

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ SANTRALLERİNDE
YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE ENERJİ
ÜRETİMİNİN MODELLENMESİ VE PLANLANMASI**

Yüksek Mühendis Mustafa Alper ÖZPINAR

F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında Hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 28 Mayıs 2007
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Dürrüye BİLGE, YTÜ
İkinci Tez Danışmanı : Prof. Dr. Eralp ÖZİL, İTİCU
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Hasan HEPERKAN, YTÜ
: Prof. Dr. Murat TUNÇ, YÜ
: Yrd. Doç Dr. Sedat ŞİŞBOT, YÜ

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xvi
ÖNSÖZ	xvii
ÖZET	xix
ABSTRACT	xx
1. GİRİŞ	1
1.1 Rüzgar Enerjisi	3
1.1.1 Yerel Rüzgarlar	4
1.1.2 Rüzgar Enerjisi	4
1.1.3 Rüzgar Türbinleri	6
1.1.4 Rüzgar Enerjisi Santrallerindeki Temel Sorunlar	7
1.1.5 Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Tahmini	7
1.1.6 Enerji Sistemlerinin Kalitesi ve İstikrarı	8
1.1.7 Rüzgar Türbinleri Kontrol Mekanizmaları	8
1.1.7.1 Kanat Açısı Kontrolü, Pitch Kontrol, Stall Kontrol	9
1.1.7.2 Stall Kontrol	9
1.1.8 Rüzgar Türbinlerinin Birbirleriyle Etkileşimleri, Enerji Üretimi ve Rüzgar Hızı Değişkenliği	10
1.1.9 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi	11
1.2 Güneş Enerjisi	14
1.2.1 Türkiye’de Güneş Enerjisi	14
1.2.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi Kullanımı:	15
1.2.2.1 Güneş Toplayıcıları:	15
1.2.3 Güneş Enerjisinden Yoğun Isıl ve Elektrik Enerjisi Üretim Teknolojileri:	15
1.2.4 Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi:	16
1.2.4.1 Yoğunlaştırıcı Sistemler ile Elektrik Üretimi:	16
1.3 Hidroelektrik enerji	16
1.3.1 Hidroelektrik sistemlerin sınıflandırılması ve tasarımı	18
1.3.2 Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli	22
2. YAPAY SİNİR AĞLARI	25
2.1.1 Yapay Sinir Ağı Hücresi	25
2.1.2 Aktivasyon Fonksiyonları	26
2.1.3 Yapay Sinir Ağları Modelleri	28
2.2 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi	29
2.2.1 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Algoritmaları	30

2.2.2	Geri Yayınım Öğrenme Algoritması	30
2.2.3	Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yapay Sinir Ağları	35
3.	BULANIK MANTIK	40
3.1	Bulanık Mantık Teorisi.....	40
3.2	Bulanık Mantık Kontrol Sistemleri	40
3.2.1	Tanımlar.....	40
3.2.2	Bulanık Mantık Kontrol Sistemleri ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri.....	43
4.	METODOLOJİ VE ÇALIŞMA PLANI.....	44
4.1.1	Yapay Sinir Ağları Hesaplama Araçları.....	47
4.1.2	Analiz ve Değerlendirme Yöntemleri.....	50
4.1.3	Yazılım ve Donanım Altyapısı	51
5.	RÜZGAR ENERJİSİ ANALİZLERİ	52
5.1	Rüzgar Enerjisi ile Genel Durum	52
5.2	Rüzgar Enerjisi ile İlgili Genel Yapay Sinir Ağı Analizi.....	59
5.2.1	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Test Sonuçları	60
5.3	Rüzgar Enerjisi Tahmininde İkinci Nesil Yapay Sinir Ağı Çalışmaları	63
5.4	Rüzgar Enerjisi Tahmininde Üçüncü Nesil Yapay Sinir Ağı Çalışmaları	70
5.5	Rüzgar Enerjisi Tahmininde Dördüncü Nesil Yapay Sinir Ağı Çalışmaları.....	78
5.5.1	Kısa Vadeli Günlük Öngörüler.....	79
5.5.2	Orta Vadeli Tahmin ve Öngörüler.....	83
5.5.2.1	Orta Vadeli Tahminler	84
5.5.3	Uzun Vadeli Tahminler	86
5.6	Orta ve Uzun Vadeli Bulguların Diğer İller İçin Kullanılması	88
5.6.1	Düzce İli	91
5.6.1.1	Orta Vadeli Çalışmalar	91
5.6.1.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	92
5.6.2	Antalya İli.....	94
5.6.2.1	Orta Vadeli Çalışmalar	94
5.6.2.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	95
5.6.3	Mersin İli	97
5.6.3.1	Orta Vadeli Çalışmalar	97
5.6.3.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	98
5.6.4	Giresun İli.....	100
5.6.4.1	Orta Vadeli Çalışmalar	100
5.6.4.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	101
6.	GÜNEŞ ENERJİSİ ANALİZLERİ	103
6.1	Güneş Enerjisi ile Genel Durum.....	103
6.2	Güneş Enerjisi ile İlgili Genel Yapay Sinir Ağı Analizi	110
6.2.1	Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli Kısa Vadeli Sonuçları.....	110
6.3	Güneş Enerjisi Detaylı Çalışmaları	113
6.3.1	Güneş Enerjisi İçin Referans ve Tipik Yıl Çalışmaları	116
6.4	Güneş Enerjisi Tahmin ve Öngörüm Sonuçları.....	118
6.4.1	Düzce İli	118
6.4.1.1	Orta Vadeli Çalışmalar	118
6.4.1.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	119

6.4.2	Çanakkale İli	121
6.4.2.1	Orta Vadeli Çalışmalar	121
6.4.2.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	122
6.4.3	Giresun İli	124
6.4.3.1	Orta Vadeli Çalışmalar	124
6.4.3.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	125
6.4.4	Antalya İli	127
6.4.4.1	Orta Vadeli Çalışmalar	127
6.4.4.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	128
7.	HİDROELEKTRİK ENERJİ İÇİN DEBİ ANALİZLERİ	130
7.1	Hidroelektrik Enerji ile Genel Durum	130
7.2	Hidroelektrik Enerji ile İlgili Genel Yapay Sınır Ağı Analizi.....	137
7.2.1	Hidroelektrik Enerji-Debi YSA Kısa Vadeli Test Sonuçları.....	137
7.3	Hidroelektrik Enerji-Debi ile Detaylı Çalışmalar.....	140
7.4	Debi Tahmin ve Öngörüm Sonuçları.....	144
7.4.1	Düzce-Aksu	144
7.4.1.1	Orta Vadeli Çalışmalar	144
7.4.1.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	146
7.4.2	Giresun Çırakdamı.....	147
7.4.2.1	Orta Vadeli Çalışmalar	147
7.4.2.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	149
7.4.3	Giresun Dereli.....	150
7.4.3.1	Orta Vadeli Çalışmalar	150
7.4.3.2	Uzun Vadeli Çalışmalar.....	152
8.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	154
	KAYNAKLAR.....	165
	EKLER	168
	Ek 1 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Yapay Sınır Ağı Modelleri Test Sonuçları	169
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 1	169
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 2	170
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 3	171
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 4	172
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 5	173
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 6	174
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 7	175
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 8	176
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 9	177
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 10	178
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 11	179
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 12	180
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 13	181
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 14	182
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 15	183
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 16	184
	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 17	185

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 18.....	186
Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 19.....	187
Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 20.....	188
Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 21.....	189
Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 22.....	190
Ek 2 Güneş Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları.....	191
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 1.....	191
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 2.....	192
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 3.....	193
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 4.....	194
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 5.....	195
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 6.....	196
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 7.....	197
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 8.....	198
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 9.....	199
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 10.....	200
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 11.....	201
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 12.....	202
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 13.....	203
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 14.....	204
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 15.....	205
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 16.....	206
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 17.....	207
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 18.....	208
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 19.....	209
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 20.....	210
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 21.....	211
Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 22.....	212
Ek 3 Hidroelektrik Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları.....	213
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 1.....	213
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 2.....	214
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 3.....	215
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 4.....	216
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 5.....	217
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 6.....	218
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 7.....	219
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 8.....	220
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 9.....	221
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 10.....	222
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 11.....	223
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 12.....	224
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 13.....	225
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 14.....	226
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 15.....	227
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 16.....	228
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 17.....	229
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 18.....	230
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 19.....	231
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 20.....	232
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 21.....	233
Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 22.....	234

SİMGE LİSTESİ

$\mu(x)$	X Elemanının μ Kümesi İçindeki Üyelik Derecesi
f	Aktivasyon fonksiyonu
g	Yerçekimi ivmesini
H_o	Net su düşüsü
K	Toplayıcıya ısı kayıp katsayısı
n	Giriş sayısı
o	Sinir ağı çıkışı
P	Rüzgarın gücü
P_e	Türbin milinden alınan güç
Q	Türbine gelen debi
Q_g	Toplayıcıya gelen toplam güneş enerjisi
r	Rotor yarıçapı
v	Rüzgar hızı
$v \rho(\rho)$	Havanın yoğunluğu
W	Ağırlıklar matrisi
X	Girişler matrisidir
y	Arzu edilen çıkış
η_g	Genel verim

KISALTMA LİSTESİ

ADALINE	ADaptive LInear NEuron
AHO	Ağırlıklı Hareketli Ortalama
AI	Artificial Intelligence
ANN	Artifical Neural Networks
AO	Aritmetik Ortalama
ARIMA	Auto Regressive Integrated Moving Average
ARMA	Auto Regressive Moving Average
BMD	Biomass Doğrudan Kullanım
BMI	Biomass Dolaylı Kullanım
CRHE	Kanal veya Dere Tipi Hidroelektrik
EPOCH	Yapay Sinir Ağı Öğrenme Aşama Sayısı
GE	Jeotermal Enerji
GYA	Geriye Yayılım Algoritması
GYA	Geri Yayılım Algoritması
HO	Hareketli Ortalama
LM	Levenberg –Marquardt Algoritması
LMS	Least Mean Square
LOGSIG	Logaritma Sigmoid Transfer Fonksiyonu
MAD	Mean Absolute Deviation
MAE	Mean Absolute Error
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
MEAN	Prediction Mean
MSE	Mean Squared Error
MSPE	Mean Squared Prediction Error
NMSE	Normalized Mean Squared Error
NN	Neural Network
NRMSE	Normalized Root Mean Squared Error
PURELIN	Lineer Transfer Fonksiyonu
PV	Güneş-Elektrik Enerjisi
RMSE	Root Mean Squared Error
RMSPE	Root Mean Square Prediction Error
RNN	Recurrent Neural Network
SHE	Küçük Hidroelektrik

SP	Güneş-Pasif
ST	Güneş-Isıl
TANSIG	Tanjant Sigmoid Transfer Fonksiyonu
TNN	Time delayed Neural Network
WE	Rüzgar Enerjisi
YSA	Yapay Sinir Ağı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kişi Başına Düşen Kilogram Eşdeğer Petrol Tüketimi[9]	1
Şekil 1.2 Kişi Başına Düşen Co ₂ Emisyonu [9]	2
Şekil 1.3 Dünyadaki Sıcaklık Değişimleri ve Global Rüzgarlar, [2]	4
Şekil 1.4 Yerel Rüzgarlar, [2].....	4
Şekil 1.5 Rüzgar Türbinleri Rotor Alanı ve Rotor Çaplarına Göre Kapasiteleri,[2].....	5
Şekil 1.6 Bet’z Kanunu[2]	5
Şekil 1.7 Rüzgar Enerjisi Türbinler ve Verimlilik [2].....	6
Şekil 1.8 Weibull Dağılımı,[2]	7
Şekil 1.9 İdeal AC için Sinüs Eğrisi[2]	8
Şekil 1.10 Rüzgarın Kaldırma Etkisi,[2]	9
Şekil 1.11 Kanat Açısı Kontrolü,[2].....	9
Şekil 1.12 Stall Etkisi,[2].....	10
Şekil 1.13 Rotor Çaplarına Göre İdeal Rüzgar Tarlası Yerleşimi ,[5]	10
Şekil 1.14 Rüzgar Hızlarına Göre Rüzgar Türbinin Enerji Üretimi (Shuhui,2001).....	11
Şekil 1.15 Aynı Rüzgar Tarlasındaki Değişik Türbinlerin Enerji Üretimleri (Shuhui,2001) ...	11
Şekil 1.16 Türkiye Rüzgar Haritası ,[4]	12
Şekil 1.17 Türkiye Güneş Haritası ,[4].....	14
Şekil 1.18 Hidrolik Çevrim [10].....	17
Şekil 1.19 Hidrolik Sistemlerin [10]	17
Şekil 1.20 Bir Hidroelektrik Santralde Toplam Güç Çıkışı ve Kayıplar,[10]	19
Şekil 1.21 Depolamalı ve Depolamasız Hidroelektrik Enerji Santralleri,[10]	20
Şekil 1.22 Depolamalı Bir Hidroelektrik Santralin Kısımları,[10]	20
Şekil 1.23 Türkiye Büyük Akarsu Havzaları Anahtar Haritası [4]	22
Şekil 1.24 Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Potansiyeli[3]	24
Şekil 2.1 Temel Yapay Sinir Ağı Hücresi	25
Şekil 2.2 Eşik Aktivasyon Fonksiyonu.	26
Şekil 2.3 Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu	27
Şekil 2.4 Logaritma ve Tanjant Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonları	27
Şekil 2.5 İleri Beslemeli Yapı(Yurtoğlu, 2005)	28
Şekil 2.6 Geri Beslemeli Yapı. (Yurtoğlu, 2005).....	29
Şekil 2.7 İleri ve Geri Beslemeli Çok Katmanlı Sinir Ağı. (Yurtoğlu, 2005).....	31
Şekil 2.8 Yapay Sinir Ağları İle Rüzgar Türbini Güç Tahmini- Li (2001).....	36
Şekil 2.9 Yapay Sinir Ağları İle Saatlik Rüzgar Hızı Tahmini- Sfetfos (2000).....	36
Şekil 2.10 Yapay Sinir Ağları İle Saatlik Rüzgar Hızı Tahmini- Liera Vd (2002).....	37
Şekil 2.11 Yapay Sinir Ağları İle Aylık Rüzgar Hızı Tahmini- Anurag (2003)	38
Şekil 2.12 Yapay Sinir Ağları İle Haftalık Rüzgar Hızı Tahmini- Anurag (2003)	38
Şekil 2.13 Yapay Sinir Ağları İle Saatlik Su Havzasına Girdi Tahmini- Subramanian (1999)39	39
Şekil 2.14 Yapay Sinir Ağları Farklı İstasyonların Verileri ile Veri Tahmini - Öztopal(2006)39	39
Şekil 3.1 Bulanık Mantık Kontrol Yapısı	42
Şekil 3.2 Bulanıklaştırma	42
Şekil 3.3 Durulaştırma	42
Şekil 4.1 Matlab Transfer Fonksiyonları	48
Şekil 4.2 Matlab Ysa Modeli Örneği	48
Şekil 4.3 MATLAB YSA Ara Yüzü	49
Şekil 4.4 MATLAB YSA Ağ Parametreleri Ara Yüzü	49
Şekil 4.5 MATLAB YSA Öğrenme Parametreleri Ara Yüzü	51
Şekil 5.1 Çeşitli İllerin ve Bölgelerin Aylık Rüzgar Hızı Ortalamaları	52
Şekil 5.2 Çalışmada Kullanılan İllerin Aylık Rüzgar Hızı Ortalamaları.....	53
Şekil 5.3 Çanakkale İli Rüzgar Hızı Ortalamaları Histogramı	54

Şekil 5.4 Çanakkale İli Geçmiş Yıllarda Rüzgar Hızı Ortalamaları.....	54
Şekil 5.5 Çanakkale İli Şubat Ayı Yakın Yıllarda Rüzgar Hızı Ortalamaları.....	55
Şekil 5.6 İllerin Aylık Buharlaştırma Ortalamaları.....	56
Şekil 5.7 İllerin Aylık Bulutluluk Ortalamaları.....	56
Şekil 5.8 İllerin Aylık Yağış Ortalamaları	57
Şekil 5.9 İllerin Aylık Sıcaklık Ortalamaları.....	57
Şekil 5.10 İllerin Aylık Basınç Ortalamaları.....	58
Şekil 5.11 Çanakkale İli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi.....	58
Şekil 5.12 Antalya İli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi	59
Şekil 5.13 Mersin İli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi	59
Şekil 5.14 1969 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	60
Şekil 5.15 1979 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	61
Şekil 5.16 1989 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	61
Şekil 5.17 1999 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	62
Şekil 5.18 2006 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	62
Şekil 5.19 İkinci Nesil Ysa Modeli 20 Test Sonuçları	64
Şekil 5.20 İkinci Nesil Ysa Modeli 19 Test Sonuçları	65
Şekil 5.21 İkinci Nesil Ysa Modeli 10 Test Sonuçları	65
Şekil 5.22 İkinci Nesil Ysa Modeli 1 Test Sonuçları	66
Şekil 5.23 İkinci Nesil Ysa Modeli 22 Test Sonuçları	66
Şekil 5.24 1969 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları ...	67
Şekil 5.25 1979 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları ...	67
Şekil 5.26 1989 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları ...	68
Şekil 5.27 1999 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları ...	68
Şekil 5.28 2006 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları ...	69
Şekil 5.29 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 20 Test Sonuçları	72
Şekil 5.30 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 10 Test Sonuçları	72
Şekil 5.31 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 22 Test Sonuçları	73
Şekil 5.32 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 24 Test Sonuçları	73
Şekil 5.33 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 19 Test Sonuçları	74
Şekil 5.34 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 23 Test Sonuçları	74
Şekil 5.35 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 1 Test Sonuçları	75
Şekil 5.36 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 24-5000 Test Sonuçları.....	75
Şekil 5.37 1969 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları	76
Şekil 5.38 1979 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları	76
Şekil 5.39 1989 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları	77
Şekil 5.40 1999 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları	77
Şekil 5.41 2006 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları	78
Şekil 5.42 2000-2006 Yılları Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil Sonuçları.....	78
Şekil 5.43 Şubat 2005 1 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları.....	79
Şekil 5.44 Şubat 2005 2 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları.....	80
Şekil 5.45 Şubat 2005 3 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları.....	80
Şekil 5.46 Şubat 2005 4 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları.....	81
Şekil 5.47 Şubat 2005 5 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları.....	81
Şekil 5.48 Şubat 2005 10 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Karşılaştırmalı Sonuçları.....	82
Şekil 5.49 Şubat 2000-2001 Yılları Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları.....	82
Şekil 5.50 Çanakkale İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları.....	83
Şekil 5.51 Dördüncü Nesil Ysa Modeli24 Çanakkale 1978 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri	85
Şekil 5.52 Dördüncü Nesil Ysa Modeli24 Çanakkale 2003 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri	85
Şekil 5.53 Dördüncü Nesil YSA Modeli Uzun Vade 24test Sonuçları.....	87
Şekil 5.54 Dördüncü Nesil Ysa Modeli Uzun Vade Çanakkale 1978 Yılı Rüzgar Hızı	

Öngörümleri.....	87
Şekil 5.55 Dördüncü Nesil Ysa Modeli Uzun Vade Çanakkale 2004 Yılı Rüzgar Hızı Öngörümleri.....	88
Şekil 5.56 Antalya İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları.....	89
Şekil 5.57 Düzce İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları.....	89
Şekil 5.58 Mersin İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları.....	90
Şekil 5.59 Giresun İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları.....	90
Şekil 5.60 Düzce İli Orta Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	91
Şekil 5.61 Düzce 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	91
Şekil 5.62 Düzce 1989 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	92
Şekil 5.63 Düzce İli Uzun Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	92
Şekil 5.64 Düzce 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	93
Şekil 5.65 Düzce 1989 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	93
Şekil 5.66 Antalya İli Orta Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	94
Şekil 5.67 Antalya 1971yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	94
Şekil 5.68 Antalya 1983 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	95
Şekil 5.69 Antalya İli Uzun Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	95
Şekil 5.70 Mersin 1971 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	96
Şekil 5.71 Antalya 1983 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	96
Şekil 5.72 Mersin İli Orta Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	97
Şekil 5.73 Mersin 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	97
Şekil 5.74 Mersin 2000 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	98
Şekil 5.75 Mersin İli Uzun Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	98
Şekil 5.76 Mersin 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	99
Şekil 5.77 Mersin 2000 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	99
Şekil 5.78 Giresun İli Orta Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	100
Şekil 5.79 Giresun 1979 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	100
Şekil 5.80 Giresun 1998 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri.....	101
Şekil 5.81 Giresun İli Uzun Vade Yapay Sınır Test Sonuçları.....	101
Şekil 5.82 Giresun 1979 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	102
Şekil 5.83 Giresun 1998 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	102
Şekil 6.1 İllere Göre Aylık Toplam Güneş Radyasyonu.....	103
Şekil 6.2 Toplam Günlük Toplam Güneş Radyasyonu Histogramı.....	104
Şekil 6.3 Uzun Yıllar İçinde Haziran Ayı Toplam Güneş Radyasyonu.....	105
Şekil 6.4 Kısa Vadeli Haziran Ayı Toplam Güneş Radyasyonu.....	105
Şekil 6.5 Ortalama Buharlaşma.....	106
Şekil 6.6 Ortalama Bulutluluk.....	106
Şekil 6.7 Ortalama Yağış.....	107
Şekil 6.8 Ortalama Sıcaklık.....	107
Şekil 6.9 Ortalama Basınç.....	108
Şekil 6.10 Çanakkale Genel Analiz.....	108
Şekil 6.11 Antalya Genel Analiz.....	109
Şekil 6.12 Mersin Genel Analiz.....	109
Şekil 6.13 1985 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	110
Şekil 6.14 1989 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	111
Şekil 6.15 1994 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	111
Şekil 6.16 1999 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	112
Şekil 6.17 2006 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	112
Şekil 6.18 Antalya İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları.....	116
Şekil 6.19 Düzce İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları.....	116
Şekil 6.20 Çanakkale İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları.....	117

Şekil 6.21 Giresun İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları	117
Şekil 6.22 Düzce İli Aylık Tahmin Test Sonuçları	118
Şekil 6.23 Düzce 1995 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri	119
Şekil 6.24 Düzce 2003 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri	119
Şekil 6.25 Düzce İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları	119
Şekil 6.26 Düzce 1995 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	120
Şekil 6.27 Düzce 1995 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	120
Şekil 6.28 Çanakkale İli Aylık Tahmin Test Sonuçları.....	121
Şekil 6.29 Çanakkale 1970 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri.....	121
Şekil 6.30 Çanakkale 2005 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri.....	122
Şekil 6.31 Çanakkale İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları.....	122
Şekil 6.32 Çanakkale 1970 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	123
Şekil 6.33 Çanakkale 1970 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	123
Şekil 6.34 Giresun İli Aylık Tahmin Test Sonuçları.....	124
Şekil 6.35 Giresun 1975 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri.....	124
Şekil 6.36 Giresun 1985 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri.....	125
Şekil 6.37 Giresun İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları	125
Şekil 6.38 Giresun 1985 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm ..	126
Şekil 6.39 Giresun 2005 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm ..	126
Şekil 6.40 Antalya İli Aylık Tahmin Test Sonuçları	127
Şekil 6.41 Antalya 1983 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri.....	127
Şekil 6.42 Antalya 1972 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri.....	128
Şekil 6.43 Antalya İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları	128
Şekil 6.44 Antalya 1983 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm ..	129
Şekil 6.45 Antalya 1972 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm ..	129
Şekil 7.1 Çeşitli Derelerin Aylık Debi Ortalamaları	130
Şekil 7.2 Çırakdamı Deresi Debi Histogramı.....	131
Şekil 7.3 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Buharlaştırma Ortalamaları.....	132
Şekil 7.4 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Bulutluluk Ortalamaları.....	132
Şekil 7.5 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Yağış Ortalamaları.....	133
Şekil 7.6 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Nem Ortalamaları	133
Şekil 7.7 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Sıcaklık Ortalamaları.....	134
Şekil 7.8 Çırakdamı Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi	134
Şekil 7.9 Dereli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi	135
Şekil 7.10 Düzce Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi	135
Şekil 7.11 Çırakdamı Uzun Dönemde Mayıs Ayı Günlük Debi Ortalamaları.....	136
Şekil 7.12 Çırakdamı Yakın Dönemde Mayıs Ayı Günlük Debi Ortalamaları.....	136
Şekil 7.13 1963 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	137
Şekil 7.14 1973 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	138
Şekil 7.15 1983 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	138
Şekil 7.16 1993 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	139
Şekil 7.17 2002 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları.....	139
Şekil 7.18 Çırakdamı Debi Tipik ve Referans Yılları	143
Şekil 7.19 Dereli Debi Tipik ve Referans Yılları	143
Şekil 7.20 Düzce Debi Tipik ve Referans Yılları	144
Şekil 7.21 Düzce İli Aylık Tahmin Test Sonuçları	144
Şekil 7.22 Düzce-Aksu 1996 Yılı Debi Tahminleri	145
Şekil 7.23 Düzce-Aksu 2000 Yılı Debi Tahminleri	145
Şekil 7.24 Düzce İli 12 Aylık Öngörüm Test Sonuçları	146
Şekil 7.25 Düzce-Aksu 1996 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	146
Şekil 7.26 Düzce-Aksu 2000 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	147

Şekil 7.27 Giresun-Çırakdamı Aylık Tahmin Test Sonuçları	147
Şekil 7.28 Giresun-Çırakdamı 1978 Yılı Debi Tahminleri	148
Şekil 7.29 Giresun-Çırakdamı 1989 Yılı Debi Tahminleri	148
Şekil 7.30 Giresun-Çırakdamı 12 Aylık Öngörüm Test Sonuçları	149
Şekil 7.31 Giresun-Çırakdamı 1978 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	149
Şekil 7.32 Giresun-Çırakdamı 1989 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	150
Şekil 7.33 Giresun-Dereli Aylık Tahmin Test Sonuçları	150
Şekil 7.34 Giresun-Dereli 1992 Yılı Debi Tahminleri	151
Şekil 7.35 Giresun-Dereli 1977 Yılı Debi Tahminleri	151
Şekil 7.36 Giresun-Dereli 12 Aylık Öngörüm Test Sonuçları	152
Şekil 7.37 Giresun-Dereli 1992 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	152
Şekil 7.38 Giresun-Dereli 1977 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm.....	153
Şekil 8.1 Rüzgar Hızı Tahminlerinde Modeller Bazında İyileştirme Günlük.....	160
Şekil 8.2 Rüzgar Hızı Tahminlerinde Modeller Arası Hata Karşılaştırması Günlük.....	161
Şekil 8.3 Rüzgar Hızı Tahminlerinde Modeller Bazında İyileştirme Üç Günlük	161
Şekil Ek 1.1 Ysa Modeli 1 Test Sonuçları	169
Şekil Ek 1.2 Ysa Modeli 2 Test Sonuçları	170
Şekil Ek 1.3 Ysa Modeli 3 Test Sonuçları	171
Şekil Ek 1.4 Ysa Modeli 4 Test Sonuçları	172
Şekil Ek 1.5 Ysa Modeli 5 Test Sonuçları	173
Şekil Ek 1.6 Ysa Modeli 6 Test Sonuçları	174
Şekil Ek 1.7 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları	175
Şekil Ek 1.8 Ysa Modeli 8 Test Sonuçları	176
Şekil Ek 1.9 Ysa Modeli 9 Test Sonuçları	177
Şekil Ek 1.10 Ysa Modeli 10 Test Sonuçları	178
Şekil Ek 1.11 Ysa Modeli 11 Test Sonuçları	179
Şekil Ek 1.12 Ysa Modeli 12 Test Sonuçları	180
Şekil Ek 1.13 Ysa Modeli 13 Test Sonuçları	181
Şekil Ek 1.14 Ysa Modeli 14 Test Sonuçları	182
Şekil Ek 1.15 Ysa Modeli 15 Test Sonuçları	183
Şekil Ek 1.16 Ysa Modeli 16 Test Sonuçları	184
Şekil Ek 1.17 Ysa Modeli 17 Test Sonuçları	185
Şekil Ek 1.18 Ysa Modeli 18 Test Sonuçları	186
Şekil Ek 1.19 Ysa Modeli 19 Test Sonuçları	187
Şekil Ek 1.20 Ysa Modeli 20 Test Sonuçları	188
Şekil Ek 1.21 Ysa Modeli 21 Test Sonuçları	189
Şekil Ek 1.22 Ysa Modeli 22 Test Sonuçları	190
Şekil Ek 2.1 Ysa Modeli 1 Test Sonuçları	191
Şekil Ek 2.2 Ysa Modeli2 Test Sonuçları	192
Şekil Ek 2.3 Ysa Modeli3 Test Sonuçları	193
Şekil Ek 2.4 Ysa Modeli 4 Test Sonuçları	194
Şekil Ek 2.5 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları	195
Şekil Ek 2.6ysa Modeli 6 Test Sonuçları	196
Şekil Ek 2.7 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları	197
Şekil Ek 2.8 Ysa Modeli 8 Test Sonuçları	198
Şekil Ek 2.9 Ysa Modeli 9 Test Sonuçları	199
Şekil Ek 2.10 Ysa Modeli 10 Test Sonuçları	200
Şekil Ek 2.11 Ysa Modeli 11 Test Sonuçları	201
Şekil Ek 2.12 Ysa Modeli 12 Test Sonuçları	202
Şekil Ek 2.13 Ysa Modeli 13 Test Sonuçları	203
Şekil Ek 2.14 Ysa Modeli 14 Test Sonuçları	204

Şekil Ek 2.15 Ysa Modeli 15 Test Sonuçları	205
Şekil Ek 2.16 Ysa Modeli 16 Test Sonuçları	206
Şekil Ek 2.17 Ysa Modeli 17 Test Sonuçları	207
Şekil Ek 2.18 Ysa Modeli 18 Test Sonuçları	208
Şekil Ek 2.19 Ysa Modeli 19 Test Sonuçları	209
Şekil Ek 2.20 Ysa Modeli 20 Test Sonuçları	210
Şekil Ek 2.21 Ysa Modeli 21 Test Sonuçları	211
Şekil Ek 2.22 Ysa Modeli 22 Test Sonuçları	212
Şekil Ek 3.1 Ysa Modeli 1 Test Sonuçları	213
Şekil Ek 3.2 Ysa Modeli 2 Test Sonuçları	214
Şekil Ek 3.3 Ysa Modeli 3 Test Sonuçları	215
Şekil Ek 3.4 Ysa Modeli 4 Test Sonuçları	216
Şekil Ek 3.5 Ysa Modeli 5 Test Sonuçları	217
Şekil Ek 3.6 Ysa Modeli 6 Test Sonuçları	218
Şekil Ek 3.7 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları	219
Şekil Ek 3.8 Ysa Modeli 8 Test Sonuçları	220
Şekil Ek 3.9 Ysa Modeli 9 Test Sonuçları	221
Şekil Ek 3.10 Ysa Modeli 10 Test Sonuçları	222
Şekil Ek 3.11 Ysa Modeli 11 Test Sonuçları	223
Şekil Ek 3.12 Ysa Modeli 12 Test Sonuçları	224
Şekil Ek 3.13 Ysa Modeli 13 Test Sonuçları	225
Şekil Ek 3.14 Ysa Modeli 14 Test Sonuçları	226
Şekil Ek 3.15 Ysa Modeli 15 Test Sonuçları	227
Şekil Ek 3.16 Ysa Modeli 16 Test Sonuçları	228
Şekil Ek 3.17 Ysa Modeli 17 Test Sonuçları	229
Şekil Ek 3.18 Ysa Modeli 18 Test Sonuçları	230
Şekil Ek 3.19 Ysa Modeli 19 Test Sonuçları	231
Şekil Ek 3.20 Ysa Modeli 20 Test Sonuçları	232
Şekil Ek 3.21 Ysa Modeli 21 Test Sonuçları	233
Şekil Ek 3.22 Ysa Modeli 22 Test Sonuçları	234

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3-1 Çizelge Bulanık mantık kurallarına örnek	42
Çizelge 4-1 Türkiye'nin Farklı Bölgelerinin Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri	45
Çizelge 4-2 Tezde Kullanılan İllerin Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri	46
Çizelge 5.1 Rüzgar Enerjisi Günlük Tahminleri için Girdi -Çıktı Bilgileri	64
Çizelge 5.2 Rüzgar Enerjisi Günlük Öngörümüleri için Girdi –Çıktı Bilgileri	71
Çizelge 5.3 Rüzgar Enerjisi Günlük Öngörümüleri için Girdi –Çıktı Bilgileri	84
Çizelge 5.4 Rüzgar Enerjisi Aylık Öngörümüleri için Girdi –Çıktı Bilgileri	86
Çizelge 6.1 Güneş Enerjisi Aylık Tahminleri için Girdi -Çıktı Bilgileri	114
Çizelge 6.2 Güneş Enerjisi 12 Aylık Öngörümüleri için Girdi -Çıktı Bilgileri	115
Çizelge 7.1 Debi Aylık Tahminleri İçin Girdi -Çıktı Bilgileri	141
Çizelge 7.2 Debi 12 Aylık Öngörümüleri İçin Girdi -Çıktı Bilgileri	142
Çizelge 8.1 Rüzgar Enerjisi İçin Performans Matrisi.....	157
Çizelge 8.2 Güneş Enerjisi İçin Performans Matrisi	158
Çizelge 8.3 Su Enerjisi İçin Performans Matrisi	159
Çizelge 8.4 YSA Sonuçları için Örnek Bulanık Mantık Kuralları	163

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında enerji; konutlar, sanayi ve ulaşım sektörünün en önemli girdilerinden biridir. Her geçen gün büyük bir hızla gelişen teknolojinin hayatımızdaki yeri ve insanların refah düzeylerindeki kalite artışı, enerjiye olan talebi doğrusal olarak her geçen gün arttırmaktadır. Artan talebin karşılanması konusunda ise fosil kaynaklı yakıtların giderek azalması ve orta vadede birçoğunun sonlanacak veya ekonomik olarak kullanılabilirliğini kaybedecek olması, temiz ve tükenmeyen enerji kaynakları olarak tanımladığımız yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmaları arttırmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda ki çalışmalar özellikle yeni enerji üretim teknolojileri, enerji verimliliğinin artırılması ve planlanması konularında yoğunlaşmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yakın gelecekte enerji talebini tamamen karşılaması mümkün olmadığından arz tarafında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı santrallerin; fosil yakıtları kullanan veya büyük hidroelektrik santraller ile birlikte uyum içinde çalışmasını gerektirmektedir. Bu uyumun sağlanabilmesi değişken ve meteorolojik verilere doğrudan bağımlı olan yenilenebilir enerji santrallerinin güvenilir üretim düzeylerinin gerek makro gerekse mikro bazda modellenenmelerine ve model sonuçlarına göre yapılan planlama çalışmalarına bağlıdır.

