji ve deniz mühendisliği uygulamalarında önemli dalga yüksekliğinin tahmini üzerine çalışma yapmışlar ve sonuç olarak Tekrarlayan modelin ileri beslemeli modele göre daha az hata oranıyla daha iyi tahmin sonuçları vermiştir [45].

Mean Squared Error (MSE) Hesaplama:

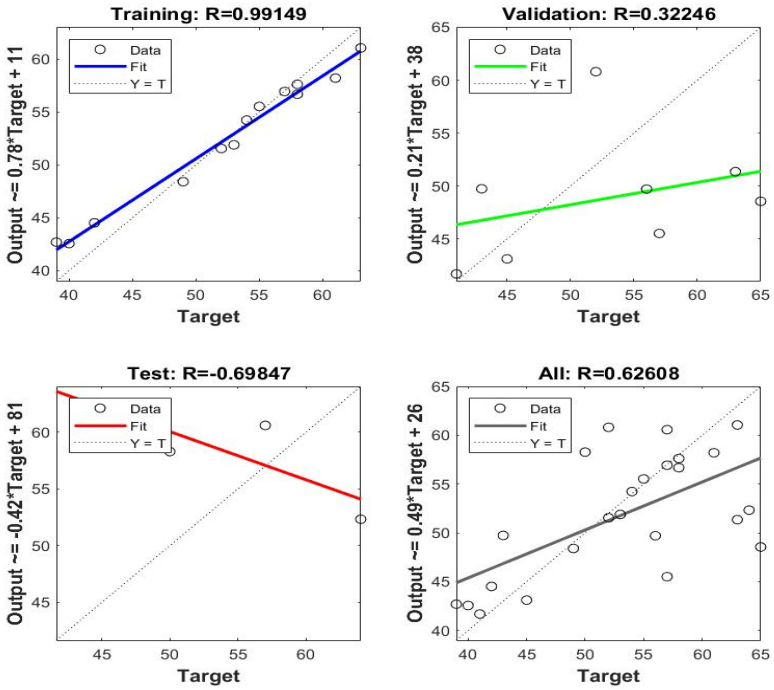
$$MSE = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^{n} (y'_i - y_i)^2 \quad (4.1)$$

Tablo 4.1: Modelleme sonucunda alınan MSE sonuçları

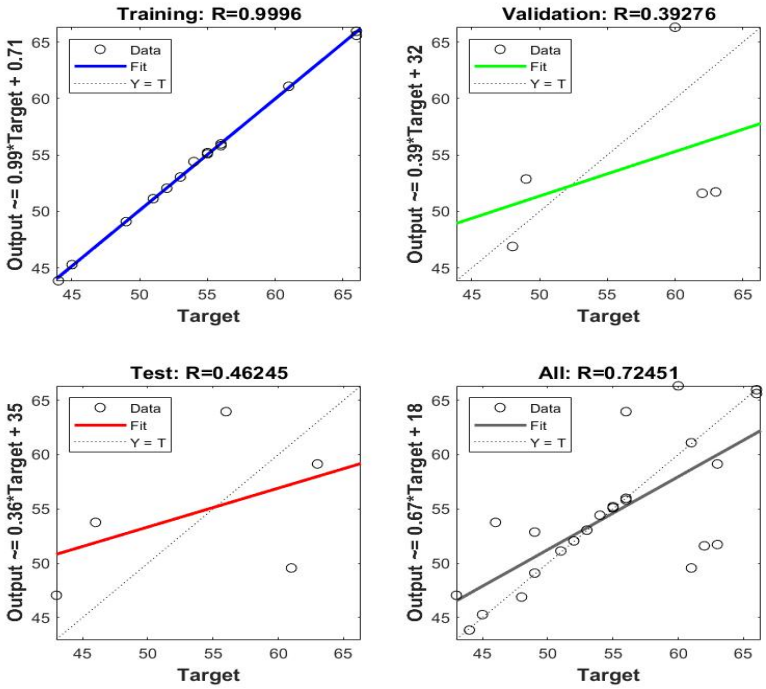
		Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3	Trafo 4	Trafo 5	Trafo 6	Trafo 7	Trafo 8
60	İleri Beslemeli	39,793	34,652	15,608	64,632	22,874	21,081	19,959	16,648
	Tekrarlayan	31,858	25,975	20,213	6,616	22,379	22,379	17,812	25,712
75	İleri Beslemeli	25,865	23,824	14,197	14,507	14,514	9,498	11,756	14,546
	Tekrarlayan	23,807	11,627	13,182	79,073	6,090	2,581	4,168	14,884



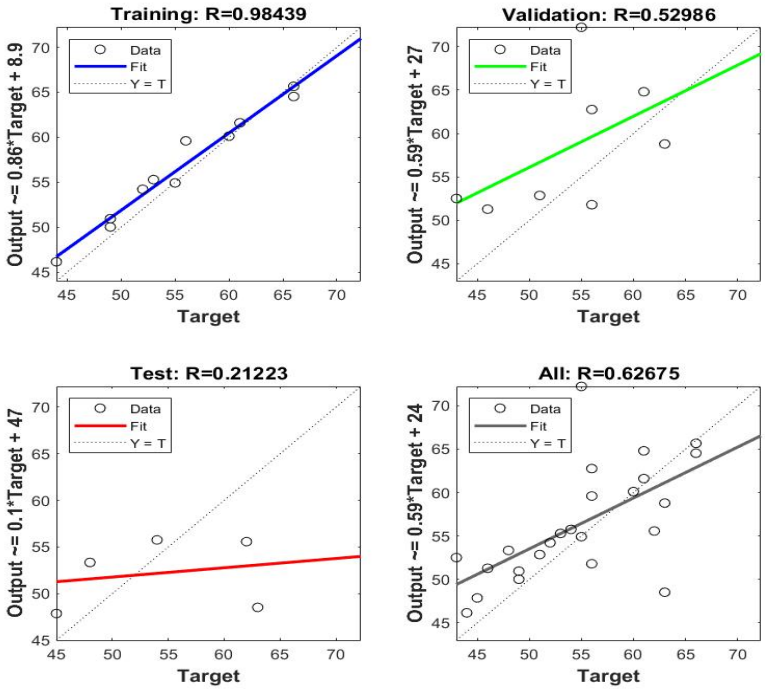
Şekil 4.2: Trafo 1'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



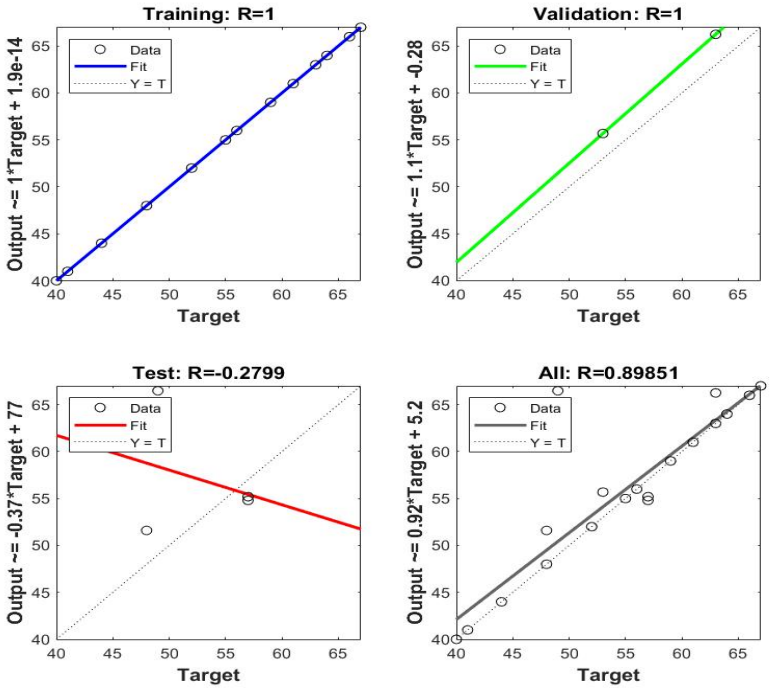
Şekil 4.3: Trafo 1'in %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



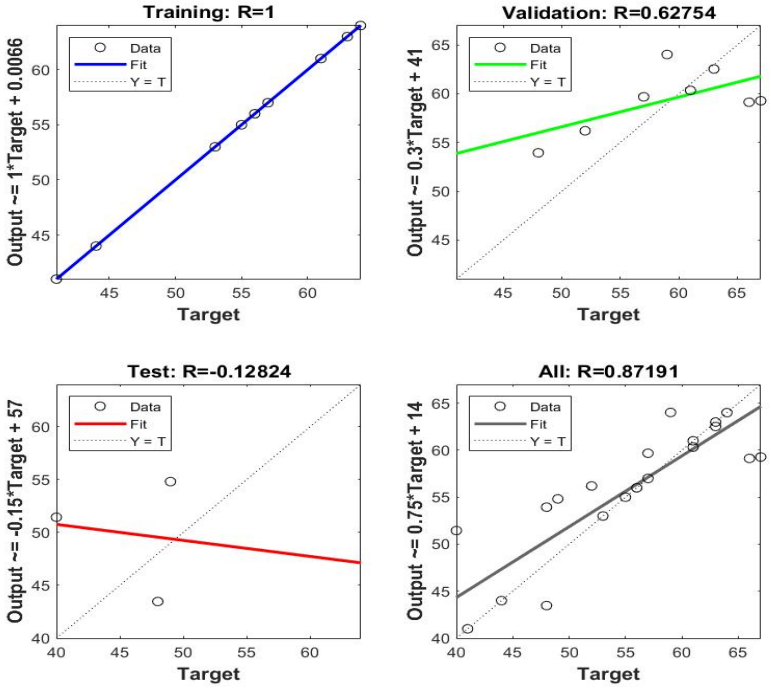
Şekil 4.4: Trafo 2'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



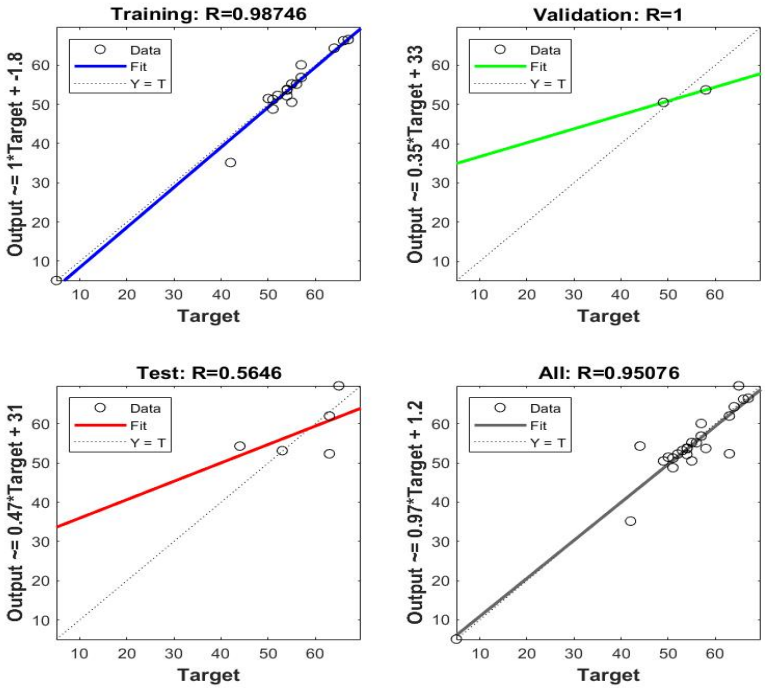
Şekil 4.5: Trafo 2'nin %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



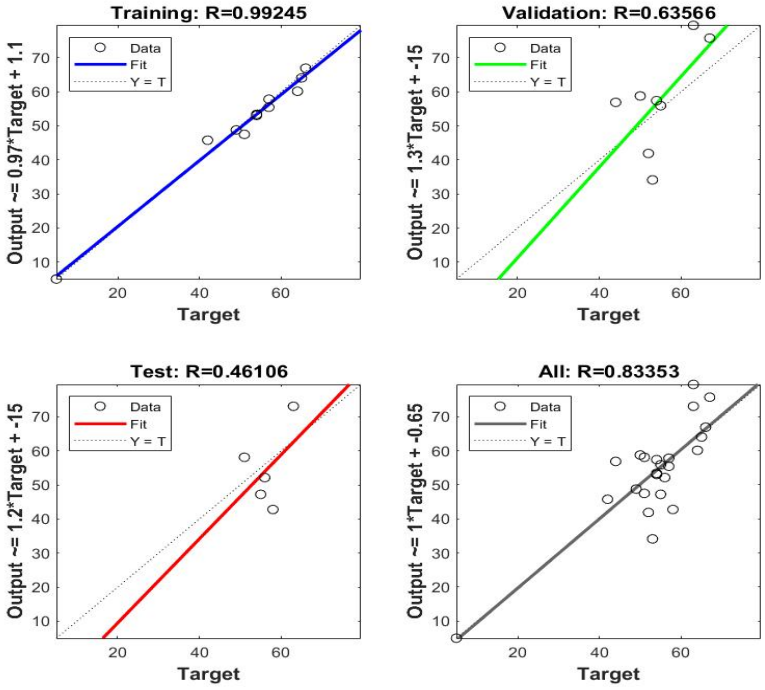
Şekil 4.6: Trafo 3'ün %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



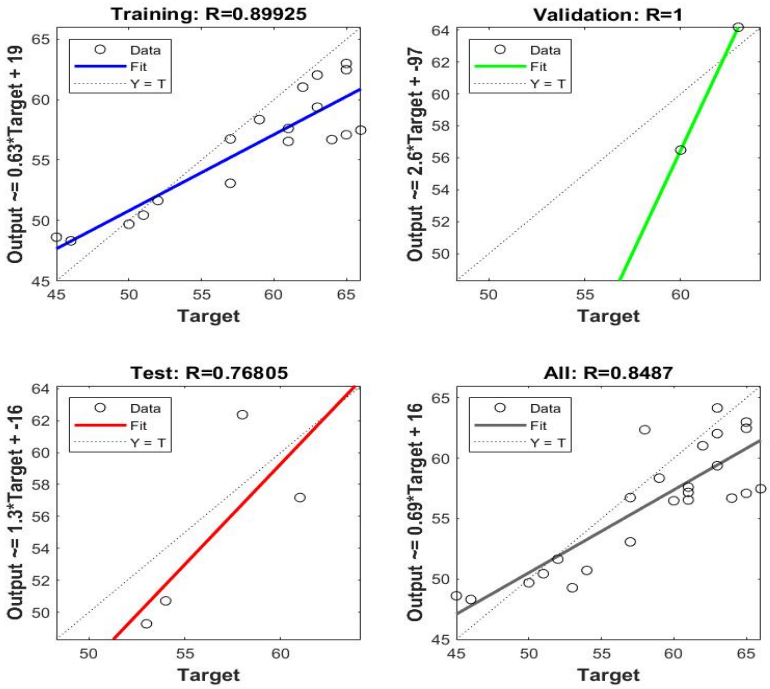
Şekil 4.7: Trafo 3'ün %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



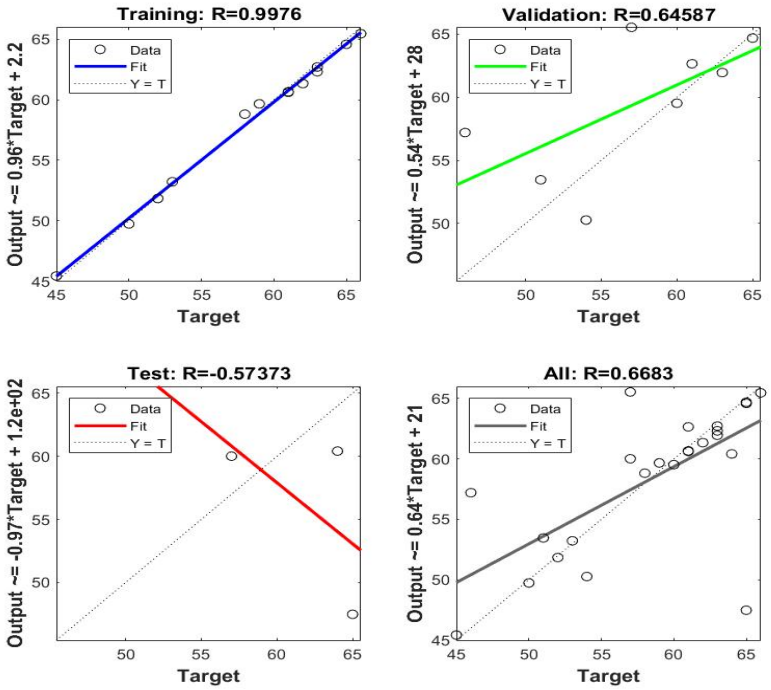
Şekil 4..8: Trafo 4'ün %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



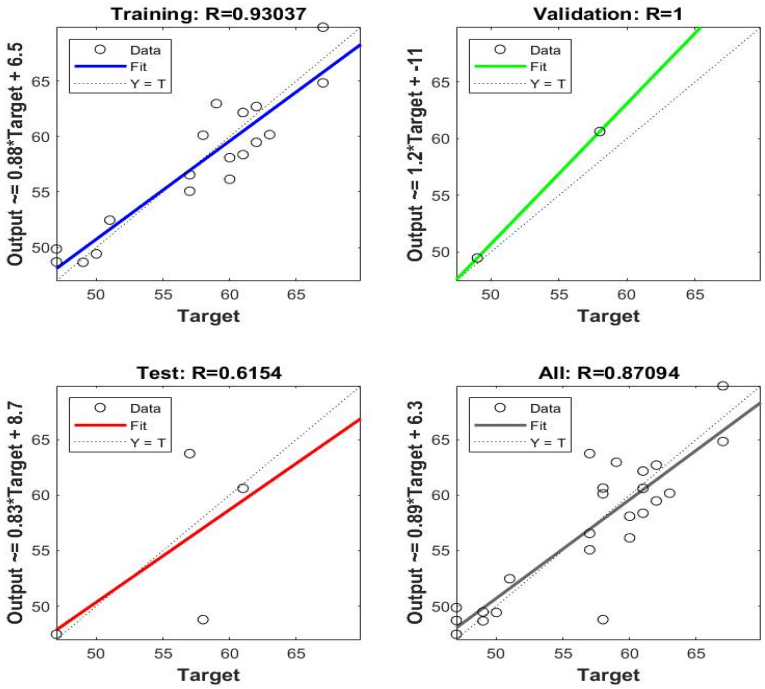
Şekil 4.9: Trafo 4'ün %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



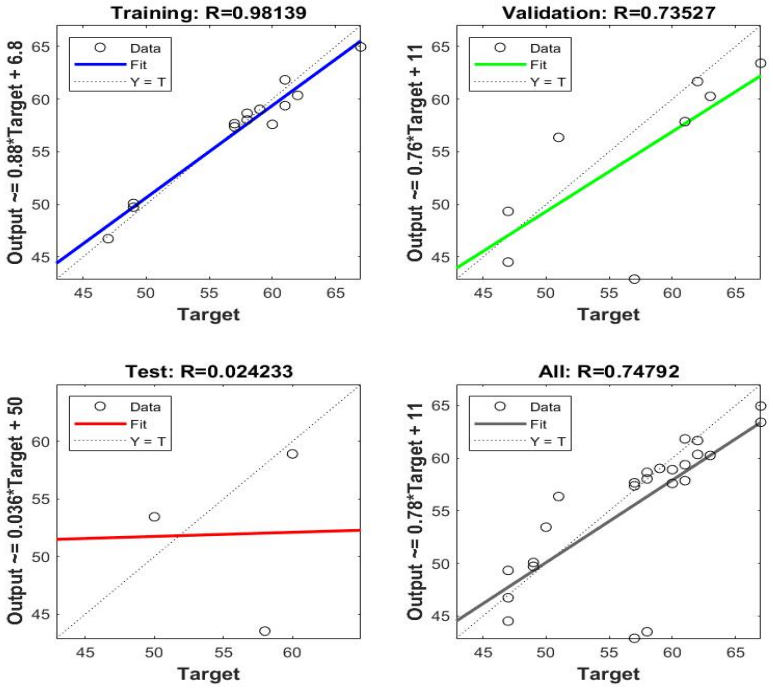
Şekil 4.10: Trafo 5'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



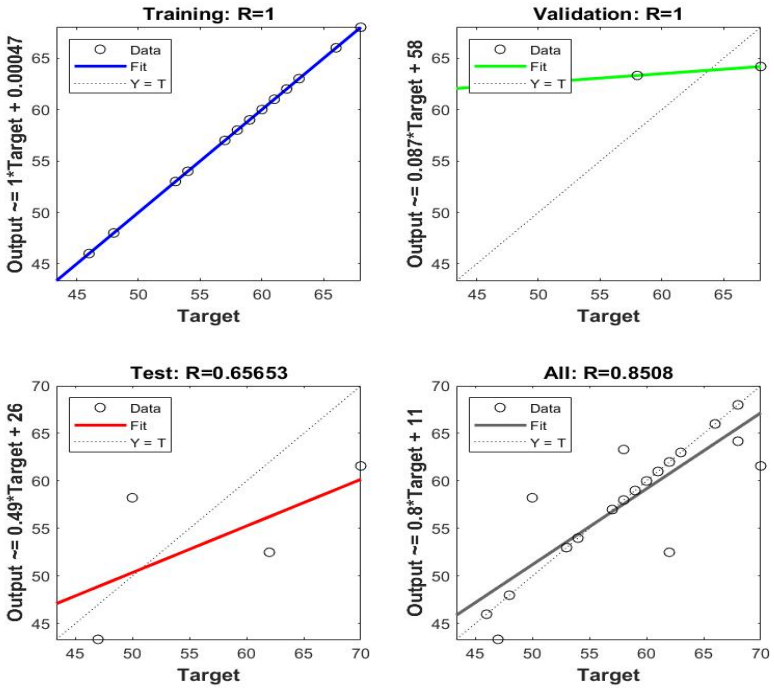
Şekil 4.11: Trafo 5'in %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