Rüzgar santralleri yenilenebilir enerji kaynakları içinde uygulanabilirliği, verim ve üretilen elektrik maliyetleri açısından en önemli olanıdır. Ancak rüzgar santrallerinin kontrolü tam anlamıyla doğanın elindedir. Diğer bir deyişle, rüzgarın ne zaman ne şiddette eseceği insanoğlunun kontrolü dışındadır. Her ne kadar rezervuarlı hidroelektrik santraller, rezervleri sayesinde günlük yağış miktarlarından bağımsız enerji üretimi yapılabilir de, 2006 yılında yaşandığı gibi, yine de yetkili karar verici doğadır. Bazı durumlarda hibrid santrallerin kullanılmasıyla doğaya bağımlılığın azaltılabileceği düşünülse de, rüzgar, hidroelektrik ve güneş enerjisi ile elektrik üreten enerji santrallerinde planlama aşamasından üretime geçiş aşamasına kadar yaşanan başlıca sorun, bölgedeki meteorolojik verilerin düzeyi, zamana bağlı değişimi ve bu değişimin modellenmesinde yaşanan zorluklardır. Karmaşık meteorolojik modeller ve zaman serileri ile yapılan model çalışmalarında istenen doğruluk ve esneklik elde edilememiştir.

Bir yenilenebilir santralin potansiyeli doğru olarak belirlenemediğinde ve zamana bağlı olarak çalışma ve üretim düzeyleri gerçekçi olarak tahmin edilemediğinde, seçilecek kapasite ve donanım kararları ve bunlara bağlı olarak yatırım maliyetleri de aynı ölçüde problemlidir. Elektrik enerjisi üretimi açısından bakıldığında, şebekeye verilecek olan elektrik enerjisindeki kesikli bağlantılar dalgalanmalara neden olmakta ve ulusal şebekede, teknik sorunlara yaratmakta, verimlilik ve etkinlik alanlarında önemli düşüşlere sebep olmaktadır ki bu istenmeyen bir durumdur.

Bu çalışmada yukarıda anlatılan sorunlara Nöral ağlar (yapay sinir ağları) ve bulanık mantık kullanılarak yeni yaklaşımlar getirilmiştir. Rüzgar, debi ve güneşlenme verileri için kısa, orta ve uzun vadeli tahminler ve öngörüm modelleri üretilmiştir. Bu sayede yenilenebilir enerji santrallerinde enerji üretiminin kontrolü ve planlanması günlük, aylık ve yıllık olarak büyük bir hassasiyetle yapılabilmektedir.

Tez çalışmam konusunun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, güvenen ve yönlendiren danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Dürriye Bilge, kendisinden çok şey öğrendiğim ve öğrenmeye devam ettiğim, iyi bir mühendis ve akademisyen olma hedefimde desteğini, bilgisini ve zamanını benden hiçbir zaman esirgemeyen tezimin diğer danışman hocası olan Prof. Dr. Eralp Özlü'ye, tez çalışmam süresince, 6 aylık dönemler halinde yapmış olduğum çalışmaları değerlendiren ve beni

yönlendiren değerli Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Mahir Arıkol, Prof. Dr. Hasan Heperkan, Prof. Dr. Murat Tunç, Yrd. Doç. Dr. Sedat Şişbot'a, çalışmada kullanılan verilerin temininde yardımlarını esirgemeyen, Dr. Atilla Akalın'a, değerli bölüm başkanım Prof. Dr. Nilüfer Eğrican'a ayrı ayrı teşekkür ederim. Doktoraya başladığım günden, teslim ettiğim güne kadar geceli gündüzlü yanımda olan, bana sürekli destek veren, yeri geldiğinde benimle birlikte sabahlayan, sevinen, üzülen, paylaşan sevgili eşim, birtanem ve aşkım Şaha Burcu Baygül Özpınar'a, doğduğum günden itibaren bana en iyi şartları sağlamak için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan babam, Berke Özpınar ve annem, Hitay Özpınar'a, ve değerli fikirleri ile bana yol gösteren ağabeyim Emre Özpınar'a gönül dolusu teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Yenilenebilir enerji santralleri arasında rüzgar santralleri uygulanabilirliği, verimliliği ve üretilen elektrik maliyetleri açısından en önemli olanıdır. Ancak, rüzgar santrallerinin kontrolü tam anlamıyla doğanın elindedir. Diğer bir deyişle, rüzgarın ne zaman ne şiddette eseceği insanoğlunun kontrolü dışındadır. Tüm elektrik üreten yenilenebilir enerji santrallerinde planlama aşamasından üretime geçiş aşamasına kadar yaşanan başlıca sorun, santralin bulunduğu bölgedeki meteorolojik verilerin düzeyi, zamana bağlı değişimi ve verilerin gerçekçi bir modelde kullanılarak üretim düzeyinin belirlenmesidir. Karmaşık meteorolojik modeller ve zaman serileri ile yapılan model çalışmalarında istenen doğruluk ve esneklik elde edilememiştir. Bir yenilenebilir santralin üretim düzeyi meteorolojik verilere bağlı olarak doğru saptanamazsa, o santralin güvenilir kapasitesi, kullanılacak donanım kapasiteleri ve türleri yanlış seçilebilmekte; bunun sonucunda yatırım ve üretim maliyetleri hatalı hesaplanmaktadır. Ulusal bazda, elektrik enerjisi üretimi açısından bakıldığında, şebekeye verilecek olan elektrik enerjisindeki kesikli bağlantılar dalgalanmalara neden olmakta; ulusal şebeke genelinde teknik sorunlar yaratmakta, şebeke verimliliği ve etkinliği alanlarında önemli düşümlere yol açmaktadır ki, bu istenmeyen bir durumdur.

Bu çalışmada yukarıda anlatılan sorunlara özellikle nöral ağlar (yapay sinir ağları) kullanılarak yeni yaklaşımlar getirilmiştir. Rüzgar, hidrolik debi ve güneşlenme verileri için kısa, orta ve uzun vadeli tahminler ve öngörüm modelleri üretilmiştir. Bu sayede yenilenebilir enerji santrallerinde enerji üretiminin kontrolü ve planlaması günlük, aylık ve yıllık olarak büyük bir hassasiyetle yapılabilecektir.

Bu tezde yapılan çalışmalar sonucu rüzgar, su ve güneşe dayalı yenilenebilir enerji santralleri için akıllı sinir ağları ve bulanık mantık kullanarak kısa, orta ve uzun vadeli tahminleri yüksek bir hassasiyetle yapan bir özgün bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model Türkiye'nin çeşitli yörelerinden elde edilen gerçek verilerle sınanmış ve uyumun çok yüksek olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, bulanık mantık, yapay sinir ağları, enerji planlaması

ABSTRACT

Wind power is the most common, widely applicable, feasible and productive renewable energy source. However the control of the wind power stations is mostly under control of the nature. In other words, wind speed and power production can not be directly controlled by human beings. One of the major problems in the process of electricity generation from renewable energies, which includes the timing from planning to production, is the modeling of meteorological activities and corresponding production level. Complicated meteorological and mathematical models can not provide correct and flexible results. If the production level of the renewable energy plant can not be defined correctly according to the meteorological data then hardware capacities, investment and production costs of the plant may calculated erroneously. In the national level, fluctuations and interrupted electricity power entry to the national grid result in technical problems, decreases in capacity and feasibility problems.

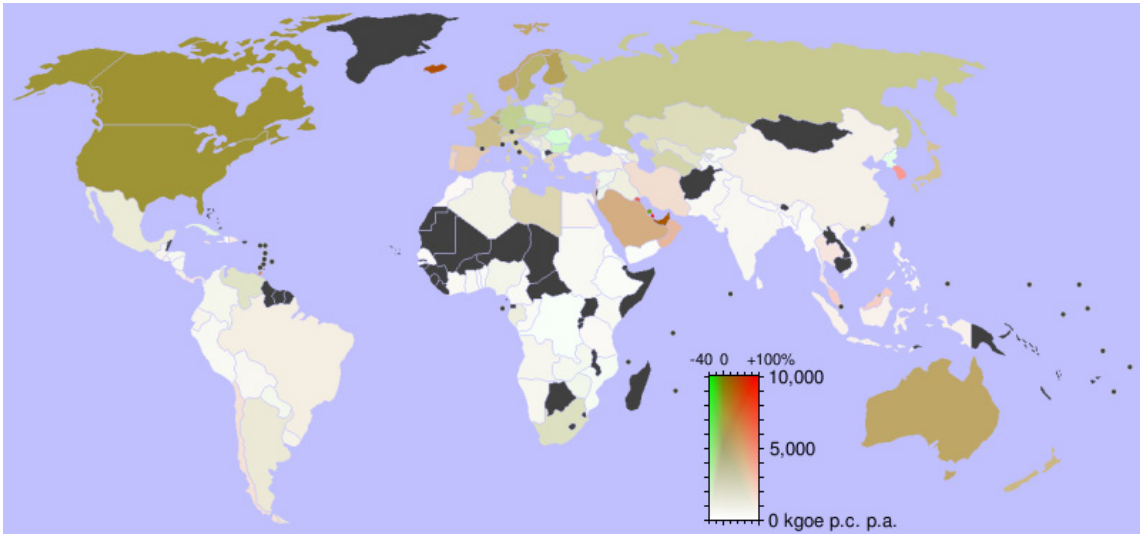
This thesis proposes a new approach for solving the above mentioned problems by the use of artificial neural networks. A model for forecasting the wind, hydro and solar radiation capacity for short, mid and long term has been developed. As a result of this, energy production planning and control in the renewable energy plants can be achieved in daily, monthly and yearly basis with great senility and straightness.

This new model and approach was also tested in different regions of Turkey with real data obtained from meteorological data centers.

Keywords: Renewable Energy, wind power, hydroelectric power, fuzzy logic, artificial neural networks, energy planning.

1. GİRİŞ

Enerji, çağımız süreçleri ve yaşam tarzının en önemli girdisi olarak insan yaşamında çok önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada enerji ihtiyacı uzun yıllar fosil yakıtlardan karşılanmıştır ve karşılanmaya devam etmektedir. Ayrıca enerji üretimi ve tüketimi toplumların gelişmişlik düzeyinin ve yaşam kalitesinin en önemli göstergesi olarak kabul edilmekte ve enerji arzı bir ülkenin milli güvenliği ve geleceği açısından önemli faktör olarak değerlendirilmektedir. Şekil 1.1'den de görüleceği üzere enerji tüketimi açısından dünya üzerinde büyük bir dengesizlik mevcuttur.



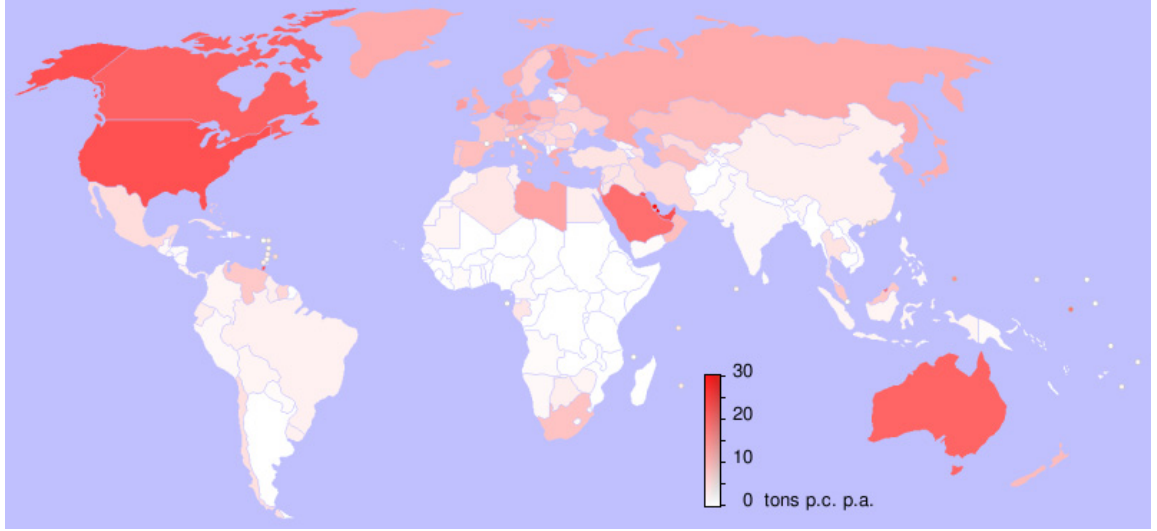
Şekil 1.1 Kişi Başına Düşen Kilogram Eşdeğer Petrol Tüketimi[9]

Fosil yakıtların çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı olumsuzluklar her geçen gün katlanarak artmaktadır. Fosil yakıtlar tüketildiğinde açığa çıkan sera gazlarının olumsuz etkileri artık herkes tarafından bilinmektedir. Gösterge olarak kabul edilen CO₂ emisyonuna ülkelerin katkıları Şekil 1.2 den açıkça görülebilmektedir. Her ne kadar Türkiye en çok kirlüten ülkeler arasında yer almasa da emisyon düzeyleri oldukça yüksektir.

Yenilenebilir enerji kaynakları; çevre dostu olması, dünyanın her ülkesinde ve enerji tipine göre her bölgesinde var olabilme özelliği ve sürdürülebilir olması nedeni ile son yıllarda ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında ön plana çıkmasında etken olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı enerji üretiminin önemi enerjiye olan talebin artmasıyla birlikte, gün geçtikçe artmaktadır. Rüzgar, güneş ve hidroelektrik enerji santralleri yenilenebilir enerji kaynakları içinde uygulanabilirliği ve verimi açısından en önemli olanlarıdır. Enerji santrallerinde enerji üretiminde planlamadan üretime geçiş aşamasına kadar yaşanan

başlıca sorun ve aynı zamanda, yenilenebilir enerjilere karşı olan yaklaşım, bölgedeki yenilenebilir enerji potansiyelinin büyüklüğü ve zamana bağlı değişimi ve bu değişimin modellenmesinde yaşanan zorluklardır. Örneğin rüzgar karmaşık meteorolojik modeller ve zaman serileri ile modellenbilmesine rağmen bu yaklaşımlardan istenen doğruluk ve esneklikte veri elde edilememiştir.



Şekil 1.2 Kişi Başına Düşen Co₂ Emisyonu [9]

Bir bölgenin rüzgar, hidrolik ve güneş enerjisi ölçümleri doğru olarak yapılabilir. Ancak, doğru olarak yapılan ölçüm o yörede kurulacak olan bir yenilenebilir enerji santralinin üretim kapasitesinin ne olacağını doğrudan hesaplamaya olanak vermez. Özellikle rüzgar şiddeti, yağış ve bulutlanma gibi parametrelerde gözlemlenen anlık, saatlik, günlük, aylık ve hatta yıllık değişimler ve olası oynamalar o bölgedeki kurulabilecek yenilenebilir bir santralin güvenilir üretim düzeyini doğrudan etkileyecektir. Bugüne kadar, bu amaçla kullanılan karmaşık meteorolojik modeller ve/veya zaman serileri ile yapılan modeller istenen doğruluk ve esnekliği sağlayamamıştır.[5]. Bir yenilenebilir santralin üretim düzeyi meteorolojik verilere bağlı olarak doğru saptanamazsa, o santralin güvenilir kapasitesi, kullanılacak donanım kapasiteleri ve türleri yanlış seçilebilmekte ve yatırım ve üretim maliyetleri hatalı hesaplanmaktadır. Ulusal bazda, elektrik enerjisi üretimi açısından bakıldığında, şebekeye verilecek olan elektrik enerjisindeki kesikli bağlantılar dalgalanmalara neden olmakta; ulusal şebeke genelinde teknik sorunlar yaratmakta, şebeke verimliliği ve etkinliği alanlarında önemli düşümlere yol açmaktadır ki, bu istenmeyen bir durumdur.

Bugün için enerji ihtiyacının yaklaşık % 70'ini ithal eden Türkiye, en kısa sürede ithal doğalgaz gibi dışa bağımlı yakıtlarla elektrik üretimini en az indirmek, çevre ve insan sağlığını gözeterek, başta hidrolik, rüzgâr olmak üzere yenilenebilir kaynaklara dayalı ucuz verimli ve güvenli elektrik üretimini gerçekleştirmek, sahip olduğu zengin yeraltı ve yerüstü kaynaklarının en iyi şekilde değerlendirmek zorundadır.

Ülkemizde 10 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe giren 5346 no'lu "Yenilenebilir Enerji Kanunu" ülkemizin başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarını; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git olarak tanımlamaktadır.

Bu kanun kapsamındaki elektrik enerjisi üretmeye yönelik yenilenebilir enerji kaynakları da : rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında bugün için dünyada elektrik üretimi açısından en yaygın kullanımı olan rüzgar, güneş ve küçük hidroelektrik enerji santrallerin ana girdileri olan rüzgar, debi ve güneş radyasyonu değerleri incelenmiştir.

1.1 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi sistemlerinin temel yakıtı yada girdisi rüzgarlardır. Rüzgarın kinetik enerjisini mekanik veya elektrik enerjisine çevirip kullanıma sunan sistemlerde rüzgar enerjisi sistemleridir. Rüzgarın oluşmasındaki temel ilke, sıcak havanın yoğunluğunun soğuk havadan az olması nedeniyle yükselmesi ve bu şekilde havanın yer değiştirmesinden kaynaklanan akımlardır. Rüzgar akımlarının kaynakları yerel ve dünya çapında olarak gruplandırılmaktadır.[2]

Global rüzgarlar, dünya coğrafyası üzerindeki sıcaklık farklılıklarından ve özellikle ekvatorda sıcaklığı artan havanın atmosferde 10 km kadar yükselerek buradan kuzey ve güneye doğru hareket etmesinden kaynaklanmaktadır. şekil 1.3 dünyadaki sıcaklık değişimleri ve global rüzgarların oluşumunu vermektedir. bu tezin konusu icabı yerel rüzgarlar daha ayrıntılı olarak işlenmektedir.



Şekil 1.3 Dünyadaki Sıcaklık Değişimleri ve Global Rüzgarlar, [2]

1.1.1 Yerel Rüzgarlar

Bölgesel ve yerel iklim şartları ile coğrafi koşullar, yerel rüzgarların oluşmasındaki en önemli etkenlerdendir. Yerel rüzgarlar ise kendi içinde deniz veya su kaynağı esintileri ile tepe-dağ-vadi rüzgarları şeklinde gruplanabilir. Kara her zaman sudan daha hızlı ısındığından dolayı, kara üzerindeki hava yükselerek alçak basınç oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak su üzerindeki soğuk hava alçak basınca doğru hareketlenmektedir. Bu durumun tam tersi yani karanın denizden daha hızlı soğumasında da tersine bir akım olmaktadır. Vadi ve dağ rüzgarlarında ise yamaçların baktığı kuzey ve güney yönlerinin hava yoğunlukları buldukları yarı küreye göre değişmekte ve hava akımları oluşmasına neden olmaktadır(Şekil 1.4).

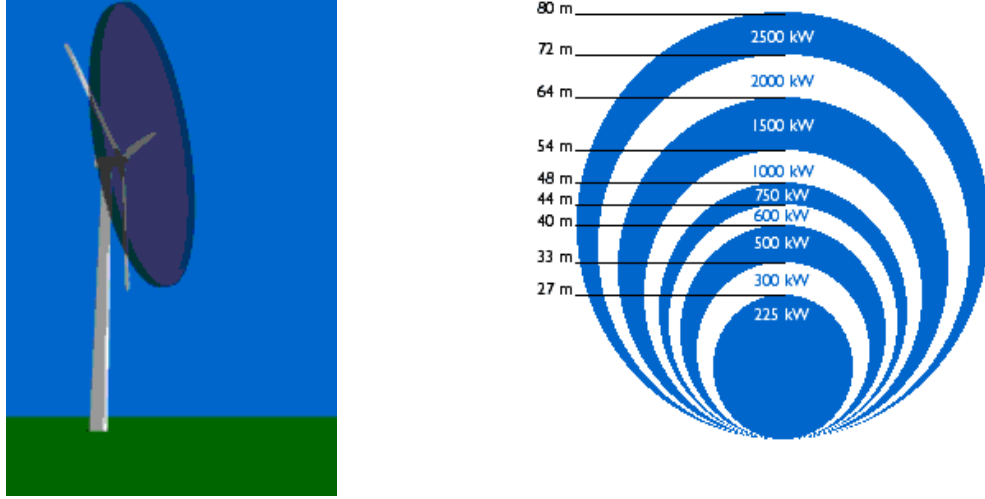


Şekil 1.4 Yerel Rüzgarlar, [2]

1.1.2 Rüzgar Enerjisi

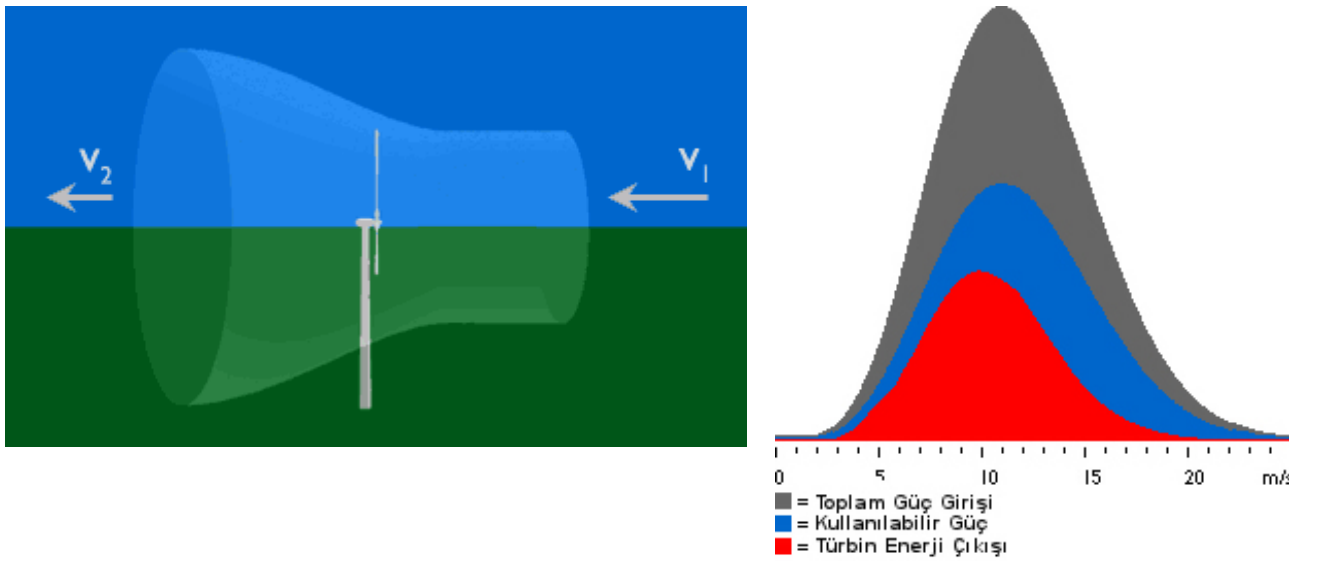
Rüzgar türbinleri gücünü rüzgar gücünü rotor bıçaklarına veya kanatlara etki eden dönme kuvvetinden yani torktan almaktadır. Rotora transfer edilen enerji havanın yoğunluğuna, rotor alanına ve rüzgarın hızına bağlıdır. Normal basınç altında 15° C de hava 1.225 kg/m³ olmasına rağmen nemin artması ile birlikte nispeten azalmaktadır. Tipik bir 600 kW rüzgar

türbine ise 43-44 m çapında rotor veya kanatlara sahiptir ki bu da yaklaşık 1500m^2 rotor alanı demektir. Rotor alanı bir türbinin ne kadar rüzgar enerjisi toplayabileceğini gösterir. Rotor alanı çapın karesi ile orantılı olduğundan rotor çapı iki katına çıkarken kapasite dört katına çıkmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Rüzgar Türbinleri Rotor Alanı ve Rotor Çaplarına Göre Kapasiteleri,[2]

Rüzgar türbinleri rüzgarı sektirip saptırdığından dolayı rüzgarın tüm enerjisi almak mümkün değildir. İdeal bir rüzgar türbinini rüzgarın hızını $2/3$ oranında düşürmektedir. Bu durum rüzgarın kinetik enerjisinin ancak $16/27$ yani %59'unun rüzgar türbinini ile mekanik enerjiye dönüştürülebileceğini anlatan Bet'z kanunu ile de açıklanmaktadır (Şekil 1.6) [2].



Şekil 1.6 Bet'z Kanunu[2]

Rüzgar enerjisi formülü ise;

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \pi r^2 \quad (1.1)$$

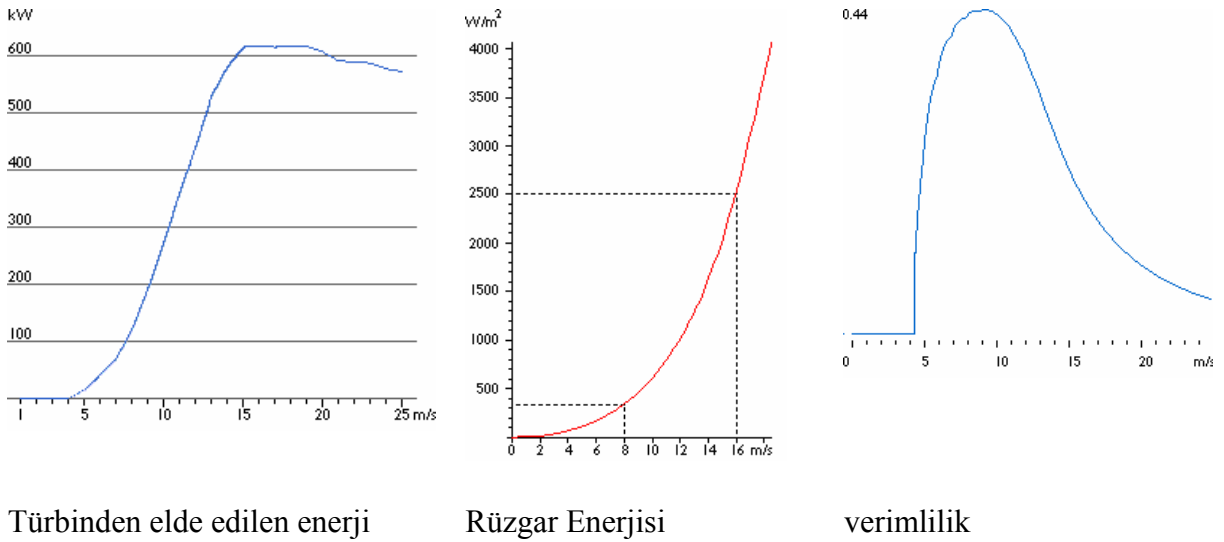
Olarak yazılabilir. Bu denklemde

P = Rüzgarın gücü W, ρ (rho) = Havanın yoğunluğu = 1.225kg/m³, v = rüzgar hızı m/s

r = rotor yarıçapı m'dir.

1.1.3 Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbinleri eksenlerine göre yatay ve dikey olmak üzere ikiye ayrılırlar. Günümüzde en yaygın kullanılan sistemler yatay eksenli türbinlerdir. Şekil 1.7 de yer alan grafikler, 600 kW'lık bir türbinin rüzgar hızına göre olan güç eğrisi, rüzgarın enerjisi ve rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine çevirmekteki güç katsayısını yani verimliliğini göstermektedir. verimlilik elde edilen elektrik enerjisinin, rüzgarın enerjisine bölünmesinden elde edilmiştir. Rüzgar enerjisi sistemlerin verimlilik çok önemli bir kıstas değildir, sonuçta kullanılan girdi yani rüzgarın bir fiyatı yoktur; burada önemli olan sistemlerin dayanıklı ve uzun süre çalışabilecek ve maliyetleri düşük sistemler olmasıdır. Tasarımda ihtiyacın belirlenmesi, rotor çapı ve kule yüksekliği çok önemlidir. Türbinler başlıca dişli kutusu, akım jeneratörü, kontrol ünitesi, anemometre, soğutma fanı ve kule parçalarından oluşmaktadır. Genelde 500kW ve üzerindeki elektrik üretimi olan sistemler "Rüzgar Enerjisi Santralleri" ve birden fazla türbin olan rüzgar enerjisi santrallerine de "Rüzgar Tarlaları" denmektedir.