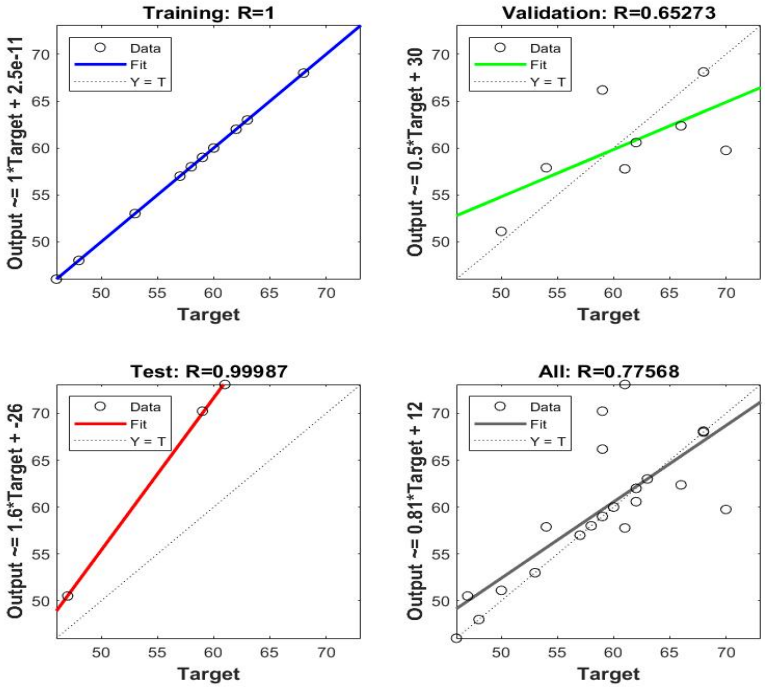
Şekil 4.12: Trafo 6'nın %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



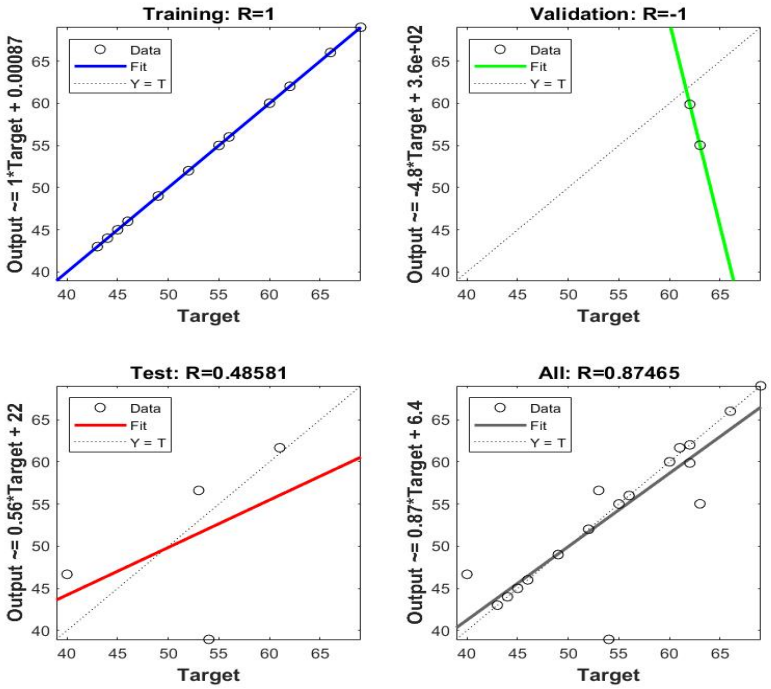
Şekil 4.13: Trafo 6'nın %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



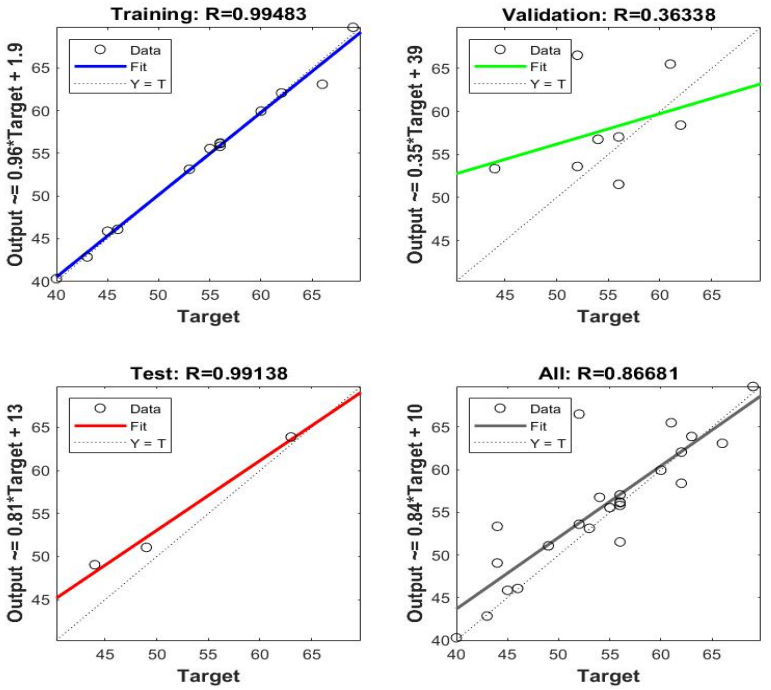
Şekil 4.24: Trafo 7'nin %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



Şekil 4.15: Trafo 7'nin %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



Şekil 4.16: Trafo 8'in %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları



Şekil 4.173: Trafo 8'in %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ sonuçları

Tablo 4.2: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
614,5	1,844	1,767	1,796	222,2	222,9	222,9	1	1	1	10	36,2	85	62	64	55,16329949	8,84	-13,81
189	0,426	0,67	0,58	219,4	219,7	219,9	0,99	1	1	14	33,1	59	51	56	54,87172373	1,13	-2,01
67	0,131	0,213	0,156	219,1	219,6	219,6	-0,95	-0,96	-0,98	8	31,3	61	52	55	53,25166955	1,75	-3,18
468	1,485	1,663	1,325	217,7	218,3	218,5	0,98	0,98	0,98	0	22,8	60	56	57	50,04081708	6,96	-12,21
1133	2,906	3,31	2,862	216,9	216,7	217,7	0,99	0,99	1	-1	29,2	68	56	65	53,92229701	11,08	-17,04
1099	3,16	3,557	3,493	217,3	217	217,2	0,99	0,99	0,99	4	28,4	64	61	63	59,18483012	3,82	-6,06
1156	3,46	3,754	3,407	212,9	213	213,1	0,98	0,99	0,98	6	24,1	64	37	42	44,39245596	-2,39	5,70
477	1,398	1,51	1,419	219,6	219,9	219,8	0,98	0,99	0,98	10	21,7	59	33	52	52,14188133	-0,14	0,27
854	2,193	2,553	2,03	219,9	219,2	219,8	0,99	0,99	0,99	8	21,2	71	28	49	50,68299909	-1,68	3,43
1151,5	3,544	3,433	3,58	218,2	218,4	217,9	0,98	0,98	0,98	4	20,9	55	28	45	47,80469056	-2,80	6,23
501,5	1,241	1,358	1,398	217,6	217,9	217,8	0,98	0,99	0,98	8	25,4	72	35	43	50,18958362	-7,19	16,72
266	0,67	0,805	0,689	219,8	219,7	219,6	0,98	0,98	0,97	9	23,3	55	52	54	51,07124404	2,93	-5,42
876,5	2,468	2,558	2,674	215,6	215,8	215,4	0,98	0,98	0,97	6	25,1	58	24	39	44,64962029	-5,65	14,49
1102	3,13	3,484	3,401	215,5	215,8	216,3	0,98	0,99	0,98	2	18,5	53	38	40	44,55604231	-4,56	11,39
1042	3,189	3,606	3,469	215,9	215,3	216,1	0,98	0,98	0,98	3	20,2	60	28	41	43,20259552	-2,20	5,37
235,5	0,607	0,855	0,647	220,1	220,8	220,7	0,97	0,98	0,98	5	25,2	60	50	52	53,10160422	-1,10	2,12
989,5	2,772	3,086	3,064	219,5	219,3	219,7	0,98	0,98	0,98	7	45,5	65	56	63	67,24774674	-4,25	6,74
354,5	0,858	1,025	0,932	220,2	220,7	221,5	0,98	0,99	0,99	5	50,9	68	56	61	57,33570807	3,66	-6,01
927	2,608	3,015	3,048	219	219,1	219,6	0,98	0,99	0,98	7	47	66	55	58	65,18004084	-7,18	12,38
991,5	3,065	3,244	3,302	218,4	218,3	219	0,98	0,98	0,98	6	46,6	67	57	58	65,27895454	-7,28	12,55
964,5	2,46	2,727	2,978	220,7	221,2	220,8	0,98	0,98	0,98	8	25,2	57	47	53	60,07261823	-7,07	13,34
303,5	0,987	1,16	1,054	219,3	219,7	220,1	0,98	0,99	0,99	5	26,6	63	47	50	52,04315954	-2,04	4,09
200,5	0,596	0,514	0,491	221,1	221,7	222,3	1	0,99	0,98	5	26,7	66	51	57	55,65483179	1,35	-2,36
970	2,766	3,075	3,014	217,8	217,5	218,1	0,98	0,99	0,98	6	27,5	71	57	57	51,39968973	5,60	-9,83

Tablo 4.3: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
614,5	1,844	1,767	1,796	222,2	222,9	222,9	1	1	1	10	36,2	85	62	64	65,32287043	-1,322870435	2,066985054
189	0,426	0,67	0,58	219,4	219,7	219,9	0,99	1	1	14	33,1	59	51	56	56	-1,55509E-10	2,77695E-10
67	0,131	0,213	0,156	219,1	219,6	219,6	-0,95	-0,96	-0,98	8	31,3	61	52	55	77,92102728	-22,92102728	41,67459506
468	1,485	1,663	1,325	217,7	218,3	218,5	0,98	0,98	0,98	0	22,8	60	56	57	57	2,24389E-10	-3,93666E-10
1133	2,906	3,31	2,862	216,9	216,7	217,7	0,99	0,99	1	-1	29,2	68	56	65	65	-9,16742E-11	1,41037E-10
1099	3,16	3,557	3,493	217,3	217	217,2	0,99	0,99	0,99	4	28,4	64	61	63	63	-1,69933E-10	2,69736E-10
1156	3,46	3,754	3,407	212,9	213	213,1	0,98	0,99	0,98	6	24,1	64	37	42	42	-1,06056E-10	2,52513E-10
477	1,398	1,51	1,419	219,6	219,9	219,8	0,98	0,99	0,98	10	21,7	59	33	52	52	2,12275E-10	-4,0822E-10
854	2,193	2,553	2,03	219,9	219,2	219,8	0,99	0,99	0,99	8	21,2	71	28	49	54,20115649	-5,201156491	10,61460508
1151,5	3,544	3,433	3,58	218,2	218,4	217,9	0,98	0,98	0,98	4	20,9	55	28	45	45	1,723E-10	-3,82888E-10
501,5	1,241	1,358	1,398	217,6	217,9	217,8	0,98	0,99	0,98	8	25,4	72	35	43	43	7,27454E-11	-1,69175E-10
266	0,67	0,805	0,689	219,8	219,7	219,6	0,98	0,98	0,97	9	23,3	55	52	54	57,11151774	-3,111517744	5,762069897
876,5	2,468	2,558	2,674	215,6	215,8	215,4	0,98	0,98	0,97	6	25,1	58	24	39	39	1,92038E-10	-4,92406E-10
1102	3,13	3,484	3,401	215,5	215,8	216,3	0,98	0,99	0,98	2	18,5	53	38	40	40	8,89742E-11	-2,22435E-10
1042	3,189	3,606	3,469	215,9	215,3	216,1	0,98	0,98	0,98	3	20,2	60	28	41	41	1,62373E-10	-3,96032E-10
235,5	0,607	0,855	0,647	220,1	220,8	220,7	0,97	0,98	0,98	5	25,2	60	50	52	55,64280745	-3,642807446	7,005398936
989,5	2,772	3,086	3,064	219,5	219,3	219,7	0,98	0,98	0,98	7	45,5	65	56	63	63	-2,63896E-11	4,18882E-11
354,5	0,858	1,025	0,932	220,2	220,7	221,5	0,98	0,99	0,99	5	50,9	68	56	61	61	-3,24292E-11	5,31626E-11
927	2,608	3,015	3,048	219	219,1	219,6	0,98	0,99	0,98	7	47	66	55	58	57,90445299	0,095547012	-0,164736227
991,5	3,065	3,244	3,302	218,4	218,3	219	0,98	0,98	0,98	6	46,6	67	57	58	58	-2,08793E-10	3,59988E-10
964,5	2,46	2,727	2,978	220,7	221,2	220,8	0,98	0,98	0,98	8	25,2	57	47	53	53	4,98396E-10	-9,4037E-10
303,5	0,987	1,16	1,054	219,3	219,7	220,1	0,98	0,99	0,99	5	26,6	63	47	50	50	2,92744E-11	-5,85487E-11
200,5	0,596	0,514	0,491	221,1	221,7	222,3	1	0,99	0,98	5	26,7	66	51	57	57	-2,59021E-10	4,54423E-10
970	2,766	3,075	3,014	217,8	217,5	218,1	0,98	0,99	0,98	6	27,5	71	57	57	57	-1,21787E-11	2,13661E-11

Tablo 4.4: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
210	0,546	0,524	0,641	222,3	221,8	221,2	-0,97	-0,94	-0,96	10	33,3	80	54	60	66,32264655	-6,322646551	10,53774425
152	0,557	0,62	0,469	219,3	219,1	218,8	-0,96	-0,96	-0,96	14	33,1	78	56	56	55,98100216	0,018997837	-0,033924709
103	0,307	0,398	0,337	218,6	217,9	217,8	-0,96	-0,96	-0,95	8	33,3	68	53	53	53,05182005	-0,051820049	0,097773678
243	0,773	0,839	0,646	218,5	218,1	217,4	-0,99	-0,98	-0,97	5	23,3	74	45	48	46,88920308	1,110796916	-2,314160242
782	2,148	2,791	2,446	216,4	215,7	215,4	-0,99	-0,99	-0,99	4	16,8	68	38	49	52,87294144	-3,872941439	7,90396212
685,5	1,987	2,247	2,083	215,9	215,3	215,1	-0,98	-0,98	-0,99	4	26,1	81	58	66	65,9672116	0,032788401	-0,049679395
701,5	1,969	2,184	2,035	214,3	213,3	212,7	-0,99	-0,98	-0,99	6	23,3	63	32	49	49,09196046	-0,091960461	0,18767441
225,5	0,547	0,893	0,78	220,4	219,6	219,3	-0,98	-0,98	-0,98	10	27,1	69	29	46	53,75968684	-7,759686838	16,86888443
675,5	2,069	2,179	2,297	215,7	215,3	214,6	-0,99	-0,99	-0,99	3	24	64	42	55	55,20928694	-0,209286937	0,380521705
710,5	2,015	2,311	1,922	218,4	217,8	217,6	-0,99	-0,98	-0,98	4	26,9	68	27	44	43,85249783	0,147502166	-0,335232195
268	0,867	0,666	0,802	216,9	216,8	216,3	-0,99	-0,98	-0,99	8	24,8	69	31	45	45,27911334	-0,279113339	0,620251865
128,5	0,346	0,358	0,355	219,5	218,9	218,4	-0,98	-0,97	-0,95	9	25	68	30	62	51,60382253	10,39617747	-16,76802818
592,5	1,673	1,7	1,575	215,2	215,2	214,1	-0,99	-0,98	-0,99	6	27,2	79	53	55	55,09948194	-0,099481942	0,180876258
836	2,287	2,685	2,603	217,4	216,8	216	-0,99	-0,99	-0,99	2	18,5	74	53	61	61,0888256	-0,088825603	0,145615743
780,5	1,814	2,218	2,001	217,4	216,7	216,1	-1	-0,99	-0,98	3	20,1	59	53	54	54,41565994	-0,415659936	0,769740622
210	0,716	0,645	0,639	220	219,8	219,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	23,5	81	52	63	51,72479009	11,27520991	-17,89715859
760,5	2,059	2,264	2,396	219,8	219,6	218,4	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,5	59	58	63	59,13291613	3,86708387	-6,138228365
364,5	1,065	1,165	1,164	219,2	218,9	218,2	-0,99	-0,99	-0,98	5	38	65	55	61	49,56743988	11,43256012	-18,74190183
680,5	2,14	2,073	2,096	217,9	218,6	216,9	-0,99	-0,99	-0,98	7	41	68	61	66	65,60855717	0,391442833	-0,593095201
705,5	2,261	2,509	2,382	217,6	216,9	216,1	-0,99	-0,99	-0,99	6	41,9	61	56	56	63,95016697	-7,950166969	14,19672673
621,5	1,754	2,037	1,914	216,2	216,4	215,1	-0,99	-0,98	-0,98	8	27,2	57	46	43	47,05464923	-4,054649234	9,429416824
321,5	0,965	0,959	0,795	219,1	219,7	218,7	-0,98	-0,98	-0,98	5	27,3	55	46	51	51,12736199	-0,127361995	0,249729401
128	0,389	0,339	0,372	221,7	222,5	220,9	-0,99	-0,98	-0,98	5	26,8	63	53	56	55,82375645	0,176243555	-0,314720633
632	1,717	1,788	1,738	218,3	218	217,1	-0,98	-0,99	-0,99	6	27,5	59	50	52	52,05242247	-0,052422473	0,100812448

Tablo 4.5: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
210	0,546	0,524	0,641	222,3	221,8	221,2	-0,97	-0,94	-0,96	10	33,3	80	54	60	59,98090088	0,019099119	-0,031831865
152	0,557	0,62	0,469	219,3	219,1	218,8	-0,96	-0,96	-0,96	14	33,1	78	56	56	55,9928952	0,007104798	-0,012687138
103	0,307	0,398	0,337	218,6	217,9	217,8	-0,96	-0,96	-0,95	8	33,3	68	53	53	59,53697404	-6,536974039	12,33391328
243	0,773	0,839	0,646	218,5	218,1	217,4	-0,99	-0,98	-0,97	5	23,3	74	45	48	47,96398492	0,036015078	-0,075031413
782	2,148	2,791	2,446	216,4	215,7	215,4	-0,99	-0,99	-0,99	4	16,8	68	38	49	51,39279595	-2,392795951	4,883257042
685,5	1,987	2,247	2,083	215,9	215,3	215,1	-0,98	-0,98	-0,99	4	26,1	81	58	66	65,82942736	0,170572641	-0,258443395
701,5	1,969	2,184	2,035	214,3	213,3	212,7	-0,99	-0,98	-0,99	6	23,3	63	32	49	49,04336598	-0,043365983	0,088502006
225,5	0,547	0,893	0,78	220,4	219,6	219,3	-0,98	-0,98	-0,98	10	27,1	69	29	46	57,20616646	-11,20616646	24,36123144
675,5	2,069	2,179	2,297	215,7	215,3	214,6	-0,99	-0,99	-0,99	3	24	64	42	55	55,03133792	-0,031337919	0,056978035
710,5	2,015	2,311	1,922	218,4	217,8	217,6	-0,99	-0,98	-0,98	4	26,9	68	27	44	44,00853039	-0,008530387	0,019387242
268	0,867	0,666	0,802	216,9	216,8	216,3	-0,99	-0,98	-0,99	8	24,8	69	31	45	45,01624145	-0,01624145	0,036092112
128,5	0,346	0,358	0,355	219,5	218,9	218,4	-0,98	-0,97	-0,95	9	25	68	30	62	61,95301784	0,046982161	-0,075777679
592,5	1,673	1,7	1,575	215,2	215,2	214,1	-0,99	-0,98	-0,99	6	27,2	79	53	55	55,20055413	-0,20055413	0,364643873
836	2,287	2,685	2,603	217,4	216,8	216	-0,99	-0,99	-0,99	2	18,5	74	53	61	61,08685201	-0,08685201	0,142380345
780,5	1,814	2,218	2,001	217,4	216,7	216,1	-1	-0,99	-0,98	3	20,1	59	53	54	53,99156239	0,008437611	-0,015625206
210	0,716	0,645	0,639	220	219,8	219,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	23,5	81	52	63	62,99896082	0,00103918	-0,001649492
760,5	2,059	2,264	2,396	219,8	219,6	218,4	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,5	59	58	63	61,20389438	1,79610562	-2,850961302
364,5	1,065	1,165	1,164	219,2	218,9	218,2	-0,99	-0,99	-0,98	5	38	65	55	61	60,99555549	0,004444505	-0,007286075
680,5	2,14	2,073	2,096	217,9	218,6	216,9	-0,99	-0,99	-0,98	7	41	68	61	66	66,0222719	-0,022271898	0,033745301
705,5	2,261	2,509	2,382	217,6	216,9	216,1	-0,99	-0,99	-0,99	6	41,9	61	56	56	65,90721188	-9,907211881	17,69144979
621,5	1,754	2,037	1,914	216,2	216,4	215,1	-0,99	-0,98	-0,98	8	27,2	57	46	43	43,02712305	-0,027123046	0,06307685
321,5	0,965	0,959	0,795	219,1	219,7	218,7	-0,98	-0,98	-0,98	5	27,3	55	46	51	48,49086758	2,509132423	-4,919867496
128	0,389	0,339	0,372	221,7	222,5	220,9	-0,99	-0,98	-0,98	5	26,8	63	53	56	55,96396985	0,036030147	-0,064339549
632	1,717	1,788	1,738	218,3	218	217,1	-0,98	-0,99	-0,99	6	27,5	59	50	52	51,99846834	0,001531663	-0,002945505