Şekil 1.7 Rüzgar Enerjisi Türbinler ve Verimlilik [2]

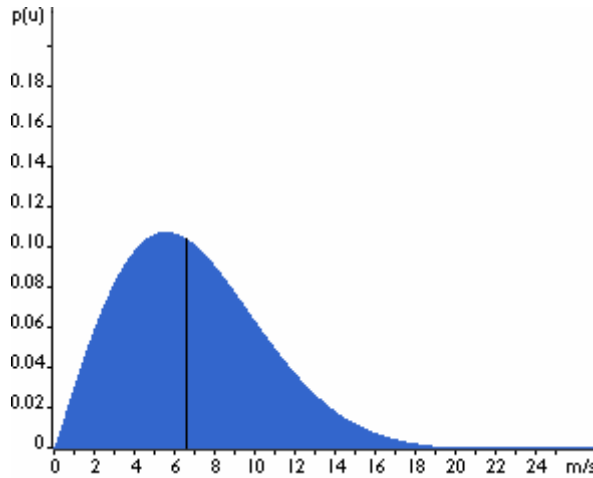
Rüzgar enerjisi sistemlerinin matematiksel modelleri ve simülasyonu ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır [2].

1.1.4 Rüzgar Enerjisi Santrallerindeki Temel Sorunlar

Rüzgar enerjisi santrallerindeki sorunları iki ana konu altında toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi rüzgar enerjisi potansiyeli ve zamana bağlı geleceğe dönük tahminlerin gerçekçi olarak belirlenebilmeleri, diğeri ise enerji sistemlerinin kalitesi ve sürekliliğidir.

1.1.5 Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Tahmini

Rüzgar santrallerinde enerji üretiminde planlamadan üretime geçiş aşamasına kadar yaşanan başlıca sorun, rüzgar potansiyelinin büyüklüğünün ve zamana bağlı değişiminin etkin bir şekilde modellenmesidir. Rüzgarı karmaşık meteoroloji modelleri ile modellemek hala yeterli bir çözüm olamamıştır [2]. Rüzgar hızı doğrusal olmayan bir şekilde dalgalanmaktadır. Kullanılan modeller istatistiki dağılım ve tahmin modelleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Literatürde en sık kullanılan istatistiki model ise aşağıda grafiği görülen Weibull Dağılımı'dır[2].



Şekil 1.8 Weibull Dağılımı,[2]

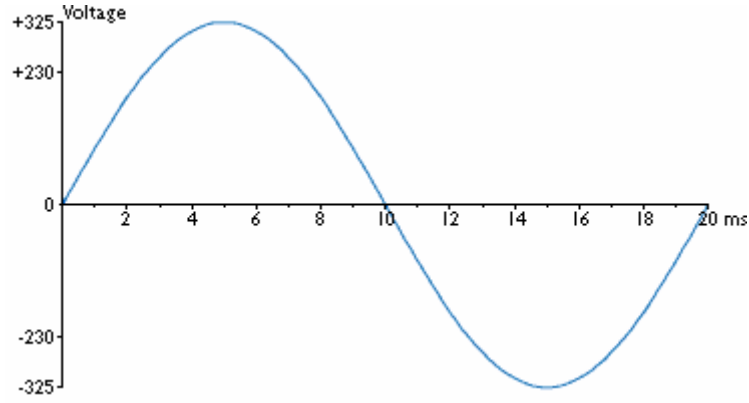
Geleceğe yönelik tahmin konusunda Sfetsos (2002) makalesinde mevcut modeller karşılaştırılmıştır ve karşılaştırılan modeller içinden (Box-Jenkins yaklaşımı, ileri beslemeli sinir ağları, radyal tabanlı fonksiyonlar, Elman Recurrent Ağ metodu) en az hata veren metot yapay sinir ağı olarak bulunmuştur.

1.1.6 Enerji Sistemlerinin Kalitesi ve İstikrarı

Enerji kalitesi, voltajın ve frekansın dengesi ve kararlılığını ve şebekede yaşanan çeşitli elektriksel gürültünün yani akım titreşimi ve harmonik sapmaların olmaması demektir. Genel olarak söylemek gerekirse enerji üreten firmalar ve müşterileri ürettikleri ve aldıkları alternatif akımın Şekil 1.9 de gösterildiği gibi düzgün bir sinüs eğrisine sahip olmasını istemektedirler.

Yine benzer bir şekilde türbinin ve akım jeneratörünün çalışması ve durması anında şebekede ve kendi üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerden istikrar çok önemli bir konudur.

Şebekeye direkt bağlanmamış olan türbinler diğer türbinlere göre daha pahalı olsalar da değişken hızlarda çalışabilirler.



Şekil 1.9 İdeal AC için Sinüs Eğrisi[2]

1.1.7 Rüzgar Türbinleri Kontrol Mekanizmaları

Rüzgar türbinlerinin kontrol mekanizmaları eskiden sadece türbini çalıştırma, durdurma ve aniden çok hızlı çalışmasını engellemek, titreşimi azaltmak gibi temel problemleri çözmek için kullanılıyordu. Günümüzde ise kontrol mekanizmaları elektronik devreler ve mikrobilgisayarlardan oluşmakta ve gerek türbinin kendi başına çalışmasını gerekse bir rüzgar tarlası içinde birlikte çalışmasını kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu konuda Amerikan Enerji Bakanlığı DOE'nin çalışmaları bulunmaktadır[5]. Bu tip gelişmiş kontrol mekanizmaları türbine aşırı yük binmesini engellediği gibi sistemin performansını ve dayanıklılığını artırmaktadır.

Kontrol mekanizmaları ise genellikle kanat açısı kontrolü, stall etkisi kontrolü üzerinde yoğunlaşmaktadır. Küçük ölçekli sistemlerde kullanılan yön kontrolleri yani türbinlerin

rüzgarın akış yönüne dönmesi ve kanat hızlarının kontrolünde flap kullanımı büyük kapasiteli sistemlerde kullanılmamaktadır.

1.1.7.1 Kanat Açısı Kontrolü, Pitch Kontrol, Stall Kontrol

Aerodinamik olarak kanatlar incelendiğinde hava akımının kaldırma etkisi yani kanatların altından ve üstünden akan hava akımları farklı zamanlarda kanadı terk ettiklerinden dolayı oluşan basınç farkı neticesinde kanat yükselmekte yada türbinlerdeki gibi dönmektedir, kanat açılarına göre basınçlar ve rüzgarın kaldırma etkisi değişmektedir (Şekil 1.10).



Şekil 1.10 Rüzgarın Kaldırma Etkisi,[2]

Kanat açılarının kontrolü bu ilke üzerine çalışmaktadır. Rüzgarın hızına göre istenen dönüş hızlarını elde etmek için kanatların açıları değiştirilmektedir. Bu sayede rüzgar hızının az olduğu anlarda kanatlar maksimum açıda açık olurken, rüzgar hızının çok arttığı ve sisteme zarar verebileceği durumlarda tamamen rüzgar yönüne paralel bir hale gelip kulenin ve türbinin zarar görmesini engellemektedir (Şekil 1.11).



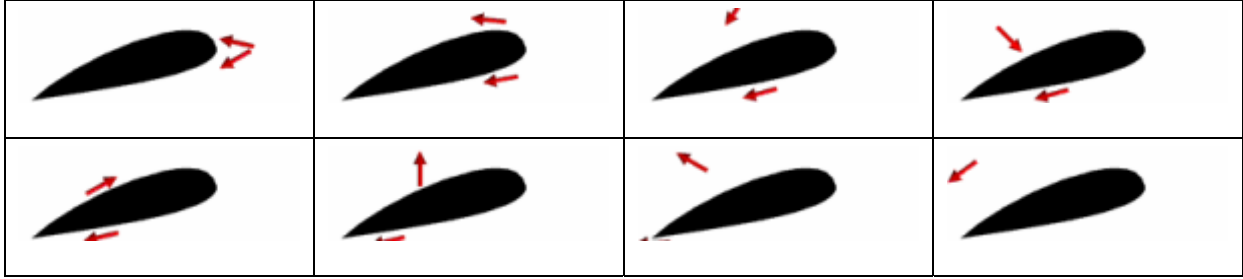
Şekil 1.11 Kanat Açısı Kontrolü,[2]

1.1.7.2 Stall Kontrol

Stall etkisi ise kanatların hava akımı ile yaptıkları açı yüzünden kanat üzerinde oluşan türbülans etkisinin kullanılarak rüzgar enerjisinin fazlasının kullanılmaması prensibi üzerine kurulmuştur (Şekil 1.12).

Stall kontrollü sistemler, sabit açılı yani pasif sistemlerden oluşabileceği gibi açı kontrollü sistemler gibi aktif sistemlerden oluşabilir. Sabit sistemlerde ise açı maksimum durumlar düşünerek üretim aşamasında sabitlenmiştir. Sabit sistemlerin hareketli parçalarının olmaması

ve karmaşık kontrol sistemlerine ihtiyaç duymamalarıdır. Aktif sistemlerin pitch kontrollü sistemlerden tek farkı rüzgar hızı artığında açı kontrollü sistemlerde kanatların açısı yada etki açısı kaldırma etkisini azaltmak için kapanırken stall kontrollü sistemlerde stall etkisi artırmak için kanat açıları artmaktadır, aktif stall kontrollü sistemler düşük rüzgar hızlarında ise açı kontrollü sistemler gibi çalışmaktadırlar.

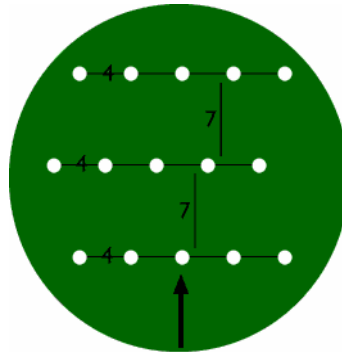


Şekil 1.12 Stall Etkisi,[2]

1.1.8 Rüzgar Türbinlerinin Birbirleriyle Etkileşimleri, Enerji Üretimi ve Rüzgar Hızı Değişkenliği

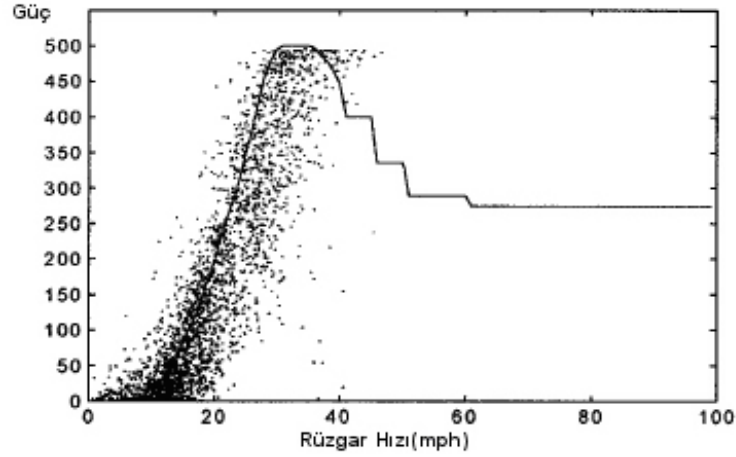
Rüzgar akımı, türbinin kanatlarına temas ettikten sonra hızı azalmakta ve kısmen türbülanslı bir şekilde türbini terk etmektedir. Rüzgar tarlalarının yerleşimi yapılırken türbinlerin rüzgarı karşılayacak şekilde ve ama birbirlerinden olabildiğince uzak olması istenmektedir. Diğer yandan arazinin etkili kullanımı ve türbinleri birbirine ve enerji şebekesine bağlamanın masrafları yüzünden de türbinlerin mümkün olduğunca yakın olması gerekmektedir.

Temel bir kural olarak rüzgar tarlaları yada parkları kurulurken aralarında rüzgar yönüne paralel olarak 5 ile 9 rotor çapı, rüzgara dik yönde ise 3 ila 5 rotor çapı mesafede olmaları öngörülmektedir (Şekil 1.13) [5].

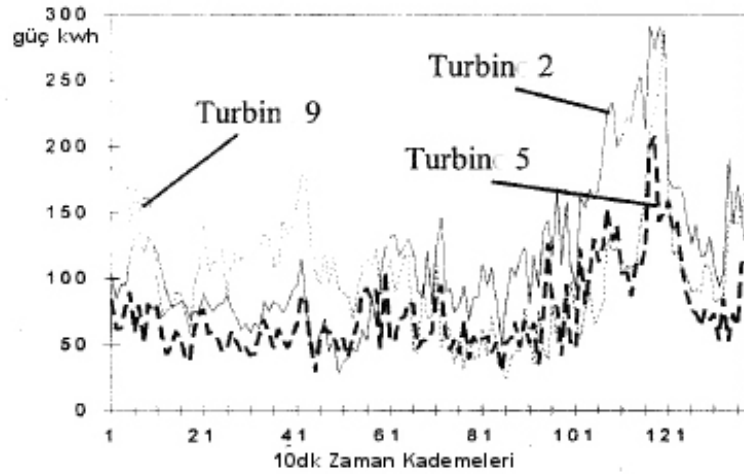


Şekil 1.13 Rotor Çaplarına Göre İdeal Rüzgar Tarlası Yerleşimi, [5]

Bölgesel ve zamana bağlı olarak değişkenlik gösteren rüzgar hızları aynı zamanda rüzgar santrali içindeki değişik yerlerde farklılık gösterebilir, hatta rüzgar türbinleri de aynı rüzgar hızları altında değişik performanslar gösterebilir (Şekil 1.14 ve 1.15).



Şekil 1.14 Rüzgar Hızlarına Göre Rüzgar Türbininin Enerji Üretimi (Shuhui,2001)

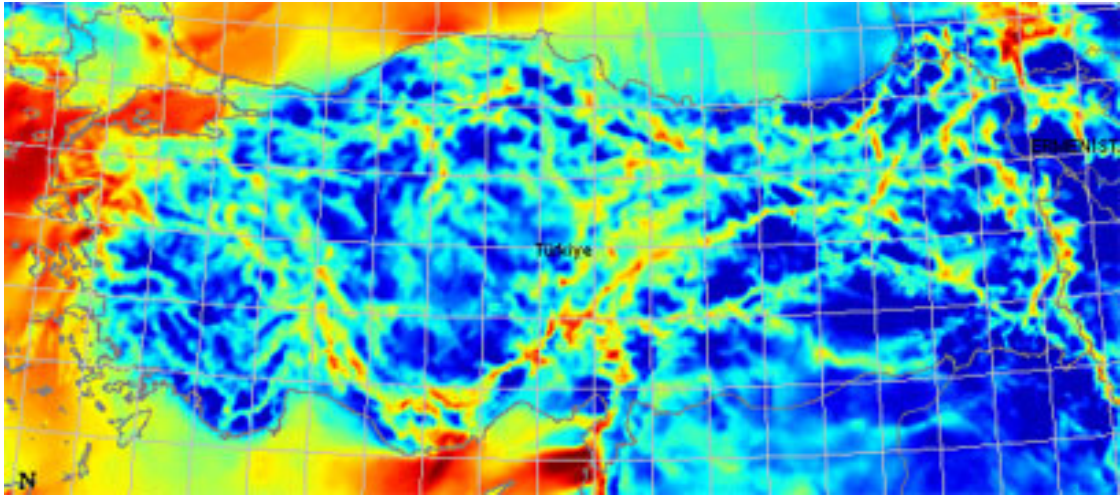


Şekil 1.15 Aynı Rüzgar Tarlasındaki Değişik Türbinlerin Enerji Üretimleri (Shuhui,2001)

1.1.9 Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

Türkiye coğrafi konumu ve hüküm süren iklim koşulları itibari ile rüzgar enerjisi kaynakları bakımından, teorik olarak elektrik enerjisinin tamamını karşılayabilecek seviyededir. Ülkemiz toplamı 8000 km'yi bulan ve bunun büyük bir kısmının rüzgar enerjisi kullanılabilir durumda bulunan sahil şeridinde sahiptir. Türkiye, Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli en zengin ülkeler arasında yer almaktadır.

Türkiye rüzgar bakımından zengin yöreleri olan bir ülkedir. Brüt potansiyelinin yılda 400 milyar kWh, teknik potansiyelinin ise, 120 milyar kWh olduğu düşünülmektedir. Söz konusu teknik potansiyel yıllık elektrik üretiminin 1,2 katıdır. Ancak, Türkiye genelinde 10 metre yükseklikteki rüzgar yoğunluğunun alansal ve zamansa! dağılımı ile teknolojik kısıtlılıklar göz önünde tutulduğunda, güvenilir rüzgar enerjisi potansiyeli, 12 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmaktadır. Ayrıntılı ölçümler ve yeni verilerle bu değerin artması olasıdır (Şekil 1.16).



Şekil 1.16 Türkiye Rüzgar Haritası ,[4]

Türkiye'nin teorik olarak hesaplanan potansiyeli 100000 MW üzerindedir. Son yapılan hesaplamalara göre ekonomik potansiyel 55000 MW dolaylarında hesaplanmıştır[4]. Bu potansiyelin ortalama kapasite kullanım oranları % 35 civarındadır. Diğer bir deyişle yılda ortalama 3000 saat enerji üretimim mümkün olabilecektir. Bu rakamlar, rüzgar enerjisi potansiyelinin Türkiye için çok önemli olduğunu göstermektedir. kullanması gereken önemli bir olduğunu göstermektedir. Fakat rüzgar enerjisinin mevcut olan enterkonnekte sistemine bağlanması en büyük darboğaz olarak görülmektedir. Şebekenin rehabilitasyonu ve yönetimi hayati önem arz etmektedir.

Türkiye'de 2006 yılı verilerine göre rüzgar enerjisi kurulu gücü 19 MW değerindedir. [3]. Ancak bu değer ülkemizin teknik potansiyeli göz önüne alındığında çok düşük bir değerdir. Avrupa'da elektrik enerjisi planlamalarında, enerjinin şu an % 8, 2030 yılında ise %10'unun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hedeflenmektedir. Benzer yaklaşımla Türkiye'nin hedefi, toplam kurulu gücünü 25000 MW'a çıkarmak olmalıdır. Bu amaçla halen EPDK'a lisans müracaatı bulunan projeler listesi Çizelge 1.1 den görülebilir.

Çizelge 1-1 Türkiye’de Yakın Zamanda Kurulması Planlanan Rüzgar Santralleri, [8]

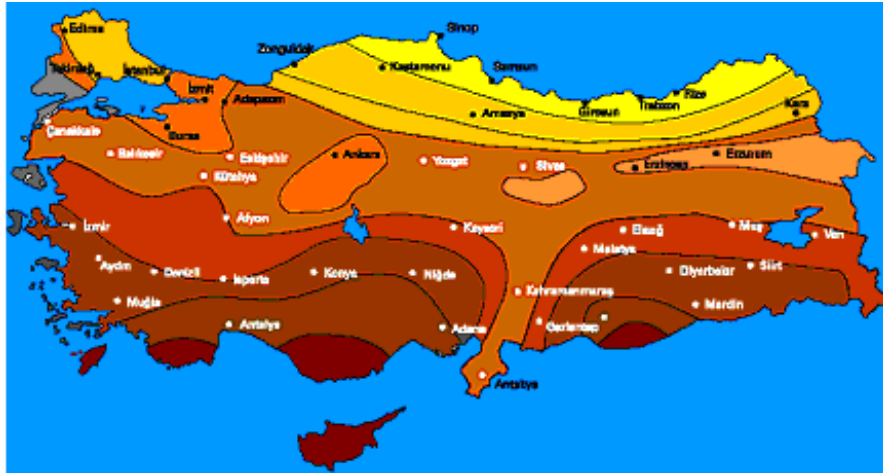
Santralin Adı	Firma	Yeri	Güç MW
Akhisar Rüzgar	Ak-En (Sasaş İnşaat)	Manisa-Akhisar	12
Akhisar Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	Manisa-Akhisar	30
Bandırma Rüzgar	Atlantis Ticaret	Balıkesir-Bandırma	15
Belen Rüzgar	Teknik Ticaret	Belen-Hatay	20-30
Beyoba Rüzgar	Atlantis Ticaret	Manisa-Akhisar (Beyoba)	7.92
Bozcaada Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	Çanakkale Bozcaada	10.2
Çanakkale Rüzgar	As Makinsan	Çanakkale	30
ÇERES (Çeşme) Rüzgar	Interwind Ltd.	Çeşme	18-25.5
Çeşme Alaçatı Rüzgar	Ares A.Ş.	İzmir-Çeşme Alaçatı	7.2
Çeşme Rüzgar	Prokon	İzmir-Çeşme	12
Datça Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	Datça-Muğla	28.8
Datça Rüzgar	Atlantis Ticaret	Muğla-Datça	12.54
Ekinli Rüzgar	Deryalar Ltd.	Karacabey-Bandırma	39.6
Gökçeada Rüzgar	Simelko	Çanakkale-Gökçeada	5
Güzelyer Rüzgar	Enda Enerji Üretim A.Ş.	Çeşme	50.4
Hacıömerli Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	İzmir-Hacıömerli	45
İntepe Rüzgar	Interwind	Çanakkale-İntepe	30
Kapıdağ Rüzgar	As Makinsan	Erdek-Balıkesir	20-35
Karabiga Rüzgar	As Makinsan	Karabiga-Çanakkale	15-50
Karaburun Rüzgar	Atlantis Ticaret	İzmir-Karaburun	22.5
K°Caali Rüzgar	Derin Ltd.	Tekirdağ-Şarköy	31.2
K°Cadağ Rüzgar	As Makinsan	İzmir-Çeşme K°Cadağ	50.4
K°Cadağ Rüzgar	Mage A.Ş.	İzmir-Çeşme (K°CADAĞ)	26.25
Kumkale Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	Çanakkale-Kumkale	12.6
Lapseki Rüzgar	Atlantis Ticaret	Çanakkale-Lapseki	15
Mazıdağı Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	İzmir-Çeşme Alaçatı	39
Mazıdağı-2 Rüzgar	Demirer Holding A.Ş.	İzmir-Çeşme	90
Mazıdağı-3 Rüzgar	Yapısan Ltd.	İzmir-Çeşme	39.6
Paşalimanı Rüzgar	As Makinsan	Kapıdağ-Marmara	9
Seyitali Rüzgar	Derin Ltd.	Aliağa	51
Şenköy Rüzgar	Akfırat A.Ş.	Hatay-Şenköy	12
Taştepe Rüzgar	Fora A.Ş.	Taştepe-Bandırma	37.8
Topdağ Rüzgar	Derin Ltd.	Sinop	33
Yalıkavak Rüzgar	Atlantis Ticaret	Muğla-Bodrum Yalıkavak	7.92
Yaylaköy Rüzgar	Mage A.Ş.	İzmir-Karaburun	15
Yellice Belen Rüzgar	As Makinsan	Yellice-Belen Karaburun	70-100
Yenişakran Rüzgar	Yapısan İnşaat Ltd.	Aliağa-Bahçedere	54

1.2 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Bu bölümde, tezin amacı büyük boyutlu santraller ve elektrik üretimi olduğundan, yalnızca elektrik üretmeye yönelik güneş sistemleri kısaca özetlenmektedir.

1.2.1 Türkiye’de Güneş Enerjisi

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisince zengin bir bölgede yer almasına karşın güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanılamamaktadır.. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Bu değerle uzmanlar tarafından çok düşük olarak bulunmakta olup ortalama güneş ışınımının 1500 kWh/m²-yıl değerinin üzerinde olduğu kabul edilmektedir. Bölgelere bağlı olarak güneş radyasyonu dağılımı Şekil 1.17’de görülmektedir.



Şekil 1.17 Türkiye Güneş Haritası ,[4]

1.2.2 Türkiye’de Güneş Enerjisi Kullanımı:

1.2.2.1 Güneş Toplayıcıları:

Türkiye’de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı sıcak su ısıtma sistemleridir. Halen ülkemizde kurulu olan güneş toplayıcısı miktarı 2001 yılı için 7,5 milyon m² civarındadır. Çoğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılmakta olan bu sistemlerden yılda yaklaşık 290 bin TEP ısı enerjisi üretilmektedir. Yıllık üretim hacmi 750 bin m² olup bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş toplayıcı üreticisi ve kullanıcısı durumundadır.

1.2.3 Güneş Enerjisinden Yoğun Isıl ve Elektrik Enerjisi Üretim Teknolojileri:

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş toplayıcı sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı toplayıcı sistemler kullanılmaktadır. yoğunlaştırıcı toplayıcı teknolojisi daha karmaşıktır. Yoğun toplayıcılarda güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutularak ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey" denir. Düzlemsel güneş toplayıcılarında açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran toplayıcılarda en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı" dır. Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesindedir.

Bu tür kolektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir.

Doğrusal Yoğunlaştırıcılar: Parabolik oluk kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşur. Oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolğin odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yansıtır.

Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.

Noktasal Yoğunlaştırıcılar: İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki

gruba ayrılır.

Parabolik çanak kolektörler iki ekseninde güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırırlar.

Merkezi alıcı sistemde, tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiş ve alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtır. Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanır.

1.2.4 Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi:

1.2.4.1 Yoğunlaştırıcı Sistemler ile Elektrik Üretimi:

Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemlerdir. Fakat geçen 20 yıl içerisinde fotovoltaik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojisinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, konvansiyonel yöntemlerle elektrik üretimidir.

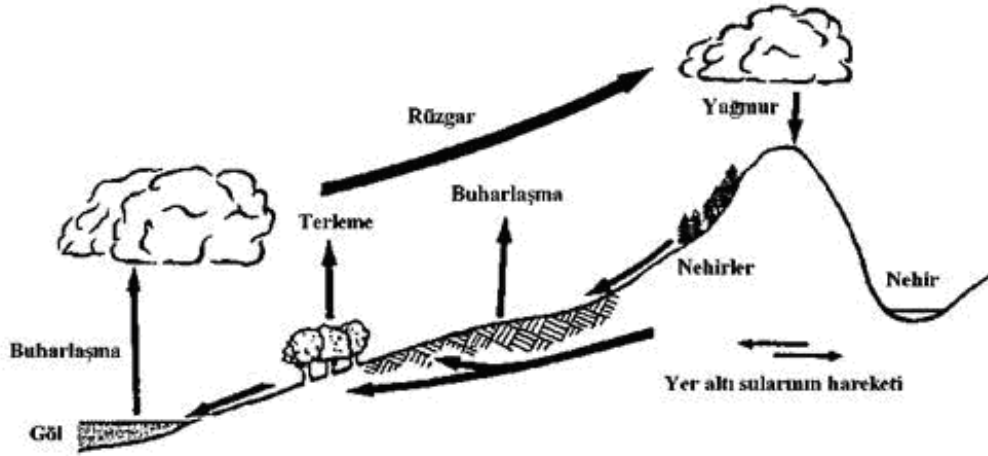
Güneş Isıl güç santralleri, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kolektörler bakımından farklılık gösterirler. Toplama elemanı olarak parabolik oluk kolektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kolektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilir. Parabolik çanak kolektörler kullanılan sistemlerde de ya aynı yöntem kullanılır ya da merkeze yerleştirilen bir motor (Stirling) yardımı ile direkt olarak elektrik üretilir. Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar (heliostat) yardımı ile alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtılır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından konvansiyonel yollarla elektrik elde edilir.

1.3 Hidroelektrik enerji

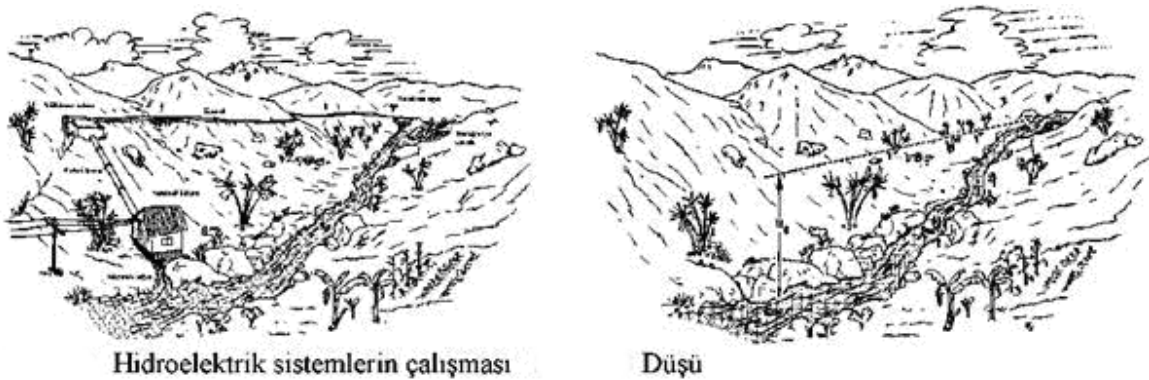
Hemen hemen bütün enerji kaynakları, güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal tesirinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji de güneş ışınımından dolayı olarak oluşan bir enerji kaynağı olup hidrolik çevrimi Şekil 1.18'da verilmiştir. Buharlaşan suyun,

rüzgarın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar halinde yer yüzüne ulaşması ve nehirleri beslemesi süreci hidrolik enerjiyi de yenilenebilir bir enerji kaynağına dönüştürmektedir. Enerji üretimi ise suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır.

Hidroelektrik sistemlerde su, bir cebri boru veya kanal yardımıyla yüksek bir yerden alınarak türbine verilmektedir. Türbinlere bağlı jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisi üretilmektedir (Şekil 1.19). Üretilen elektrik enerjisi direkt olarak kullanılabilirdiği gibi bataryalarda da depo edilebilir. Türbinden elde edilen güç, suyun düşü (üst ve alt kodlar arasındaki düşey mesafe) ve debisine (türbinlere birim zamanda verilen su miktarı) bağlıdır.



Şekil 1.18 Hidrolik Çevrim [10]



Şekil 1.19 Hidrolik Sistemlerin [10]

1.3.1 Hidroelektrik sistemlerin sınıflandırılması ve tasarımı

Hidroelektrik güç sistemleri şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

a) *Büyük ölçekli hidroelektrik sistemler:* Bu sistemlerinin gücü 50 MW'ın üzerindedir. 1 MW'lık bir güç yaklaşık 50 wattlık 20.000 elektrik lambasının bir saatlik ihtiyacı olan enerjiyi üretir.

b) *Küçük ölçekli hidroelektrik sistemler:* Güç bölgeleri 10-50 MW arasındadır.

c) *Mini ölçekli hidroelektrik sistemler:* Bu sistemler ulusal enerji şebekesine daha az katkıda bulunurlar. Bunlar 101 kW ile 10.000 kW güç bölgesinde çalışırlar.

d) *Mikro ölçekli hidroelektrik sistemler:* Mikro hidroelektrik sistemler çok daha küçük ölçekte olurlar ve ulusal enerji şebekesine elektrik enerjisi sağlamazlar. Ana yerleşim bölgelerinden uzaktaki alanlarda yani ulusal enerji şebekesinin ulaşmadığı bölgelerde kullanılır. Güçleri, genellikle sadece bir yerleşim yeri veya çiftlik için yeterlidir. Güç bölgeleri, 200 wattan başlayarak bir grup evin veya çiftliğin yeterli aydınlanma, pişirme ve ısınma enerjisini sağlayacak şekilde 100 kW'a kadar çıkabilir. Küçük fabrikaların veya balık çiftliklerinin enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde ve ulusal enerji sisteminin bir parçası olmaksızın çalışabilir. Mikro hidroelektrik sistemlerde elektrik enerjisi üretimi de şart değildir. Bir çok uygulamada, mekanik enerjisinden de yararlanılarak değirmen sistemlerinde kullanılabilir. Her iki kullanım için de sistem özellikleri aynıdır .

Enerji literatüründe büyük hidroelektrik enerji, klasik yenilenebilir kaynak grubunda ele alınırken; mini ve mikro hidroelektrik enerji yeni ve yenilenebilir kaynaklar grubuna sokulmaktadır. 101kW-10 MW arasındaki hidroelektrik olanaklar mini hidroelektrik enerji olarak varsayılmaktadır. Mini hidroelektrik sistemler çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Düşüye göre yapılan sınıflandırmada; 2-20 m alçak düşü, 20-150m orta düşü ve 150 m ve yukarısı yüksek düşü olarak kabul edilir. Genellikle düşük birim maliyeti nedeniyle orta ve yüksek düşü sistemlerin yapılması tercih edilir. Düşü, debi ve güç arasındaki bağıntı şu şekilde verilmektedir:

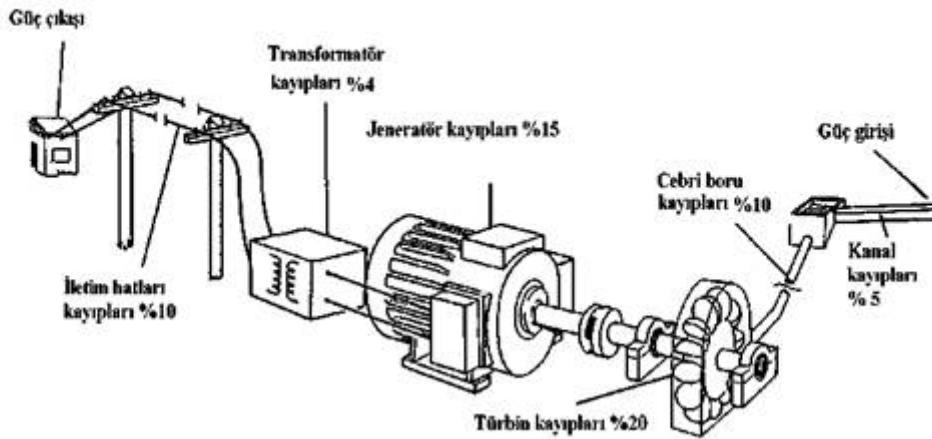
$$P_e = \rho g Q H_0 \eta_{\text{türbin}} \quad (1.2)$$

Burada P_e türbin milinden alınan gücü (W), ρ suyun yoğunluğunu (1.000 kg/m^3), g yerçekimi ivmesini (9.81 m/s^2), H_0 net düşüyü (giriş ağzı ile kuyruk suyu arasındaki kot farkından toplam düşü kayıplarını çıkartarak bulunur, m), Q türbine gelen debiyi (m^3/s), η_g genel verimi göstermektedir. Bir hidroelektrik güç sisteminde toplam güç çıkışı ve kayıpların oluşumu şu

şekilde gösterilmiştir (Şekil 1.20).

Depolamalı sistemde suyun önü bir baraj sistemi ile kapatılmaktadır. Bu sistemin avantajı yağışlı sezonda su barajda tutulur. Böylece yağışsız ve kuru sezonda da gerekli potansiyel enerji sağlanmış olur. Depolamasız sistemde suyun önü kesilmez, sadece bir kısmı bir kanal içerisine alınır. Mikro hidroelektrik sistemler genellikle depolamasız sistemlerdir. Bu sistemlerin en büyük dezavantajı kurak sezonda türbin için gerekli debiyi verememeleridir. En büyük avantajı ise lokal olarak çok düşük bir maliyetle yapılabilmeleridir. Akarsu yatağına en az zararı verirler. Yükleme odasında günlük bazda yapılan ayarlarla da su debisi kontrol edilir. Depolamalı sistemler daha karmaşık ve pahalıdır. Zaman içerisinde çeşitli problemlerle karşılaşılır. Örneğin baraj gölü belirli bir zamandan sonra kum ve kil ile dolmaktadır. Böyle durumda boşaltılması hem pahalı hem de çok zordur. Bir süre sonra baraj ömrünü tamamlar.

$$\text{Güç çıkışı} = \eta_{\text{inşaat}} \times \eta_{\text{cebri boru}} \times \eta_{\text{türbin}} \times \eta_{\text{jeneratör}} \times \eta_{\text{transformatör}} \times \eta_{\text{nakil hattı}} \times \text{Güç girişi} \quad (2)$$



Şekil 1.20 Bir Hidroelektrik Santralde Toplam Güç Çıkışı ve Kayıplar,[10]

Şekil 1.21 ve 1.22'de ise depolamalı bir hidrolik güç sisteminin ana bileşenleri görülmektedir. Burada; set savağı suyu akarsu yatağından bir açık kanala yönlendirir; çökeltme havuzu su içerisindeki kum parçalarının çökmesini sağlar; kanal, suyu yamaç boyunca ve gerekli yerlerde su kemerlerinden geçirerek yükleme odasına kadar getirir. Burada bir cebri boru içinden geçen su türbin veya bir çarka ulaşır. Türbin mili mekanik bir aletle birleştirilir. Bu bir jeneratör veya bir değirmen olabilir.

Mini hidroelektrik sistemlerin diğer bir sınıflandırma şekli de enerjinin kullanım tarzı ile ilgilidir. Burada üretilen elektrik ya merkezi enerji sistemini besler ya da bağımsız olarak küçük kasabaların ve yerleşim bölgelerinin enerji ihtiyacını karşılar.

Bir hidroelektrik sistemin tasarımı 4 aşamada gerçekleşir. Bunlar:

a) Kapasite ve talep araştırması: Bir enerjiye talep olduğunda “ne kadarlık bir enerji hangi amaç için isteniyor” sorusunun cevabı doğru olarak belirlenmelidir. Bu aşamada ayrıca kullanıcıların kullanım kapasitelerinin de belirlenmesi önemli olmaktadır. Genelde mikro hidrolik sistemler, insanların çoğunun karmaşık makineleri kullanmadığı kırsal bölgeler için planlanmaktadır. Bu sistemin tasarımı ve yapımı için gerekli paranın büyük bir kısmı o yöre insanları tarafından karşılanacaktır.

b) Hidrolojik çalışma ve mevki araştırması: Bu aşamada sistemin kurulacağı yerin hidrolik potansiyeli belirlenir. Akarsuyun debisinin yıl boyunca değişimi ortaya konur, su alma ağzının en verimli ve en ucuz olarak alınacağı yer tespit edilir. Ayrıca, dönem dönem ne kadarlık bir güç sağlanabileceği de tespit edilir. Çalışma suyun farklı kullanılması (örneğin zirai sulama amaçlı) durumunu da dikkate alır.

c) Ön fizibilite çalışması: Bu bir hızlı fiyat belirleme çalışmasıdır. Hidrolik sistem tasarımcısı talebi karşılayacak şekilde genellikle 3 veya dört farklı seçenek ortaya koyar. Bunların ilk ikisi iki farklı hidrolik sistemin yerleştirilmesi, üçüncüsü merkezi enerji nakil sisteminin geliştirilmesi ve sonuncusu ise ihtiyacı karşılayacak şekilde bir dizel jeneratör kullanılması olabilir. Ön fizibilite çalışması, bu seçenekleri karşılaştırır ve bunların önemli özelliklerini ortaya koyar. Tüketici, bu seçenekleri ve bunların karşılaştırmalı fiyatlarını bilmek isteyecektir. Ön fizibilite çalışmasında ayrıca, enerji talep çalışmalarının hidrolojik çalışma sonuçları ile karşılaştırması da yapılır. Talep çalışması bize güç değişimleri karşısında talebin nasıl olacağını hidroloji çalışması bize güç değişimlerinin nasıl sağlanacağı hakkında bilgi verir. Ayrıca bu bölümde farklı sorulara da cevaplar verilir.

d) Tam fizibilite çalışması: Ön fizibilite çalışmasında hidrolik sistemin uygulanabilir olduğu belirlenirse; mühendislik hesapları, maliyet hesapları detaylı olarak tam fizibilite çalışmasında yapılır. Ayrıca, ekonomik kriterleri kullanarak yapılan parasal çalışmalar, işletme ve bakım masraflarının hesaplanması da önemlidir. Fizibilite çalışmasında altın kural şu şekildedir: çalıştırma ve bakım (O + M) birinci, ekonomi ve tesis faktörü ikinci, mühendislik tasarımı ise üçüncü önceliktedir. Fizibilite çalışmasında ayrıca kontratlarla detaylı olarak kullanma tarifesi de belirtilmelidir. Yani kurulacak sistemden üretilen elektrik enerjisi hem ev elektriğinde ve

hem de güç kaynağı olarak sanayide kullanılacaksa bu koşullar kontratta ayrıntılı olarak belirtilmelidir. Aynı yolla, farklı amaçlı kullanıcılar için öncelik hakları (sulama ve hidrolik güç) ortaya net bir şekilde konmalıdır. Bu durum daha sonra ortaya çıkabilecek zorlukları çözmeye yardım edecektir

1.3.2 Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli

Türkiye'nin yağış rejimi zaman ve yer bakımından oldukça düzensiz ve dengesizdir. Meteorolojik koşullara bağlı olarak her yıl önemli ölçüde değişim gösterme niteliğine sahiptir. Bu durumda hidroelektrik üretimin de yıllara göre farklılıklar göstermesi kaçınılmazdır. Uzun yılları kapsayan meteorolojik gözlemlere göre yılda ortalama 643 mm olan yağışlar 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bu ortalama değer ancak 186 m³'ün çeşitli büyüklükteki akarsular aracılığı ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere doğru akışa geçtiği kabul edilmektedir. Akarsularımızın düzenlenmesi ve maksimum faydanın sağlanabilmesi için bugünkü etütlere göre 702 adet barajın inşa edilmesi gerekmektedir [1]. Topografyası ve morfolojik yapısı göz önüne alındığında ülkemiz hem düşü hem de debi açısından şanslı sayılabilecek ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin kaynak varlığı ve mevcut durumuna göz atmadan önce teknik yapılabilirlik ve ekonomik yapılabilirlik kavramlarının açıklamasını yapmak gerekecektir.



Şekil 1.23 Türkiye Büyük Akarsu Havzaları Anahtar Haritası [4]

Teknik yapılabilirlik: Teknik açıdan söz konusu projenin gerçekleşmesine engel oluşturacak düzeyde herhangi bir mühendislik sorununun olmaması halidir.

Ekonomik yapılabilirlik: Bir projenin toplam yıllık gelirinin toplam yıllık giderinden fazla olması halidir. Türkiye'deki hidroelektrik kaynak varlığını üç kısımda incelemek gerekir.

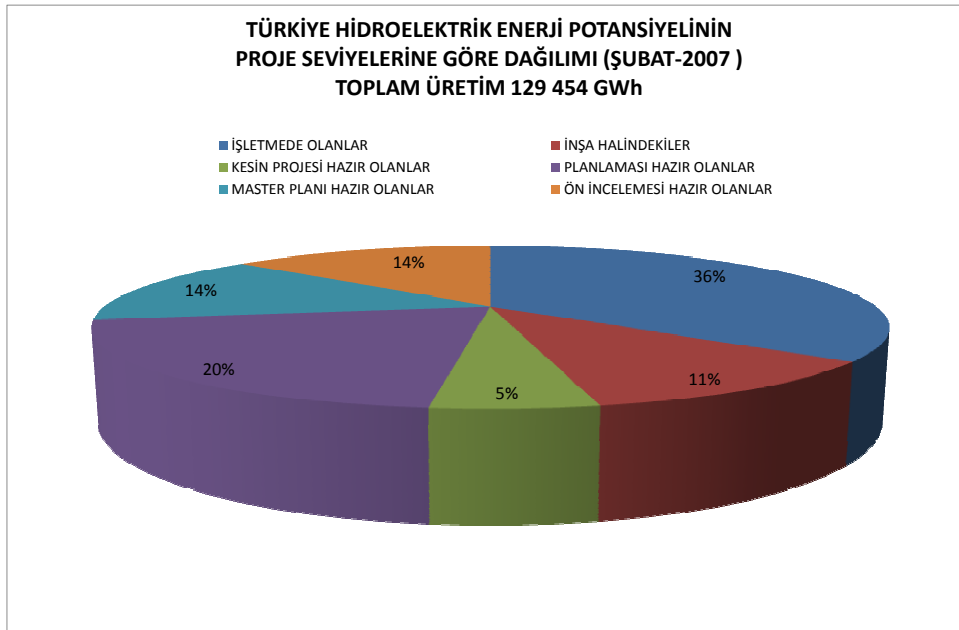
Brüt potansiyel: Ülkemizde mevcut hidroelektrik kaynakların üretim potansiyelinin teknik ve ekonomik yapılabilirlik koşulları göz önüne alınmadan teorik olarak mevcut tüm düşü ve ortalama debi kullanılarak hesaplanmasıdır. Türkiye'nin brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 430 milyar kWh civarındadır.

Teknik potansiyel: Ekonomik yapılır olması koşulu göz önüne alınmadan, ülkenin hidroelektrik kaynaklarından "Teknik yapılabilir" olanlarının tümünün değerlendirilmesi durumunda ulaşılacak üretim miktarıdır. Ülkemizin teknik hidroelektrik potansiyeli 215 milyar kWh mertebesindedir. Teknik ve ekonomik potansiyel : Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelinin hem "teknik" hem de "ekonomik" olarak değerlendirilebilir bölümüdür. Yıllık farklılıklar göstermekle birlikte bugün için Türkiye'nin teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli 124.5 milyar kWh ' dir.

1997 yılı başı itibarıyla mevcut duruma bir göz atıldığında Türkiye'de 124.5 milyar kWh olarak bulunmuş olan teknik ve ekonomik potansiyelin şimdiye kadar sadece 36.341 milyar kWh'lık bölümünün kullanıldığı görülmektedir. Gelişmiş olan ülkelerin bir çoğunda bu potansiyelin büyük bir bölümünün değerlendirilmiş olmasına rağmen Türkiye'de işletmeye açılmış tesislerle söz konusu potansiyelin ancak % 29'luk bölümü hizmete sunulmuş durumdadır. Ülkemizde gerçekleşme oranının istenen düzeyde olmamasının başlıca nedeni olarak, hidroelektrik santral projelerinin ilk yatırım maliyetlerinin diğer kaynaklarla kıyaslandığında yüksek olmasıdır. Dünyada hidroelektrik üretim 1925 yılında 78.7 TWh iken, 2000 yılında 4000 TWh'e ulaşacaktır. 2000 yılında hidroelektrik üretimin toplam enerji üretimi ve birincil enerji üretimindeki payının sırasıyla %14 ve %5.5 olacağı tahmin edilmektedir.

Hidroelektrik enerji için ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu ve inşa süresinin uzunluğu olumsuz faktörler olarak ileri sürülmektedir. Sadece doğal gaz santralleri hidroelektrik santral maliyetinden daha ucuzdur. Hidroelektrik santrallerin inşa süreleri uzun olmasına karşılık ekonomik ömürleri termik santrallerden daha uzundur. Kömür yakıtlı santraller ile kombine çevrimli santrallerin ömürleri 25 yıl iken baraj ve hidroelektrik santrallerin ekonomik hizmet süresi 40-50 yıldır. Bu değerler fizibilite çalışması değerleridir. Bazı rehabilitasyon

çalışmaları ile hidrolik santrallerin ömürleri 75-100 yıla çıkartılabilmektedir. Ayrıca termik santraller doğal kaynakları tüketir. Buna karşılık hidrolik potansiyelin gelişmesi ile barajlarda meydana getirilen yapay göller vasıtasıyla ortamda oluşan buharlaşma havzanının daha fazla yağış almasına yol açmakta diğer bir deyişle kaynak artırıcı olarak işlev görmektedir. Hidroelektrik santrallerin teknik bazda en büyük avantajı diğer santraller kıyasla (özellikle pik saatlerde) çok çabuk devreye girme özelliğidir. Gerçekten bir hidroelektrik santralin ani talep durumunda devreye girmesi için sadece birkaç saniyeye gereksinim varken bu süre termik santraller için birkaç saati almaktadır. Türkiye'nin en fazla kullanılan alternatif enerji kaynağı olmasına rağmen potansiyelin %29'luk kısmı kullanılmaktadır. Türkiye'nin geliştirilen projelere göre öngörülen ekonomik hidroelektrik potansiyeli 125 milyar kWh/yıl dır. Bu potansiyelin 1997 yılına kadar ancak % 29'u (36 milyar kWh/yıl) üretilebilmiştir. İnşa halindeki 33 adet santralin devreye alınması ile ekonomik potansiyelin %38'i değerlendirilmiş olacaktır. Potansiyelin değerlendirilmemiş %62'lik bölümü en az ön inceleme aşamasında etüdü tamamlanmış 363 hidroelektrik santralin yapımını kapsamaktadır [1]



Şekil 1.24 Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Potansiyeli[3]

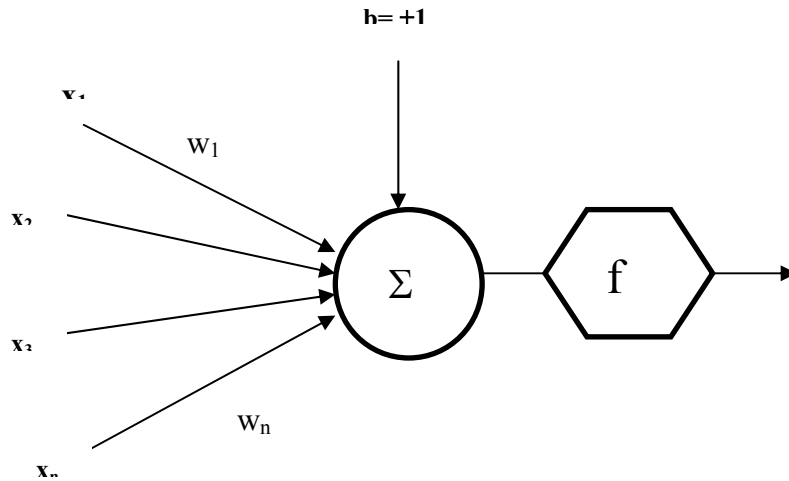
2. YAPAY SİNİR AĞLARI

2.1.1 Yapay Sinir Ağı Hücresi

Temel bir yapay sinir ağı hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahip öğrenme, genelleme yapma, hatırlama gibi özellikleri hedefleyen bilgi işleme sistemleridir. Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi yapay sinir ağlarında da temel unsur, yapay sinir hücresidir. Yapay sinir hücresi, YSA' nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük ve temel bilgi işleme birimidir. Ağ içinde yer alan tüm nöronlar bir veya birden fazla girdi alırlar ve tek bir çıktı verirler. Bu çıktı yapay sinir ağının dışına verilen çıktılar olabileceği gibi başka nöronlara girdi olarak da kullanılabilirler. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli 5 bileşenden oluşmaktadır. (Saraç 2004) Bunlar;

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Birleştirme Fonksiyonu
- Aktivasyon Fonksiyonu
- Çıktı

Dış ortamdan alınan veri ağırlıklar aracılığıyla nörona bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam fonksiyonu ise net girişi hesaplar, net giriş, girişlerle bu girişlerle ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu işlem süresince net çıkışı hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışını verir. Şekilde görülen b bir sabittir, bias veya aktivasyon fonksiyonunun eşik değeri olarak adlandırılır.



Şekil 2.1 Temel Yapay Sinir Ağı Hücresi.

$$\text{Çıkış, } o = f(W.X + b) \quad (2.1)$$

şeklinde nöron çıkışı hesaplanır. Buradaki W ağırlıklar matrisi, X ise girişler matrisidir. n giriş sayısı olmak üzere;

$$W = w_1, w_2, w_3, \dots, w_n \quad (2.2)$$

$$X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \quad (2.3)$$

şeklinde yazılabilir. Normalize edersek;

$$\text{net} = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \text{ ve } o = f(\text{net}) \quad (2.4)$$

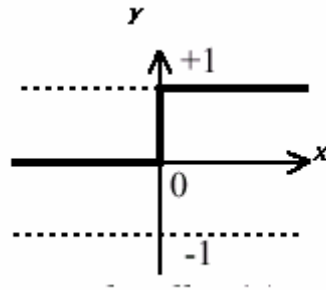
$$o = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right) \quad (2.5)$$

şeklinde de yazılabilir.

Yukarıdaki formülde görülen f aktivasyon fonksiyonudur. Genelde nonlinear olan aktivasyon fonksiyonunun çeşitli tipleri vardır.

2.1.2 Aktivasyon Fonksiyonları

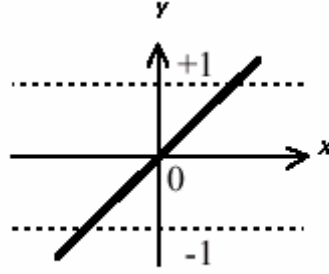
Şekil 2.2 de eşik aktivasyon fonksiyonunun grafiği görülmektedir. Eşik aktivasyon fonksiyonu, eğer net değeri sıfırdan küçükse sıfır, sıfırdan daha büyük bir değer ise net çıkışında $+1$ değeri verir. Eşik aktivasyon fonksiyonunun -1 ile $+1$ arasında değişeni ise signum aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılır. Signum aktivasyon fonksiyonu, net giriş değeri sıfırdan büyükse $+1$, sıfırdan küçükse -1 , sıfıra eşitse sıfır değerini verir.



Şekil 2.2 Eşik Aktivasyon Fonksiyonu.

Şekil 2.3'te ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu görülmektedir. Lineer aktivasyon

fonksiyonunun çıkışı girişine eşittir. Sürekli çıkışlar gerektiği zaman çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonunun lineer aktivasyon fonksiyonu olabildiğine dikkat edilmelidir.



Şekil 2.3 Doğrusal Aktivasyon Fonksiyonu

Doğrusal aktivasyon fonksiyonu;

$$f(x) = x \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (2.6)$$

Logaritma sigmoid transfer fonksiyonu ise Şekil 2.4 ten görülebilir. Bu fonksiyon, aynı zamanda lojistik fonksiyon olarak da adlandırılmaktadır. Bu fonksiyonunun lineer olmamasından dolayı türevi alınabilmekte; böylece daha sonraki bölümlerde görülecek olan geri yayınlımlı ağlarda kullanmak mümkün olabilmektedir.



Şekil 2.4 Logaritma ve Tanjant Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonları

Lojistik fonksiyonu,

$$f(x) = \text{lojistik}(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta x)} \quad (2.7)$$

şeklinde ifade edilir. Buradaki β eğim sabiti olup genelde bir olarak seçilmektedir. Diğer bir aktivasyon fonksiyonu olan hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da lineer olmayan türevi

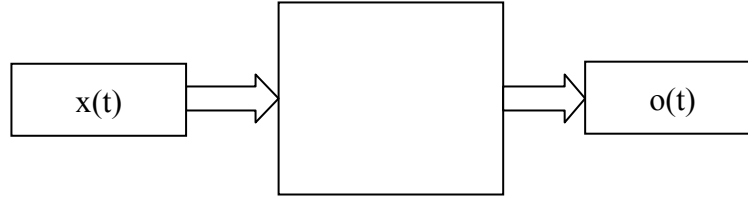
alınabilir bir fonksiyondur. +1 ile -1 arasında çıkış değerleri üreten bu fonksiyon lojistik fonksiyona benzemektedir. Denklemi aşağıda görüldüğü gibidir.

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.8)$$

Bu aktivasyon fonksiyonlarından başka fonksiyonlar da vardır. Yapay sinir ağında hangi aktivasyon fonksiyonunun kullanılacağı probleme bağlı olarak değişmektedir. Yukarıda verilen fonksiyonlar en genel aktivasyon fonksiyonlarıdır.

2.1.3 Yapay Sinir Ağları Modelleri

En basit ve en genel yapay sinir ağları tek yönlü sinyal akışını kullanırlar. Yapay sinir ağı modelleri temel olarak iki grupta toplanmaktadır. ileri beslemeli yapay sinir ağları ve geri beslemeli yapay sinir ağları (Şekil 2.5 ve 2.6). ileri beslemeli yapay sinir ağlarında gecikmeler yoktur, işlem girişlerden çıkışlara doğru ilerler. Çıkış değerleri öğreticiden alınan istenen çıkış değeriyle karşılaştırılarak bir hata sinyali elde edilerek ağ ağırlıkları güncellenir.

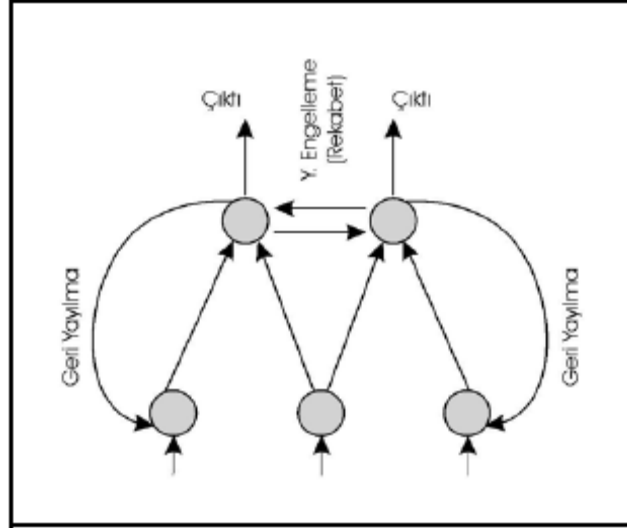


Şekil 2.5 İleri Beslemeli Yapı(Yurtoğlu, 2005)

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ise tıpkı kontrol uygulamalarında olduğu gibi gecikmeler söz konusudur. Geri beslemeli Yapay Sinir ağı, çıkışlar girişlere bağlanarak ileri beslemeli bir ağdan elde edilir. Ağın t anındaki çıkışı $o(t)$ ise, $t + \Delta$ anındaki çıkışı ise $o(t + \Delta)$ 'dir. Buradaki Δ sabiti sembolik anlamda gecikme süresidir. ileri beslemeli yapay sinir ağları notasyonu kullanılarak $o(t + \Delta)$ şöyle yazılabilir:

$$o(t + \Delta) = f [W \cdot o(t)]. \quad (2.9)$$

Bu formül, Şekil 2.6 da gösterilmektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta başlangıç anında $x(t)$ 'ye ihtiyaç duyulmasıdır. Başlangıç anında $o(0) = x(0)$ 'dir.



Şekil 2.6 Geri Beslemeli Yapı. (Yurtoğlu, 2005)

2.2 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

İnsan beyni doğumdan sonraki gelişme sürecinde çevresinden duyu organlarıyla algıladığı davranışları yorumlar ve bu bilgileri diğer davranışlarında kullanır. Yaşadıkça beyin gelişir ve tecrübelenir. Artık olaylar karşısında nasıl tepki göstereceğini çoğu zaman bilmektedir. Fakat hiç karşılaşmadığı bir olay karşısında yine tecrübesiz kalabilir. Yapay sinir ağlarının öğrenme sürecinde de, tıpkı dış ortamdan gözle veya vücudun diğer organlarıyla uyarıların alınması gibi dış ortamdan girişler alınır, bu girişlerin beyin merkezine iletilerek burada değerlendirilip tepki verilmesi gibi yapay sinir ağına da aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu çıkış yine tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur. Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen yapay sinir ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilenecek amaca ulaşılmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer yapay sinir ağı verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Ağırlıkların sürekli yenilenip istenilen sonuca ulaşılan kadar geçen zamana öğrenme adı verilir. Yapay sinir ağı öğrendikten sonra daha önce verilmeyen girişler verilir, sinir ağı çıkışıyla gerçek çıkışı yaklaşımları incelenir. Eğer yeni verilen örneklerle de doğru yaklaşıyorsa sinir ağı işi öğrenmiş demektir. Sinir ağına verilen örnek sayısı optimum değerden fazla ise sinir ağı işi öğrenmemiş ezberlemiştir. Genelde eldeki örneklerin yüzde sekseni ağa verilir ağ eğitilir, daha sonra geri kalan yüzde yirmilik kısım verilir ağın davranışı incelenir diğer bir deyişle ağ böylece test edilir.

2.2.1 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Algoritmaları

1990'lı yıllardan bugüne gelinceye kadar birçok öğrenme algoritması geliştirilmiştir. Öğrenme algoritmaları temelde üç grupta toplanmaktadır: Eğitici öğrenme, eğitici öğrenme ve takviyeli öğrenme algoritmaları.

Eğitici (supervised) öğrenmede, her bir örnekleme zamanında giriş uygulandığında sistemin arzu edilen cevabı y eğitici tarafından sağlanır. Arzu edilen çıkış y ile sinir ağı çıkışı o arasındaki fark hata ölçüsüdür ve ağ parametrelerini güncellemekte kullanılır. Ağırlıkların güncellenmesi süresince eğitici ödüllendirme-cezalendirme şemasını ağa uygulayarak hatayı azaltır. Bu öğrenme modelinde giriş ve çıkış örnekleri kümesi eğitim kümesi olarak adlandırılır.

Eğitici öğrenmede, eğitici öğrenmedeki gibi arzu edilen y çıkışları bilinmemektedir. Bu yüzden kesin bir hata bilgisini ağın davranışını değiştirmekte kullanmak mümkün değildir. Cevabın doğruluğu veya yanlışlığı hakkında bilgi sahibi olunmadığı için öğrenme, girişlerin verdiği cevaplar gözlenerek başarıya ulaşılır. Aslında eğitici öğrenme demek doğru değildir, çünkü eğitici öğrenme gerçekte mümkün değildir. Eğitimin her öğrenme adımında dahil olmamasına rağmen, amaçları ayarlamaktadır.

Takviyeli öğrenmede, ağın davranışının uygun olup olmadığını belirten bir öz yetenek bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu bilgiye göre ağırlıklar ayarlanır. Gerçek zamanda öğrenme yöntemi olup deneme-yanılma esasına göre sinir ağı eğitilmektedir.

Birçok öğrenme algoritmasının bulunmasından dolayı bu kısımda sadece en popüler öğrenme algoritması olan Geri Yayınım Algoritması ve Levenberg-Marquardt öğrenme algoritmaları anlatılacaktır, diğer algoritmalar ilgili kaynaklardan incelenebilir.