Tablo 4.6: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
218	0,881	0,81	0,777	222,2	221,8	222,8	0,97	0,98	1	10	28,7	57	48	49	66,47195126	-17,47195126	35,65704339
201,5	0,452	0,676	0,571	219,9	219,6	220,5	0,98	0,98	0,99	14	28,6	61	49	53	55,68523746	-2,685237456	5,066485766
69,5	0,194	0,147	0,194	219,3	219,1	219,6	0,97	0,97	0,98	8	28,3	57	44	44	44	7,10543E-15	-1,61487E-14
385	1,183	1,193	1,223	219,1	218,3	219,5	0,98	0,98	0,98	5	24,1	78	55	59	59	1,42109E-14	-2,40862E-14
791	2,754	2,64	2,544	217,5	216,5	218	0,99	0,99	0,99	4	22	69	61	61	61	7,10543E-15	-1,16482E-14
824,5	2,463	2,422	2,207	218,5	217,7	219	0,99	0,99	0,99	4	21,4	67	58	67	67	0	0
894,5	2,853	3,125	2,768	215,9	214,4	216	0,98	0,98	0,98	6	23,3	69	31	56	56	0	0
380,5	1,038	1,067	1,095	220,9	220,5	221,3	0,98	0,97	0,98	10	24,4	69	31	56	56	0	0
755,5	2,006	2,047	2,01	220,4	219,8	221	0,99	0,99	0,99	3	18,5	75	25	41	41	-7,10543E-15	1,73303E-14
759,5	2,129	2,482	2,155	221,9	221	222,4	0,99	0,99	0,99	4	24,7	70	40	41	41	-2,13163E-14	5,19909E-14
435,5	1,492	1,344	1,26	217,3	217,2	217,9	0,98	0,98	0,99	8	24,5	70	39	56	56	0	0
179,5	0,55	0,692	0,654	219,8	219,5	220,4	0,99	0,99	0,99	9	22,6	64	27	57	55,19549455	1,80450545	-3,165799036
702	1,962	1,859	1,734	216,9	215,7	216,9	0,98	0,98	0,98	6	24,6	58	27	48	51,60049491	-3,60049491	7,501031062
969,5	3,081	2,91	2,762	218,4	217,1	218,6	0,98	0,98	0,98	2	19,1	55	32	48	48	-2,13163E-14	4,44089E-14
1074	2,931	2,778	2,836	218,1	216,6	218	0,98	0,98	0,98	3	20,8	63	40	40	40	-7,10543E-15	1,77636E-14
151	0,413	0,332	0,439	221,5	221,1	221,5	0,98	0,98	0,99	5	22,5	66	54	66	66	-1,42109E-14	2,15316E-14
937,5	2,526	2,359	2,399	221,6	220,3	221,7	0,98	0,98	0,98	7	38	67	56	57	54,79739653	2,202603475	-3,864216623
491	1,719	1,57	1,573	220,7	219,5	220,4	0,98	0,98	0,98	5	35,5	71	62	64	64	-1,42109E-14	2,22045E-14
880,5	2,351	2,51	2,637	219,9	218,3	219,6	0,97	0,98	0,98	7	35,1	72	62	63	66,24513014	-3,245130142	5,151000226
863	2,474	2,283	2,366	220,7	219,9	221,3	0,99	0,99	0,99	6	35,7	72	60	63	63	0	0
761,5	2,334	2,216	2,364	218,1	217,2	218,1	0,98	0,99	0,99	8	24,6	71	58	64	64	1,42109E-14	-2,22045E-14
325,5	0,799	0,859	0,713	220,9	220,2	221	0,98	0,99	-0,99	5	24,3	64	46	61	61	0	0
107	0,256	0,281	0,253	222,3	221,2	221,8	-0,93	-0,94	-0,93	5	24,9	75	48	55	55	-7,10543E-15	1,2919E-14
836,5	2,543	2,25	2,278	218,7	218,1	219,2	0,98	0,99	0,99	6	24,9	63	50	52	52	0	0

Tablo 4.7: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
218	0,881	0,81	0,777	222,2	221,8	222,8	0,97	0,98	1	10	28,7	57	48	49	48,75918935	0,240810645	-0,491450296
201,5	0,452	0,676	0,571	219,9	219,6	220,5	0,98	0,98	0,99	14	28,6	61	49	53	53,72764749	-0,72764749	1,372919793
69,5	0,194	0,147	0,194	219,3	219,1	219,6	0,97	0,97	0,98	8	28,3	57	44	44	44,62351958	-0,623519583	1,417089962
385	1,183	1,193	1,223	219,1	218,3	219,5	0,98	0,98	0,98	5	24,1	78	55	59	69,11556778	-10,11556778	17,14503014
791	2,754	2,64	2,544	217,5	216,5	218	0,99	0,99	0,99	4	22	69	61	61	63,87686446	-2,876864463	4,716171252
824,5	2,463	2,422	2,207	218,5	217,7	219	0,99	0,99	0,99	4	21,4	67	58	67	69,7872072	-2,787207202	4,160010749
894,5	2,853	3,125	2,768	215,9	214,4	216	0,98	0,98	0,98	6	23,3	69	31	56	49,09095468	6,909045319	-12,33758093
380,5	1,038	1,067	1,095	220,9	220,5	221,3	0,98	0,97	0,98	10	24,4	69	31	56	55,47456149	0,525438509	-0,938283052
755,5	2,006	2,047	2,01	220,4	219,8	221	0,99	0,99	0,99	3	18,5	75	25	41	33,56942966	7,430570336	-18,12334228
759,5	2,129	2,482	2,155	221,9	221	222,4	0,99	0,99	0,99	4	24,7	70	40	41	44,5072092	-3,507209199	8,554168778
435,5	1,492	1,344	1,26	217,3	217,2	217,9	0,98	0,98	0,99	8	24,5	70	39	56	55,42764937	0,572350635	-1,022054705
179,5	0,55	0,692	0,654	219,8	219,5	220,4	0,99	0,99	0,99	9	22,6	64	27	57	57,10124597	-0,101245971	0,177624511
702	1,962	1,859	1,734	216,9	215,7	216,9	0,98	0,98	0,98	6	24,6	58	27	48	43,29699901	4,703000994	-9,797918739
969,5	3,081	2,91	2,762	218,4	217,1	218,6	0,98	0,98	0,98	2	19,1	55	32	48	46,04339756	1,956602438	-4,076255079
1074	2,931	2,778	2,836	218,1	216,6	218	0,98	0,98	0,98	3	20,8	63	40	40	41,2900207	-1,290020699	3,225051748
151	0,413	0,332	0,439	221,5	221,1	221,5	0,98	0,98	0,99	5	22,5	66	54	66	67,0465756	-1,046575601	1,585720607
937,5	2,526	2,359	2,399	221,6	220,3	221,7	0,98	0,98	0,98	7	38	67	56	57	57,06546914	-0,065469136	0,114858133
491	1,719	1,57	1,573	220,7	219,5	220,4	0,98	0,98	0,98	5	35,5	71	62	64	63,63269589	0,367304106	-0,573912665
880,5	2,351	2,51	2,637	219,9	218,3	219,6	0,97	0,98	0,98	7	35,1	72	62	63	64,25704057	-1,25704057	1,995302492
863	2,474	2,283	2,366	220,7	219,9	221,3	0,99	0,99	0,99	6	35,7	72	60	63	63,37033543	-0,370335426	0,58783401
761,5	2,334	2,216	2,364	218,1	217,2	218,1	0,98	0,99	0,99	8	24,6	71	58	64	64,44910671	-0,449106715	0,701729241
325,5	0,799	0,859	0,713	220,9	220,2	221	0,98	0,99	-0,99	5	24,3	64	46	61	61,14672573	-0,146725732	0,240533988
107	0,256	0,281	0,253	222,3	221,2	221,8	-0,93	-0,94	-0,93	5	24,9	75	48	55	60,82942954	-5,82942954	10,5989628
836,5	2,543	2,25	2,278	218,7	218,1	219,2	0,98	0,99	0,99	6	24,9	63	50	52	56,42352643	-4,423526427	8,50678159

Tablo 4.8: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
217	0,698	0,725	0,608	233,5	233,3	233,6	-0,99	-0,99	-0,97	10	33,6	65	51	54	52,1652314	1,834768597	-3,397719625
243	0,756	0,607	0,488	230,6	229,6	230,1	-1	-0,98	-0,98	14	33,1	58	50	51	51,22605499	-0,226054995	0,443245088
60	0,138	0,145	0,112	231,6	230,6	231,5	0,98	-1	-1	8	32,2	69	51	54	53,65495222	0,345047784	-0,638977378
276,5	0,826	0,838	0,759	229,6	229,2	229,8	-0,98	-0,97	-0,96	5	24,5	60	40	44	54,31287494	-10,31287494	23,43835213
865,5	2,69	2,681	2,782	228,5	227,5	227,1	-0,98	-0,98	-0,98	4	21,5	76	28	51	48,79321487	2,206785126	-4,327029659
893,5	2,783	2,61	3,045	227,5	226,5	225,5	-0,99	-0,98	-0,98	4	20,8	72	63	66	66,23145215	-0,231452148	0,350685073
935	2,745	2,568	2,892	225,3	224,3	223,3	-0,98	-0,98	-0,98	6	25,6	68	31	49	50,51389056	-1,513890558	3,089572568
278,5	0,668	0,646	0,796	231,2	230,4	231,2	-0,95	-0,97	-0,97	10	26,5	73	28	55	55,21506879	-0,215068789	0,391034163
858,5	2,744	2,508	2,669	226,8	226,4	225,7	-0,99	-0,99	-0,98	3	24	67	28	55	50,52427376	4,475726238	-8,137684069
917	2,848	2,801	2,847	230,6	229,8	229,3	-0,99	-0,98	-0,98	4	24,9	60	28	42	35,13792247	6,862077535	-16,33827984
308	0,957	0,811	0,793	227,8	227,8	228	-0,97	-0,96	-0,97	8	26,5	59	42	54	53,79914745	0,20085255	-0,371949166
124	0,548	0,376	0,471	230,6	230,1	231	-0,98	-0,98	-0,99	9	26,3	64	27	57	56,85868643	0,141313569	-0,247918542
751	1,975	1,759	2,046	227,5	226,3	225,4	-0,98	-0,98	-0,98	6	31,5	64	50	5	5,070616853	-0,070616853	1,412337062
744	1,986	1,726	1,783	230,3	228,7	228,8	-0,99	-0,99	-0,98	2	18,1	71	56	56	55,14165017	0,858349827	-1,532767547
933,5	2,306	2,052	2,312	229,6	228,2	227,9	-0,99	-0,99	-0,99	3	22,1	74	52	52	52,26483044	-0,264830445	0,509289317
129	0,39	0,455	0,411	230,8	230,3	231,4	-0,99	-0,99	-0,99	5	23,3	71	61	64	64,31885068	-0,318850677	0,498204183
918	2,545	2,314	2,488	229,5	227,5	227,7	-0,97	-0,98	-0,98	7	36,7	65	60	65	69,66281219	-4,662812192	7,173557218
378	1,207	1,2	0,994	231,1	230,8	230,5	-0,98	-0,99	-0,98	5	37,2	70	56	63	52,35572032	10,64427968	-16,89568204
819	2,575	2,333	2,547	230,5	229,3	228,8	-0,98	-0,97	-0,98	7	37,1	66	56	63	61,97294923	1,027050766	-1,630239311
809,5	2,151	2,152	2,587	229,6	228,6	227,6	-0,98	-0,99	-0,98	6	35,6	72	63	67	66,51245813	0,487541869	-0,727674432
834	2,907	2,58	2,824	229,6	228,4	228,4	-0,98	-0,99	-0,99	8	24,4	70	52	57	60,06794966	-3,067949655	5,382367817
413,5	1,42	1,194	1,289	229,7	229,3	229	-0,99	-0,99	-0,99	5	26,6	59	51	58	53,70508674	4,294913264	-7,40502287
172,5	0,469	0,405	0,354	231,1	229,6	230,8	-0,98	-0,94	-0,92	5	27,3	81	50	50	51,45825338	-1,458253378	2,916506756
875	2,602	2,396	2,627	229,3	227,9	226,9	-0,97	-0,99	-0,98	6	27,2	61	50	53	53,1465318	-0,146531798	0,27647509

Tablo 4.9: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
217	0,698	0,725	0,608	233,5	233,3	233,6	-0,99	-0,99	-0,97	10	33,6	65	51	54	52,96123901	1,038760987	-1,923631458
243	0,756	0,607	0,488	230,6	229,6	230,1	-1	-0,98	-0,98	14	33,1	58	50	51	51,66111547	-0,661115472	1,296304847
60	0,138	0,145	0,112	231,6	230,6	231,5	0,98	-1	-1	8	32,2	69	51	54	53,47212176	0,527878242	-0,9775523
276,5	0,826	0,838	0,759	229,6	229,2	229,8	-0,98	-0,97	-0,96	5	24,5	60	40	44	45,33783788	-1,337837883	3,040540643
865,5	2,69	2,681	2,782	228,5	227,5	227,1	-0,98	-0,98	-0,98	4	21,5	76	28	51	57,99975346	-6,999753456	13,72500678
893,5	2,783	2,61	3,045	227,5	226,5	225,5	-0,99	-0,98	-0,98	4	20,8	72	63	66	59,85509543	6,144904573	-9,310461474
935	2,745	2,568	2,892	225,3	224,3	223,3	-0,98	-0,98	-0,98	6	25,6	68	31	49	43,41260967	5,587390333	-11,40283741
278,5	0,668	0,646	0,796	231,2	230,4	231,2	-0,95	-0,97	-0,97	10	26,5	73	28	55	53,55754266	1,44245734	-2,622649709
858,5	2,744	2,508	2,669	226,8	226,4	225,7	-0,99	-0,99	-0,98	3	24	67	28	55	39,11337614	15,88662386	-28,88477066
917	2,848	2,801	2,847	230,6	229,8	229,3	-0,99	-0,98	-0,98	4	24,9	60	28	42	47,06606833	-5,066068326	12,06206744
308	0,957	0,811	0,793	227,8	227,8	228	-0,97	-0,96	-0,97	8	26,5	59	42	54	51,24937402	2,750625982	-5,093751818
124	0,548	0,376	0,471	230,6	230,1	231	-0,98	-0,98	-0,99	9	26,3	64	27	57	53,79981495	3,200185052	-5,614359741
751	1,975	1,759	2,046	227,5	226,3	225,4	-0,98	-0,98	-0,98	6	31,5	64	50	5	31,63468373	-26,63468373	532,6936746
744	1,986	1,726	1,783	230,3	228,7	228,8	-0,99	-0,99	-0,98	2	18,1	71	56	56	61,71389792	-5,713897923	10,20338915
933,5	2,306	2,052	2,312	229,6	228,2	227,9	-0,99	-0,99	-0,99	3	22,1	74	52	52	62,18468754	-10,18468754	19,58593757
129	0,39	0,455	0,411	230,8	230,3	231,4	-0,99	-0,99	-0,99	5	23,3	71	61	64	67,43581621	-3,435816208	5,368462825
918	2,545	2,314	2,488	229,5	227,5	227,7	-0,97	-0,98	-0,98	7	36,7	65	60	65	57,00819302	7,991806984	-12,29508767
378	1,207	1,2	0,994	231,1	230,8	230,5	-0,98	-0,99	-0,98	5	37,2	70	56	63	64,87202102	-1,872021016	2,97146193
819	2,575	2,333	2,547	230,5	229,3	228,8	-0,98	-0,97	-0,98	7	37,1	66	56	63	58,71642334	4,283576657	-6,799328027
809,5	2,151	2,152	2,587	229,6	228,6	227,6	-0,98	-0,99	-0,98	6	35,6	72	63	67	63,46929754	3,530702458	-5,269705162
834	2,907	2,58	2,824	229,6	228,4	228,4	-0,98	-0,99	-0,99	8	24,4	70	52	57	55,86677944	1,133220558	-1,988106243
413,5	1,42	1,194	1,289	229,7	229,3	229	-0,99	-0,99	-0,99	5	26,6	59	51	58	43,58267758	14,41732242	-24,85745244
172,5	0,469	0,405	0,354	231,1	229,6	230,8	-0,98	-0,94	-0,92	5	27,3	81	50	50	54,17150682	-4,17150682	8,34301364
875	2,602	2,396	2,627	229,3	227,9	226,9	-0,97	-0,99	-0,98	6	27,2	61	50	53	35,24986947	17,75013053	-33,49081233

Tablo 4.10: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
95,5	0,283	0,285	0,378	231,9	233	232,6	0,96	0,96	0,99	10	37	68	56	66	57,47775183	8,522248171	-12,91249723
144,5	0,378	0,465	0,512	229,2	230	229,7	0,92	0,97	0,98	14	36,6	68	58	65	63,00204889	1,997951106	-3,073770932
90,5	0,194	0,236	0,28	227,7	228,2	228,1	0,95	0,98	0,99	8	37,8	68	55	59	58,3537503	0,646249702	-1,095338477
308,5	0,864	1,067	1,136	227,1	227,5	227,7	0,97	0,98	0,98	5	30,7	73	29	46	48,30274017	-2,302740172	5,005956895
741,5	2,017	2,043	2,562	226,2	226,5	226,2	0,98	0,99	0,98	4	30,1	69	63	64	56,70026839	7,299731608	-11,40583064
792	2,436	2,344	2,65	223,3	223,3	223,7	0,98	0,98	0,98	4	31,5	67	43	53	49,27492286	3,725077145	-7,028447443
793,5	2,273	2,293	2,482	221,2	222,1	222	0,98	0,99	0,98	6	32	66	37	54	50,71184042	3,28815958	-6,089184407
303	0,744	0,908	0,913	229,7	230	229,4	0,98	0,98	0,98	10	29,1	65	45	45	48,6108605	-3,610860496	8,024134436
688,5	2,011	1,928	1,996	225,6	225,8	226	0,98	0,98	0,99	3	30,5	74	44	52	51,64063229	0,359367707	-0,691091744
719,5	2,074	2,111	2,417	227,7	228	228,3	0,98	1	0,99	4	31,5	74	32	50	49,68413183	0,315868167	-0,631736334
251,5	0,67	0,863	0,827	227,1	227,4	227,3	0,98	0,99	0,99	8	31,3	74	42	51	50,43363463	0,566365372	-1,110520337
126	0,27	0,45	0,221	229,4	229,4	229	0,97	0,99	0,9	9	31,5	65	56	65	62,48766173	2,512338274	-3,865135806
535	1,556	1,532	1,648	225	225,9	226	0,98	0,98	0,98	6	32,9	69	57	63	59,38383946	3,616160539	-5,739937363
714,5	1,903	2,192	2,547	226,8	226,4	226	0,98	0,99	0,98	2	33,6	67	60	65	57,09732909	7,902670909	-12,15795524
796,5	2,333	2,54	2,576	223,2	223,7	223,4	0,99	0,99	0,99	3	31,7	64	54	57	53,07583098	3,924169018	-6,88450705
175,5	0,48	0,564	0,53	228,6	229,8	229,5	0,94	0,96	0,95	5	32,3	70	52	61	56,54651287	4,453487127	-7,300798569
662	1,851	1,8	1,949	228	228,5	228,7	0,98	0,98	0,99	7	31,3	68	59	61	57,61201531	3,387984691	-5,554073264
243,5	0,624	0,647	0,71	228,9	229,8	230,2	0,94	0,96	0,97	5	48,4	65	61	63	62,04496106	0,955038939	-1,515934824
635,5	1,736	1,985	2,101	228,1	227,8	228,5	0,97	0,99	0,98	7	49,2	70	62	62	61,03991031	0,960089689	-1,548531757
677,5	1,958	2,035	1,013	227,1	227,3	228,1	0,98	0,98	0,97	6	53,6	69	60	63	64,17049357	-1,170493571	1,857926304
603	1,907	1,927	2,087	224,9	225,5	225,5	0,97	0,97	0,97	8	30,1	71	54	60	56,48227562	3,517724378	-5,862873964
188	0,431	0,548	0,614	229	229,5	230,2	0,91	0,95	0,96	5	31,7	69	55	57	56,74633943	0,253660575	-0,445018553
115,5	0,337	0,357	0,397	230,9	231,7	232,2	0,92	0,95	0,96	5	29,9	63	57	58	62,3671321	-4,367132102	7,529538107
584,5	1,695	1,808	1,751	226,7	227	227,6	0,96	0,97	0,98	6	28,3	72	58	61	57,17784417	3,822155827	-6,265829224