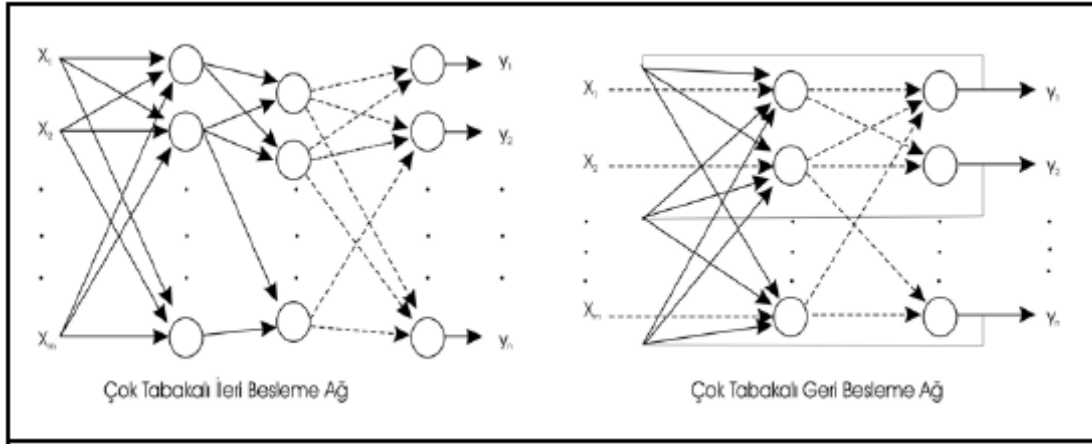
Geri yayınım algoritması eğitici öğrenmede kullanılan en genel algoritmadır. Basit olması ve iyi bir öğrenme kapasitesine sahip olması birçok alana uygulanmasını sağlamıştır.

2.2.2 Geri Yayınım Öğrenme Algoritması

Geri yayınım algoritması, sinir ağının eğitici sınıfına giren genel bir algoritmadır. Daha öncede belirtildiği gibi girişlerle çıkışlar arasındaki hata sinyali bulunarak, ağırlıklar bu hata sinyaliyle güncellenmektedir. Hata yani $e(k)$, arzu edilen çıkış (gerçek çıkış - $y(k)$) ile sinir ağının çıkışı ($o(k)$) arasındaki farktır.

$$e(k) = y(k) - o(k) \quad (2.10)$$

Şekil 2.7 de birçok sinir hücresinin bir birine bağlandığı ileri yönlü çok katmanlı bir yapay sinir ağı görülmektedir. giriş katmanı ile çıkış katmanı arasındaki katman veya katmanlar gizli katman olarak adlandırılır. Sinir ağlarında kaç tane gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmanda kaç nöron olacağı bugüne kadar belirlenememiştir, probleme göre değişen bu nitelikler deneme-yanılma yoluyla bulunur.



Şekil 2.7 İleri ve Geri Beslemeli Çok Katmanlı Sinir Ağı. (Yurtoğlu, 2005)

Şekildeki çok katmanlı ağı düşünersek;

k+1. katmanda i. birime net giriş;

$$n^{k+1}(i) = \sum_{j=1}^{S_k} w^{k+1}(i, j) o^k(j) + b^{k+1}(i) \quad (2.11)$$

Birim i'nin çıkışı şöyle olacaktır.

$$o^{k+1}(i) = f^{k+1}(n^{k+1}(i)) \quad (2.12)$$

M katmanlı bir ağ matris biçiminde ifade edilirse;

$$\underline{o}^0 = \underline{x} \quad (2.6)$$

$$\underline{o}^{k+1} = \underline{f}^{k+1}(\underline{W}^{k+1} \underline{o}^k + \underline{b}^{k+1}) \quad (2.14)$$

$$k = 0, 1, \dots, M-1$$

Ağın temel görevi giriş-çıkış çiftleri arasındaki ilişkiyi öğrenmektir.

$$\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_Q, y_Q)\} \quad (2.15)$$

Ağın performansı şöyledir;

$$E = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q (y_q - o_q^M)^T (y_q - o_q^M) = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q e_q^T e_q \quad (2.16)$$

Buradaki o_q^M , q. giriş (x_q) olduğunda ağın çıkışıdır, $e_q = y_q - o_q^M$ ise q.girişin hatasıdır.

Standart geri yayılım algoritması için yaklaşık adım düşümü algoritmasını kullanır.

Performans indeksiyle şöyle yaklaşılır;

$$E = \frac{1}{2} e_q^T e_q \quad (2.17)$$

burada toplam karelerin toplamı tek giriş-çıkış çifti için karesel hatayla yer değiştirilir.

Yaklaşık adım (eğim) düşümü algoritması bundan sonra şöyle olur;

$$\Delta w^k(i, j) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w^k(i, j)} \quad (2.18)$$

$$\Delta b^k(i) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial b^k(i)} \quad (2.19)$$

burada α öğrenme oranıdır, şöyle tanımlanır;

$$\delta^k(i) \equiv \frac{\partial E}{\partial n^k(i)} \quad (2.20)$$

performans indeksinin duyarlılığı k.katmanında i. birimin net girişinde değiştirilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w^k(i, j)} = \frac{\partial E}{\partial n^k(i)} \frac{\partial n^k(i)}{\partial w^k(i, j)} = \delta^k(i) o^{k-1}(j) \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial E}{\partial b^k(i)} = \frac{\partial E}{\partial n^k(i)} \frac{\partial n^k(i)}{\partial b^k(i)} = \delta^k(i) \quad (2.22)$$

Hassaslık yeterliği aşağıdaki yinelemeli ilişkiyle de gösterilebilir.

$$\underline{\delta}^k = \dot{F}^k(\underline{n}^k) W^{k+1} \underline{\delta}^{k+1} \quad (2.23)$$

burada;

$$\dot{F}^k(\underline{n}^k) = \begin{bmatrix} \dot{f}^k(n^k(1)) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dot{f}^k(n^k(2)) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dot{f}^k(n^k(Sk)) \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

ve

$$f^k(n) = \frac{df^k(n)}{dn} \quad (2.25)$$

$$\underline{\delta}^M = -\dot{F}^M(\underline{n}^M)(\underline{y}_q - \underline{o}_q) \quad (2.26)$$

Tüm öğrenme algoritmalarında şu adımlar izlenir. İlk önce kullanılarak giriş ileri yönde yayılır, sonra geri yayılır ve son olarak ağırlıklar ve denge güncellenir.

5.5.2. Levenberg- Marquardt Algoritması

Geri yayılım algoritması (GYA) çok kullanılmasına rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır. GYA sonuca çok yavaş olarak yaklaşmaktadır. Ayrıca lokal minimuma yakalanma riski de vardır. Geri yayılım, bir adım düşme algoritmasıyken, Levenberg - Marquardt (LM) algoritması Newton metoduna bir yaklaşımdır. LM algoritması, Newton metodunun hızıyla, adım düşme metodunun sağlamlığının bileşkesidir. (Yurtoğlu, 2005)

LM öğrenme algoritması minimumu araştırma metotlarının ikincisidir. Her bir iterasyon adımında hata yüzeyine parabolik yaklaşımla yaklaşılır ve parabolün minimumu o adım için çözümü oluşturur. $E(x)$ fonksiyonuna sahip olduğumuzu ve x parametresine göre minimize etmek istediğimizi düşünelim. Newton metodunda şöyle olacaktır.

$$\Delta \underline{x} = -[\nabla^2 E(\underline{x})]^{-1} \nabla E(\underline{x}) \quad (2.27)$$

burada $\nabla^2 E(\underline{x})$ ifadesi Hessian matrisidir ve $\nabla E(\underline{x})$ ise eğimdir. $E(\underline{x})$ 'in karelerin toplamı fonksiyonu olduğunu farz edelim.

$$E(\underline{x}) = \sum_{i=1}^N e_i^2(\underline{x}) \quad (2.28)$$

bundan sonra şöyle gösterilebilir.

$$\nabla E(\underline{x}) = J^T(\underline{x}) \underline{e}(\underline{x}) \quad (2.29)$$

$$\nabla^2 E(\underline{x}) = J^T(\underline{x})J(\underline{x}) + S(\underline{x}) \quad (2.30)$$

burada $J(\underline{x})$ Jacobian matristir.

$$J(\underline{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1(\underline{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial e_1(\underline{x})}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial e_1(\underline{x})}{\partial x_n} \\ \frac{\partial e_2(\underline{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial e_2(\underline{x})}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial e_2(\underline{x})}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial e_N(\underline{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial e_N(\underline{x})}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial e_N(\underline{x})}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

ve

$$S(\underline{x}) = \sum_{i=1}^N e_i(\underline{x}) \nabla^2 e_i(\underline{x}) \quad (2.32)$$

Gauss-Newton metodu için $S(\underline{x}) \approx 0$ kabul edilir ve şu hale gelir.

$$\Delta \underline{x} = [J^T(\underline{x})J(\underline{x})]^{-1} J^T(\underline{x}) \underline{e}(\underline{x}) \quad (2.33)$$

Levenberg-Marquardt modifikasyonu ile Gauss-Newton metodu şöyle olur.

$$\Delta \underline{x} = [J^T(\underline{x})J(\underline{x}) + \mu I]^{-1} J^T(\underline{x}) \underline{e}(\underline{x}) \quad (2.34)$$

μ parametresi, bir adımda $E(x)$ artımı sonucunda bir faktörle (β) ile çarpılır, bir adım $E(x)$ azaltışında, μ parametresi β 'ya bölünür. μ büyükse algoritma adım düşümü ($1/\mu$ adımı ile) olur, küçük μ parametresi için algoritma Gauss-Newton olur. Bu algoritmadaki anahtar adım Jacobian matrisinin hesaplanmasıdır.

Sonuç olarak Levenberg-Marquardt algoritması çok hızlı olarak çözüme ulaşmasına rağmen çok fazla bellek gerektirmektedir. Geri yayılım algoritması ise sonuca yavaş ulaşmakta ve daha az bellek gerektirmektedir.

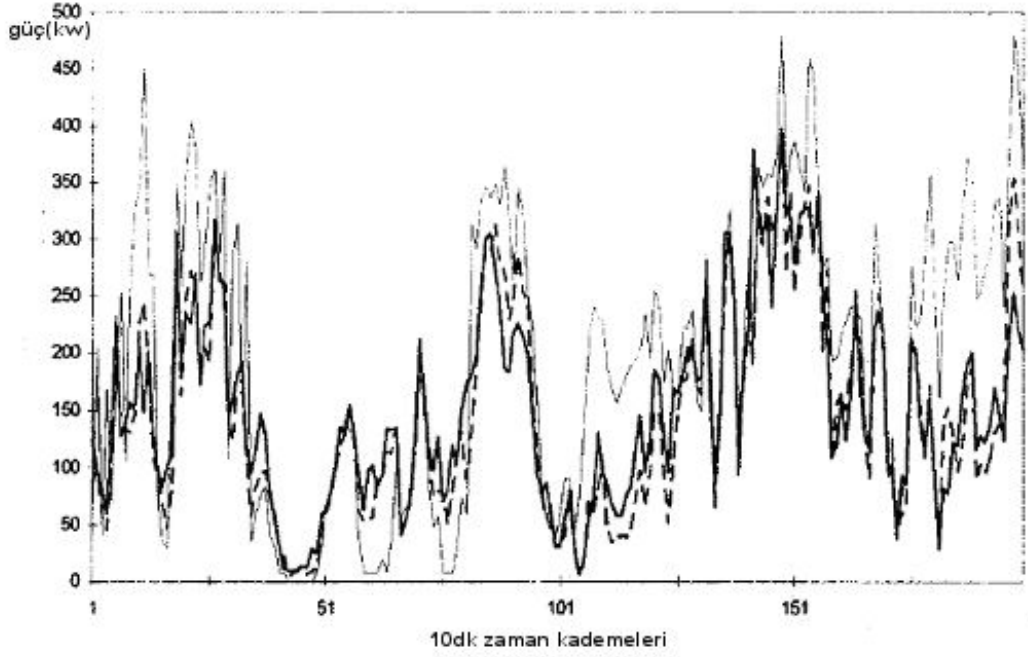
2.2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yapay Sinir Ağları

Akıllı sinir ağları araştırmacılar tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarının modellenmesi ve tahminlerinin yapılmasında kullanılmaktadır. Özellikle güneş panellerindeki zaman parametrelerin, üretilen enerjinin ve depolanan suyun sıcaklığının tahmin edilmesinde ve fotovoltaik sistemlerin modellenmesinde kullanılmaktadır. Bazı diğer uygulamalar ise pasif güneş enerjisi sistemlerindeki yük tahminleri, ticari binalardaki enerji tüketiminin tahmin edilmesi, enerji yönetimi ve modellenmesi olarak sıralanabilir. Yapay sinir ağları için kesin olarak diğer metotlardan üstündür demek şu anda mümkün değildir ama diğer metotlar için iyi bir alternatif olduğu ve yenilenebilir enerjiler gibi bazı belirsizliklerin ve veri eksiklerinin olduğu alanlarda yapılan araştırmalarla başarılı sonuçlar alındığıdır.

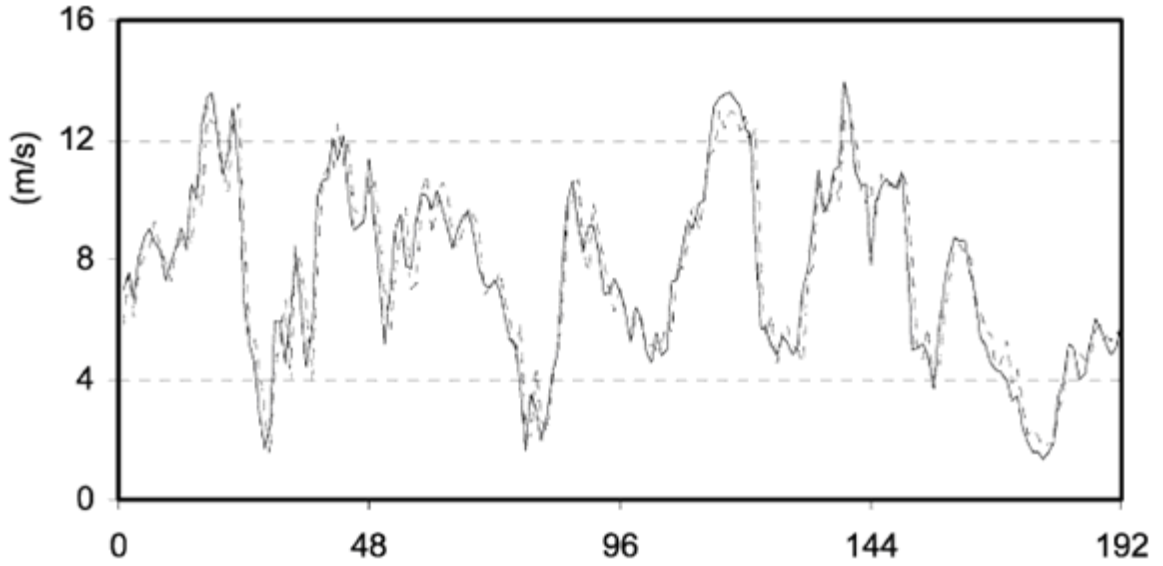
Yapay sinir ağlarının rüzgar enerjisi sistemlerindeki kullanımı rüzgar hızının ve potansiyelinin tahmini ve rüzgar hızına göre türbinlerin üreteceği enerji ile ilgili tahminlerle ilgilidir. Hayashi ve Kermanshahi (2000) çalışmasında ise 1 ila 24 saatlik rüzgar hızı tahminleri için akıllı sinir ağları kullanılmış ve %90 oranında başarılı tahminler yapılmıştır.

Li Vd.,(2001) çalışmasında ise enerji üretiminin etkilendiği diğer faktörler göz önüne alınarak test etme ve de tahmin çalışması yapılmıştır (Şekil 2.8).

Sfetsos (2000), yine benzer şekilde Kıbrıs'ta 1986-1996 arasındaki rüzgar verileri sinir ağlarının öğrenmesi için kullanılmış ve 1997 yılı değerleri test edilmiş ve maksimum %1,8 hata ile bulunmuştur.



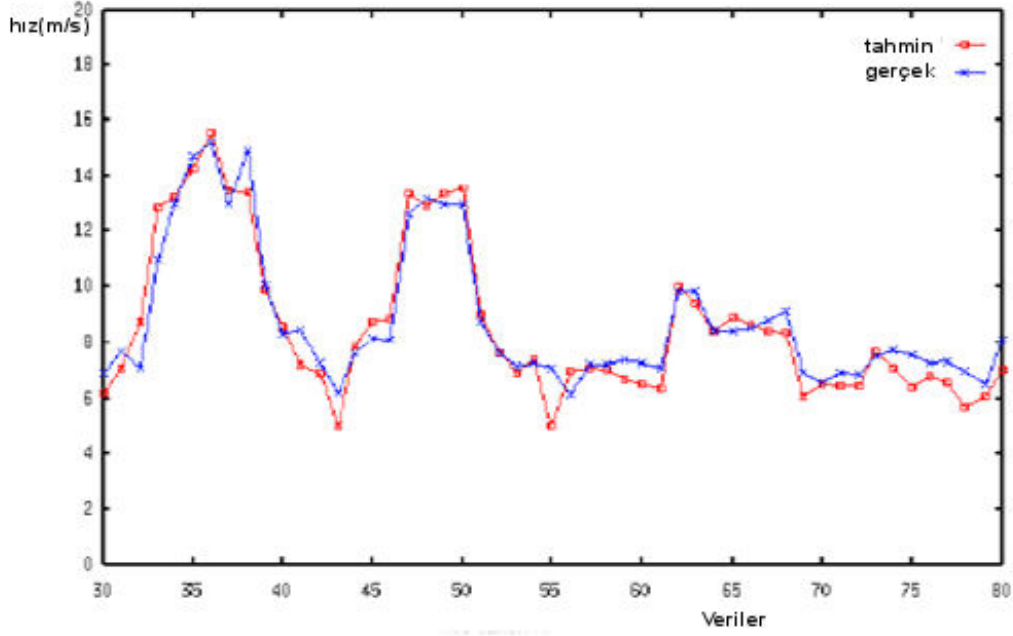
Şekil 2.8 Yapay Sinir Ağları İle Rüzgar Türbini Güç Tahmini- Li (2001)



Şekil 2.9 Yapay Sinir Ağları İle Saatlik Rüzgar Hızı Tahmini- Sfetfos (2000)

Liera vd., (2002) ve diğerlerinin yaptığı çalışmada (Şekil 2.10) meteorolojik değerlerin sıcaklık, basınç, nem, güneşlenme ve gibi değerleri kullanarak 20 dakikalık rüzgar hızı tahminler yapmıştır. Çalışmada anlık değerler, 3 giriş ve 6 nöronlu yapay sinir ağı kullanılarak yapılmıştır.

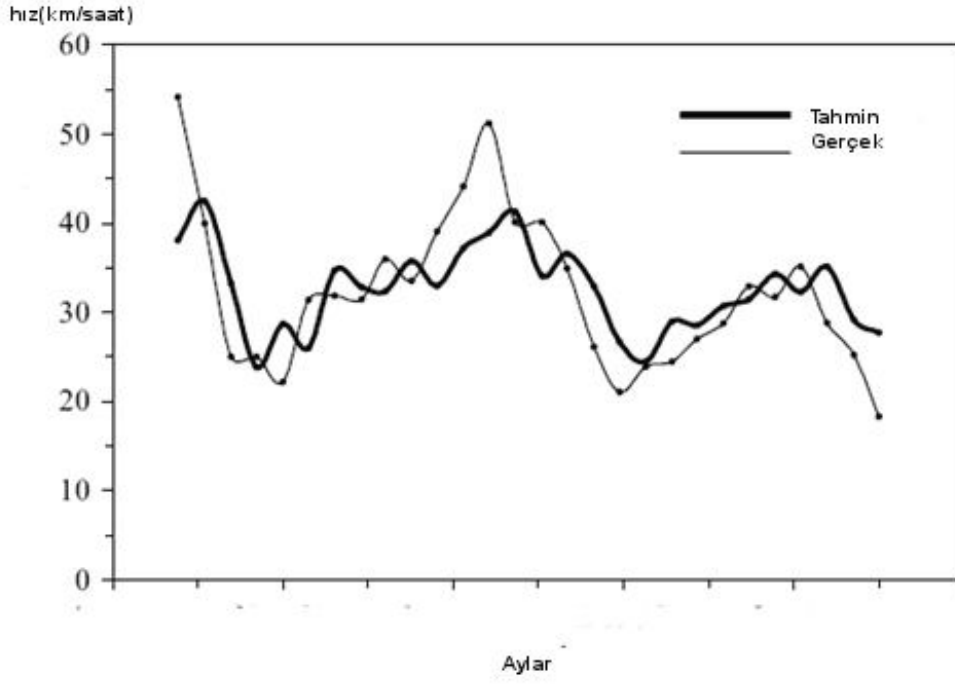
Kalogirou (1997) makalesinde yapay sinir ağı ile güneş enerjisi kullanan buhar sisteminin toplayıcı parametrelerinin tahmini ve aylık ortalama buhar üretiminin bulunmasında kullanımı ile ilgili bilgi vermiştir.



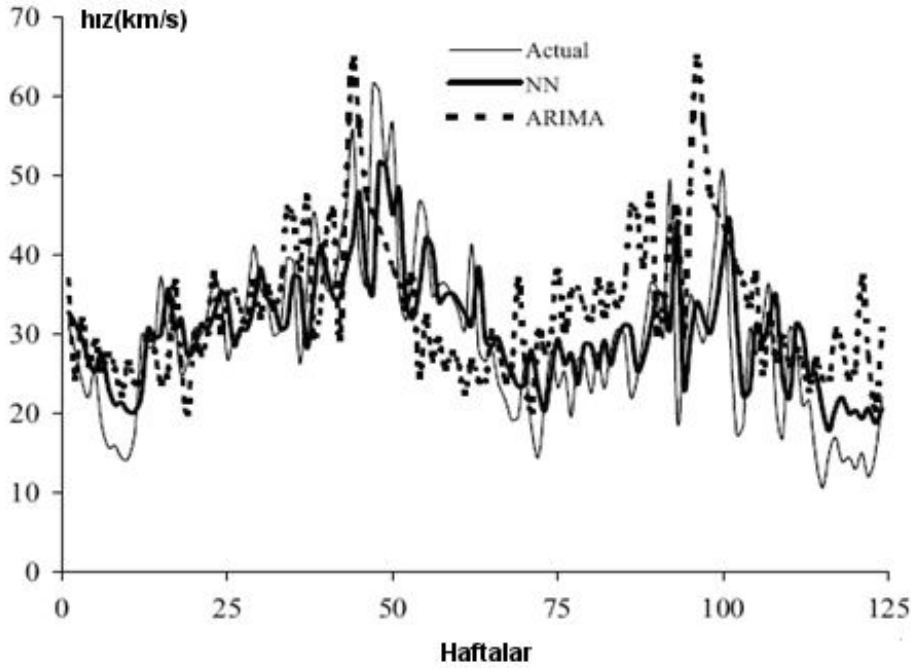
Şekil 2.10 Yapay Sinir Ağları İle Saatlik Rüzgar Hızı Tahmini- Liera Vd (2002)

Alawi ve Hinai (1998) güneş enerjisi ile ilgili ölçüm cihazı bulunmayan bölgelerde ay, ortalama basınç, ortalama nem, güneşlenme süresi kullanarak güneş radyasyonunu %93 hassasiyet ve 7.3 ortalama mutlak hata ile bulacak bir çalışma yapmıştır.

Anurag (2003) Hindistan'daki kıyı şeridi verilerini kullanarak, ve son üç andaki sadece rüzgar hızlarını girerek bir sonraki ayı, haftanın rüzgar hızını tahmin etmek için yapay sinir ağı kullanmışlardır (Şekil 2.11 ve 2.12).



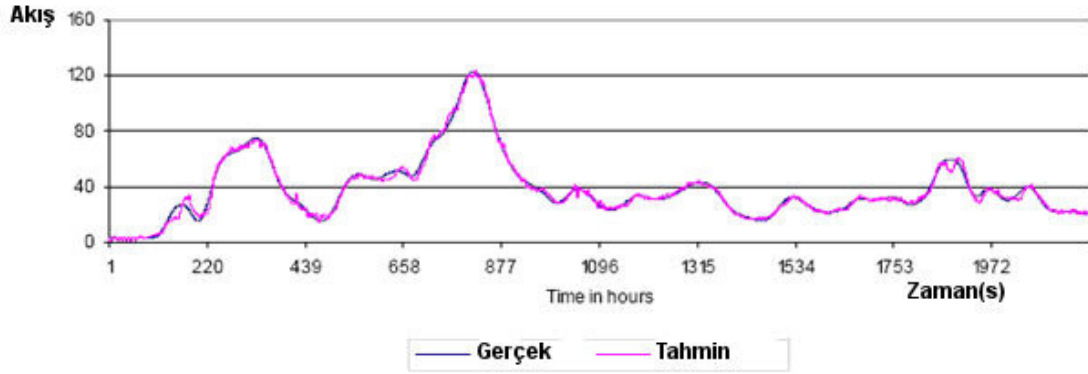
Şekil 2.11 Yapay Sinir Ağları İle Aylık Rüzgar Hızı Tahmini- Anurag (2003)



Şekil 2.12 Yapay Sinir Ağları İle Haftalık Rüzgar Hızı Tahmini- Anurag (2003)

Subramanian ve Manry (1999), çalışmalarında su havzalarına akan suyun miktarını günlük olarak tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmış ve veri olarak son 48 saatlik akan su miktarı, su seviyesi, sıcaklık, kaynak sularının akışı, kar ve günün saatini içeren 194 girdisi

olan bir yapay sinir ağı kullanmıştır (Şekil 2.13).

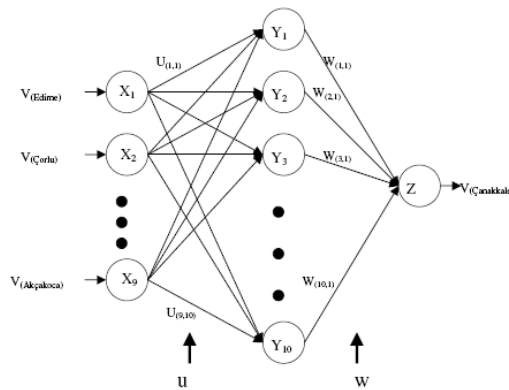


Şekil 2.13 Yapay Sinir Ağları İle Saatlik Su Havzasına Girdi Tahmini- Subramanian (1999)

Valenca ve Ludemir (2000) çalışmalarında ise yapay sinir ağlarını kullanarak bir sonraki aydaki debi miktarının bulunmasında box-jenkin metodundan daha iyi sonuç verdiğini bulmuştur.

Barbounis ve Theocharis (2005) çalışmalarında, dört farklı istasyondan gelen veriler ile Yunanistan'da haftalık rüzgar ve enerji üretimi tahminlerinde yapay sinir ağlarını kullanmışlardır.

Öztopal (2006) çalışmasında Marmara Bölgesinde'ki 10 istasyondan gelen verileri yapay sinir ağlarında kullanarak Çanakkale bölgesi için rüzgar hızı tahmini üzerindeki çalışmalarını anlatmaktadır.(Şekil 2.14)



Şekil 2.14 Yapay Sinir Ağları Farklı İstasyonların Verileri ile Veri Tahmini - Öztopal(2006)

Kandil ve diğerleri (2006) ise çalışmalarında farklı istasyonlardaki sıcaklık, rüzgar hızı ve enerji yükü bilgilerini kullanarak 72 saatlik tahminler için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır.

3. BULANIK MANTIK

3.1 Bulanık Mantık Teorisi

Bulanık mantık yaklaşımı Lotfi Zadeh tarafından 1965de istatistiki olmayan belirsizliklerin tanımlanmasında ve kullanılması amacı ile ortaya konulmuştur(Zadeh,1965). Bulanık mantığın uygulama alanları kontrol sistemlerinin de ötesine uzanmaktadır. Geliştirilen son teoremler bulanık mantığın ilke olarak , ister mühendislik, ister fizik, ister biyoloji ya da ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabileceğini göstermektedir. Çoğu alanda, bulanık mantıklı sağduyu modellerinin standart matematik modellerinden daha yararlı ya da kesin sonuçlar verdiği görülmektedir.

- Bulanık mantığın yaklaşımının başlıca avantajları olarak;
- İnsan düşünme tarzına yakın olması,
- Uygulanışının matematiksel modele ihtiyaç duymaması,
- Yazılımın basit olması dolayısıyla ucuza mal olması.
- Sayılabilir. Buna karşın, bulanık mantığın başlıca dezavantajları;
- Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağlılığı,
- Üyelik fonksiyonlarının deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi,
- Kararlılık analizinin yapılmasının zorluğu (benzeşim yapılabilmesi),

şeklinde özetlenebilir.

Bulanık mantık sistemlerinin iki temel özelliği vardır:

- Bulanık mantık sistemleri özellikle matematiksel modelin çıkarılmasının zor olduğu belirsiz yada yaklaşım durumları için uygundur.
- Bulanık mantık eksik yada belirsiz veriler varken tahmin edilen veriler ile karar verilmesine olanak sağlar.

3.2 Bulanık Mantık Kontrol Sistemleri

3.2.1 Tanımlar

Klasik kontrol sistemleri genelde diferansiyel denklemler kullanılarak modellenen fiziksel sistemlerden oluşmaktadır. Eğer matematiksel bir çözüm bulunursa bilinen yaklaşım, doğrusallama, doğrulama ve düzenleme analizlerle yapılarak uygun transfer fonksiyonu ve kontrol sistemi uygulanmaktadır. Fiziksel modelin karmaşıklığından dolayı bu işlemler yapılamıyorsa hiç bilinmeyen bir model kullanmak yerine bulanık mantık gibi yarı sezgisel

bir model kullanmak daha uygun olmaktadır.

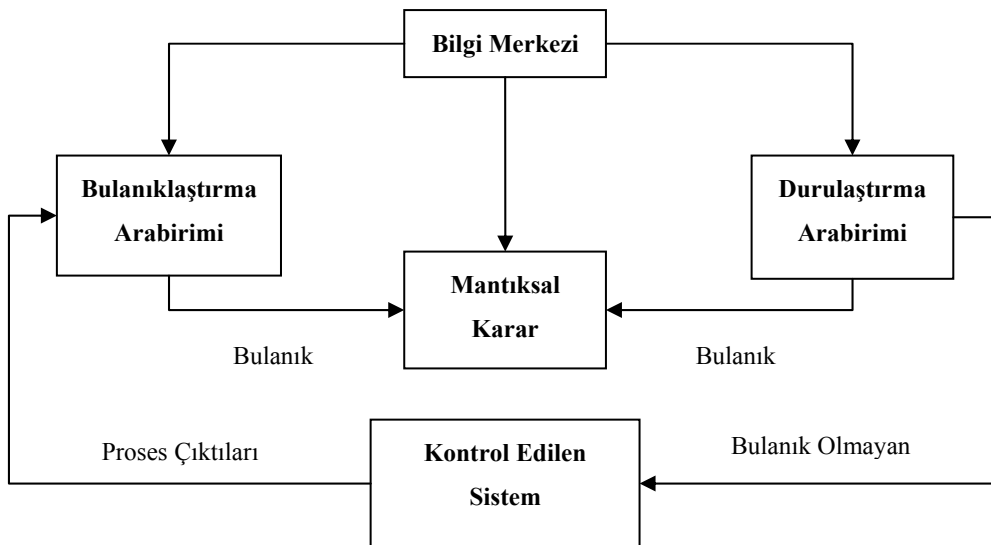
Bulanık mantık kontrol sistemleri bir dizi “bulanık -a gerçekleşirse ise b olur kuralları”(fuzzy-if then rules) içermektedir. Örneğin ;

“Eğer X pozitif büyük ve Y pozitif küçük ise C pozitif ortancadır”

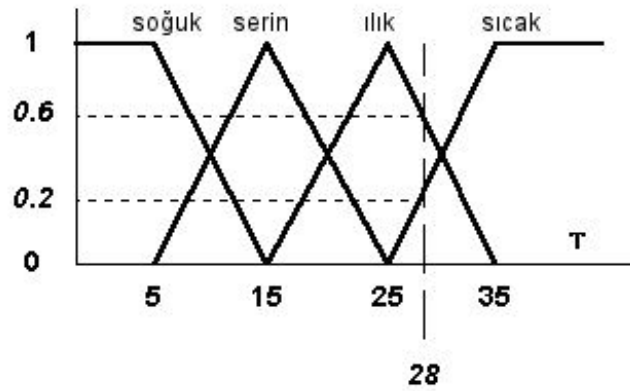
Burada pozitif büyük, pozitif küçük ve pozitif ortanca kelimeleri X,Y ve Z değerlerinin bulanık küme gösterimleridir. Bulanık mantık kontrol sistemleri aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır:

- Bilgi merkezi değişkenler, normalizasyon ve bulanık mantık tanımlamaların bulunduğu yerdir, ayrıca dilbilimine bağlı kurallar da burada tutulurlar.
- Bulanıklaştırma arabirimi girdileri ve değerleri alıp uygun bir yapıya çevirir.
- Mantıksal karar merkezi girdilerin ve bilgi merkezinin ışığında kontrol değerlerini belirler.
- Durulaştırma arabirimi mantıksal karar merkezinin kararlarını tekrar normal kontrol değerlerine dönüştürür.

Bulanık mantık genel yapısı Şekil 3.1 de gösterilmiştir. Bu şekilde yardımıyla, sıcaklık kontrolü örneğine bakılırsa, oda içindeki sıcaklık ve fan hızının kontrolündeki değerler Şekil 3.2 ve 3.3 deki gibi alınabilir. Bu şekillerdeki bulanık sayıların seçimi ve değerleri kullanıcı tarafından belirlenmiştir. Bulanıklaştırma işlemi okunan 28 değerine 0,6 Warm ve 0,2 Hot değerini atamaktadır. (Baykal, N. ve Beyan, T., 2004)



Şekil 3.1 Bulanık Mantık Kontrol Yapısı

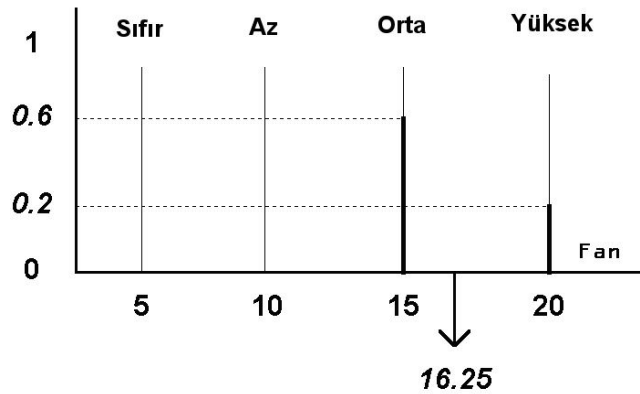


Şekil 3.2 Bulanıklaştırma

Durulaştırma işleminde ise bulanık sayılar çeşitli metotlar kullanılarak örneğin ağırlıklı ortalamalar kullanılarak fan hızını kontrol edecek şekilde gerçek sayılar halinde düzenlenir (Şekil 3.3). (Baykal, N. ve Beyan, T., 2004)

Çizelge 3-1 Çizelge Bulanık mantık kurallarına örnek

EĞER Hava Soğuk ise Fan Hızı Sıfır
EĞER Hava Serin ise Fan Hızı Az
EĞER Hava Ilık ise Fan Hızı Orta
EĞER Hava Sıcak ise Fan Hızı Yüksek
Kural 3 : Fan Hızı orta Gerçek Değeri 0.6
Kural 4 : Fan Hızı yüksek Gerçek Değeri 0.2



Şekil 3.3 Durulaştırma

3.2.2 Bulanık Mantık Kontrol Sistemleri ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Bulanık mantık kullanan motor kontrolü sistemleri birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır. Rüzgar türbinlerinde bulanık mantık kullanılması konusunda ise çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Literatürde göze çarpan çalışmalar da değişken hızlı türbinler için motor kontrolü üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar farklı açılardan bulanık mantık kullanan kontrol sistemleri üzerine yapılmıştır.

Done ve Dombrosio çalışmasında sistemin hedeflenen değerlerine ulaşmak için öngörülen başlangıç değerleri ile başlayıp sistemin bulanık mantık kullanarak kendini ve hata fonksiyonunu düzeltecek bulanık mantık kuralları uygulanmıştır. Bulanık mantık kontrolünün hedefi çıkış voltajı ve jeneratörün dönüş hızını kontrol etmektedir.

Mohamed ve Eskander (2001) çalışmalarında ise rüzgar enerjisi sisteminden maksimum güç elde etmek için bulanık mantık kontrolü kullanmışlardır. Bulanık mantık kullanarak değişken veriler ve belirsiz durumlar için sistemin kontrolü yapılmıştır.

Aslında literatürde bulunan senkron, asenkron ve değişken hızlı motor kontrolleri için yapılan uygulamalar bir açıdan bu şekilde motor ve jeneratör kullanan rüzgar türbinlerini de kapsamaktadır. Bulanık mantık kontrolü uygulamaları sistemin performansı ve etkili çalışması için kullanılmaktadır.

4. METODOLOJİ VE ÇALIŞMA PLANI

Daha önceki bölümlerde vurgulandığı üzere, literatürde yapay sinir ağlarına dayalı olan ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin üretimlerini tahmin için yapılan modeller, farklı ölçülmüş meteorolojik veriler kullanılarak anlık, dakikalık ve saatlik rüzgar, hidrolik debi veya güneş radyasyonu değerlerini tahmine yönelik modellerdir.

Oysa gerek ülkemizde gerekse dünyada, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı santraller için, bilinmesi ve /veya tahmin edilmesi istenilen veriler kısa (günlük), orta (aylık) ve uzun dönem (yıllık) üretim tahminleridir. Özellikle santraller yerel veya bölgesel çalışmayacaksa, şebekeye bağlanma olasılıkları, şebeke yönetimi gibi teknik nedenler ve bölgesel ve ulusal enerji arz modellerine katkı, amacıyla günlük, aylık, dönemsel veya yıllık üretim düzeylerinin bilinmesi zorunludur.

Bu çalışmanın genel hedefi kısa, orta ve uzun vadeli modeller ve planlama amacıyla yenilenebilir enerji santrallerinin üretim düzeylerini belirleyecek olan meteorolojik verilerin sağlıklı tahminine yönelik olarak ölçülmüş ve kolayca ulaşılabilir meteorolojik verileri kullanan ve yapay sinir ağlarına dayalı bir model ve uygulama algoritmasının geliştirilmesidir.

Diğer bir deyişle rüzgar, güneş ve hidrolik debi verileri ile bu verilerin alındığı istasyonlardaki diğer meteorolojik veriler kullanılarak, farklı yenilenebilir enerji potansiyeli olan iller için çalışmaların yapılması amaçlanmıştır. Değişik bölgelerin yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili potansiyelleri için REHES Türkiye Raporundaki (2007) araştırma sonuçları kullanılmıştır. Aşağıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere Türkiye'nin farklı bölgelerinin farklı yenilenebilir enerji potansiyelleri bulunmaktadır.

Tez çalışmasında kullanılan veriler debi hariç saatlik, aylık ve günlük olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğünden, debi ile ilgili veriler ise BEST A.Ş. den alınmıştır. veriler 1968 ile 2006 yılları arasını kapsamaktadır.

Bu veriler çalışmalarda iki türlü kullanılmıştır. Birinci yolda eldeki verinin geçmişteki veri bankası yapısına göre beş veya on senelik gruplara ayrılıp kullanılması yolu kullanılırken dördüncü nesil çalışmalar için referans yılı ve veri olarak referans yılına en yakın olan yıl seçilmiştir.

Çizelge 4-1 Türkiye'nin Farklı Bölgelerinin Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri

Bölge	Yenilenebilir Potansiyeli	Elektik/Isıl	Şebeke Altyapısı	Ulusal Öncelik
MARMARA BÖLGESİ	1. WE	Elektrik	ÇOK İYİ	WE 1/2
	2. ST	Isıl		ST 4
	3. PV	Elektrik		BMD 4
	4. BMD	Isıl		PV 4
	5. CRHE	Elektrik		CRHE 5
	6. GE	Isıl		GE 2
	7. SHE	Elektrik		SHE 7
	8. SP	Isıl		SP 4
EGE BÖLGESİ	1. ST	Isıl	İYİ	ST 2
	2. WE	Elektrik		WE 1/2
	3. GE	Isıl		GE 1
	4. SHE	Elektrik		SHE 5
	5. PV	Elektrik		PV 3
	6. CRHE	Elektrik		CRHE 4
	7. BMD	Isıl		BMD 5
	8. SP	Isıl		SP 2
ORTA ANADOLU	1. SHE	Elektrik	NORMAL/İYİ	SHE 3
	2. CRHE	Elektrik		CRHE 5
	3. WE	Elektrik		WE 5
	4. GE	Isıl		GE 3
	5. ST	Isıl		ST 5
	6. BMD	Isıl		BMD 3
	7. BMI	Isıl		BMI 3
	8. SP	Isıl		SP 5
KARADENİZ BÖLGESİ	1. CRHE	Elektrik	NORMAL/ZAYIF	CRHE 1
	2. WE	Elektrik		WE 4
	3. SHE	Elektrik		SHE 1
	4. BMD	Isıl		BMD 1
	5. BMI	Isıl		BMI 2
DOĞU ANADOLU	1. SHE	Elektrik	ZAYIF	SHE 2
	2. CRHE	Elektrik		CRHE 3
	3. BMD	Isıl		BMD 6
	4. BMI	Isıl		BMI 4

Çizelge 4-1 Türkiye'nin Farklı Bölgelerinin Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri (devam)

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ	1. PV	Elektrik	ZAYIF	PV	1
	2.ST	Isıl/Elektrik		ST	3
	3. WE	Elektrik		WE	6
	4. SHE	Elektrik		SHE	6
	5.BMD	Isıl		BMD	7
	6. SP	Isıl		SP	3
AKDENİZ BÖLGESİ	1. ST	Isıl	NORMAL/İYİ	ST	1
	2.WE	Elektrik		WE	3
	3. SHE	Elektrik		SHE	4
	4. PV	Elektrik		PV	2
	5. CRHE	Elektrik		CRHE	2
	6. BMD	Isıl		BMD	2
	7. BMI	Isıl		BMI	1
	8. SP	Isıl		SP	1

Not: ST – güneş ısı, WE – rüzgar, GE – jeotermal, SHE – küçük hidro, PV – fotovoltaik, CRHE – kanal ve nehir tipi hidrolik, BMD – biokütle direk, BMI – biokütle dolaylı, SP – pasif güneş

Bu tablodaki veriler ışığında ve eldeki meteorolojik verilerin yapısına göre beş il seçilmiştir. Bu iller ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından durumları Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4-2 Tezde Kullanılan İllerin Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri

İl	Rüzgar	Güneş	Hidroelektrik	Şebeke Durumu
Antalya	3	1	4	İyi
Mersin	3	1	4	Normal
Çanakkale	1	3	4	İyi
Düzce	2	3	3	Normal
Giresun	4	4	1	Kötü












Seçilen iller ve bölgeler bazında genel olarak veriler incelendiğinde bir çok ilin sadece belli yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin olduğunu görülmektedir. Bu durum özellikle şebeke ile birlikte çok iyi bir planlama yapılmasının da gerekliliğini ortaya koymaktadır.

4.1.1 Yapay Sinir Ağları Hesaplama Araçları

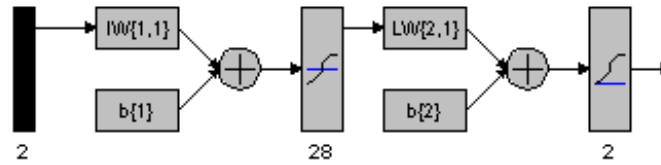
MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. “MATrix LABoratory” kelimelerinin kısaltması olan MATLAB, adından da anlaşılacağı üzere matrisler (matrix) yani diğer bir deyişle dizileri (array) kullanarak çalışır. MATLAB c programlama dili ile yazılmış kütüphane ve araç kutularından oluşmaktadır. Özellikle mühendislik alanındaki sistemlerin analizinde kullanılan MATLAB, veri analizi ve inceleme, görsellik ve görüntü işleme, algoritma prototipi oluşturma ve geliştirme, modelleme ve simülasyon, programlama ve uygulama geliştirme işlemlerini yapabilmektedir (Hanselman ve Littlefield, 2001).

Günümüzde yapay sinir ağı çalışmaları için en sık kullanılan program MATLAB programıdır. MATLAB programı veri girişi, yapay sinir ağının tanımlanması, test ve simülasyon aşamalarını başarı ile yapmaktadır (Şekil 4.1 ve 4.2).

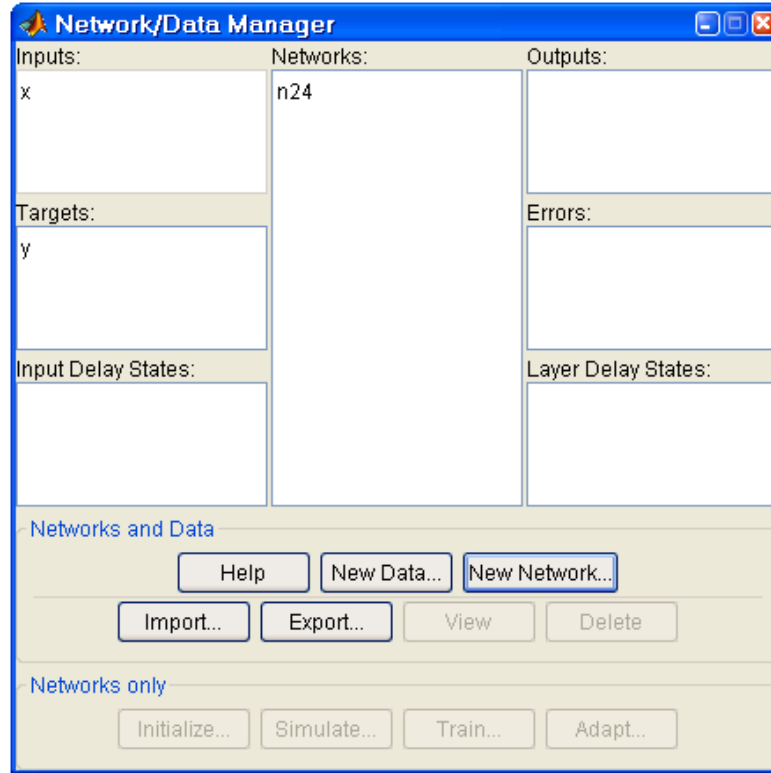
MATLAB kullanıcı ile dost ara yüzü sayesinde, dış verileri herhangi bir kaynaktan alabilir, kendi matris işlemcileri ile bunlarla ilgili her türlü işlemi yapabilir. Sonra YSA Ağ parametreleri tanımlama ekranını kullanarak, gerekli parametreler sisteme girilerek testler yapılabilir (Şekil 4.3 ve 4.4).

İsim	Formül	MATLAB'deki gösterim şekli	MATLAB'deki komut
Hard limit	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$		hardlim
Symmetrical Hard Limit	$a = -1 \quad n < 0$ $a = +1 \quad n \geq 0$		hardlims
Linear	$a = n$		purelin
Saturating Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlin
Symmetrical Saturating Linear	$a = -1 \quad n < -1$ $a = n \quad -1 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlins
Log-Sigmoid	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$		logsig
Hyperbolic Tangent Sigmoid	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$		tansig
Positive Linear	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n$		poslin
Competitive	$a = 1$ neuron with max n $a = 0$ all other neurons		compet
Radial Basis	$\exp(-n^2)$		radbas
Triangular	$a = 1 - \text{abs}(n)$, if $-1 \leq n \leq 1$ $a = 0$, otherwise		tribas

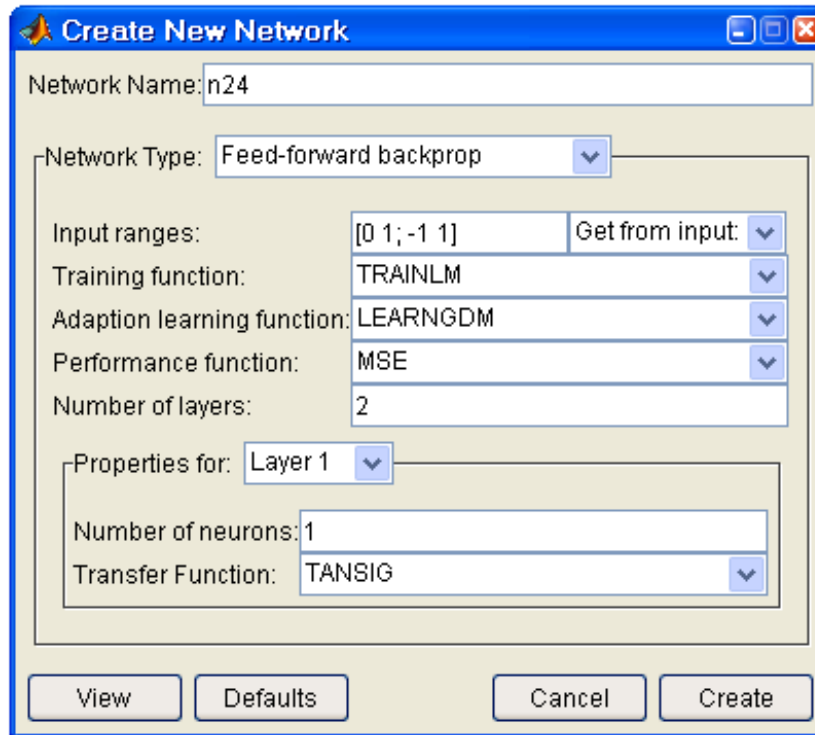
Şekil 4.1 Matlab Transfer Fonksiyonları



Şekil 4.2 Matlab Ysa Modeli Örneği



Şekil 4.3 MATLAB YSA Ara Yüzü



Şekil 4.4 MATLAB YSA Ağ Parametreleri Ara Yüzü

4.1.2 Analiz ve Değerlendirme Yöntemleri

Yapay sinir ağları ile çalışılırken ağa girilen verilerin [0,1] aralığında normalize edilmiş olması gerekmektedir. Girdileri normalize etmek için 4.1 formülü kullanılmıştır.

$$\text{Norm}(x) = (x - \min(x)) / (\max(x) - \min(x)) \quad (4.1)$$

Çalışılan modelin yapısına göre değişen sayılarda girdi ve çıktı sisteme tanıtılmış daha sonra girilen veriler eldeki gerçek veriler kullanılarak üzerinden her bir veri için hata hesaplanmıştır.

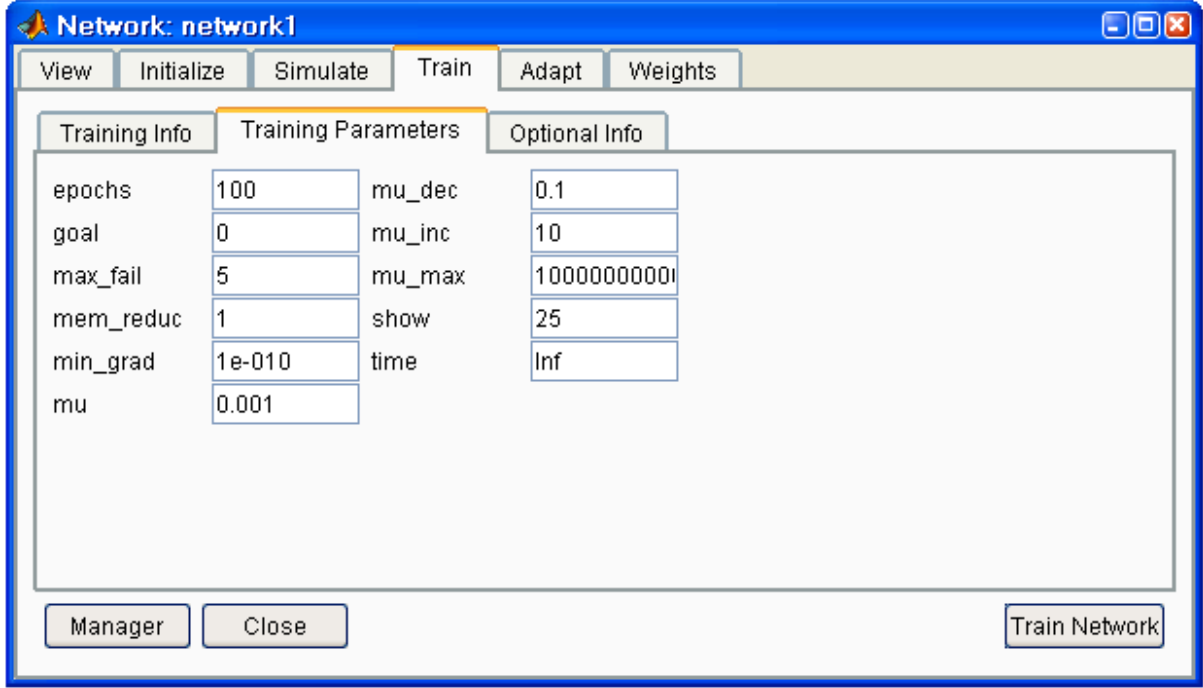
$$\text{Hata}(x) = (x(\text{gerçek}) - x(\text{hesaplanan})) / x(\text{gerçek}) \quad (4.2)$$

MATLAB ile çalışılırken eldeki verilerin %80 yapar sinir ağını öğretme amaçlı geriye kalan %20'lik veri ise genelleme hataları ve sistemin öğrenme algoritmasından hedefe ulaşmadan erken çıkmasını engelleme amacı ile çapraz korelasyon amacı ile sisteme tanıtılmıştır. Bu veri girişleri ve tanımlamalar için MATLAB YSA kütüphanesinde gerekli tanımlamalar bulunmaktadır.

Verilerin analizleri yapılırken sistem tek bir veri seti üzerinde test edilmemiş, önce eldeki verinin büyüklüğüne göre belli zaman aralıkları ile test edilmiş, sonra yıl bazında yapılacak çalışmalar için Tipik ve Referans Yılları kullanılarak yapılan çalışmalar tekrar edilmiştir.

MATLAB YSA kütüphanesi verilen girdiler ve YSA parametreleri ile sistemi belirtilen algoritma ve öğrenme yapısı ile test eder. Öğrenme işlemi ile ilgili olarak bir performans grafiği de vermektedir. Bu performans grafiğinde x ekseninde EPOCH sayıları, y ekseninde ise hata bulunmaktadır. YSA'nın en fazla kaç EPOCH yapması gerektiği veya yeterli hassasiyete ulaşma durumunda öğrenmeyi bırakması için MATLAB parametrik olarak programlanabilir.

Çalışmalarda öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynakları içinde en büyük öneme ve veri olarak değişkenlik arz eden rüzgar enerjisi testleri yapılmış. Daha sonra elde edilen bulgular ışığında yapay sinir ağı modelleri, çalışma ve öğrenme şartları, EPOCH değerleri yükseltılarak daha hassas sonuçlar alınması sağlanmıştır. Örneğin Test Modeli 24, Model 22'nin, Model 23 ise Model 19 normalde 100 EPOCH öğrenme sayısının 250 EPOCH'lu olan versiyonlarıdır.



Şekil 4.5 MATLAB YSA Öğrenme Parametreleri Ara Yüzü

4.1.3 Yazılım ve Donanım Altyapısı

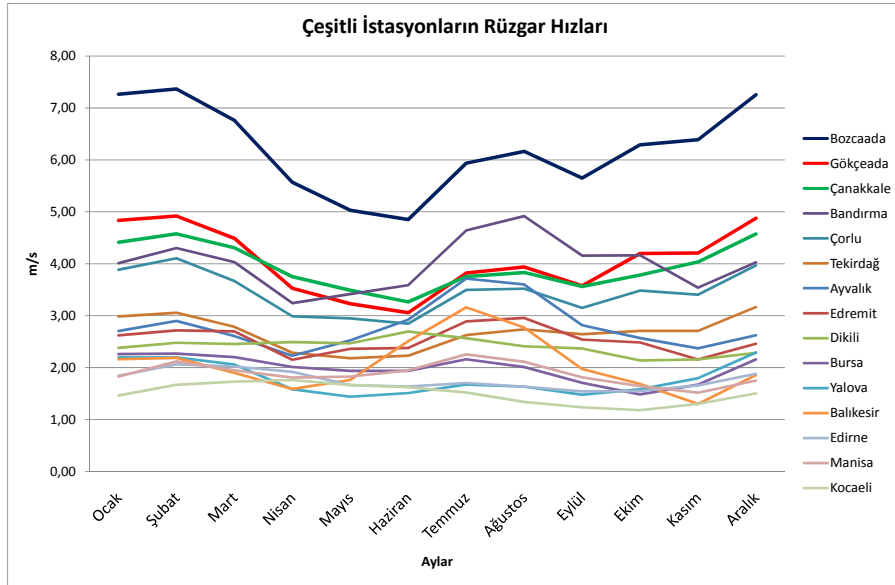
Tez çalışmalarında Pentium 4 3.2 1gb ram ve Çift Çekirdekli Centrino Duo2 2gb ram'i bulunan bilgisayarlar kullanılmıştır. İşletim sistemi olarak Windows XP kullanılmış. veri analizi ve istatistik çalışmalar için SQL Server 2000, MS Access kullanılmıştır. İşlenen ham veri sayısı yaklaşık 10 milyon satırdır. Bu veriler sonra gruplanmış ve ortalamaları alınarak aylık ve yıllık hesaplarda kullanılmıştır.

5. RÜZGAR ENERJİSİ ANALİZLERİ

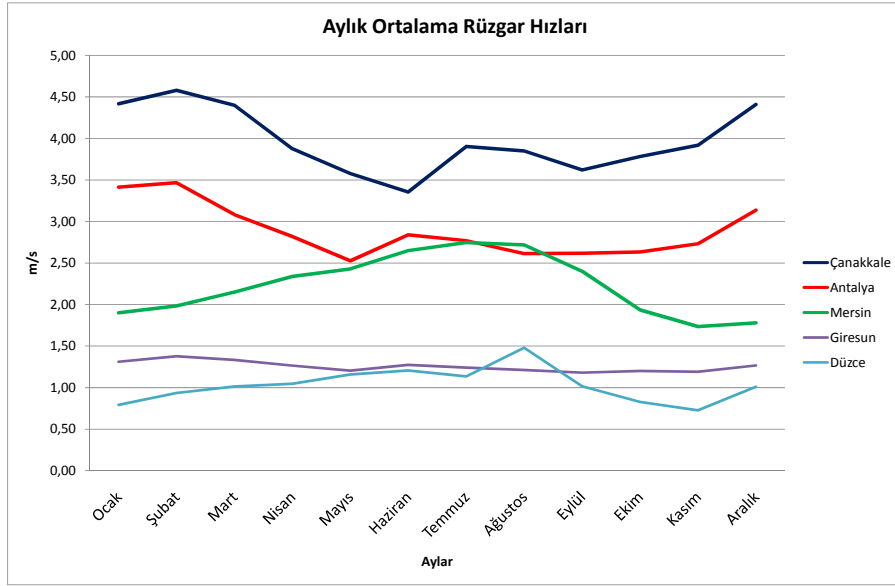
5.1 Rüzgar Enerjisi ile Genel Durum

Bu tezde çok yüksek ekonomik potansiyeli ve kolayca uygulanabilir olması nedeniyle rüzgar santrallerine öncelik verilmiştir. Doğal olarak meteorolojik veriler içinde en değişken verilerin başında rüzgar hızları ve yönleri gelmektedir. Bu nedenle ilke olarak rüzgar santralleri için sağlıklı ve güvenilir sonuçlar veren bir YSA modelinin hidrolik santraller ve güneş santralleri içinde iyi sonuç vereceği düşünülmüştür. Bu nedenle modelin kurulumu ve testler ağırlıklı olarak rüzgar için yapılmıştır.

Rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalara baz olarak meteorolojinin saatlik rüzgar hızı verileri alınmıştır; bu veriler bilahare günlük ve aylık olarak gruplanarak işlenmiştir.. Öncelikle istasyonların yıllık analizlerine bakıldığına, rüzgar enerjisi potansiyelinin Çanakkale, Antalya, Mersin, Çorlu ve Gelibolu olarak sıralandığını görülebilir. Genel olarak rüzgar hızlarının potansiyelinin yıl içindeki iki zirve yaptığı, bunlarında Şubat ve Ağustos aylarında olduğu en üst düzeye ise Şubat ayında ulaştığı görülmüştür (Şekil 5.1 ve 5.2). Rüzgar hızları açısından bölgeler arasında rüzgar potansiyeli açısından büyük farklılıklar olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.1 Çeşitli İllerin ve Bölgelerin Aylık Rüzgar Hızı Ortalamaları

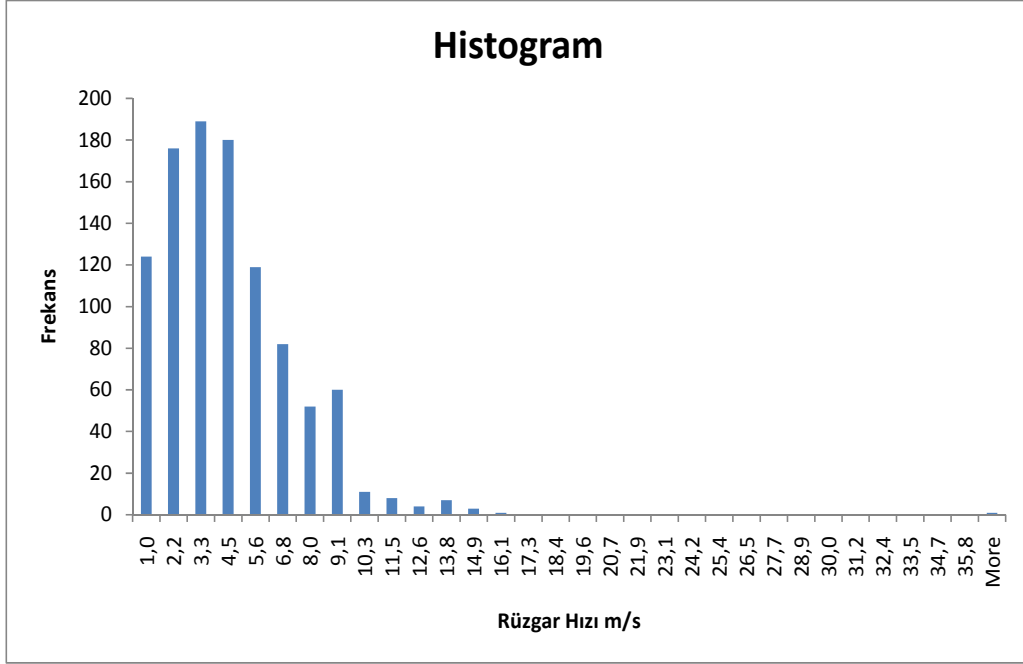


Şekil 5.2 Çalışmada Kullanılan İllerin Aylık Rüzgar Hızı Ortalamaları

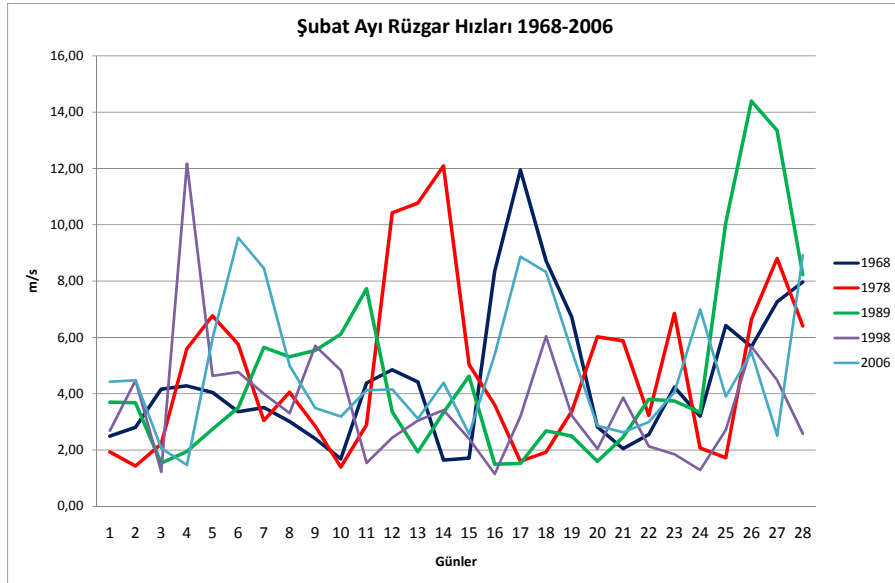
Bu şekillere bakıldığında Mersin ilinin genel olarak farklı bir iklim uşağında olduğu ve Şubat ayında diğer illerin aksine rüzgar potansiyelinde bir artış olmadığı görülmektedir. Giresun ili ise rüzgar potansiyeli açısından sürekli düşük ama kararlı yapısı ile dikkat çekmektedir. Çanakkale ve Antalya ise aralarında potansiyel farklılıkları olmakla birlikte genel olarak benzer eğilimler göstermektedir. Çalışmalarda öncelikli olarak Çanakkale ili verileri kullanılmış ve rüzgar potansiyelinin belirleyici olduğu Şubat ayına analizlerde ağırlık verilmiştir.