Tablo 4.11: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
95,5	0,283	0,285	0,378	231,9	233	232,6	0,96	0,96	0,99	10	37	68	56	66	66	9,52127E-13	-1,44262E-12
144,5	0,378	0,465	0,512	229,2	230	229,7	0,92	0,97	0,98	14	36,6	68	58	65	65	2,27374E-13	-3,49806E-13
90,5	0,194	0,236	0,28	227,7	228,2	228,1	0,95	0,98	0,99	8	37,8	68	55	59	59	-1,53477E-12	2,60131E-12
308,5	0,864	1,067	1,136	227,1	227,5	227,7	0,97	0,98	0,98	5	30,7	73	29	46	43,66079753	2,339202473	-5,085222767
741,5	2,017	2,043	2,562	226,2	226,5	226,2	0,98	0,99	0,98	4	30,1	69	63	64	66,40107511	-2,40107511	3,75167986
792	2,436	2,344	2,65	223,3	223,3	223,7	0,98	0,98	0,98	4	31,5	67	43	53	53	6,25278E-13	-1,17977E-12
793,5	2,273	2,293	2,482	221,2	222,1	222	0,98	0,99	0,98	6	32	66	37	54	54	1,02318E-12	-1,89478E-12
303	0,744	0,908	0,913	229,7	230	229,4	0,98	0,98	0,98	10	29,1	65	45	45	45	-1,1795E-12	2,62111E-12
688,5	2,011	1,928	1,996	225,6	225,8	226	0,98	0,98	0,99	3	30,5	74	44	52	52	1,65556E-12	-3,18378E-12
719,5	2,074	2,111	2,417	227,7	228	228,3	0,98	1	0,99	4	31,5	74	32	50	50	1,4353E-12	-2,87059E-12
251,5	0,67	0,863	0,827	227,1	227,4	227,3	0,98	0,99	0,99	8	31,3	74	42	51	51	-7,17648E-13	1,40715E-12
126	0,27	0,45	0,221	229,4	229,4	229	0,97	0,99	0,9	9	31,5	65	56	65	57,12891765	7,871082354	-12,10935747
535	1,556	1,532	1,648	225	225,9	226	0,98	0,98	0,98	6	32,9	69	57	63	57,47452399	5,525476012	-8,770596844
714,5	1,903	2,192	2,547	226,8	226,4	226	0,98	0,99	0,98	2	33,6	67	60	65	65	1,27898E-12	-1,96766E-12
796,5	2,333	2,54	2,576	223,2	223,7	223,4	0,99	0,99	0,99	3	31,7	64	54	57	57	2,06057E-13	-3,61504E-13
175,5	0,48	0,564	0,53	228,6	229,8	229,5	0,94	0,96	0,95	5	32,3	70	52	61	61	1,74794E-12	-2,86547E-12
662	1,851	1,8	1,949	228	228,5	228,7	0,98	0,98	0,99	7	31,3	68	59	61	59,87844225	1,121557752	-1,838619266
243,5	0,624	0,647	0,71	228,9	229,8	230,2	0,94	0,96	0,97	5	48,4	65	61	63	63	2,34479E-13	-3,72189E-13
635,5	1,736	1,985	2,101	228,1	227,8	228,5	0,97	0,99	0,98	7	49,2	70	62	62	68,52567835	-6,525678347	10,52528766
677,5	1,958	2,035	1,013	227,1	227,3	228,1	0,98	0,98	0,97	6	53,6	69	60	63	63	8,2423E-13	-1,3083E-12
603	1,907	1,927	2,087	224,9	225,5	225,5	0,97	0,97	0,97	8	30,1	71	54	60	60	1,9682E-12	-3,28034E-12
188	0,431	0,548	0,614	229	229,5	230,2	0,91	0,95	0,96	5	31,7	69	55	57	57	1,54898E-12	-2,71751E-12
115,5	0,337	0,357	0,397	230,9	231,7	232,2	0,92	0,95	0,96	5	29,9	63	57	58	58	-2,79954E-12	4,82679E-12
584,5	1,695	1,808	1,751	226,7	227	227,6	0,96	0,97	0,98	6	28,3	72	58	61	61	2,11031E-12	-3,45953E-12

Tablo 4.12: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
72,5	0,159	0,197	0,255	231,7	231,8	231,5	0,96	0,97	0,99	10	34,7	70	57	59	62,95437021	-3,95437021	6,70232239
63	0,126	0,147	0,236	230,2	230,5	229,7	0,95	0,96	0,99	14	35,8	59	56	57	56,53910968	0,460890325	-0,808579517
42	0,094	0,083	0,206	228,8	229,4	228,3	0,98	-0,95	-0,99	8	35,7	73	50	58	60,11078285	-2,110782852	3,639280778
192,5	0,314	0,568	0,808	229,1	229,2	227,7	0,93	0,99	0,96	5	26,5	70	45	50	49,42032013	0,579679873	-1,159359745
345	0,913	0,972	1,16	227,7	228,2	227	0,98	0,99	0,99	4	27,6	73	47	49	48,66617722	0,333822785	-0,68127099
407,5	1,118	1,229	1,483	226,8	227,3	225,9	0,98	0,99	0,99	4	28,3	69	35	47	49,86425518	-2,864255176	6,094159949
357	0,885	1,08	1,081	225,1	225,6	224,5	0,99	0,99	0,98	6	29,6	70	43	49	49,46492353	-0,464923532	0,948823536
77,5	0,167	0,171	0,245	231	230,9	230,7	0,97	0,96	1	10	28,8	75	30	47	48,70432857	-1,704328575	3,62623101
270	0,698	0,877	1,074	226,4	226,9	225,6	0,98	0,99	0,99	3	27,9	71	25	57	55,06851362	1,931486384	-3,388572604
314,5	0,654	0,767	0,93	230,9	231,9	230,3	0,99	0,99	0,99	4	27,9	74	41	51	52,459266	-1,459266	2,861305883
140,5	0,252	0,382	0,534	228,1	228,3	227,2	0,98	1	0,98	8	22,7	75	60	67	69,83482035	-2,834820349	4,231075148
113	0,331	0,439	0,479	229,7	229,7	229,2	0,92	0,99	0,95	9	31,2	75	30	47	47,45757587	-0,457575868	0,973565677
315	0,952	1,062	1,123	225,9	226,7	225,4	0,99	1	0,99	6	25,4	72	58	58	48,77821092	9,221789079	-15,89963634
311	0,955	0,936	1,066	228,9	229,3	228,1	0,99	0,99	1	2	26,2	68	57	61	60,59994174	0,400058258	-0,65583321
367,5	0,997	1,127	1,233	227,8	228,6	227,3	0,99	0,99	0,99	3	27,1	68	52	60	56,14072676	3,859273244	-6,432122074
107,5	0,241	0,269	0,295	230,5	230,5	230,2	0,98	0,96	0,99	5	24,6	65	58	61	62,15739937	-1,157399365	1,897376008
299	0,711	0,812	1,097	229,5	230,4	228,5	0,98	0,98	1	7	41,4	65	57	60	58,08849417	1,911505835	-3,185843058
120	0,358	0,29	0,346	230,6	232	230,1	0,97	0,96	0,98	5	29,6	64	58	62	62,69726862	-0,697268625	1,124626814
332,5	1,107	1,135	0,976	229,6	231,1	229,7	0,99	0,99	0,99	7	32,9	73	57	58	60,626872	-2,626872002	4,529089659
305,5	0,74	0,822	0,93	229,1	229,9	229	0,99	0,99	0,99	6	33,3	66	56	63	60,16318607	2,836813933	-4,502879259
302,5	0,793	0,864	1,001	228,9	229,6	228,5	0,99	0,99	0,99	8	27,5	69	59	61	58,36028022	2,639719778	-4,327409472
89,5	0,166	0,215	0,331	230,8	231,1	230,1	0,99	0,99	0,98	5	28,2	68	57	57	63,73554543	-6,735545433	11,81674637
103,5	0,088	0,147	0,258	231,6	232,4	231,2	0,9	0,97	0,99	5	27,2	70	59	67	64,82530013	2,174699868	-3,245820698
300,5	1	1,048	1,027	228,9	229,7	228,4	0,98	0,98	0,99	6	26,8	68	58	62	59,46711173	2,532888267	-4,085303656

Tablo 4.13: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
72,5	0,159	0,197	0,255	231,7	231,8	231,5	0,96	0,97	0,99	10	34,7	70	57	59	64,77563097	-5,775630971	9,789205035
63	0,126	0,147	0,236	230,2	230,5	229,7	0,95	0,96	0,99	14	35,8	59	56	57	57,00706127	-0,007061268	0,01238819
42	0,094	0,083	0,206	228,8	229,4	228,3	0,98	-0,95	-0,99	8	35,7	73	50	58	58,009749	-0,009749001	0,016808622
192,5	0,314	0,568	0,808	229,1	229,2	227,7	0,93	0,99	0,96	5	26,5	70	45	50	50,00641582	-0,006415819	0,012831638
345	0,913	0,972	1,16	227,7	228,2	227	0,98	0,99	0,99	4	27,6	73	47	49	50,5475016	-1,547501603	3,158166538
407,5	1,118	1,229	1,483	226,8	227,3	225,9	0,98	0,99	0,99	4	28,3	69	35	47	47,00322324	-0,00322324	0,006857957
357	0,885	1,08	1,081	225,1	225,6	224,5	0,99	0,99	0,98	6	29,6	70	43	49	49,0026194	-0,002619402	0,005345718
77,5	0,167	0,171	0,245	231	230,9	230,7	0,97	0,96	1	10	28,8	75	30	47	47,00952324	-0,009523235	0,020262202
270	0,698	0,877	1,074	226,4	226,9	225,6	0,98	0,99	0,99	3	27,9	71	25	57	56,99988901	0,000110994	-0,000194727
314,5	0,654	0,767	0,93	230,9	231,9	230,3	0,99	0,99	0,99	4	27,9	74	41	51	51,00402729	-0,004027286	0,007896638
140,5	0,252	0,382	0,534	228,1	228,3	227,2	0,98	1	0,98	8	22,7	75	60	67	66,98414635	0,015853651	-0,023662165
113	0,331	0,439	0,479	229,7	229,7	229,2	0,92	0,99	0,95	9	31,2	75	30	47	47,49436808	-0,494368075	1,051846969
315	0,952	1,062	1,123	225,9	226,7	225,4	0,99	1	0,99	6	25,4	72	58	58	56,326885	1,673114998	-2,88468103
311	0,955	0,936	1,066	228,9	229,3	228,1	0,99	0,99	1	2	26,2	68	57	61	61,00176377	-0,001763772	0,00289143
367,5	0,997	1,127	1,233	227,8	228,6	227,3	0,99	0,99	0,99	3	27,1	68	52	60	55,78658127	4,213418727	-7,022364545
107,5	0,241	0,269	0,295	230,5	230,5	230,2	0,98	0,96	0,99	5	24,6	65	58	61	61,00918915	-0,009189146	0,015064174
299	0,711	0,812	1,097	229,5	230,4	228,5	0,98	0,98	1	7	41,4	65	57	60	60,00250864	-0,002508637	0,004181061
120	0,358	0,29	0,346	230,6	232	230,1	0,97	0,96	0,98	5	29,6	64	58	62	62,00240048	-0,002400479	0,00387174
332,5	1,107	1,135	0,976	229,6	231,1	229,7	0,99	0,99	0,99	7	32,9	73	57	58	58,00147698	-0,001476976	0,00254651
305,5	0,74	0,822	0,93	229,1	229,9	229	0,99	0,99	0,99	6	33,3	66	56	63	63,00174696	-0,001746957	0,002772948
302,5	0,793	0,864	1,001	228,9	229,6	228,5	0,99	0,99	0,99	8	27,5	69	59	61	63,43626599	-2,436265992	3,993878676
89,5	0,166	0,215	0,331	230,8	231,1	230,1	0,99	0,99	0,98	5	28,2	68	57	57	57,02854791	-0,028547914	0,050084059
103,5	0,088	0,147	0,258	231,6	232,4	231,2	0,9	0,97	0,99	5	27,2	70	59	67	66,99297971	0,007020288	-0,010478042
300,5	1	1,048	1,027	228,9	229,7	228,4	0,98	0,98	0,99	6	26,8	68	58	62	62,00035853	-0,000358532	0,000578278

Tablo 4.14: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
308,5	0,752	0,764	0,732	232,1	231,2	232	0,98	0,97	0,99	10	36,8	68	54	62	61,99940313	0,000596872	-0,000962697
276	0,536	0,543	0,57	230,1	229,4	230,1	-1	1	0,97	14	38,3	71	58	59	58,99993372	6,62823E-05	-0,000112343
126	0,339	0,332	0,306	228,9	228,6	229,3	-0,99	0,99	0,99	8	38,2	74	57	58	63,31520491	-5,315204911	9,164146398
378,5	1,18	1,236	1,387	228,9	228,5	229,1	0,98	0,99	0,99	5	28,3	73	30	53	53,00010979	-0,000109785	0,000207142
1010,5	3,174	3,053	3,176	224,9	223,8	224,9	0,99	0,99	0,99	4	29,9	73	61	70	61,58679785	8,413202145	-12,01886021
992,5	2,272	3,104	2,855	226,3	225,2	226,5	0,98	0,98	0,99	4	17,9	73	38	50	58,23885044	-8,238850438	16,47770088
967	2,92	3,053	3,243	223,6	223,4	223,6	0,97	0,99	0,98	6	30,8	64	43	48	48,00035229	-0,000352289	0,000733936
502	1,462	1,484	1,574	230	229,5	230,1	1	1	0,98	10	33,2	68	46	54	54,00013195	-0,000131948	0,000244349
884	2,392	2,473	2,647	226,3	225,5	226,1	0,99	0,99	0,98	3	32,3	65	30	46	46,00009063	-9,06336E-05	0,00019703
892,5	2,573	2,43	2,578	230,3	229,1	230,1	0,98	0,98	1	4	21,7	60	40	47	43,35775629	3,642243707	-7,749454695
470	1,39	1,398	1,374	227,5	226,6	227,5	0,99	0,98	0,99	8	33,1	65	39	53	53,00072844	-0,000728437	0,001374409
151,5	0,3	0,312	0,407	230,3	229,9	230,3	0,98	0,99	0,99	9	28,5	61	53	57	56,99979301	0,000206989	-0,000363139
689,5	1,932	1,677	1,819	226	225,5	225,6	0,98	0,98	0,98	6	29,3	68	56	62	52,50464565	9,495354348	-15,31508766
981	2,92	2,945	3,277	227,9	226,7	227	0,99	0,99	0,99	2	31,1	73	57	63	63,00068308	-0,000683077	0,001084249
967	2,887	2,86	3,321	226,6	226,1	225,3	0,98	0,98	0,98	3	28,7	68	57	59	59,00076354	-0,000763537	0,001294131
134	0,363	0,354	0,468	231	229,8	230,8	0,98	0,95	0,99	5	27,1	67	55	58	58,00040994	-0,000409935	0,000706785
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	27	68	57	68	68,00023566	-0,000235657	0,000346554
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	43,5	68	56	66	65,99994696	5,30426E-05	-8,03676E-05
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,3	64	56	60	60,00066918	-0,000669179	0,001115298
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	41,5	74	67	68	64,18110121	3,818898791	-5,616027633
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	25,6	63	58	59	59,00041273	-0,000412728	0,000699539
154,5	0,213	0,36	0,505	230,6	231,3	231,4	-0,98	-0,98	-0,99	5	30,1	66	58	59	59,00045791	-0,00045791	0,000776118
89,5	0,257	0,276	0,329	231,4	232,5	233,2	-0,96	-0,96	-0,97	5	29,8	65	58	61	61,00033322	-0,00033322	0,000546263
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	31,5	71	59	61	61,00028948	-0,000289479	0,000474556

Tablo 4.15: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
308,5	0,752	0,764	0,732	232,1	231,2	232	0,98	0,97	0,99	10	36,8	68	54	62	59,98467334	2,015326658	-3,250526868
276	0,536	0,543	0,57	230,1	229,4	230,1	-1	1	0,97	14	38,3	71	58	59	59	0	0
126	0,339	0,332	0,306	228,9	228,6	229,3	-0,99	0,99	0,99	8	38,2	74	57	58	58	-1,42109E-14	2,45015E-14
378,5	1,18	1,236	1,387	228,9	228,5	229,1	0,98	0,99	0,99	5	28,3	73	30	53	53	-7,10543E-15	1,34065E-14
1010,5	3,174	3,053	3,176	224,9	223,8	224,9	0,99	0,99	0,99	4	29,9	73	61	70	70	2,84217E-14	-4,06024E-14
992,5	2,272	3,104	2,855	226,3	225,2	226,5	0,98	0,98	0,99	4	17,9	73	38	50	50	0	0
967	2,92	3,053	3,243	223,6	223,4	223,6	0,97	0,99	0,98	6	30,8	64	43	48	48	-7,10543E-15	1,4803E-14
502	1,462	1,484	1,574	230	229,5	230,1	1	1	0,98	10	33,2	68	46	54	54	7,10543E-15	-1,31582E-14
884	2,392	2,473	2,647	226,3	225,5	226,1	0,99	0,99	0,98	3	32,3	65	30	46	46	-7,10543E-15	1,54466E-14
892,5	2,573	2,43	2,578	230,3	229,1	230,1	0,98	0,98	1	4	21,7	60	40	47	52,73679099	-5,736790988	12,20593827
470	1,39	1,398	1,374	227,5	226,6	227,5	0,99	0,98	0,99	8	33,1	65	39	53	51,05182856	1,948171435	-3,675795161
151,5	0,3	0,312	0,407	230,3	229,9	230,3	0,98	0,99	0,99	9	28,5	61	53	57	57	0	0
689,5	1,932	1,677	1,819	226	225,5	225,6	0,98	0,98	0,98	6	29,3	68	56	62	62	-7,10543E-15	1,14604E-14
981	2,92	2,945	3,277	227,9	226,7	227	0,99	0,99	0,99	2	31,1	73	57	63	63	1,42109E-14	-2,25569E-14
967	2,887	2,86	3,321	226,6	226,1	225,3	0,98	0,98	0,98	3	28,7	68	57	59	60,86971713	-1,86971713	3,169012084
134	0,363	0,354	0,468	231	229,8	230,8	0,98	0,95	0,99	5	27,1	67	55	58	58	0	0
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	27	68	57	68	68	0	0
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	43,5	68	56	66	66	0	0
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,3	64	56	60	66,91000074	-6,910000739	11,5166679
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	41,5	74	67	68	70,98979213	-2,989792134	4,396753139
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	25,6	63	58	59	59	-7,10543E-15	1,20431E-14
154,5	0,213	0,36	0,505	230,6	231,3	231,4	-0,98	-0,98	-0,99	5	30,1	66	58	59	59	-1,42109E-14	2,40862E-14
89,5	0,257	0,276	0,329	231,4	232,5	233,2	-0,96	-0,96	-0,97	5	29,8	65	58	61	61	-1,42109E-14	2,32965E-14
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	31,5	71	59	61	61	-1,42109E-14	2,32965E-14

Tablo 4.16: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
322,5	0,922	0,892	0,836	231,4	231,9	232	-0,97	-0,98	-0,98	10	27,7	67	55	56	56,0000613	-6,12984E-05	0,000109461
253	0,809	0,713	0,681	229,2	229,5	229,6	-0,99	-0,95	-0,98	14	29,1	57	53	56	55,99995077	4,92321E-05	-8,79145E-05
48,5	0,114	0,15	0,12	230,9	230,8	231,4	-0,96	-0,95	-0,99	8	27,9	73	52	56	56,00009586	-9,58562E-05	0,000171172
138,5	0,258	0,343	0,451	228,2	228,8	228,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	19,3	70	26	45	45,00009774	-9,77401E-05	0,0002172
1135,5	3,406	3,291	3,58	225,9	226,8	226,2	-0,98	-0,99	-0,98	4	16,8	67	28	66	65,99969872	0,000301279	-0,000456483
1095	3,286	3,277	3,274	223,8	226,2	226	-0,98	-0,99	-0,98	4	20,7	71	34	43	43,00024191	-0,000241907	0,000562575
966	2,968	2,828	3,154	224	225,9	224,8	-0,98	-0,99	-0,99	6	22	61	25	49	49,00017271	-0,000172712	0,000352474
274	0,733	0,809	0,692	231,3	232,1	232	-0,98	-0,99	-0,98	10	23	61	27	44	43,99988279	0,00011721	-0,000266386
92	0,233	0,208	0,291	230,8	231,5	230,8	-0,97	-0,96	-0,99	3	23,6	70	27	44	43,99996367	3,63313E-05	-8,25712E-05
989,5	2,746	2,552	2,806	226,4	228,7	228,5	-0,99	-0,99	-1	4	20,6	56	25	46	46,00014623	-0,000146228	0,000317886
1030,5	3,146	2,786	2,885	225,6	227,8	227,6	-0,99	-0,99	-0,98	8	24,8	58	37	40	46,66565524	-6,665655243	16,66413811
890,5	2,524	2,022	2,294	227,7	229,7	229,1	-0,98	-0,98	-0,98	9	25	55	49	52	51,99989472	0,00010528	-0,000202461
671	1,905	1,665	1,915	226	227,5	227,2	-0,98	-0,99	-0,97	6	20,6	67	54	55	54,99957511	0,000424894	-0,000772535
64	0,157	0,141	0,199	229,7	230,5	230,1	-0,97	-1	-1	2	21,1	62	54	56	56,00005796	-5,79579E-05	0,000103496
998	2,496	2,567	2,606	228,7	230,7	229,8	-0,99	-0,99	-0,99	3	18,2	57	52	52	52,00013156	-0,000131561	0,000253002
899,5	2,531	2,735	2,47	229,3	230,5	230	-0,99	-0,97	-0,98	5	20,3	76	54	61	61,66709717	-0,667097169	1,093601917
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	40,2	64	58	60	59,99998915	1,08452E-05	-1,80753E-05
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	29,7	71	60	63	55,01749271	7,982507292	-12,6706465
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	39,2	71	62	62	61,99996006	3,99438E-05	-6,44255E-05
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	34,9	64	56	62	59,85533222	2,144667782	-3,459141584
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	22	57	51	53	56,60406505	-3,604065049	6,800122733
199,5	0,361	0,423	0,616	230,2	230,6	230,9	-0,93	-0,99	-0,98	5	22,8	73	55	69	68,99945852	0,000541481	-0,000784755
96,5	0,215	0,257	0,332	230,8	231,1	232,1	-0,95	-0,98	-0,98	5	22,9	61	54	54	38,95415179	15,04584821	-27,86268187
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	23,5	72	53	56	55,99989881	0,000101194	-0,000180704