Çanakkale ili için yapılan ve Şekil 5.3'te verilen histogram analizinden de görüleceği üzere, Çanakkale ilinde genel olarak 3-4m/s lik rüzgar hızı belirgin ve neredeyse sürekli olarak gözlemlenmektedir. Yüksek hızlara da sık sık ulaşıldığı histogramdan açıkça anlaşılmaktadır. Bu dağılıma bakarak Çanakkale'de rüzgarsız zamanın nerdeyse hiç bulunmadığı söylenebilir.

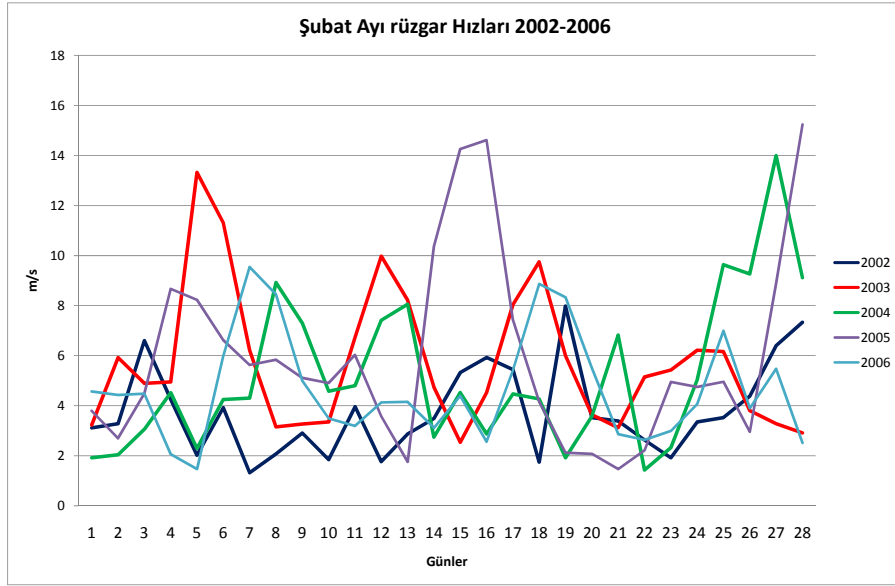
Rüzgar hızlarının yıllar içindeki dağılımların açısından belirgin olan Şubat ayı incelendiğinde yıllar içinde herhangi belirgin bir günlük trendin olmadığı gözlenmiştir (kırk yıllık ortalama Şekil 5.4, son beş yıllık ortalama Şekil 5.5). Benzer şekilde yakın yıllara bakıldığında da yine yıllar arasında bir benzerlik görülmemiştir. Bu beklenen bir durum olup rüzgar hızlarının uzun dönem tahminlerinin ne dedenli zor olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu nedenle geleneksel öngörüm ve tahmin metotların kullanılması çok sağlıklı sonuçlar vermeyecektir..



Şekil 5.3 Çanakkale İli Rüzgar Hızı Ortalamaları Histogramı



Şekil 5.4 Çanakkale İli Geçmiş Yıllarda Rüzgar Hızı Ortalamaları

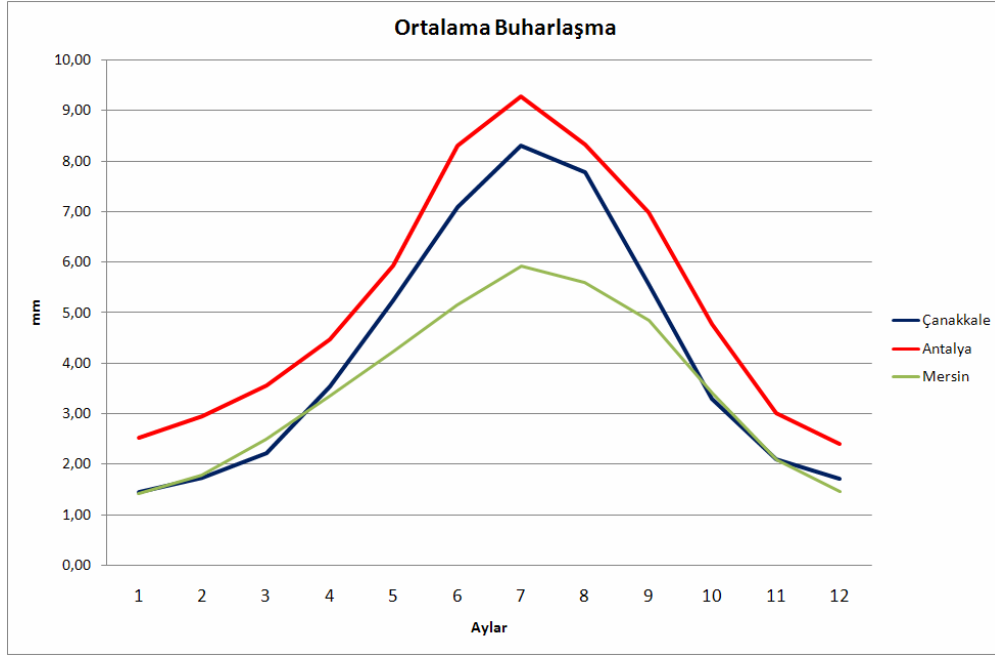


Şekil 5.5 Çanakkale İli Şubat Ayı Yakın Yıllarda Rüzgar Hızı Ortalamaları

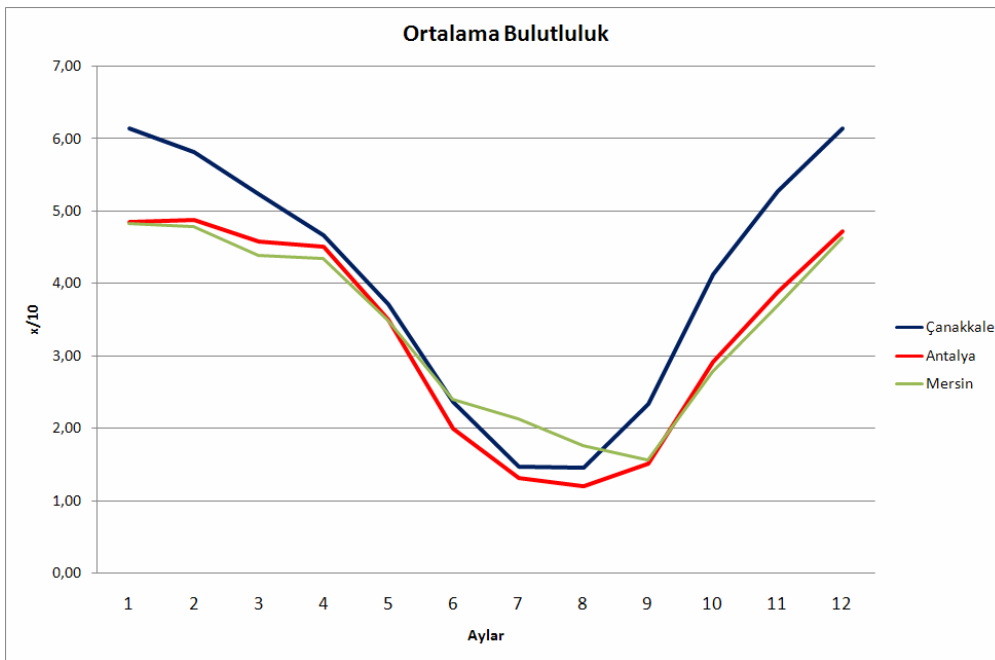
Çanakkale ilinin rüzgar potansiyeli asırlardır bilindiği ve rüzgar yatırımcılarının gözdesi olduğu için rüzgar verileri yüksek bir hassasiyetle ölçülmekte ve bilinmektedir. Türkiye'nin tüm illeri rüzgar verilerinin güvenilirliği bakımından aynı derecede şanslı değildir. Bu nedenle modelin gerektiğinde girdi olarak diğer sağlıklı olarak ölçülebilen meteorolojik verilerden yararlanarak hedef olan rüzgar verilerini elde etmesi alternatif de önemli bir hedef olarak kabul edilmiştir. Bu tür meteorolojik verilerin başlıcaları;

- Ortalama buharlaşma değerleri;
- Ortalama Bulutluluk;
- Ortalama yağış;
- Ortalama sıcaklık;
- Ortalama basınç;
- Günlük toplam güneş radyasyonu;
- Ortalama Yağış;
- Ortalama Nem;

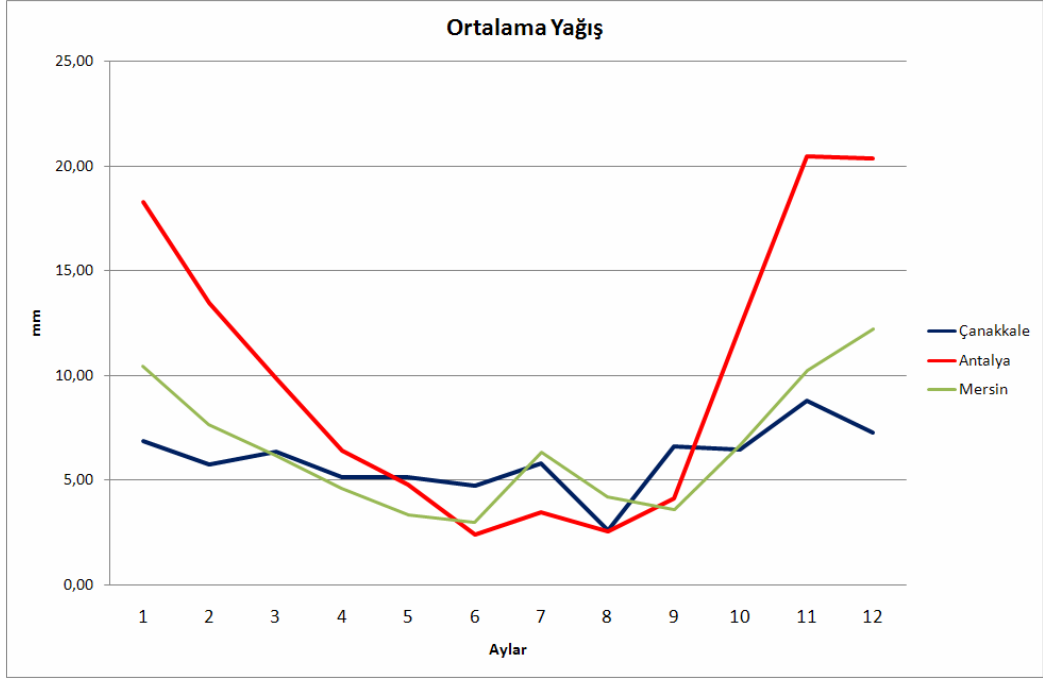
değerleridir. Seçilen illere ait bu değerlerden bazıları Şekil 5.6 – Şekil 5. 10 dan görülebilir. Şekil 5.11 – Şekil 5.13 ise geliştirilen model testleri için kullanılan Çanakkale, Antalya ve Mersin illeri için normalize edilmiş tüm meteorolojik verileri vermektedir.Yapılan karşılaştırmalar ve analizler sonucunda öncelikli olarak rüzgar hızı ile ilişkili olabilecek veriler saptanmaya çalışılmıştır.



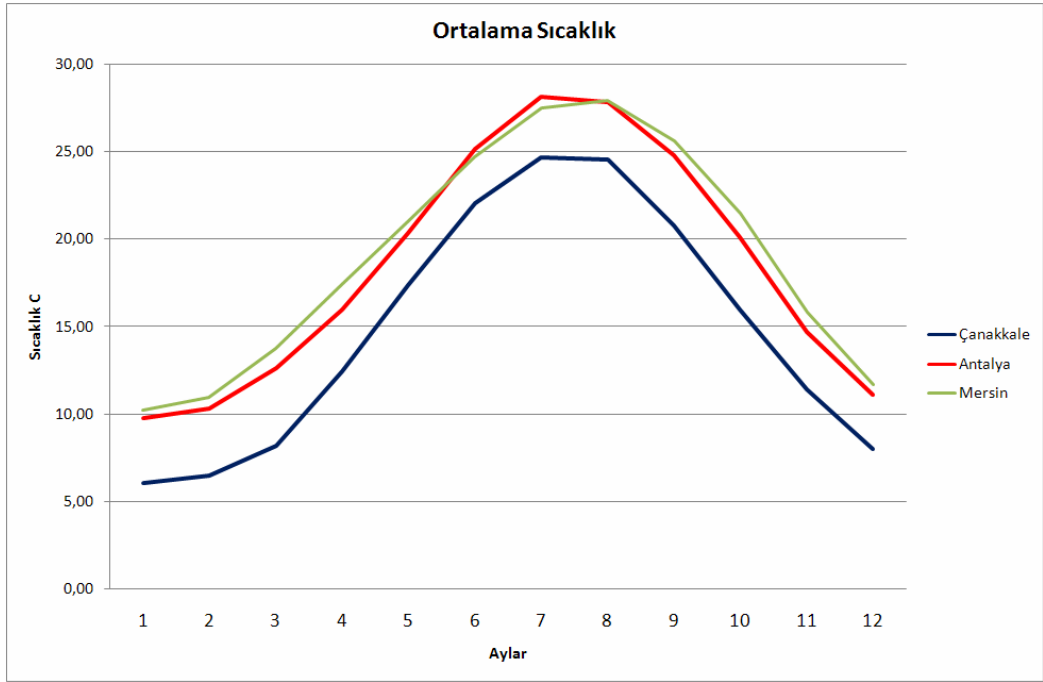
Şekil 5.6 İllerin Aylık Buharlaşma Ortalamaları



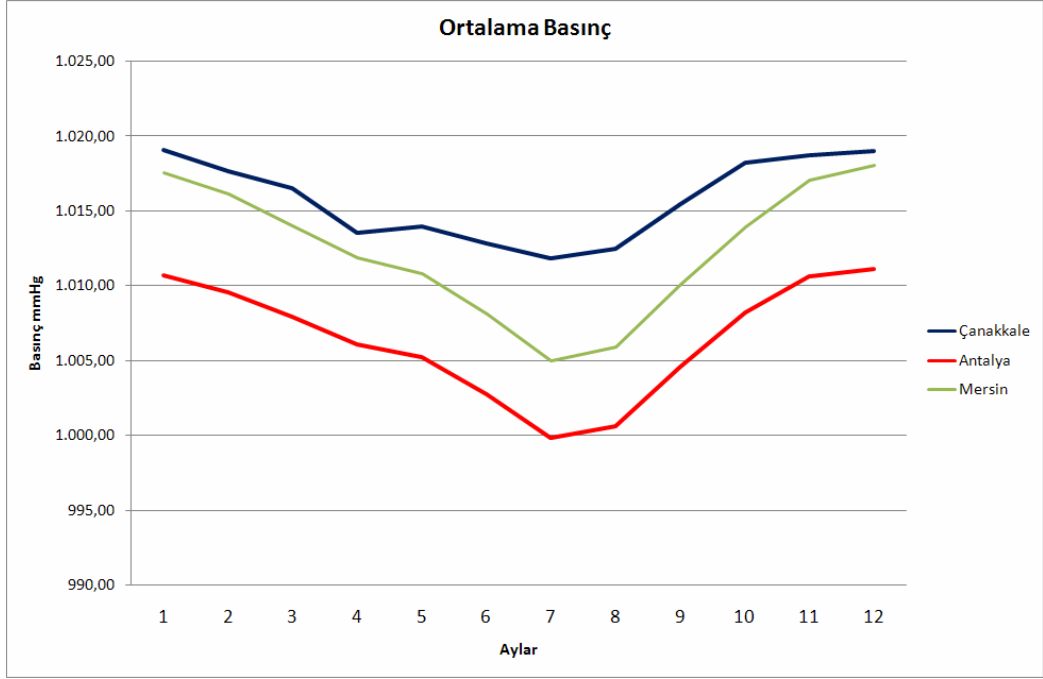
Şekil 5.7 İllerin Aylık Bulutluluk Ortalamaları



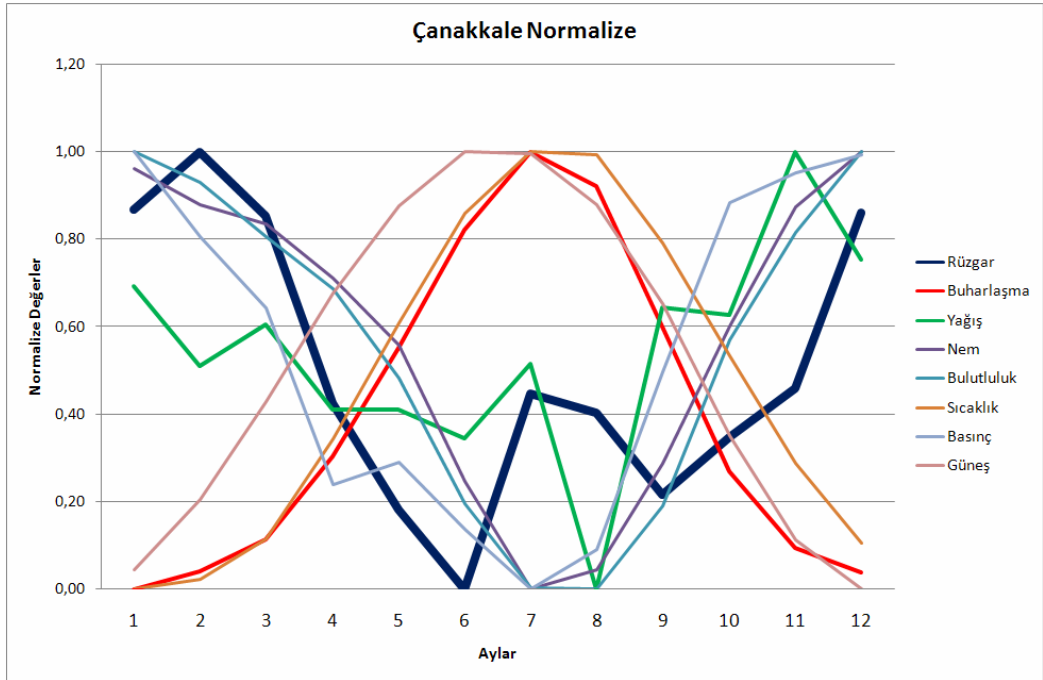
Şekil 5.8 İllerin Aylık Yağış Ortalamaları



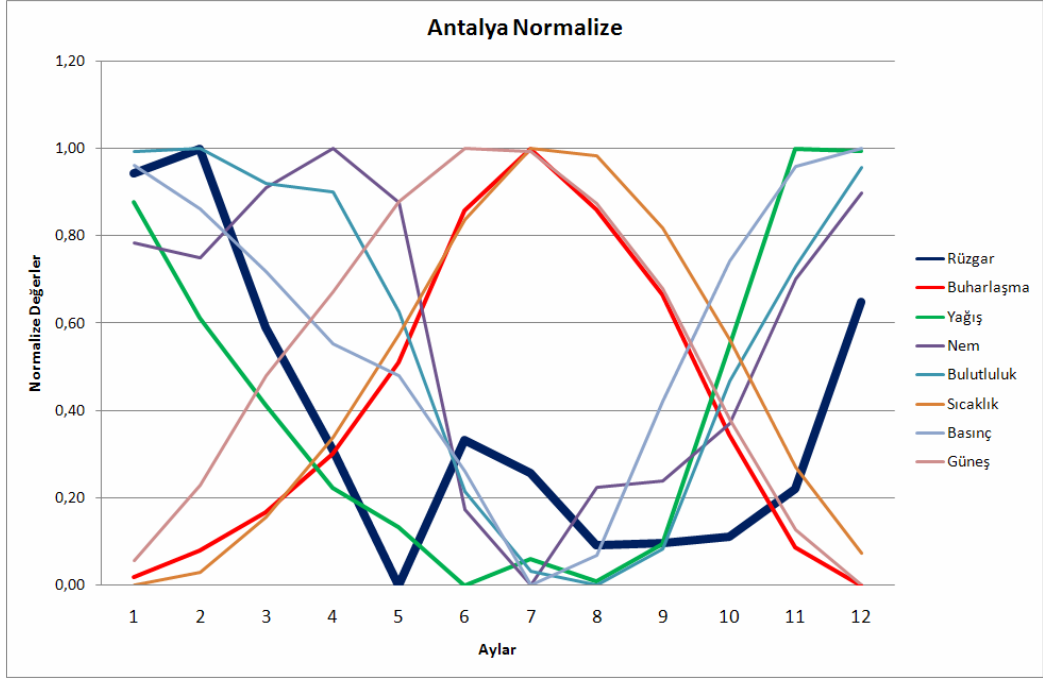
Şekil 5.9 İllerin Aylık Sıcaklık Ortalamaları



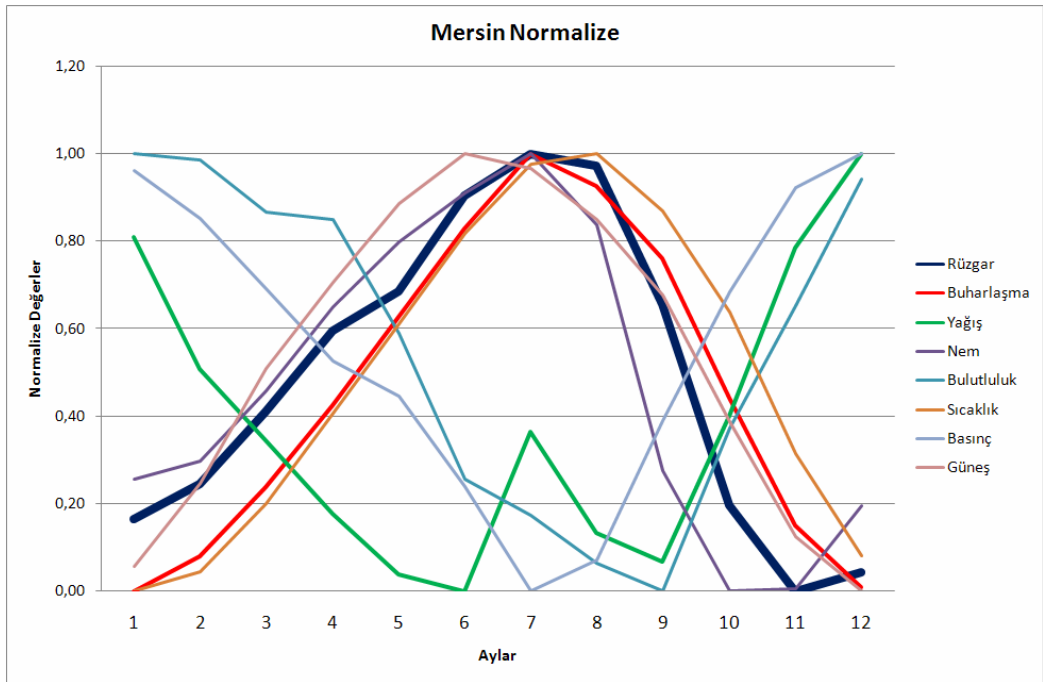
Şekil 5.10 İllerin Aylık Basınç Ortalamaları



Şekil 5.11 Çanakkale İli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi



Şekil 5.12 Antalya İli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi



Şekil 5.13 Mersin İli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi

5.2 Rüzgar Enerjisi ile İlgili Genel Yapay Sinir Ağı Analizi

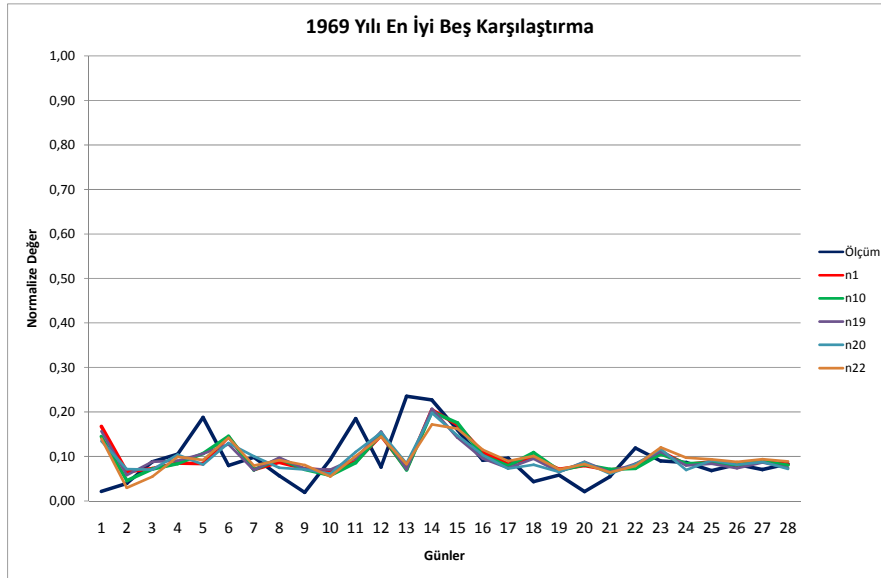
Rüzgar enerjisi ile ilgili olarak literatürde yapılan ilk çalışmalar yapay sinir ağına veri olarak geçmiş beş günlük verinin girilmesi ve çıktı olarak bir gün sonraki rüzgar hızının hedef olarak

verilmesi şeklindedir Sfetfos (2000). Yazarın bu çalışmadaki temel amacı, kendisinden önce yapılmış olan yakın geçmiş rüzgar verileri kullanılarak bir sonraki saatin rüzgar hızını tahmin eden çalışmaları günlük verilerin tahminine uzatmak olarak nitelendirilebilir.

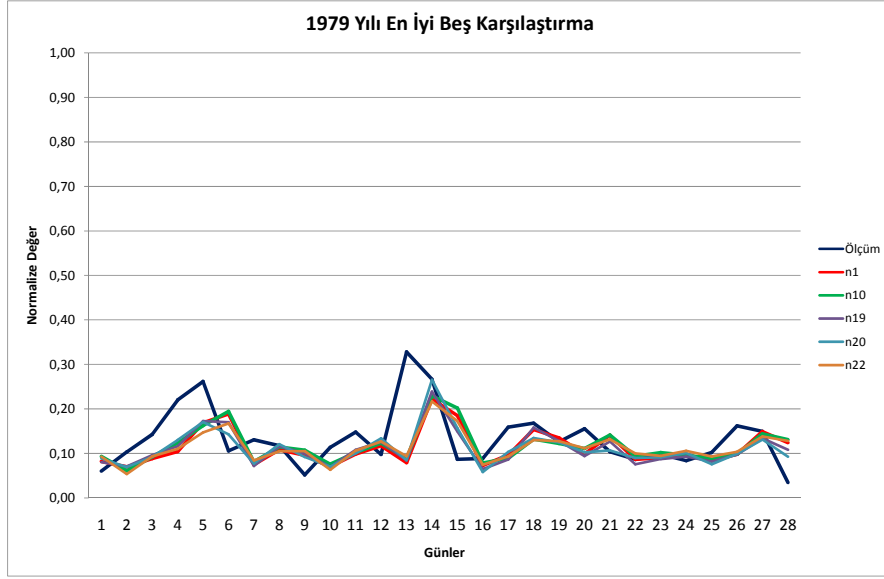
Bu tez çalışmasında birinci aşama olarak literatürde en sık rastlanan 22 farklı YSA modelinin MATLAB programı kullanılarak test edilmesidir. Test çalışmaları EK 1'den görülebilir.

5.2.1 Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Test Sonuçları

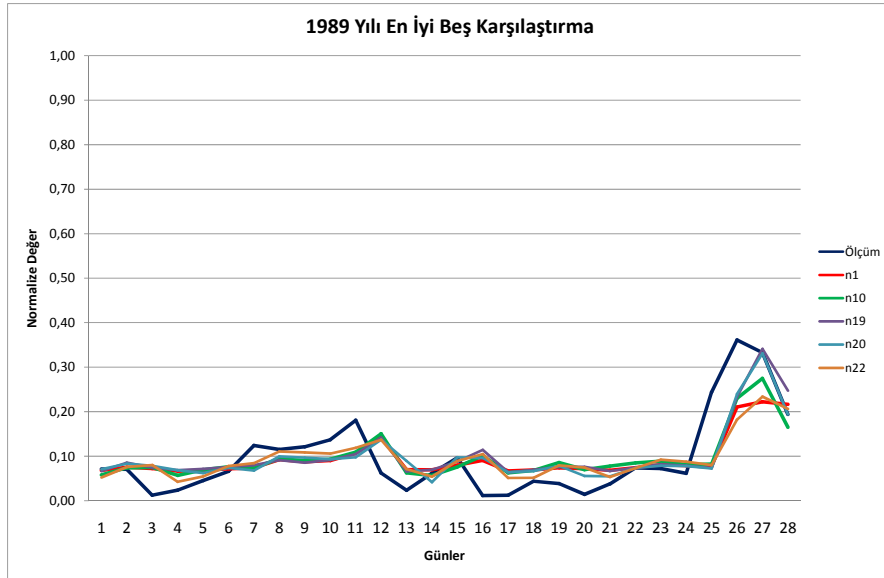
Şekil 5.14 – Şekil 5.18 ise bazı yıllar için en iyi sonuçları veren 5 YSA modelinin sonuçlarını gerçek veriyle karşılaştırmalı olarak vermektedir. Görüleceği gibi çift katmanlı ardışık beslemeli geri yayılım ağının log sig aktivasyon fonksiyonu esaslı 22 no'lu model en iyi sonuçları vermektedir.