Tablo 4.17: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %75 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
322,5	0,922	0,892	0,836	231,4	231,9	232	-0,97	-0,98	-0,98	10	27,7	67	55	56	55,85914338	0,140856616	-0,251529671
253	0,809	0,713	0,681	229,2	229,5	229,6	-0,99	-0,95	-0,98	14	29,1	57	53	56	56,21452534	-0,214525342	0,383080968
48,5	0,114	0,15	0,12	230,9	230,8	231,4	-0,96	-0,95	-0,99	8	27,9	73	52	56	55,39679748	0,60320252	-1,077147357
138,5	0,258	0,343	0,451	228,2	228,8	228,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	19,3	70	26	45	52,225359	-7,225358997	16,05635333
1135,5	3,406	3,291	3,58	225,9	226,8	226,2	-0,98	-0,99	-0,98	4	16,8	67	28	66	57,9758414	8,0241586	-12,15781606
1095	3,286	3,277	3,274	223,8	226,2	226	-0,98	-0,99	-0,98	4	20,7	71	34	43	50,4995501	-7,499550104	17,4408142
966	2,968	2,828	3,154	224	225,9	224,8	-0,98	-0,99	-0,99	6	22	61	25	49	51,62825446	-2,628254459	5,36378461
274	0,733	0,809	0,692	231,3	232,1	232	-0,98	-0,99	-0,98	10	23	61	27	44	43,04615711	0,95384289	-2,167824751
92	0,233	0,208	0,291	230,8	231,5	230,8	-0,97	-0,96	-0,99	3	23,6	70	27	44	44,43292338	-0,432923376	0,983916763
989,5	2,746	2,552	2,806	226,4	228,7	228,5	-0,99	-0,99	-1	4	20,6	56	25	46	47,25454827	-1,254548274	2,727278856
1030,5	3,146	2,786	2,885	225,6	227,8	227,6	-0,99	-0,99	-0,98	8	24,8	58	37	40	44,1458301	-4,145830097	10,36457524
890,5	2,524	2,022	2,294	227,7	229,7	229,1	-0,98	-0,98	-0,98	9	25	55	49	52	53,70564045	-1,70564045	3,280077788
671	1,905	1,665	1,915	226	227,5	227,2	-0,98	-0,99	-0,97	6	20,6	67	54	55	56,86302925	-1,863029249	3,387325907
64	0,157	0,141	0,199	229,7	230,5	230,1	-0,97	-1	-1	2	21,1	62	54	56	56,64324541	-0,64324541	1,148652518
998	2,496	2,567	2,606	228,7	230,7	229,8	-0,99	-0,99	-0,99	3	18,2	57	52	52	53,66598789	-1,665987889	3,203822863
899,5	2,531	2,735	2,47	229,3	230,5	230	-0,99	-0,97	-0,98	5	20,3	76	54	61	69,21895934	-8,218959339	13,47370383
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	40,2	64	58	60	60,79279003	-0,792790031	1,321316718
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	29,7	71	60	63	61,60316786	1,396832145	-2,217193881
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	39,2	71	62	62	57,56972491	4,430275085	-7,145604976
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	34,9	64	56	62	56,94930033	5,050699666	-8,146289784
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	22	57	51	53	55,75544852	-2,755448517	5,198959466
199,5	0,361	0,423	0,616	230,2	230,6	230,9	-0,93	-0,99	-0,98	5	22,8	73	55	69	64,76136854	4,238631464	-6,142944151
96,5	0,215	0,257	0,332	230,8	231,1	232,1	-0,95	-0,98	-0,98	5	22,9	61	54	54	54,80323696	-0,803236964	1,487475859
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	23,5	72	53	56	59,10767366	-3,107673662	5,549417254

Tablo 4.18: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
614,5	1,844	1,767	1,796	222,2	222,9	222,9	1	1	1	10	36,2	85	62	64	52,32455894	11,68	-18,24
189	0,426	0,67	0,58	219,4	219,7	219,9	0,99	1	1	14	33,1	59	51	56	49,70451411	6,30	-11,24
67	0,131	0,213	0,156	219,1	219,6	219,6	-0,95	-0,96	-0,98	8	31,3	61	52	55	55,52226685	-0,52	0,95
468	1,485	1,663	1,325	217,7	218,3	218,5	0,98	0,98	0,98	0	22,8	60	56	57	56,93102988	0,07	-0,12
1133	2,906	3,31	2,862	216,9	216,7	217,7	0,99	0,99	1	-1	29,2	68	56	65	48,54857207	16,45	-25,31
1099	3,16	3,557	3,493	217,3	217	217,2	0,99	0,99	0,99	4	28,4	64	61	63	51,35003333	11,65	-18,49
1156	3,46	3,754	3,407	212,9	213	213,1	0,98	0,99	0,98	6	24,1	64	37	42	44,51294239	-2,51	5,98
477	1,398	1,51	1,419	219,6	219,9	219,8	0,98	0,99	0,98	10	21,7	59	33	52	51,54511171	0,45	-0,87
854	2,193	2,553	2,03	219,9	219,2	219,8	0,99	0,99	0,99	8	21,2	71	28	49	48,40317009	0,60	-1,22
1151,5	3,544	3,433	3,58	218,2	218,4	217,9	0,98	0,98	0,98	4	20,9	55	28	45	43,10722255	1,89	-4,21
501,5	1,241	1,358	1,398	217,6	217,9	217,8	0,98	0,99	0,98	8	25,4	72	35	43	49,73441113	-6,73	15,66
266	0,67	0,805	0,689	219,8	219,7	219,6	0,98	0,98	0,97	9	23,3	55	52	54	54,23038497	-0,23	0,43
876,5	2,468	2,558	2,674	215,6	215,8	215,4	0,98	0,98	0,97	6	25,1	58	24	39	42,68899413	-3,69	9,46
1102	3,13	3,484	3,401	215,5	215,8	216,3	0,98	0,99	0,98	2	18,5	53	38	40	42,55465293	-2,55	6,39
1042	3,189	3,606	3,469	215,9	215,3	216,1	0,98	0,98	0,98	3	20,2	60	28	41	41,68575004	-0,69	1,67
235,5	0,607	0,855	0,647	220,1	220,8	220,7	0,97	0,98	0,98	5	25,2	60	50	52	60,80831534	-8,81	16,94
989,5	2,772	3,086	3,064	219,5	219,3	219,7	0,98	0,98	0,98	7	45,5	65	56	63	61,051157	1,95	-3,09
354,5	0,858	1,025	0,932	220,2	220,7	221,5	0,98	0,99	0,99	5	50,9	68	56	61	58,20180617	2,80	-4,59
927	2,608	3,015	3,048	219	219,1	219,6	0,98	0,99	0,98	7	47	66	55	58	56,67179024	1,33	-2,29
991,5	3,065	3,244	3,302	218,4	218,3	219	0,98	0,98	0,98	6	46,6	67	57	58	57,6137462	0,39	-0,67
964,5	2,46	2,727	2,978	220,7	221,2	220,8	0,98	0,98	0,98	8	25,2	57	47	53	51,88488594	1,12	-2,10
303,5	0,987	1,16	1,054	219,3	219,7	220,1	0,98	0,99	0,99	5	26,6	63	47	50	58,27032934	-8,27	16,54
200,5	0,596	0,514	0,491	221,1	221,7	222,3	1	0,99	0,98	5	26,7	66	51	57	60,57321691	-3,57	6,27
970	2,766	3,075	3,014	217,8	217,5	218,1	0,98	0,99	0,98	6	27,5	71	57	57	45,51048666	11,49	-20,16

Tablo 4.19: 1.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
GİRDİLER	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
614,5	1,844	1,767	1,796	222,2	222,9	222,9	1	1	1	10	36,2	85	62	64	75,01415904	-11,01415904	17,2096235
189	0,426	0,67	0,58	219,4	219,7	219,9	0,99	1	1	14	33,1	59	51	56	56,22138871	-0,221388712	0,395336986
67	0,131	0,213	0,156	219,1	219,6	219,6	-0,95	-0,96	-0,98	8	31,3	61	52	55	41,86802506	13,13197494	-23,87631807
468	1,485	1,663	1,325	217,7	218,3	218,5	0,98	0,98	0,98	0	22,8	60	56	57	58,55537128	-1,555371281	2,728721545
1133	2,906	3,31	2,862	216,9	216,7	217,7	0,99	0,99	1	-1	29,2	68	56	65	60,30544822	4,694551784	-7,222387359
1099	3,16	3,557	3,493	217,3	217	217,2	0,99	0,99	0,99	4	28,4	64	61	63	57,22372524	5,776274762	-9,168690098
1156	3,46	3,754	3,407	212,9	213	213,1	0,98	0,99	0,98	6	24,1	64	37	42	42,16195383	-0,161953832	0,385604363
477	1,398	1,51	1,419	219,6	219,9	219,8	0,98	0,99	0,98	10	21,7	59	33	52	53,40992463	-1,409924626	2,711393512
854	2,193	2,553	2,03	219,9	219,2	219,8	0,99	0,99	0,99	8	21,2	71	28	49	53,78388243	-4,783882426	9,763025359
1151,5	3,544	3,433	3,58	218,2	218,4	217,9	0,98	0,98	0,98	4	20,9	55	28	45	53,21625608	-8,216256077	18,25834684
501,5	1,241	1,358	1,398	217,6	217,9	217,8	0,98	0,99	0,98	8	25,4	72	35	43	44,52346145	-1,523461451	3,542933608
266	0,67	0,805	0,689	219,8	219,7	219,6	0,98	0,98	0,97	9	23,3	55	52	54	55,73559857	-1,73559857	3,214071425
876,5	2,468	2,558	2,674	215,6	215,8	215,4	0,98	0,98	0,97	6	25,1	58	24	39	39,01236111	-0,012361113	0,031695163
1102	3,13	3,484	3,401	215,5	215,8	216,3	0,98	0,99	0,98	2	18,5	53	38	40	49,35079258	-9,350792578	23,37698144
1042	3,189	3,606	3,469	215,9	215,3	216,1	0,98	0,98	0,98	3	20,2	60	28	41	41,88615197	-0,886151971	2,161346271
235,5	0,607	0,855	0,647	220,1	220,8	220,7	0,97	0,98	0,98	5	25,2	60	50	52	54,29671581	-2,296715806	4,416761166
989,5	2,772	3,086	3,064	219,5	219,3	219,7	0,98	0,98	0,98	7	45,5	65	56	63	63,30703242	-0,307032418	0,487353044
354,5	0,858	1,025	0,932	220,2	220,7	221,5	0,98	0,99	0,99	5	50,9	68	56	61	59,66246584	1,337534159	-2,192678949
927	2,608	3,015	3,048	219	219,1	219,6	0,98	0,99	0,98	7	47	66	55	58	59,74776222	-1,747762225	3,013383146
991,5	3,065	3,244	3,302	218,4	218,3	219	0,98	0,98	0,98	6	46,6	67	57	58	58,83413317	-0,834133171	1,43816064
964,5	2,46	2,727	2,978	220,7	221,2	220,8	0,98	0,98	0,98	8	25,2	57	47	53	67,66573843	-14,66573843	27,67120458
303,5	0,987	1,16	1,054	219,3	219,7	220,1	0,98	0,99	0,99	5	26,6	63	47	50	52,27880097	-2,278800968	4,557601936
200,5	0,596	0,514	0,491	221,1	221,7	222,3	1	0,99	0,98	5	26,7	66	51	57	58,76172466	-1,761724661	3,090745019
970	2,766	3,075	3,014	217,8	217,5	218,1	0,98	0,99	0,98	6	27,5	71	57	57	57,64707218	-0,647072178	1,135214347

Tablo 4.20: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
210	0,546	0,524	0,641	222,3	221,8	221,2	-0,97	-0,94	-0,96	10	33,3	80	54	60	60,1150329	-0,115032896	0,191721494
152	0,557	0,62	0,469	219,3	219,1	218,8	-0,96	-0,96	-0,96	14	33,1	78	56	56	62,75891243	-6,758912433	12,06948649
103	0,307	0,398	0,337	218,6	217,9	217,8	-0,96	-0,96	-0,95	8	33,3	68	53	53	55,29391555	-2,293915547	4,328142542
243	0,773	0,839	0,646	218,5	218,1	217,4	-0,99	-0,98	-0,97	5	23,3	74	45	48	53,3422872	-5,342287204	11,12976501
782	2,148	2,791	2,446	216,4	215,7	215,4	-0,99	-0,99	-0,99	4	16,8	68	38	49	50,02164491	-1,021644906	2,084989603
685,5	1,987	2,247	2,083	215,9	215,3	215,1	-0,98	-0,98	-0,99	4	26,1	81	58	66	65,66431137	0,335688628	-0,508619133
701,5	1,969	2,184	2,035	214,3	213,3	212,7	-0,99	-0,98	-0,99	6	23,3	63	32	49	50,94899803	-1,948998028	3,977546996
225,5	0,547	0,893	0,78	220,4	219,6	219,3	-0,98	-0,98	-0,98	10	27,1	69	29	46	51,28732679	-5,28732679	11,49418867
675,5	2,069	2,179	2,297	215,7	215,3	214,6	-0,99	-0,99	-0,99	3	24	64	42	55	54,92316247	0,076837535	-0,139704609
710,5	2,015	2,311	1,922	218,4	217,8	217,6	-0,99	-0,98	-0,98	4	26,9	68	27	44	46,15479772	-2,154797724	4,897267553
268	0,867	0,666	0,802	216,9	216,8	216,3	-0,99	-0,98	-0,99	8	24,8	69	31	45	47,86477651	-2,864776509	6,366170021
128,5	0,346	0,358	0,355	219,5	218,9	218,4	-0,98	-0,97	-0,95	9	25	68	30	62	55,57361745	6,426382553	-10,36513315
592,5	1,673	1,7	1,575	215,2	215,2	214,1	-0,99	-0,98	-0,99	6	27,2	79	53	55	72,21967483	-17,21967483	31,3084997
836	2,287	2,685	2,603	217,4	216,8	216	-0,99	-0,99	-0,99	2	18,5	74	53	61	64,80247658	-3,802476584	6,23356817
780,5	1,814	2,218	2,001	217,4	216,7	216,1	-1	-0,99	-0,98	3	20,1	59	53	54	55,75692062	-1,756920625	3,253556713
210	0,716	0,645	0,639	220	219,8	219,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	23,5	81	52	63	48,52382294	14,47617706	-22,97805882
760,5	2,059	2,264	2,396	219,8	219,6	218,4	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,5	59	58	63	58,7881747	4,211825304	-6,685436991
364,5	1,065	1,165	1,164	219,2	218,9	218,2	-0,99	-0,99	-0,98	5	38	65	55	61	61,60920852	-0,609208521	0,998702493
680,5	2,14	2,073	2,096	217,9	218,6	216,9	-0,99	-0,99	-0,98	7	41	68	61	66	64,53189586	1,468104138	-2,224400209
705,5	2,261	2,509	2,382	217,6	216,9	216,1	-0,99	-0,99	-0,99	6	41,9	61	56	56	59,59918632	-3,59918632	6,427118428
621,5	1,754	2,037	1,914	216,2	216,4	215,1	-0,99	-0,98	-0,98	8	27,2	57	46	43	52,51824784	-9,518247839	22,13546009
321,5	0,965	0,959	0,795	219,1	219,7	218,7	-0,98	-0,98	-0,98	5	27,3	55	46	51	52,86309721	-1,863097214	3,653131791
128	0,389	0,339	0,372	221,7	222,5	220,9	-0,99	-0,98	-0,98	5	26,8	63	53	56	51,80579691	4,194203089	-7,489648373
632	1,717	1,788	1,738	218,3	218	217,1	-0,98	-0,99	-0,99	6	27,5	59	50	52	54,21607063	-2,216070625	4,261674279

Tablo 4.21: 2.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
210	0,546	0,524	0,641	222,3	221,8	221,2	-0,97	-0,94	-0,96	10	33,3	80	54	60	63,55915954	-3,559159541	5,931932568
152	0,557	0,62	0,469	219,3	219,1	218,8	-0,96	-0,96	-0,96	14	33,1	78	56	56	47,88343557	8,116564431	-14,49386505
103	0,307	0,398	0,337	218,6	217,9	217,8	-0,96	-0,96	-0,95	8	33,3	68	53	53	53,28621766	-0,286217665	0,54003333
243	0,773	0,839	0,646	218,5	218,1	217,4	-0,99	-0,98	-0,97	5	23,3	74	45	48	48,9692351	-0,969235098	2,019239788
782	2,148	2,791	2,446	216,4	215,7	215,4	-0,99	-0,99	-0,99	4	16,8	68	38	49	54,58878773	-5,588787734	11,40568925
685,5	1,987	2,247	2,083	215,9	215,3	215,1	-0,98	-0,98	-0,99	4	26,1	81	58	66	65,97269863	0,027301369	-0,041365711
701,5	1,969	2,184	2,035	214,3	213,3	212,7	-0,99	-0,98	-0,99	6	23,3	63	32	49	49,03241513	-0,032415133	0,066153334
225,5	0,547	0,893	0,78	220,4	219,6	219,3	-0,98	-0,98	-0,98	10	27,1	69	29	46	47,27111187	-1,271111872	2,763286679
675,5	2,069	2,179	2,297	215,7	215,3	214,6	-0,99	-0,99	-0,99	3	24	64	42	55	56,44129214	-1,441292142	2,620531168
710,5	2,015	2,311	1,922	218,4	217,8	217,6	-0,99	-0,98	-0,98	4	26,9	68	27	44	58,30114551	-14,30114551	32,50260342
268	0,867	0,666	0,802	216,9	216,8	216,3	-0,99	-0,98	-0,99	8	24,8	69	31	45	29,64490113	15,35509887	-34,12244194
128,5	0,346	0,358	0,355	219,5	218,9	218,4	-0,98	-0,97	-0,95	9	25	68	30	62	62,34638885	-0,346388853	0,558691698
592,5	1,673	1,7	1,575	215,2	215,2	214,1	-0,99	-0,98	-0,99	6	27,2	79	53	55	55,48323771	-0,483237708	0,878614014
836	2,287	2,685	2,603	217,4	216,8	216	-0,99	-0,99	-0,99	2	18,5	74	53	61	60,76090679	0,239093214	-0,391956089
780,5	1,814	2,218	2,001	217,4	216,7	216,1	-1	-0,99	-0,98	3	20,1	59	53	54	52,7455018	1,254498204	-2,323144823
210	0,716	0,645	0,639	220	219,8	219,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	23,5	81	52	63	62,59011905	0,409880948	-0,65060468
760,5	2,059	2,264	2,396	219,8	219,6	218,4	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,5	59	58	63	63,13615733	-0,136157333	0,21612275
364,5	1,065	1,165	1,164	219,2	218,9	218,2	-0,99	-0,99	-0,98	5	38	65	55	61	61,26959789	-0,269597888	0,441963751
680,5	2,14	2,073	2,096	217,9	218,6	216,9	-0,99	-0,99	-0,98	7	41	68	61	66	60,91111172	5,08888828	-7,710436787
705,5	2,261	2,509	2,382	217,6	216,9	216,1	-0,99	-0,99	-0,99	6	41,9	61	56	56	56,07366655	-0,07366655	0,131547411
621,5	1,754	2,037	1,914	216,2	216,4	215,1	-0,99	-0,98	-0,98	8	27,2	57	46	43	43,05182309	-0,051823093	0,12051882
321,5	0,965	0,959	0,795	219,1	219,7	218,7	-0,98	-0,98	-0,98	5	27,3	55	46	51	48,22614619	2,773853811	-5,438929042
128	0,389	0,339	0,372	221,7	222,5	220,9	-0,99	-0,98	-0,98	5	26,8	63	53	56	57,81538706	-1,815387063	3,241762613
632	1,717	1,788	1,738	218,3	218	217,1	-0,98	-0,99	-0,99	6	27,5	59	50	52	57,97371933	-5,973719335	11,4879218

Tablo 4.22: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
218	0,881	0,81	0,777	222,2	221,8	222,8	0,97	0,98	1	10	28,7	57	48	49	54,82117138	-5,821171385	11,8799416
201,5	0,452	0,676	0,571	219,9	219,6	220,5	0,98	0,98	0,99	14	28,6	61	49	53	52,99988516	0,000114837	-0,000216674
69,5	0,194	0,147	0,194	219,3	219,1	219,6	0,97	0,97	0,98	8	28,3	57	44	44	44,00283795	-0,002837952	0,006449891
385	1,183	1,193	1,223	219,1	218,3	219,5	0,98	0,98	0,98	5	24,1	78	55	59	64,01606422	-5,016064216	8,501803755
791	2,754	2,64	2,544	217,5	216,5	218	0,99	0,99	0,99	4	22	69	61	61	60,33220968	0,667790315	-1,094738222
824,5	2,463	2,422	2,207	218,5	217,7	219	0,99	0,99	0,99	4	21,4	67	58	67	59,27544838	7,724551616	-11,52918152
894,5	2,853	3,125	2,768	215,9	214,4	216	0,98	0,98	0,98	6	23,3	69	31	56	55,99927738	0,000722617	-0,001290388
380,5	1,038	1,067	1,095	220,9	220,5	221,3	0,98	0,97	0,98	10	24,4	69	31	56	56,00261346	-0,002613456	0,004666886
755,5	2,006	2,047	2,01	220,4	219,8	221	0,99	0,99	0,99	3	18,5	75	25	41	41,00030464	-0,000304636	0,000743016
759,5	2,129	2,482	2,155	221,9	221	222,4	0,99	0,99	0,99	4	24,7	70	40	41	41,00056987	-0,000569868	0,001389921
435,5	1,492	1,344	1,26	217,3	217,2	217,9	0,98	0,98	0,99	8	24,5	70	39	56	55,99755837	0,002441632	-0,004360057
179,5	0,55	0,692	0,654	219,8	219,5	220,4	0,99	0,99	0,99	9	22,6	64	27	57	59,67608554	-2,676085542	4,694886917
702	1,962	1,859	1,734	216,9	215,7	216,9	0,98	0,98	0,98	6	24,6	58	27	48	53,94292608	-5,942926079	12,381096
969,5	3,081	2,91	2,762	218,4	217,1	218,6	0,98	0,98	0,98	2	19,1	55	32	48	43,47462683	4,525373168	-9,427860766
1074	2,931	2,778	2,836	218,1	216,6	218	0,98	0,98	0,98	3	20,8	63	40	40	51,44999537	-11,44999537	28,62498842
151	0,413	0,332	0,439	221,5	221,1	221,5	0,98	0,98	0,99	5	22,5	66	54	66	59,128642	6,871358005	-10,41114849
937,5	2,526	2,359	2,399	221,6	220,3	221,7	0,98	0,98	0,98	7	38	67	56	57	56,99902918	0,000970817	-0,001703188
491	1,719	1,57	1,573	220,7	219,5	220,4	0,98	0,98	0,98	5	35,5	71	62	64	63,99743662	0,002563377	-0,004005276
880,5	2,351	2,51	2,637	219,9	218,3	219,6	0,97	0,98	0,98	7	35,1	72	62	63	62,99818563	0,00181437	-0,002879952
863	2,474	2,283	2,366	220,7	219,9	221,3	0,99	0,99	0,99	6	35,7	72	60	63	62,52321096	0,476789044	-0,756808007
761,5	2,334	2,216	2,364	218,1	217,2	218,1	0,98	0,99	0,99	8	24,6	71	58	64	63,99906137	0,00093863	-0,00146661
325,5	0,799	0,859	0,713	220,9	220,2	221	0,98	0,99	-0,99	5	24,3	64	46	61	60,99917438	0,000825616	-0,001353468
107	0,256	0,281	0,253	222,3	221,2	221,8	-0,93	-0,94	-0,93	5	24,9	75	48	55	55,00072686	-0,00072686	0,001321563
836,5	2,543	2,25	2,278	218,7	218,1	219,2	0,98	0,99	0,99	6	24,9	63	50	52	56,19878031	-4,198780309	8,074577517

Tablo 4.23: 3.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
218	0,881	0,81	0,777	222,2	221,8	222,8	0,97	0,98	1	10	28,7	57	48	49	48,94972624	0,050273765	-0,10259952
201,5	0,452	0,676	0,571	219,9	219,6	220,5	0,98	0,98	0,99	14	28,6	61	49	53	53,80657566	-0,806575662	1,521840871
69,5	0,194	0,147	0,194	219,3	219,1	219,6	0,97	0,97	0,98	8	28,3	57	44	44	44,12908868	-0,129088682	0,293383367
385	1,183	1,193	1,223	219,1	218,3	219,5	0,98	0,98	0,98	5	24,1	78	55	59	64,37795764	-5,377957637	9,115182436
791	2,754	2,64	2,544	217,5	216,5	218	0,99	0,99	0,99	4	22	69	61	61	62,04245829	-1,042458288	1,708948013
824,5	2,463	2,422	2,207	218,5	217,7	219	0,99	0,99	0,99	4	21,4	67	58	67	56,64422313	10,35577687	-15,45638339
894,5	2,853	3,125	2,768	215,9	214,4	216	0,98	0,98	0,98	6	23,3	69	31	56	52,61335679	3,386643211	-6,047577162
380,5	1,038	1,067	1,095	220,9	220,5	221,3	0,98	0,97	0,98	10	24,4	69	31	56	55,77832238	0,221677619	-0,395852892
755,5	2,006	2,047	2,01	220,4	219,8	221	0,99	0,99	0,99	3	18,5	75	25	41	52,95954701	-11,95954701	29,16962685
759,5	2,129	2,482	2,155	221,9	221	222,4	0,99	0,99	0,99	4	24,7	70	40	41	41,03985634	-0,039856343	0,097210592
435,5	1,492	1,344	1,26	217,3	217,2	217,9	0,98	0,98	0,99	8	24,5	70	39	56	59,48425725	-3,484257252	6,221887951
179,5	0,55	0,692	0,654	219,8	219,5	220,4	0,99	0,99	0,99	9	22,6	64	27	57	56,96398572	0,036014284	-0,063182954
702	1,962	1,859	1,734	216,9	215,7	216,9	0,98	0,98	0,98	6	24,6	58	27	48	48,03247101	-0,032471006	0,067647928
969,5	3,081	2,91	2,762	218,4	217,1	218,6	0,98	0,98	0,98	2	19,1	55	32	48	48,03958238	-0,039582384	0,082463299
1074	2,931	2,778	2,836	218,1	216,6	218	0,98	0,98	0,98	3	20,8	63	40	40	48,65276406	-8,652764056	21,63191014
151	0,413	0,332	0,439	221,5	221,1	221,5	0,98	0,98	0,99	5	22,5	66	54	66	55,514477	10,485523	-15,88715606
937,5	2,526	2,359	2,399	221,6	220,3	221,7	0,98	0,98	0,98	7	38	67	56	57	56,94896778	0,051032219	-0,089530209
491	1,719	1,57	1,573	220,7	219,5	220,4	0,98	0,98	0,98	5	35,5	71	62	64	63,93532717	0,064672833	-0,101051302
880,5	2,351	2,51	2,637	219,9	218,3	219,6	0,97	0,98	0,98	7	35,1	72	62	63	62,95291293	0,047087068	-0,074741378
863	2,474	2,283	2,366	220,7	219,9	221,3	0,99	0,99	0,99	6	35,7	72	60	63	62,36908708	0,630912924	-1,001449085
761,5	2,334	2,216	2,364	218,1	217,2	218,1	0,98	0,99	0,99	8	24,6	71	58	64	63,97666123	0,02333877	-0,036466827
325,5	0,799	0,859	0,713	220,9	220,2	221	0,98	0,99	-0,99	5	24,3	64	46	61	61,02249269	-0,022492687	0,036873258
107	0,256	0,281	0,253	222,3	221,2	221,8	-0,93	-0,94	-0,93	5	24,9	75	48	55	54,96317047	0,036829527	-0,066962776
836,5	2,543	2,25	2,278	218,7	218,1	219,2	0,98	0,99	0,99	6	24,9	63	50	52	52,01624103	-0,01624103	0,031232749

Tablo 4.24: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
217	0,698	0,725	0,608	233,5	233,3	233,6	-0,99	-0,99	-0,97	10	33,6	65	51	54	53,06098863	0,939011367	-1,738909939
243	0,756	0,607	0,488	230,6	229,6	230,1	-1	-0,98	-0,98	14	33,1	58	50	51	47,50094716	3,499052838	-6,860887918
60	0,138	0,145	0,112	231,6	230,6	231,5	0,98	-1	-1	8	32,2	69	51	54	57,40906014	-3,409060143	6,313074338
276,5	0,826	0,838	0,759	229,6	229,2	229,8	-0,98	-0,97	-0,96	5	24,5	60	40	44	56,88798422	-12,88798422	29,29087322
865,5	2,69	2,681	2,782	228,5	227,5	227,1	-0,98	-0,98	-0,98	4	21,5	76	28	51	58,1108333	-7,110833296	13,94281039
893,5	2,783	2,61	3,045	227,5	226,5	225,5	-0,99	-0,98	-0,98	4	20,8	72	63	66	66,93793015	-0,937930151	1,42110629
935	2,745	2,568	2,892	225,3	224,3	223,3	-0,98	-0,98	-0,98	6	25,6	68	31	49	48,78161708	0,218382924	-0,445679438
278,5	0,668	0,646	0,796	231,2	230,4	231,2	-0,95	-0,97	-0,97	10	26,5	73	28	55	55,91227255	-0,912272548	1,658677361
858,5	2,744	2,508	2,669	226,8	226,4	225,7	-0,99	-0,99	-0,98	3	24	67	28	55	47,22879781	7,771202187	-14,12945852
917	2,848	2,801	2,847	230,6	229,8	229,3	-0,99	-0,98	-0,98	4	24,9	60	28	42	45,77483087	-3,77483087	8,987692548
308	0,957	0,811	0,793	227,8	227,8	228	-0,97	-0,96	-0,97	8	26,5	59	42	54	53,38244994	0,617550063	-1,143611228
124	0,548	0,376	0,471	230,6	230,1	231	-0,98	-0,98	-0,99	9	26,3	64	27	57	55,45234523	1,547654767	-2,715183801
751	1,975	1,759	2,046	227,5	226,3	225,4	-0,98	-0,98	-0,98	6	31,5	64	50	5	5,022360792	-0,022360792	0,447215834
744	1,986	1,726	1,783	230,3	228,7	228,8	-0,99	-0,99	-0,98	2	18,1	71	56	56	52,16192583	3,838074172	-6,853703878
933,5	2,306	2,052	2,312	229,6	228,2	227,9	-0,99	-0,99	-0,99	3	22,1	74	52	52	41,90902881	10,09097119	-19,40571383
129	0,39	0,455	0,411	230,8	230,3	231,4	-0,99	-0,99	-0,99	5	23,3	71	61	64	60,1463926	3,853607397	-6,021261558
918	2,545	2,314	2,488	229,5	227,5	227,7	-0,97	-0,98	-0,98	7	36,7	65	60	65	64,05865936	0,941340644	-1,448216376
378	1,207	1,2	0,994	231,1	230,8	230,5	-0,98	-0,99	-0,98	5	37,2	70	56	63	73,07317151	-10,07317151	15,98916112
819	2,575	2,333	2,547	230,5	229,3	228,8	-0,98	-0,97	-0,98	7	37,1	66	56	63	79,48872846	-16,48872846	26,17258486
809,5	2,151	2,152	2,587	229,6	228,6	227,6	-0,98	-0,99	-0,98	6	35,6	72	63	67	75,73726231	-8,737262312	13,04069002
834	2,907	2,58	2,824	229,6	228,4	228,4	-0,98	-0,99	-0,99	8	24,4	70	52	57	57,82237425	-0,822374252	1,442761846
413,5	1,42	1,194	1,289	229,7	229,3	229	-0,99	-0,99	-0,99	5	26,6	59	51	58	42,79043473	15,20956527	-26,2233884
172,5	0,469	0,405	0,354	231,1	229,6	230,8	-0,98	-0,94	-0,92	5	27,3	81	50	50	58,76593452	-8,765934524	17,53186905
875	2,602	2,396	2,627	229,3	227,9	226,9	-0,97	-0,99	-0,98	6	27,2	61	50	53	34,1500808	18,8499192	-35,56588529

Tablo 4.25: 4.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
217	0,698	0,725	0,608	233,5	233,3	233,6	-0,99	-0,99	-0,97	10	33,6	65	51	54	49,92206299	4,077937011	-7,551735205
243	0,756	0,607	0,488	230,6	229,6	230,1	-1	-0,98	-0,98	14	33,1	58	50	51	42,07188398	8,928116016	-17,50610983
60	0,138	0,145	0,112	231,6	230,6	231,5	0,98	-1	-1	8	32,2	69	51	54	27,69802615	26,30197385	-48,70735897
276,5	0,826	0,838	0,759	229,6	229,2	229,8	-0,98	-0,97	-0,96	5	24,5	60	40	44	43,09917057	0,900829428	-2,047339609
865,5	2,69	2,681	2,782	228,5	227,5	227,1	-0,98	-0,98	-0,98	4	21,5	76	28	51	51,63712725	-0,637127249	1,249269116
893,5	2,783	2,61	3,045	227,5	226,5	225,5	-0,99	-0,98	-0,98	4	20,8	72	63	66	59,24905948	6,750940524	-10,22869776
935	2,745	2,568	2,892	225,3	224,3	223,3	-0,98	-0,98	-0,98	6	25,6	68	31	49	45,08272926	3,917270738	-7,994430077
278,5	0,668	0,646	0,796	231,2	230,4	231,2	-0,95	-0,97	-0,97	10	26,5	73	28	55	51,658569	3,341431	-6,075329091
858,5	2,744	2,508	2,669	226,8	226,4	225,7	-0,99	-0,99	-0,98	3	24	67	28	55	44,7133015	10,2866985	-18,70308818
917	2,848	2,801	2,847	230,6	229,8	229,3	-0,99	-0,98	-0,98	4	24,9	60	28	42	42,13217995	-0,132179945	0,314714155
308	0,957	0,811	0,793	227,8	227,8	228	-0,97	-0,96	-0,97	8	26,5	59	42	54	48,62997846	5,370021537	-9,944484328
124	0,548	0,376	0,471	230,6	230,1	231	-0,98	-0,98	-0,99	9	26,3	64	27	57	48,43345386	8,566546136	-15,02902831
751	1,975	1,759	2,046	227,5	226,3	225,4	-0,98	-0,98	-0,98	6	31,5	64	50	5	51,56866304	-46,56866304	931,3732607
744	1,986	1,726	1,783	230,3	228,7	228,8	-0,99	-0,99	-0,98	2	18,1	71	56	56	51,45757351	4,542426486	-8,111475868
933,5	2,306	2,052	2,312	229,6	228,2	227,9	-0,99	-0,99	-0,99	3	22,1	74	52	52	61,26452368	-9,264523679	17,81639169
129	0,39	0,455	0,411	230,8	230,3	231,4	-0,99	-0,99	-0,99	5	23,3	71	61	64	56,27320402	7,726795982	-12,07311872
918	2,545	2,314	2,488	229,5	227,5	227,7	-0,97	-0,98	-0,98	7	36,7	65	60	65	50,06234096	14,93765904	-22,98101391
378	1,207	1,2	0,994	231,1	230,8	230,5	-0,98	-0,99	-0,98	5	37,2	70	56	63	55,85863299	7,141367007	-11,33550319
819	2,575	2,333	2,547	230,5	229,3	228,8	-0,98	-0,97	-0,98	7	37,1	66	56	63	58,79215154	4,207848461	-6,679124542
809,5	2,151	2,152	2,587	229,6	228,6	227,6	-0,98	-0,99	-0,98	6	35,6	72	63	67	59,48601003	7,513989969	-11,2149104
834	2,907	2,58	2,824	229,6	228,4	228,4	-0,98	-0,99	-0,99	8	24,4	70	52	57	52,29662941	4,703370589	-8,251527348
413,5	1,42	1,194	1,289	229,7	229,3	229	-0,99	-0,99	-0,99	5	26,6	59	51	58	53,11913633	4,880863674	-8,415282196
172,5	0,469	0,405	0,354	231,1	229,6	230,8	-0,98	-0,94	-0,92	5	27,3	81	50	50	46,42400186	3,575998137	-7,151996275
875	2,602	2,396	2,627	229,3	227,9	226,9	-0,97	-0,99	-0,98	6	27,2	61	50	53	43,28228685	9,717713155	-18,33530784

Tablo 4.26: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
95,5	0,283	0,285	0,378	231,9	233	232,6	0,96	0,96	0,99	10	37	68	56	66	65,46866541	0,531334594	-0,805052415
144,5	0,378	0,465	0,512	229,2	230	229,7	0,92	0,97	0,98	14	36,6	68	58	65	64,69016373	0,309836273	-0,476671189
90,5	0,194	0,236	0,28	227,7	228,2	228,1	0,95	0,98	0,99	8	37,8	68	55	59	59,66985131	-0,669851311	1,135341205
308,5	0,864	1,067	1,136	227,1	227,5	227,7	0,97	0,98	0,98	5	30,7	73	29	46	57,20406194	-11,20406194	24,35665639
741,5	2,017	2,043	2,562	226,2	226,5	226,2	0,98	0,99	0,98	4	30,1	69	63	64	60,41759473	3,582405271	-5,597508236
792	2,436	2,344	2,65	223,3	223,3	223,7	0,98	0,98	0,98	4	31,5	67	43	53	53,22341415	-0,223414149	0,421536131
793,5	2,273	2,293	2,482	221,2	222,1	222	0,98	0,99	0,98	6	32	66	37	54	50,26940342	3,73059658	-6,908512186
303	0,744	0,908	0,913	229,7	230	229,4	0,98	0,98	0,98	10	29,1	65	45	45	45,42772054	-0,427720541	0,950490092
688,5	2,011	1,928	1,996	225,6	225,8	226	0,98	0,98	0,99	3	30,5	74	44	52	51,8418559	0,158144098	-0,304123266
719,5	2,074	2,111	2,417	227,7	228	228,3	0,98	1	0,99	4	31,5	74	32	50	49,74004673	0,259953272	-0,519906544
251,5	0,67	0,863	0,827	227,1	227,4	227,3	0,98	0,99	0,99	8	31,3	74	42	51	53,46137555	-2,461375552	4,826226573
126	0,27	0,45	0,221	229,4	229,4	229	0,97	0,99	0,9	9	31,5	65	56	65	47,48385506	17,51614494	-26,94791529
535	1,556	1,532	1,648	225	225,9	226	0,98	0,98	0,98	6	32,9	69	57	63	62,3235329	0,676467102	-1,073757305
714,5	1,903	2,192	2,547	226,8	226,4	226	0,98	0,99	0,98	2	33,6	67	60	65	64,59807301	0,40192699	-0,618349216
796,5	2,333	2,54	2,576	223,2	223,7	223,4	0,99	0,99	0,99	3	31,7	64	54	57	60,0131917	-3,013191704	5,286301235
175,5	0,48	0,564	0,53	228,6	229,8	229,5	0,94	0,96	0,95	5	32,3	70	52	61	62,65388936	-1,653889362	2,711294037
662	1,851	1,8	1,949	228	228,5	228,7	0,98	0,98	0,99	7	31,3	68	59	61	60,62378684	0,37621316	-0,616742885
243,5	0,624	0,647	0,71	228,9	229,8	230,2	0,94	0,96	0,97	5	48,4	65	61	63	62,7208217	0,279178297	-0,443140154
635,5	1,736	1,985	2,101	228,1	227,8	228,5	0,97	0,99	0,98	7	49,2	70	62	62	61,34533431	0,654665695	-1,055912411
677,5	1,958	2,035	1,013	227,1	227,3	228,1	0,98	0,98	0,97	6	53,6	69	60	63	61,95505033	1,04494967	-1,65865027
603	1,907	1,927	2,087	224,9	225,5	225,5	0,97	0,97	0,97	8	30,1	71	54	60	59,52628562	0,473714378	-0,789523963
188	0,431	0,548	0,614	229	229,5	230,2	0,91	0,95	0,96	5	31,7	69	55	57	65,54155113	-8,541551131	14,98517742
115,5	0,337	0,357	0,397	230,9	231,7	232,2	0,92	0,95	0,96	5	29,9	63	57	58	58,82005049	-0,820050491	1,413880157
584,5	1,695	1,808	1,751	226,7	227	227,6	0,96	0,97	0,98	6	28,3	72	58	61	60,66789273	0,332107274	-0,544438154

Tablo 4.27: 5.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
95,5	0,283	0,285	0,378	231,9	233	232,6	0,96	0,96	0,99	10	37	68	56	66	57,5170217	8,482978305	-12,85299743
144,5	0,378	0,465	0,512	229,2	230	229,7	0,92	0,97	0,98	14	36,6	68	58	65	65,00000155	-1,55084E-06	2,38591E-06
90,5	0,194	0,236	0,28	227,7	228,2	228,1	0,95	0,98	0,99	8	37,8	68	55	59	59,00015349	-0,000153485	0,000260145
308,5	0,864	1,067	1,136	227,1	227,5	227,7	0,97	0,98	0,98	5	30,7	73	29	46	45,94678244	0,053217559	-0,115690346
741,5	2,017	2,043	2,562	226,2	226,5	226,2	0,98	0,99	0,98	4	30,1	69	63	64	64,00013972	-0,000139723	0,000218317
792	2,436	2,344	2,65	223,3	223,3	223,7	0,98	0,98	0,98	4	31,5	67	43	53	52,99895636	0,001043636	-0,001969125
793,5	2,273	2,293	2,482	221,2	222,1	222	0,98	0,99	0,98	6	32	66	37	54	53,99880512	0,001194879	-0,002212739
303	0,744	0,908	0,913	229,7	230	229,4	0,98	0,98	0,98	10	29,1	65	45	45	45,0002391	-0,000239099	0,00053133
688,5	2,011	1,928	1,996	225,6	225,8	226	0,98	0,98	0,99	3	30,5	74	44	52	54,69422385	-2,694223851	5,181199713
719,5	2,074	2,111	2,417	227,7	228	228,3	0,98	1	0,99	4	31,5	74	32	50	50,00000402	-4,0183E-06	8,03659E-06
251,5	0,67	0,863	0,827	227,1	227,4	227,3	0,98	0,99	0,99	8	31,3	74	42	51	51,00022246	-0,000222459	0,000436195
126	0,27	0,45	0,221	229,4	229,4	229	0,97	0,99	0,9	9	31,5	65	56	65	64,99962951	0,000370488	-0,000569981
535	1,556	1,532	1,648	225	225,9	226	0,98	0,98	0,98	6	32,9	69	57	63	62,92366924	0,076330759	-0,121159935
714,5	1,903	2,192	2,547	226,8	226,4	226	0,98	0,99	0,98	2	33,6	67	60	65	61,16692393	3,833076074	-5,897040113
796,5	2,333	2,54	2,576	223,2	223,7	223,4	0,99	0,99	0,99	3	31,7	64	54	57	60,00395022	-3,003950222	5,270088108
175,5	0,48	0,564	0,53	228,6	229,8	229,5	0,94	0,96	0,95	5	32,3	70	52	61	57,653703	3,346296995	-5,485732779
662	1,851	1,8	1,949	228	228,5	228,7	0,98	0,98	0,99	7	31,3	68	59	61	60,99968878	0,000311222	-0,000510199
243,5	0,624	0,647	0,71	228,9	229,8	230,2	0,94	0,96	0,97	5	48,4	65	61	63	59,15329236	3,846707643	-6,105885147
635,5	1,736	1,985	2,101	228,1	227,8	228,5	0,97	0,99	0,98	7	49,2	70	62	62	61,99958149	0,000418506	-0,000675009
677,5	1,958	2,035	1,013	227,1	227,3	228,1	0,98	0,98	0,97	6	53,6	69	60	63	59,07110008	3,928899919	-6,236349077
603	1,907	1,927	2,087	224,9	225,5	225,5	0,97	0,97	0,97	8	30,1	71	54	60	61,04501179	-1,045011792	1,74168632
188	0,431	0,548	0,614	229	229,5	230,2	0,91	0,95	0,96	5	31,7	69	55	57	57,00020659	-0,000206592	0,000362442
115,5	0,337	0,357	0,397	230,9	231,7	232,2	0,92	0,95	0,96	5	29,9	63	57	58	54,14713816	3,852861841	-6,642865243
584,5	1,695	1,808	1,751	226,7	227	227,6	0,96	0,97	0,98	6	28,3	72	58	61	60,99995032	4,96817E-05	-8,14454E-05

Tablo 4.28: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %60 eğitim ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
72,5	0,159	0,197	0,255	231,7	231,8	231,5	0,96	0,97	0,99	10	34,7	70	57	59	59,02250819	-0,022508192	0,038149479
63	0,126	0,147	0,236	230,2	230,5	229,7	0,95	0,96	0,99	14	35,8	59	56	57	57,37032963	-0,370329635	0,649701114
42	0,094	0,083	0,206	228,8	229,4	228,3	0,98	-0,95	-0,99	8	35,7	73	50	58	58,01926986	-0,019269858	0,033223892
192,5	0,314	0,568	0,808	229,1	229,2	227,7	0,93	0,99	0,96	5	26,5	70	45	50	53,44860857	-3,448608565	6,89721713
345	0,913	0,972	1,16	227,7	228,2	227	0,98	0,99	0,99	4	27,6	73	47	49	49,73212118	-0,732121175	1,494124847
407,5	1,118	1,229	1,483	226,8	227,3	225,9	0,98	0,99	0,99	4	28,3	69	35	47	44,5279961	2,472003903	-5,259582772
357	0,885	1,08	1,081	225,1	225,6	224,5	0,99	0,99	0,98	6	29,6	70	43	49	50,09491483	-1,094914834	2,234520069
77,5	0,167	0,171	0,245	231	230,9	230,7	0,97	0,96	1	10	28,8	75	30	47	46,74378454	0,256215459	-0,545139275
270	0,698	0,877	1,074	226,4	226,9	225,6	0,98	0,99	0,99	3	27,9	71	25	57	42,9027916	14,0972084	-24,73194457
314,5	0,654	0,767	0,93	230,9	231,9	230,3	0,99	0,99	0,99	4	27,9	74	41	51	56,35913343	-5,359133434	10,50810477
140,5	0,252	0,382	0,534	228,1	228,3	227,2	0,98	1	0,98	8	22,7	75	60	67	64,94925379	2,050746205	-3,060815232
113	0,331	0,439	0,479	229,7	229,7	229,2	0,92	0,99	0,95	9	31,2	75	30	47	49,33946398	-2,339463981	4,977582939
315	0,952	1,062	1,123	225,9	226,7	225,4	0,99	1	0,99	6	25,4	72	58	58	58,65220676	-0,652206761	1,124494415
311	0,955	0,936	1,066	228,9	229,3	228,1	0,99	0,99	1	2	26,2	68	57	61	59,37460155	1,625398446	-2,664587617
367,5	0,997	1,127	1,233	227,8	228,6	227,3	0,99	0,99	0,99	3	27,1	68	52	60	57,59880731	2,401192692	-4,00198782
107,5	0,241	0,269	0,295	230,5	230,5	230,2	0,98	0,96	0,99	5	24,6	65	58	61	61,82947959	-0,829479594	1,359802613
299	0,711	0,812	1,097	229,5	230,4	228,5	0,98	0,98	1	7	41,4	65	57	60	58,91171851	1,088281488	-1,81380248
120	0,358	0,29	0,346	230,6	232	230,1	0,97	0,96	0,98	5	29,6	64	58	62	61,66834521	0,331654787	-0,534927076
332,5	1,107	1,135	0,976	229,6	231,1	229,7	0,99	0,99	0,99	7	32,9	73	57	58	43,52276553	14,47723447	-24,96074909
305,5	0,74	0,822	0,93	229,1	229,9	229	0,99	0,99	0,99	6	33,3	66	56	63	60,25832509	2,741674907	-4,351864932
302,5	0,793	0,864	1,001	228,9	229,6	228,5	0,99	0,99	0,99	8	27,5	69	59	61	57,8578374	3,142162604	-5,151086236
89,5	0,166	0,215	0,331	230,8	231,1	230,1	0,99	0,99	0,98	5	28,2	68	57	57	57,66541556	-0,665415559	1,167395717
103,5	0,088	0,147	0,258	231,6	232,4	231,2	0,9	0,97	0,99	5	27,2	70	59	67	63,40292737	3,597072628	-5,368765116
300,5	1	1,048	1,027	228,9	229,7	228,4	0,98	0,98	0,99	6	26,8	68	58	62	60,34961854	1,650381464	-2,661905587

Tablo 4.29: 6.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
72,5	0,159	0,197	0,255	231,7	231,8	231,5	0,96	0,97	0,99	10	34,7	70	57	59	53,19203351	5,807966492	-9,844011003
63	0,126	0,147	0,236	230,2	230,5	229,7	0,95	0,96	0,99	14	35,8	59	56	57	53,99021805	3,009781946	-5,280319203
42	0,094	0,083	0,206	228,8	229,4	228,3	0,98	-0,95	-0,99	8	35,7	73	50	58	55,732035	2,267964996	-3,910284476
192,5	0,314	0,568	0,808	229,1	229,2	227,7	0,93	0,99	0,96	5	26,5	70	45	50	52,42858231	-2,428582309	4,857164617
345	0,913	0,972	1,16	227,7	228,2	227	0,98	0,99	0,99	4	27,6	73	47	49	54,18112426	-5,181124261	10,57372298
407,5	1,118	1,229	1,483	226,8	227,3	225,9	0,98	0,99	0,99	4	28,3	69	35	47	50,541082	-3,541082002	7,534217025
357	0,885	1,08	1,081	225,1	225,6	224,5	0,99	0,99	0,98	6	29,6	70	43	49	54,91442888	-5,914428882	12,07026302
77,5	0,167	0,171	0,245	231	230,9	230,7	0,97	0,96	1	10	28,8	75	30	47	51,56918619	-4,569186189	9,721672743
270	0,698	0,877	1,074	226,4	226,9	225,6	0,98	0,99	0,99	3	27,9	71	25	57	51,35385115	5,646148853	-9,905524303
314,5	0,654	0,767	0,93	230,9	231,9	230,3	0,99	0,99	0,99	4	27,9	74	41	51	53,71367901	-2,713679011	5,320939236
140,5	0,252	0,382	0,534	228,1	228,3	227,2	0,98	1	0,98	8	22,7	75	60	67	57,24955757	9,750442429	-14,55289915
113	0,331	0,439	0,479	229,7	229,7	229,2	0,92	0,99	0,95	9	31,2	75	30	47	54,0675574	-7,067557396	15,03735616
315	0,952	1,062	1,123	225,9	226,7	225,4	0,99	1	0,99	6	25,4	72	58	58	54,84989702	3,150102985	-5,431212043
311	0,955	0,936	1,066	228,9	229,3	228,1	0,99	0,99	1	2	26,2	68	57	61	59,6245185	1,375481498	-2,254887701
367,5	0,997	1,127	1,233	227,8	228,6	227,3	0,99	0,99	0,99	3	27,1	68	52	60	56,78995936	3,210040639	-5,350067732
107,5	0,241	0,269	0,295	230,5	230,5	230,2	0,98	0,96	0,99	5	24,6	65	58	61	55,75946409	5,24053591	-8,591042476
299	0,711	0,812	1,097	229,5	230,4	228,5	0,98	0,98	1	7	41,4	65	57	60	55,53329152	4,466708483	-7,444514139
120	0,358	0,29	0,346	230,6	232	230,1	0,97	0,96	0,98	5	29,6	64	58	62	54,54534929	7,454650709	-12,02363018
332,5	1,107	1,135	0,976	229,6	231,1	229,7	0,99	0,99	0,99	7	32,9	73	57	58	58,83793516	-0,837935155	1,444715785
305,5	0,74	0,822	0,93	229,1	229,9	229	0,99	0,99	0,99	6	33,3	66	56	63	58,76407758	4,23592242	-6,723686381
302,5	0,793	0,864	1,001	228,9	229,6	228,5	0,99	0,99	0,99	8	27,5	69	59	61	57,13367369	3,866326313	-6,338239857
89,5	0,166	0,215	0,331	230,8	231,1	230,1	0,99	0,99	0,98	5	28,2	68	57	57	51,07888726	5,921112745	-10,3879171
103,5	0,088	0,147	0,258	231,6	232,4	231,2	0,9	0,97	0,99	5	27,2	70	59	67	64,46584621	2,534153792	-3,782319092
300,5	1	1,048	1,027	228,9	229,7	228,4	0,98	0,98	0,99	6	26,8	68	58	62	59,01520238	2,984797616	-4,814189704

Tablo 4.30: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
308,5	0,752	0,764	0,732	232,1	231,2	232	0,98	0,97	0,99	10	36,8	68	54	62	60,58031581	1,41968419	-2,28981321
276	0,536	0,543	0,57	230,1	229,4	230,1	-1	1	0,97	14	38,3	71	58	59	70,24387395	-11,24387395	19,05741347
126	0,339	0,332	0,306	228,9	228,6	229,3	-0,99	0,99	0,99	8	38,2	74	57	58	58	3,1477E-12	-5,42708E-12
378,5	1,18	1,236	1,387	228,9	228,5	229,1	0,98	0,99	0,99	5	28,3	73	30	53	53	2,76401E-12	-5,21512E-12
1010,5	3,174	3,053	3,176	224,9	223,8	224,9	0,99	0,99	0,99	4	29,9	73	61	70	59,74967953	10,25032047	-14,64331496
992,5	2,272	3,104	2,855	226,3	225,2	226,5	0,98	0,98	0,99	4	17,9	73	38	50	51,10514421	-1,105144207	2,210288414
967	2,92	3,053	3,243	223,6	223,4	223,6	0,97	0,99	0,98	6	30,8	64	43	48	48	5,37881E-12	-1,12059E-11
502	1,462	1,484	1,574	230	229,5	230,1	1	1	0,98	10	33,2	68	46	54	57,88794591	-3,887945912	7,199899837
884	2,392	2,473	2,647	226,3	225,5	226,1	0,99	0,99	0,98	3	32,3	65	30	46	46	5,3717E-12	-1,16776E-11
892,5	2,573	2,43	2,578	230,3	229,1	230,1	0,98	0,98	1	4	21,7	60	40	47	50,50572181	-3,505721811	7,458982577
470	1,39	1,398	1,374	227,5	226,6	227,5	0,99	0,98	0,99	8	33,1	65	39	53	53	1,76215E-12	-3,3248E-12
151,5	0,3	0,312	0,407	230,3	229,9	230,3	0,98	0,99	0,99	9	28,5	61	53	57	57	-1,15818E-12	2,0319E-12
689,5	1,932	1,677	1,819	226	225,5	225,6	0,98	0,98	0,98	6	29,3	68	56	62	62	9,86233E-12	-1,5907E-11
981	2,92	2,945	3,277	227,9	226,7	227	0,99	0,99	0,99	2	31,1	73	57	63	63	4,15668E-11	-6,5979E-11
967	2,887	2,86	3,321	226,6	226,1	225,3	0,98	0,98	0,98	3	28,7	68	57	59	59	1,20579E-11	-2,04371E-11
134	0,363	0,354	0,468	231	229,8	230,8	0,98	0,95	0,99	5	27,1	67	55	58	58	5,58487E-12	-9,62908E-12
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	27	68	57	68	68,11916661	-0,119166608	0,175245011
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	43,5	68	56	66	62,37109271	3,628907288	-5,498344376
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,3	64	56	60	60	-7,03437E-13	1,1724E-12
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	41,5	74	67	68	68	5,3717E-12	-7,89956E-12
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	25,6	63	58	59	66,19212549	-7,192125485	12,19004319
154,5	0,213	0,36	0,505	230,6	231,3	231,4	-0,98	-0,98	-0,99	5	30,1	66	58	59	59	1,73372E-12	-2,93852E-12
89,5	0,257	0,276	0,329	231,4	232,5	233,2	-0,96	-0,96	-0,97	5	29,8	65	58	61	57,77413286	3,22586714	-5,288306787
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	31,5	71	59	61	73,09684254	-12,09684254	19,83088941

Tablo 4.31: 7.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

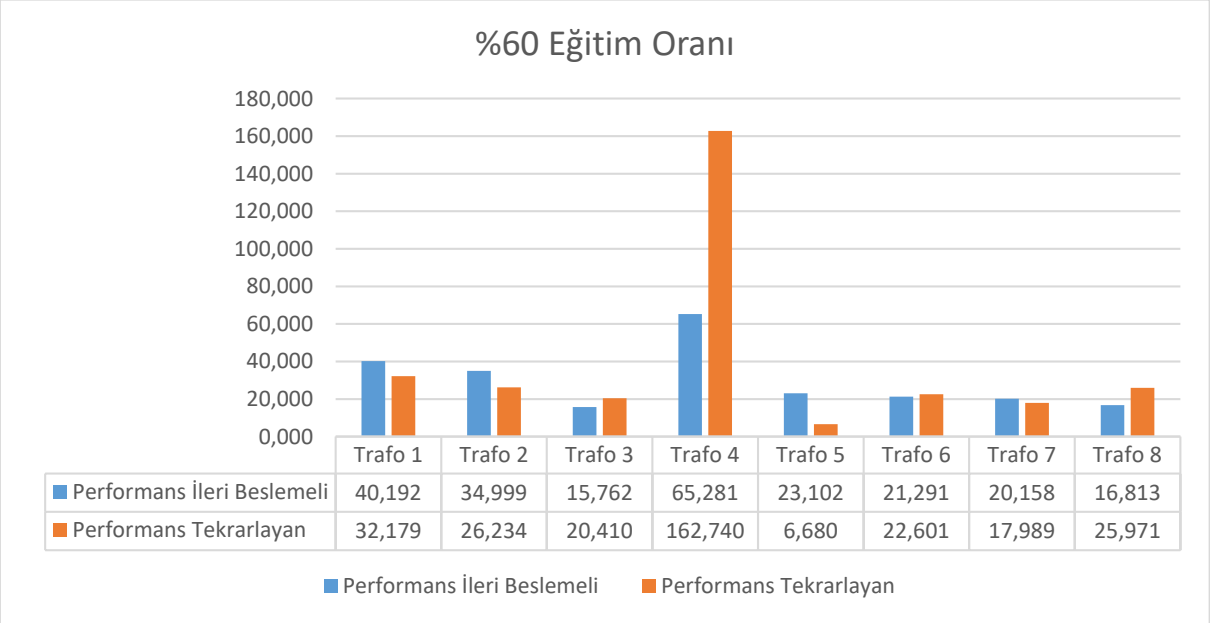
GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
308,5	0,752	0,764	0,732	232,1	231,2	232	0,98	0,97	0,99	10	36,8	68	54	62	58,18379525	3,816204754	-6,155168958
276	0,536	0,543	0,57	230,1	229,4	230,1	-1	1	0,97	14	38,3	71	58	59	59,00000709	-7,0867E-06	1,20113E-05
126	0,339	0,332	0,306	228,9	228,6	229,3	-0,99	0,99	0,99	8	38,2	74	57	58	56,98562489	1,014375115	-1,748922612
378,5	1,18	1,236	1,387	228,9	228,5	229,1	0,98	0,99	0,99	5	28,3	73	30	53	53,00001621	-1,62105E-05	3,05859E-05
1010,5	3,174	3,053	3,176	224,9	223,8	224,9	0,99	0,99	0,99	4	29,9	73	61	70	61,26211595	8,737884053	-12,4826915
992,5	2,272	3,104	2,855	226,3	225,2	226,5	0,98	0,98	0,99	4	17,9	73	38	50	60,36610703	-10,36610703	20,73221405
967	2,92	3,053	3,243	223,6	223,4	223,6	0,97	0,99	0,98	6	30,8	64	43	48	47,99999222	7,77728E-06	-1,62027E-05
502	1,462	1,484	1,574	230	229,5	230,1	1	1	0,98	10	33,2	68	46	54	59,53027177	-5,530271774	10,24124403
884	2,392	2,473	2,647	226,3	225,5	226,1	0,99	0,99	0,98	3	32,3	65	30	46	45,99999246	7,53689E-06	-1,63845E-05
892,5	2,573	2,43	2,578	230,3	229,1	230,1	0,98	0,98	1	4	21,7	60	40	47	56,32775351	-9,327753507	19,84628406
470	1,39	1,398	1,374	227,5	226,6	227,5	0,99	0,98	0,99	8	33,1	65	39	53	52,99998617	1,38331E-05	-2,61001E-05
151,5	0,3	0,312	0,407	230,3	229,9	230,3	0,98	0,99	0,99	9	28,5	61	53	57	56,99999671	3,29128E-06	-5,77418E-06
689,5	1,932	1,677	1,819	226	225,5	225,6	0,98	0,98	0,98	6	29,3	68	56	62	61,99996895	3,10502E-05	-5,00809E-05
981	2,92	2,945	3,277	227,9	226,7	227	0,99	0,99	0,99	2	31,1	73	57	63	62,99998135	1,86473E-05	-2,95989E-05
967	2,887	2,86	3,321	226,6	226,1	225,3	0,98	0,98	0,98	3	28,7	68	57	59	58,99996092	3,90771E-05	-6,62324E-05
134	0,363	0,354	0,468	231	229,8	230,8	0,98	0,95	0,99	5	27,1	67	55	58	57,99998109	1,8913E-05	-3,26086E-05
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	27	68	57	68	60,83901391	7,160986091	-10,5308619
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	43,5	68	56	66	61,09850634	4,901493657	-7,426505541
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	40,3	64	56	60	61,62935622	-1,629356224	2,715593706
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	41,5	74	67	68	62,11957867	5,880421331	-8,647678428
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	25,6	63	58	59	60,48525968	-1,485259677	2,517389283
154,5	0,213	0,36	0,505	230,6	231,3	231,4	-0,98	-0,98	-0,99	5	30,1	66	58	59	59,00008828	-8,82825E-05	0,000149631
89,5	0,257	0,276	0,329	231,4	232,5	233,2	-0,96	-0,96	-0,97	5	29,8	65	58	61	61,00008839	-8,83938E-05	0,000144908
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	31,5	71	59	61	61,00002777	-2,77738E-05	4,55309E-05

Tablo 4.32: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile ileri beslemeli ağ tahmin sonuçları

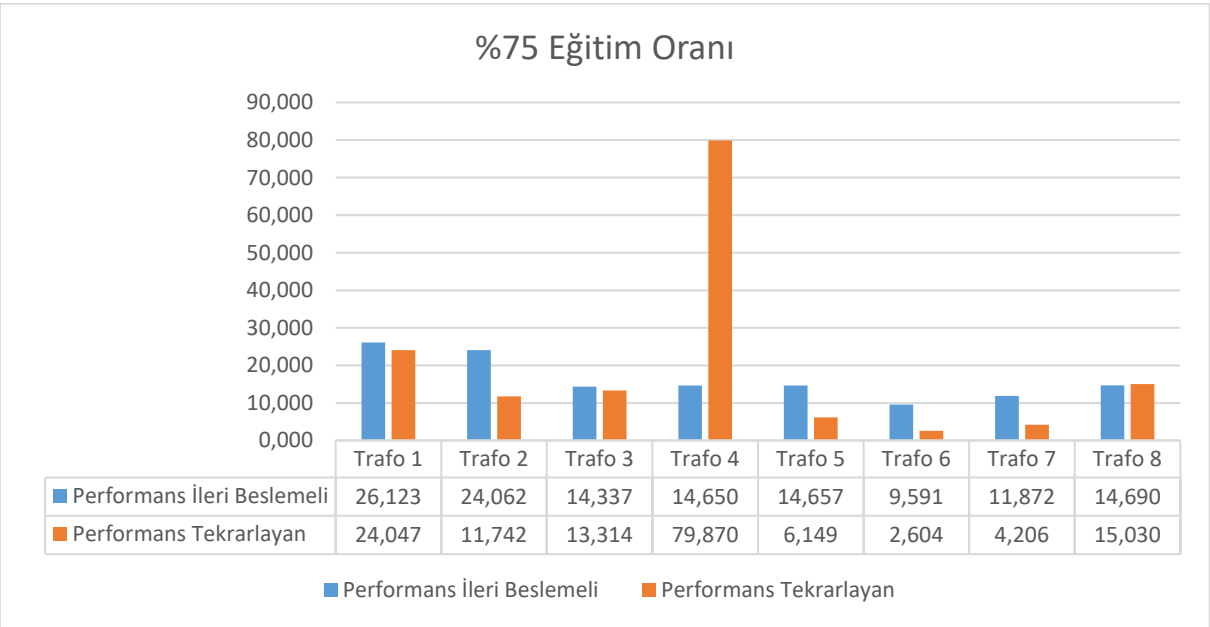
GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
322,5	0,922	0,892	0,836	231,4	231,9	232	-0,97	-0,98	-0,98	10	27,7	67	55	56	56,18867956	-0,188679561	0,336927788
253	0,809	0,713	0,681	229,2	229,5	229,6	-0,99	-0,95	-0,98	14	29,1	57	53	56	57,03285359	-1,03285359	1,844381411
48,5	0,114	0,15	0,12	230,9	230,8	231,4	-0,96	-0,95	-0,99	8	27,9	73	52	56	56,12460553	-0,124605529	0,222509873
138,5	0,258	0,343	0,451	228,2	228,8	228,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	19,3	70	26	45	45,85510302	-0,855103017	1,900228926
1135,5	3,406	3,291	3,58	225,9	226,8	226,2	-0,98	-0,99	-0,98	4	16,8	67	28	66	63,08279599	2,917204005	-4,420006068
1095	3,286	3,277	3,274	223,8	226,2	226	-0,98	-0,99	-0,98	4	20,7	71	34	43	42,83618988	0,163810122	-0,380953773
966	2,968	2,828	3,154	224	225,9	224,8	-0,98	-0,99	-0,99	6	22	61	25	49	51,063477	-2,063477005	4,211177561
274	0,733	0,809	0,692	231,3	232,1	232	-0,98	-0,99	-0,98	10	23	61	27	44	49,05372953	-5,053729529	11,48574893
92	0,233	0,208	0,291	230,8	231,5	230,8	-0,97	-0,96	-0,99	3	23,6	70	27	44	53,34686593	-9,346865931	21,24287712
989,5	2,746	2,552	2,806	226,4	228,7	228,5	-0,99	-0,99	-1	4	20,6	56	25	46	46,06724497	-0,067244975	0,146184727
1030,5	3,146	2,786	2,885	225,6	227,8	227,6	-0,99	-0,99	-0,98	8	24,8	58	37	40	40,28653919	-0,286539195	0,716347987
890,5	2,524	2,022	2,294	227,7	229,7	229,1	-0,98	-0,98	-0,98	9	25	55	49	52	53,60667091	-1,606670909	3,089751748
671	1,905	1,665	1,915	226	227,5	227,2	-0,98	-0,99	-0,97	6	20,6	67	54	55	55,54428551	-0,544285511	0,98961002
64	0,157	0,141	0,199	229,7	230,5	230,1	-0,97	-1	-1	2	21,1	62	54	56	51,52571482	4,474285178	-7,989794961
998	2,496	2,567	2,606	228,7	230,7	229,8	-0,99	-0,99	-0,99	3	18,2	57	52	52	66,5191197	-14,5191197	27,92138404
899,5	2,531	2,735	2,47	229,3	230,5	230	-0,99	-0,97	-0,98	5	20,3	76	54	61	65,4975249	-4,497524902	7,372991642
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	40,2	64	58	60	59,93157883	0,068421174	-0,11403529
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	29,7	71	60	63	63,88463523	-0,884635228	1,404182902
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	39,2	71	62	62	62,06226593	-0,062265926	0,100428913
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	34,9	64	56	62	58,40078171	3,599218292	-5,805190793
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	22	57	51	53	53,11948947	-0,11948947	0,22545183
199,5	0,361	0,423	0,616	230,2	230,6	230,9	-0,93	-0,99	-0,98	5	22,8	73	55	69	69,75696519	-0,756965195	1,097051007
96,5	0,215	0,257	0,332	230,8	231,1	232,1	-0,95	-0,98	-0,98	5	22,9	61	54	54	56,75180725	-2,751807253	5,095939358
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	23,5	72	53	56	55,81444571	0,185554289	-0,331346944

Tablo 4.33: 8.Trafonun saha ölçümleri ve %60 ile tekrarlayan ağ tahmin sonuçları

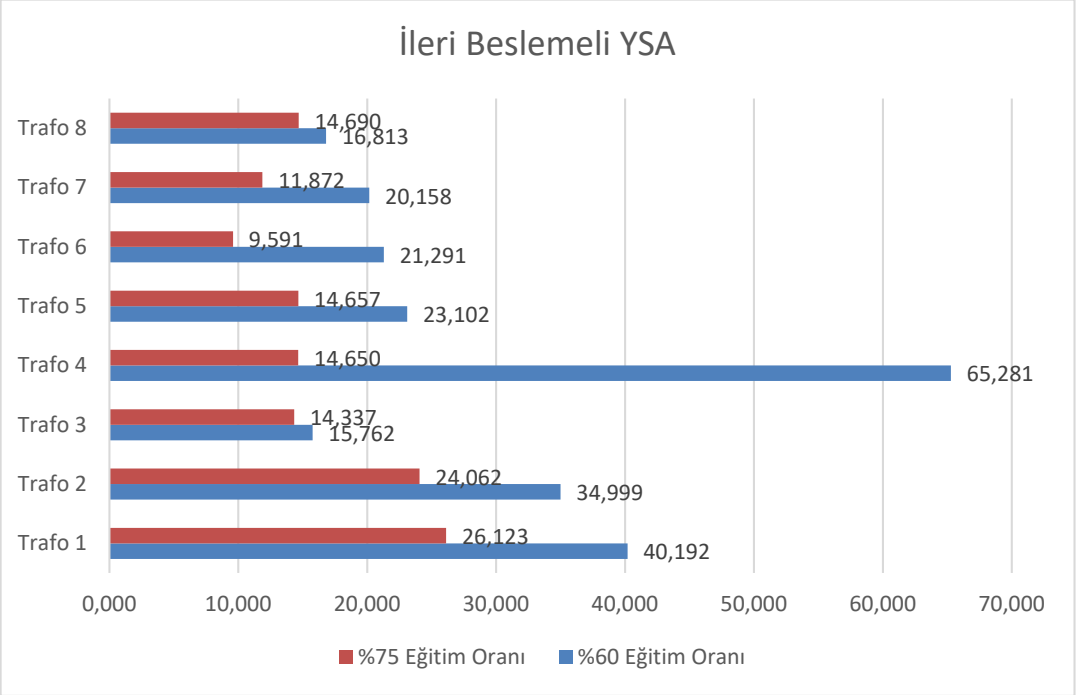
GİRDİLER														HEDEFLER	TAHMİN		
Yük (kW)	Akım R	Akım S	Akım T	Voltaj R	Voltaj S	Voltaj T	Cos R	Cos S	Cos T	Hava Sıcaklığı	Trafo Sıcaklığı	Max dB-A	Min dB-A	Anlık Db-A	Test Sonuçları	Hata	Hata(%)
322,5	0,922	0,892	0,836	231,4	231,9	232	-0,97	-0,98	-0,98	10	27,7	67	55	56	57,5832248	-1,583224797	2,827187138
253	0,809	0,713	0,681	229,2	229,5	229,6	-0,99	-0,95	-0,98	14	29,1	57	53	56	59,47489412	-3,47489412	6,205168071
48,5	0,114	0,15	0,12	230,9	230,8	231,4	-0,96	-0,95	-0,99	8	27,9	73	52	56	57,29989574	-1,299895735	2,321242384
138,5	0,258	0,343	0,451	228,2	228,8	228,6	-0,98	-0,97	-0,99	5	19,3	70	26	45	45,97300206	-0,973002057	2,162226793
1135,5	3,406	3,291	3,58	225,9	226,8	226,2	-0,98	-0,99	-0,98	4	16,8	67	28	66	42,84844331	23,15155669	-35,0781162
1095	3,286	3,277	3,274	223,8	226,2	226	-0,98	-0,99	-0,98	4	20,7	71	34	43	45,70639608	-2,706396084	6,293944382
966	2,968	2,828	3,154	224	225,9	224,8	-0,98	-0,99	-0,99	6	22	61	25	49	50,07579522	-1,075795218	2,195500444
274	0,733	0,809	0,692	231,3	232,1	232	-0,98	-0,99	-0,98	10	23	61	27	44	44,63357969	-0,633579692	1,439953846
92	0,233	0,208	0,291	230,8	231,5	230,8	-0,97	-0,96	-0,99	3	23,6	70	27	44	46,32292878	-2,32292878	5,279383591
989,5	2,746	2,552	2,806	226,4	228,7	228,5	-0,99	-0,99	-1	4	20,6	56	25	46	46,60764633	-0,607646335	1,320970293
1030,5	3,146	2,786	2,885	225,6	227,8	227,6	-0,99	-0,99	-0,98	8	24,8	58	37	40	41,81203178	-1,812031781	4,530079453
890,5	2,524	2,022	2,294	227,7	229,7	229,1	-0,98	-0,98	-0,98	9	25	55	49	52	51,22589268	0,774107318	-1,488667919
671	1,905	1,665	1,915	226	227,5	227,2	-0,98	-0,99	-0,97	6	20,6	67	54	55	55,20718985	-0,207189852	0,376708823
64	0,157	0,141	0,199	229,7	230,5	230,1	-0,97	-1	-1	2	21,1	62	54	56	58,76702445	-2,767024455	4,941115098
998	2,496	2,567	2,606	228,7	230,7	229,8	-0,99	-0,99	-0,99	3	18,2	57	52	52	51,89050708	0,109492919	-0,210563305
899,5	2,531	2,735	2,47	229,3	230,5	230	-0,99	-0,97	-0,98	5	20,3	76	54	61	62,70142957	-1,701429569	2,789228801
1035	2,866	2,899	3,064	228,4	229,4	229,8	-0,98	-0,98	-0,99	7	40,2	64	58	60	60,43386202	-0,433862023	0,723103372
158,5	0,367	0,46	0,543	230,8	231,1	232,1	-1	-0,95	-0,98	5	29,7	71	60	63	63,37008355	-0,370083546	0,587434201
1083	2,914	3,28	3,23	228,2	229,2	230	-0,99	-0,99	-0,98	7	39,2	71	62	62	57,82402	4,175980004	-6,73545162
1071,5	2,986	3,015	3,069	227	228,7	228,9	-0,98	-0,98	-0,98	6	34,9	64	56	62	61,49596935	0,504030647	-0,812952656
947,5	2,501	2,698	2,753	228,2	229,7	230,1	-0,99	-0,98	-0,97	8	22	57	51	53	52,38802132	0,611978676	-1,154676746
199,5	0,361	0,423	0,616	230,2	230,6	230,9	-0,93	-0,99	-0,98	5	22,8	73	55	69	71,34606003	-2,346060033	3,400087005
96,5	0,215	0,257	0,332	230,8	231,1	232,1	-0,95	-0,98	-0,98	5	22,9	61	54	54	58,08159196	-4,08159196	7,55850363
972,5	2,819	2,828	2,784	227,1	228,5	228,9	-0,98	-0,99	-0,97	6	23,5	72	53	56	56,6349803	-0,634980299	1,133893391



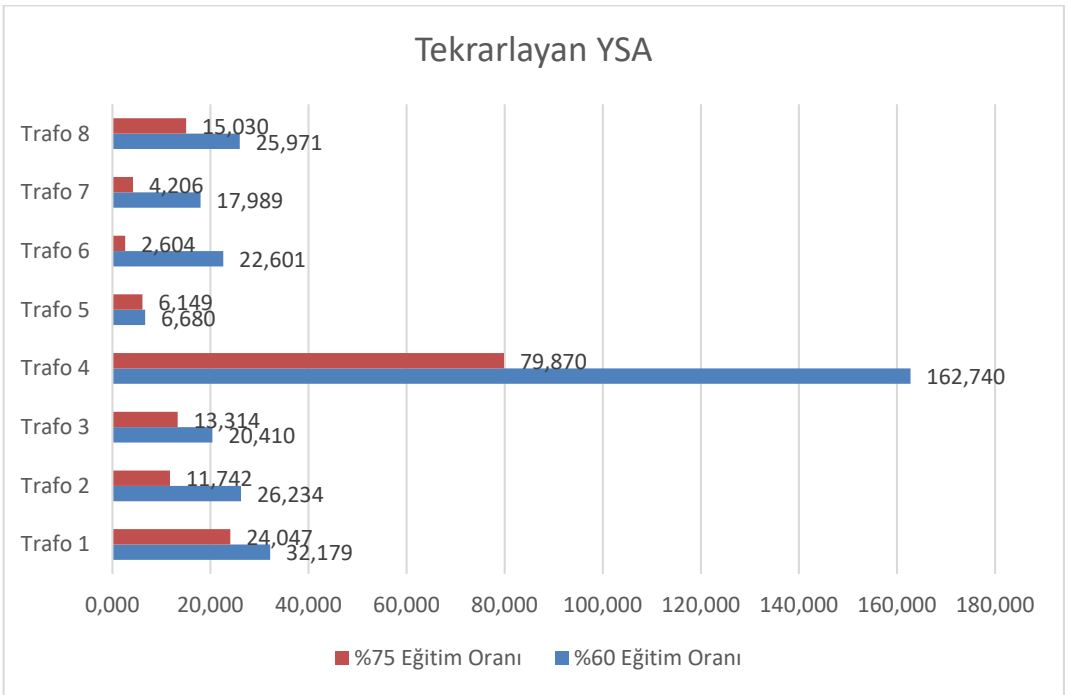
Şekil 4.18: Tekrarlayan ve İleri Beslemeli Ağ %60 Eğitim oranı karşılaştırma



Şekil 4.19: Tekrarlayan ve İleri Beslemeli Ağ %75 Eğitim oranı karşılaştırma



Şekil 4.20: İleri Beslemeli YSA'nın %75 ve %60 eğitim oran sonuçları



Şekil 4.21: Tekrarlayan YSA'nın %75 ve %60 eğitim oran sonuçları

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında 2020 Aralık ve 2021 Mart arasında 4 aylık bir süre boyunca 8 adet trafonun farklı yüklerde, farklı hava sıcaklıklarında, farklı zaman dilimlerinde saha ölçümleri yapılmıştır. Gürültülerinin bu zaman dilimlerinde yükte olma ve yüksüz durumlarına göre %15-20 arasında değiştiği, trafo gürültüsüne trafo merkezinin konumuna göre soğutma için kullanılan fanların gürültüye fazla etki ettiği ve gürültünün artmasına sebep olduğu görülmüştür. Alınan saha verileri Matlab ortamına aktarılarak yapay sinir ağları ile verilen hedeflere göre tahmin sonuçları alınmıştır. Alınan saha verileri biri ileri beslemeli model diğeri tekrarlayan model olmak üzere farklı 2 ağ modelinde denenmiştir. Matlab ortamında yapılan tahmin performans sonuçları elde edilmiş ve bu performans sonuçlarının sıfıra yaklaştıkça tahminlerin hedefe daha yakın olduğu görülmüştür. Bu tez çalışmasında bulgular kısmında verilen grafiklerden de görüleceği üzere bir önceki bölümde tahmin sonuçları verilen Tekrarlayan modelde performans sonuçlarının genellikle ileri beslemeli modele göre sıfıra daha çok yaklaştığı ve tahmin değerlerinin daha iyi olduğu Şekil 4.18 ve 4.19'da gözlemlenmiştir. Tekrarlayan model ve ileri beslemeli modelin %75 ve %60 eğitim oranıyla tahmin sonuçlarında %75 eğitim oranındaki sonuçların hedefe daha yakın çıktığı Şekil 4.20 ve 4.21'de gösterilmiştir. Trafo merkezlerinde trafo gürültüsünün önüne geçebilmek için bazı öneriler olarak gevşeyen trafoların bağlantılarının sıkılaştırılması, trafo bağlantı noktalarında gergin bağlantılar yerine flex baralar kullanılması, trafoların durduğu yerde rayları üzerine sabitlenmesi, trafoların kaliteli çekirdek sac olanlarının tercih edilmesi, gereksiz yere soğutma ekipmanlarının çalıştırılmaması gibi etkenler gürültünün azaltılmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] R. B. George, «Power Transformer Noise Its Characteristics and Reduction,» *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers ,* cilt 50, no. 1, pp. 347 - 352, 1931.

[2] W. B. Conover ve R. J. Ringlee, «Recent Contributions to Transformer Audible Noise Control,» *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Part III: Power Apparatus and Systems ,* cilt 74, no. 3, pp. 77-90, 1955.

[3] P. N. Adkins, «Transformer Noise Reduction with a Close-Fitting Mass-Law Enclosure,» *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems,* cilt 82, no. 66, pp. 302 - 308, 1963.

[4] A. Moses, «Measurement of magnetostriction and vibration with regard to transformer noise,» *IEEE Transactions on Magnetics,* cilt 10, no. 2, pp. 154 - 156, 1974.

[5] M. Kanoi, Y. Hori, M. Maejima ve T. Obata, «Transformer Noise Reduction with New Sound Insulation Panel,» *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems,* cilt 102, no. 9, pp. 2817 - 2825, 1983.

[6] J. Liang, T. Zhao, L. Zou, L. Zhang ve Z. Li, «Adaptive Active Noise Control System of Power Transformer,» %1 içinde *2015 Fifth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC)*, Qinhuangdao, 2015.

[7] J. Novosel, B. Bosniak, F. Kelemen, K. K. Bikic, H. Pragartner ve J. Case, «Influence of the Power Transformer Tank Design on the Sound Level,» *Procedia Engineering,* cilt 202, pp. 280-287, 2017.

[8] Z. Lu, C. Zhang, T. Wang, H. Yu, Z. Wang, C. Li ve G. Liu, «Measurement and analysis of UHV transformer noise with sound intensity and vibration method,» %1 içinde *2017 20th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, Sydney, 2017.

[9] T.-z. Wang, T. Jin, Z.-m. Lu, C. Zhang, G.-q. Liu, X. Zhao ve C. Li, «Research on Active Noise Control Method Compensating for Acoustic Metamaterial Noise Barrier in Transformer Noise Reduction,» %1 içinde *2018 IEEE 2nd International Electrical and Energy Conference (CIEEC)*, Beijing, 2018.

[10] A. Al-Abadi, «Developing an Accurate Load Noise Formula for Power Transformers,» %1 içinde *2019 6th International Advanced Research Workshop on Transformers (ARWtr)*, Cordoba, 2019.

[11] C. Boonseng, R. Boonseng ve K. Kularbphettong, «Noise and Vibration Analysis of Dry-Type Power Transformer for Monitoring and Data Mining Applications,» %1 içinde *2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, Harbin, 2019.

[12] A. Al-Abadi, A. Gamil ve F. Schatzl, «Optimum Shielding Design for Losses and Noise Reduction in Power Transformers,» %1 içinde *2019 6th International Advanced Research Workshop on Transformers (ARWtr)*, Cordoba, 2019.

[13] F. Yang, Z. Ren, D. Zhang, L. Li, X. Fan ve Y. Zhou, «Simulation Analysis and Experiment Validation of Vibration and Noise of Oil-immersed Transformer,» %1 içinde *2019 22nd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, Harbin, 2019.

[14] C. Linhares, C. P. Coutinho, R. Teixeira, J. E. Santo, S. M. Tavares, C. Novais, M. Pinto ve H. Mendes, «Transmission paths and their influence on power transformers noise,» %1 içinde *Inter Noise 2019* , Madrid, 2019.

[15] J. W. Coltman, «The Transformer,» *Scientific American,* pp. 86-95, 1988.

[16] M. J. Heathcote, «TRANSFORMER NOISE,» %1 içinde *The J & P Transformer Book*, Oxford, Elsevier Ltd, 2007, pp. 430-454.

[17] V. ERDEMİR, «Transformatörler (Trafolar),» [Çevrimiçi]. Available: https://docplayer.biz.tr/42088444-Transformatorler-trafolar.html.

[18] Megep, YG Sistemlerinde Trafo Bakımı, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 2011.

[19] Legrand. [Çevrimiçi]. Available: http://www.legrand.com.tr/pdf/ZUCCHINI-KAT.pdf. [Erişildi: 17 Şubat 2020].

[20] M. Trafo. [Çevrimiçi]. Available: https://prokcssmedia.blob.core.windows.net/sys-master-images/h08/hae/8931368009758/MEKSAN%20KATALOG.pdf. [Erişildi: 17 Şubat 2020].

[21] Areva, Power Transformers Vol.2 Expertise, Paris: Areva T&D, 2008.

[22] C. Globe, Artist, *Cooling of Transfomer and Methods of Cooling.* [Art].

[23] «Environmental Pollution Centers,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.environmentalpollutioncenters.org/noise-pollution/. [Erişildi: 15 Mart 2020].

[24] Çevresel Grültü Ölçüm ve Değerlendirme Klavuzu, Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011.

[25] J. D. McDONALD, %1 içinde *Electric Power Substations Engineering*, Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2012, pp. 191-194.

[26] T. Yanada, S. Minowa, O. Ichinokura ve S. Kikuchi, «Design and Analysis of Noise - Reduction Transformer Based on Equivalent Circuit,» *IEEE Transactions on Magnetics,* cilt 34, no. 4, pp. 1351-1353, 1998.

[27] M. Liu, O. Hubert, X. Mininger, F. Bouillault, L. Bernard ve T. Waeckerlé, «Reduction of Power Transformer Core Noise Generation due to Magnetostriction Induced Deformations using Fully Coupled Finite Element Modeling Optimization Procedures,» *IEEE Transactions on Magnetics,* cilt 53, no. 8, 2017.

[28] H. V. PAGHADAR, ACCURATE ESTIMATION AND MITIGATION OF AUDIBLE SOUND AT DESIGN STAGE IN TRANSFORMERS, Gujarat, 2017.

[29] T. Tanzer, H. Pregartner, M. Riedenbauer, R. Labinsky, M. Witlatschil, A. Muetze ve K. Krischan, «Magnetostriction of Electrical Steel and its Relation to the No-Load Noise of Power Transformers,» *IEEE Transactions on Industry Applications,* 2018.

[30] V. Rohilla ve C. P. Samy, «A Study of Transformer Noise and Reduction Techniques of Transformer Noise,» *Journal of Basic and Applied Engineering Research,* cilt 2, no. 22, pp. 1911-1915, 2015.

[31] F. Pacific, «Understanding Transformer Noise,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: https://federalpacific.com/wp-content/uploads/2019/01/2016-FP-Understanding-Transformer-Noise.pdf. [Erişildi: 20 Şubat 2020].

[32] J. L. Puri, «Causes and Effects of Transformer Sound Levels,» %1 içinde *Electric Power Transformer Engineering*, Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2012, pp. 526-539.

[33] E. Csanyi, «ELECTRICAL ENGINEERING PORTAL,» 9 11 2011. [Çevrimiçi]. Available: https://electrical-engineering-portal.com/sources-of-sound-in-transformers. [Erişildi: 11 11 2020].

[34] B. Marr, «Bernard Marr,» Bernard Marr & Co, [Çevrimiçi]. Available: https://bernardmarr.com/default.asp?contentID=1568. [Erişildi: 18 12 2020].

[35] S. HAYKIN, Neural Networks and Learning Machines, New Jersey: Pearson Education, 2009.

[36] J. Pihler, B. Grcar ve D. Dolinar, «Improved operation of power transformer protection using artificial neural network,» *IEEE Transactions on Power Delivery,* cilt 12, no. 3, 1997.

[37] A. Farag, M. Mohandes ve A. Al-Shaikh, «Diagnosing failed distribution transformers using neural networks,» *IEEE Transactions on Power Delivery,* cilt 16, no. 4, 2001.

[38] G. C. Jaiswal, M. S. Ballal ve D. R. Tutakne, «ANN based methodology for determination of distribution transformer health status,» %1 içinde *2017 7th*

International Conference on Power Systems (ICPS), Pune, India, 2017.

[39] E. ÖZTEMEL, Yapay Sinir Ağları, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2006.

[40] Ç. ELMAS, «Yapay Sinir Ağlarına Giriş».

[41] F. S. Çakır, YAPAY SİNİR AĞLARI - Matlab Kodları ve Matlab Toolbox Çözümleri, Nobel Akademik Yayıncılık, 2020.

[42] R. Pascanu, T. Mikolov ve Y. Bengio, «On the difficulty of training Recurrent Neural Networks,» 2013.

[43] P. Pedamkar, «EDUCBA,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.educba.com/recurrent-neural-networks-rnn/. [Erişildi: 14 Nisan 2021].

[44] D. Brezak, T. Bacek, D. Majetic, J. Kasac ve B. Novakovic, «A Comparison of Feed-forward and Recurrent Neural Networks in Time Series Forcasting,» %1 içinde *2012 IEEE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics (CIFEr)*, New York, NY, USA, 2012.

[45] M. Sundermeyer, I. Oparin, J.-L. Gauvain, B. Freiberg, R. Schlüter ve H. Ney, «Comparison of feedforward and recurrent neural network language models,» %1 içinde *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vancouver, BC, Canada, 2013