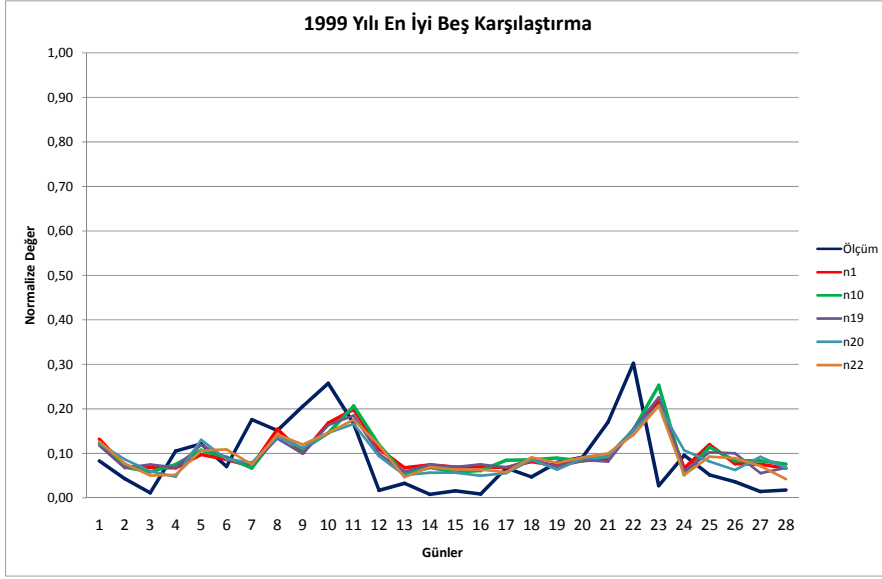
Şekil 5.14 1969 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



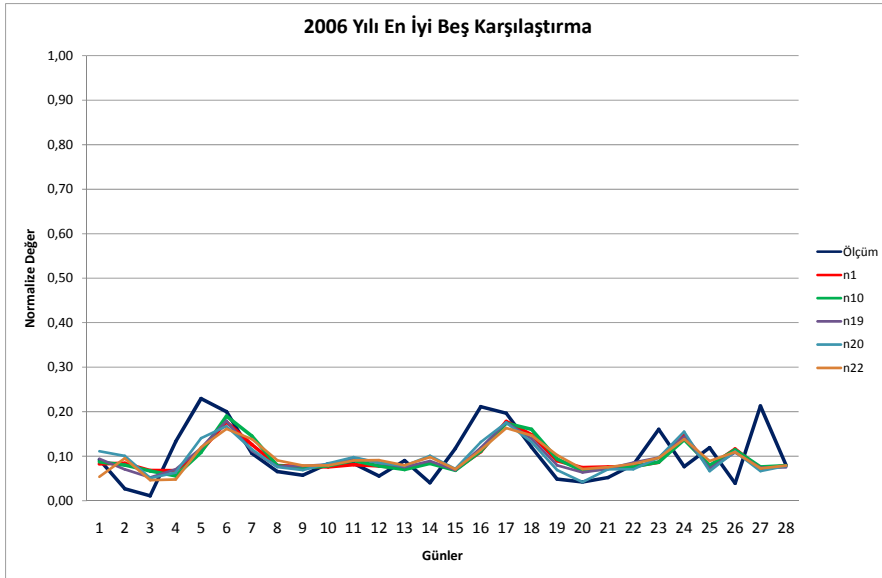
Şekil 5.15 1979 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.16 1989 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.17 1999 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.18 2006 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları

5.3 Rüzgar Enerjisi Tahmininde İkinci Nesil Yapay Sinir Ağı Çalışmaları

Daha önceki bölümde uygulanan metotlar içinden en iyi sonuç veren metotlar belirlenmiş ve özellikle çift katmanlı ardışık beslemeli geri yayılım ağının log sig aktivasyon fonksiyonu esaslı 22 no'lu modelin en iyi model olduğu saptanmıştı. Bu bölümde ise anılan metot'un nasıl daha iyileştirileceği üzerinde durulmaktadır. İyileştirme daha çok girdilerin sayısı ve niteliklerini kapsamaktadır. veriler iki ana grupta ele alınmaktadır. Öncelikle rüzgar enerjisi ile ilgili olabilecek girdiler kritik bir değerlendirmeye tabi tutulmuş, bilahare değerlendirilen bilgiler geçmiş yıllar içinde onar yıl ara ile seçilen yıllar üzerinde, daha önce en yüksek rüzgar hızlarına Türkiye genelinde ulaşıldığı saptanmış olan, şubat ayı verileri için test edilmiştir. İstenildiği takdirde, diğer aylar içinde çalışmalar yapmak ve ağırlıklar hesap etmek mümkündür.

Bilindiği gibi, rüzgar hızı ölçümleri bazı meteorolojik bölgelerde ölçülememekte veya istasyon yörelerinin topoğrafyası çok değiştiği için yanlış olmaktadır. Bu amaçla, hedef rüzgar hızı seçilmek kaydıyla, girdiler arasında geçmiş rüzgar ölçümleri bulunmadan bir tahmin yapılabilir mi sorusuna yanıt aranmıştır. Çizelge 5.1 yapılan ilk aşama çalışmasında kullanılan girdiler listesini vermektedir. Girdiler ve sonuçlar daha önce anlatılan yöntemle normalize edilmektedir. Çizelgeden görüleceği üzere 20 girdi ve 1 çıktı vardır. Bu çizelgede n hesap yapılması istenen hedef süreyi vermektedir. Buna göre (n-1) girdileri, n süresinden bir birim önceki, (n-2) ise iki birim önceki verileri ifade etmektedir.

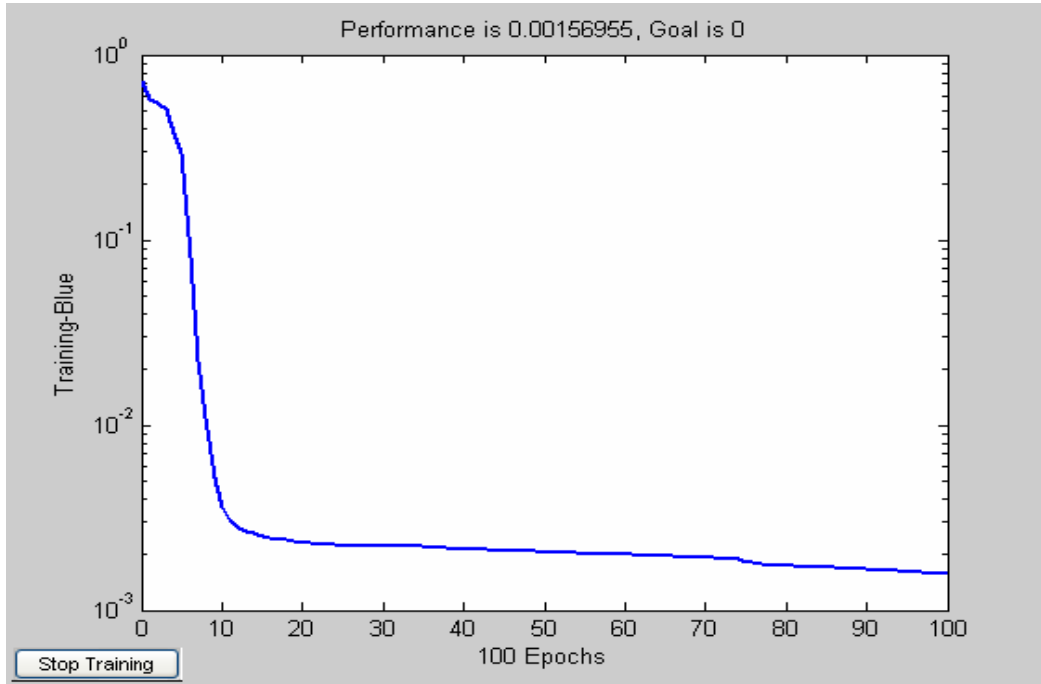
Literatürde yapılan çalışmalar birinci nesil çalışmalar olarak kabul edildiğinde, bu yaklaşım "İkinci Nesil" çalışma olarak değerlendirilebilir. Şekil 5.19 – 5.22 daha önce literatürde belirlenmiş olan en iyi sonucu veren 5 modelin, Çizelge 1 de yer alan girdiler ile çalıştırılmasıyla elde edilen "EPOCH" test sonuçlarını vermektedir (metodoloji bölümüne bakınız). Bu şekillere bakıldığında yapılan run (koşma) sayısı YSA'nın öğrenme yetisini göstermektedir. Örneğin, test edilen tüm modeller ilk 30 koşmadan sonra yatay bir görünüm almakta bu da aslında modelin sonuçlara ulaşmaya başladığını yani sonuçları öğrendiğini göstermektedir. Bu noktadan itibaren bu tür sonuçlara performans denecektir. Buna göre "Model 22" seçiminin doğru olduğu gözlemlenebilir. Şekil 5.22 de yer alan "Model 1" tek katmanlı olduğundan 20 kez çalışma sonunda sonucu bulduğun varsayarak öğrenme sürecini tamamlamaktadır. Bu da doğal olarak yetersiz sonuçlara yer açmaktadır.

1969, 1979, 1989, 1999 ve 2006 yılları için beş model kullanılarak elde edilen ikinci nesil sonuçları Şekil 5.24 – 5.28 den görülebilir. Bu sonuçlarda hedef değer fiili olarak yapılan

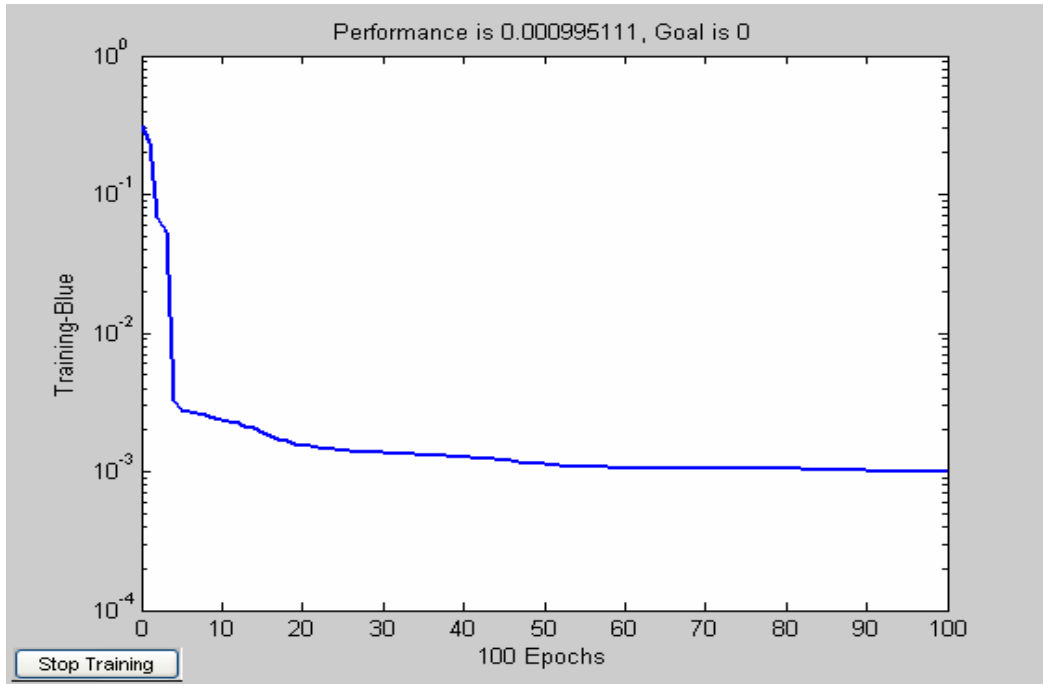
rüzgar ölçümleridir. Ancak, girdilerin hiç birinde önceki rüzgar ölçümleri yer almamaktadır. Sonuçların oldukça iyi olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 5.1 Rüzgar Enerjisi Günlük Tahminleri için Girdi -Çıktı Bilgileri

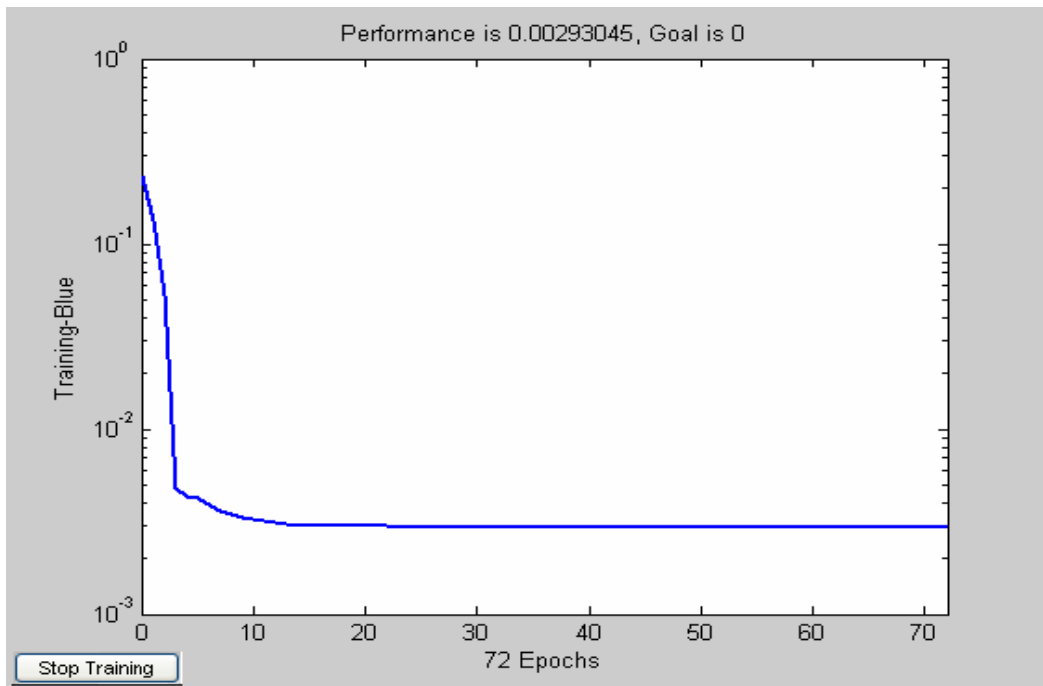
Girdiler (20 Bağlantı)	Hedef (1 Çıkış)
Basınç(n), Basınç(n-1), Basınç(n-2) BasınçDeğişim((n-1)-(n-2)), BasınçDeğişim((n-1)-(n-3)), Yağış(n), Yağış(n-1), Yağış(n-2) YağışDeğişim((n-1)-(n-2)), YağışDeğişim((n-1)-(n-3)), Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2) SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)), Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2) NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)),	Rüzgar Hızı(n)



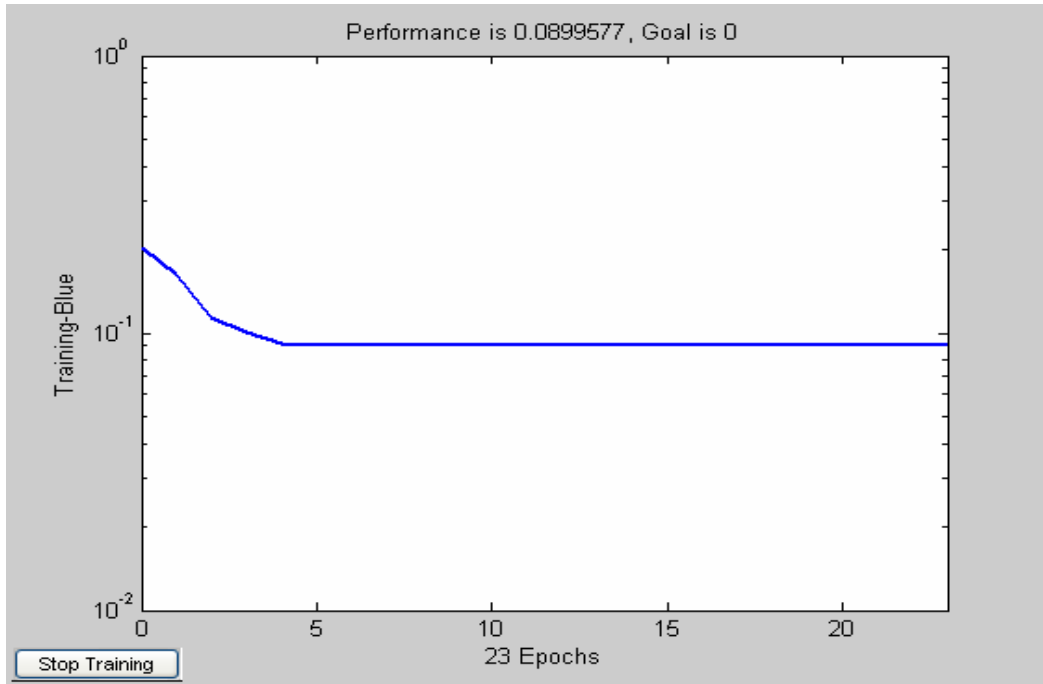
Şekil 5.19 İkinci Nesil Ysa Modeli 20 Test Sonuçları



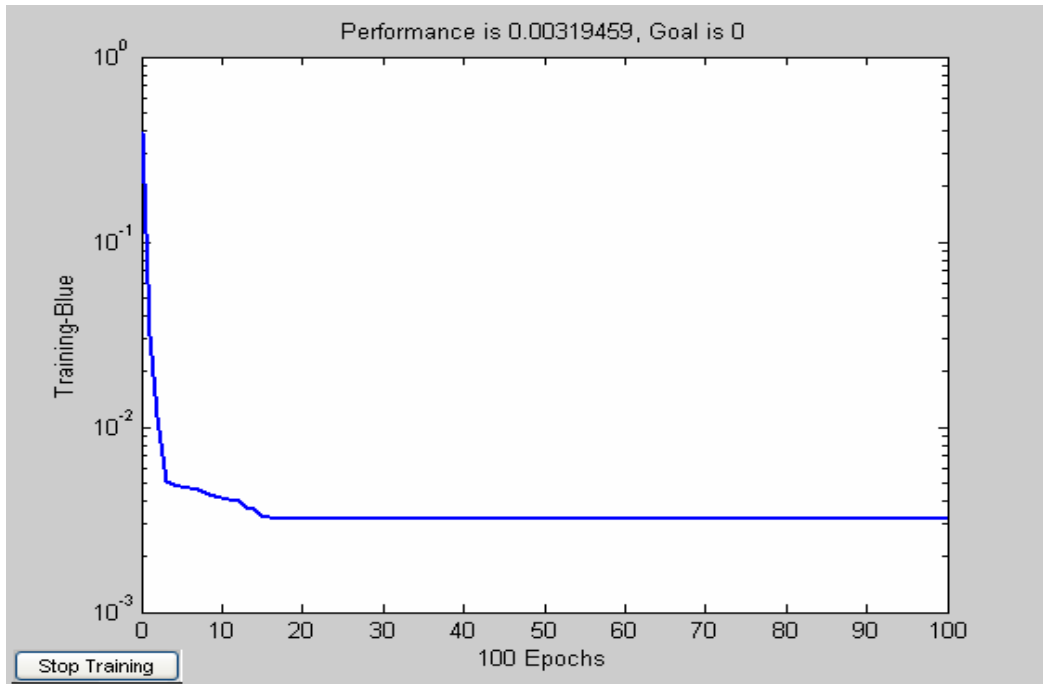
Şekil 5.20 İkinci Nesil Ysa Modeli 19 Test Sonuçları



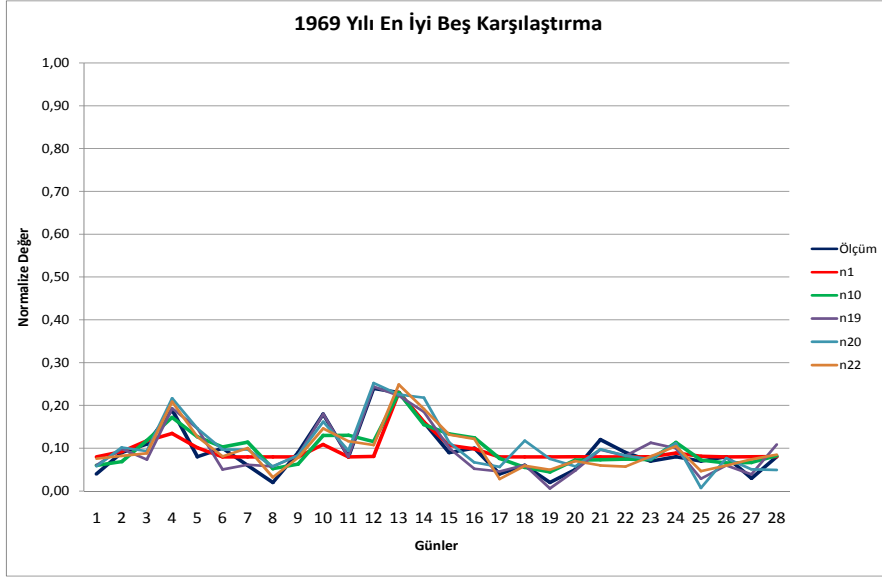
Şekil 5.21 İkinci Nesil Ysa Modeli 10 Test Sonuçları



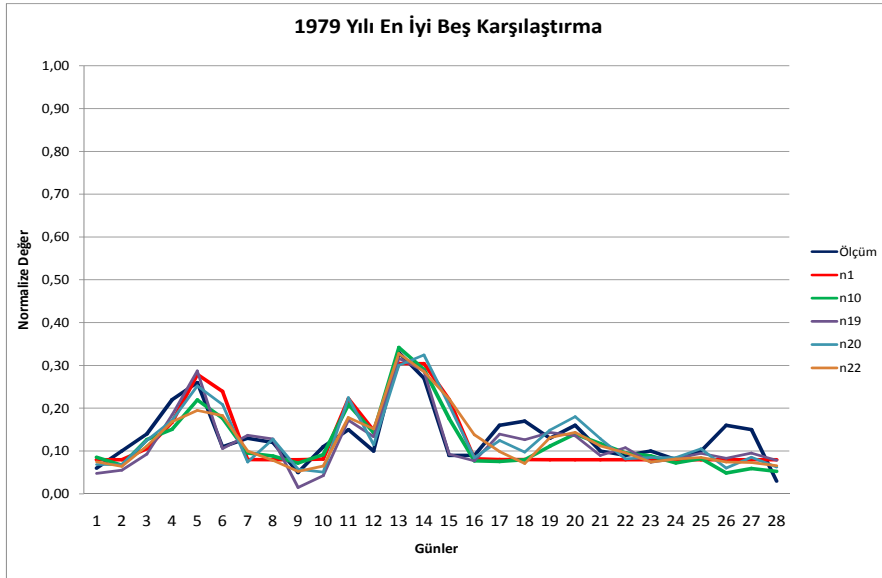
Şekil 5.22 İkinci Nesil Ysa Modeli 1 Test Sonuçları



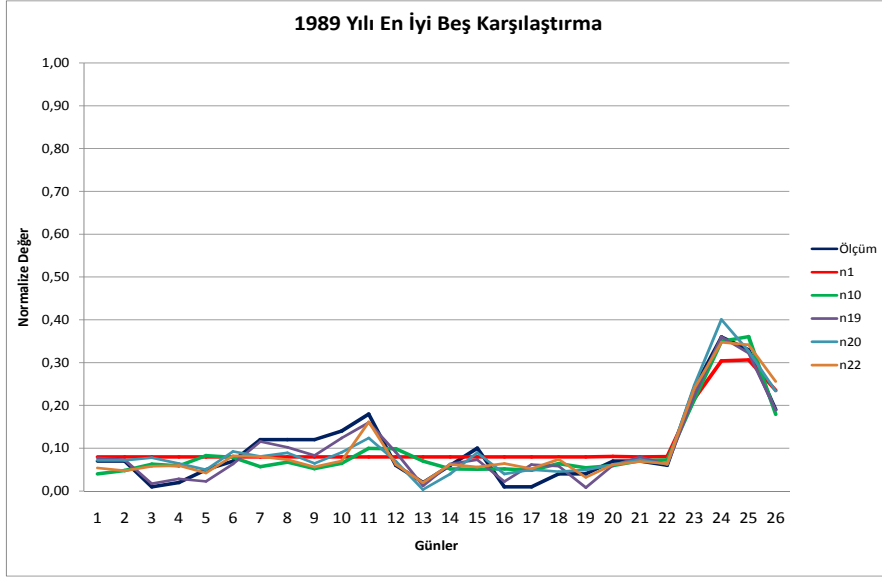
Şekil 5.23 İkinci Nesil Ysa Modeli 22 Test Sonuçları



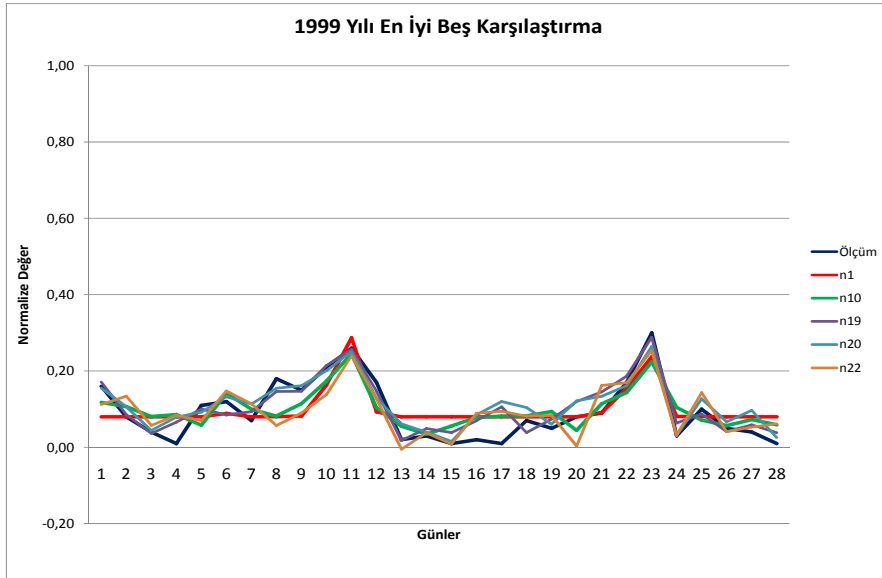
Şekil 5.24 1969 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



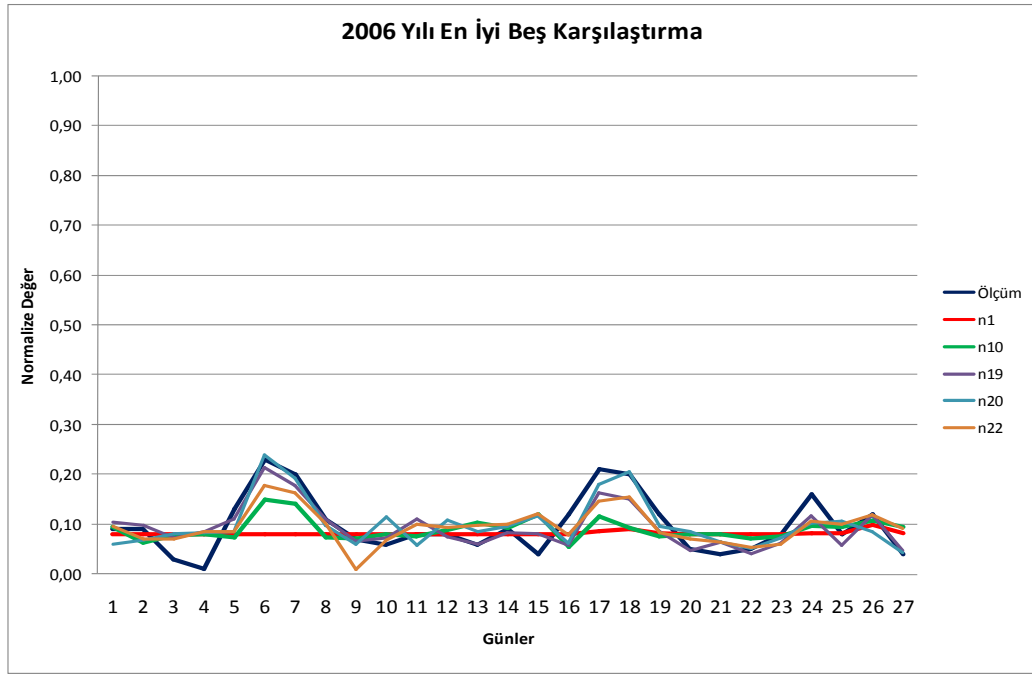
Şekil 5.25 1979 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.26 1989 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.27 1999 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.28 2006 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini İkinci Nesil En İyi Beş Model Sonuçları

5.4 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Üçüncü Nesil Yapay Sinir Ağı Çalışmaları

Bir önceki bölümde ikinci nesil olarak nitelendirilen yapay sinir ağı çalışmaları tanıtılmıştı. İkinci nesil çalışmalarda amaç, hedef olarak alınan verinin geçmişte ölçülen değerleri kullanılmadan ve yalnızca hedef veriyle ilişkili oldukları bilinen ve daha sağlıklı olarak ölçüldükleri gözlemlenen meteorolojik verilerin girdi olarak değerlendirilmesi olarak özetlenebilir.

Üçüncü nesil çalışmalarda ise ikinci nesilde kullanılan ve normalize edilmiş olan verilere ek olarak rüzgar hızı ile ilgili geçmiş dönem ve değişim bilgilerinin de ağ bilgi olarak girilmesi düşünülmüştür. Çizelge 5.2 den görüleceği üzere üçüncü nesil YSA yaklaşımında toplam 25 girdi ve 1 çıktı vardır. Ayrıca deneme sayısı 5000'e çıkartılarak metodun öğrenme kapasitesinde sağlanan iyileştirmeye bakılmıştır.

İkinci nesil çalışmalarında olduğu gibi bu nesil çalışmaları da iki ana grupta toplanmıştır. Öncelikle rüzgar enerjisi ile ilgili olabilecek girdiler değerlendirilmiş, bilahare değerlendirilen bilgiler tipik yıl ve tipik yıla en uzak yıl üzerinde test edilmiş, 12 aylık öngörüler yapılmıştır. Bilindiği üzere meteorolojik olarak tipik yıl, uzun dönem ortalamaların en çok yaklaşan yıl olarak tanımlanmaktadır. Aylık öngörülerde Şubat ayı verileri kullanılmış ve senelik öngörülerde ise aralık ayı verilerinden yola çıkılarak bir sonraki senenin 12 ayı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bulunan ağırlıklar ve kullanılan metot ile herhangi bir ayın girdileriyle o ayı takip eden 12 ayın hedef verilerinin başarı ile öngörülebildiği gözlenmiştir.

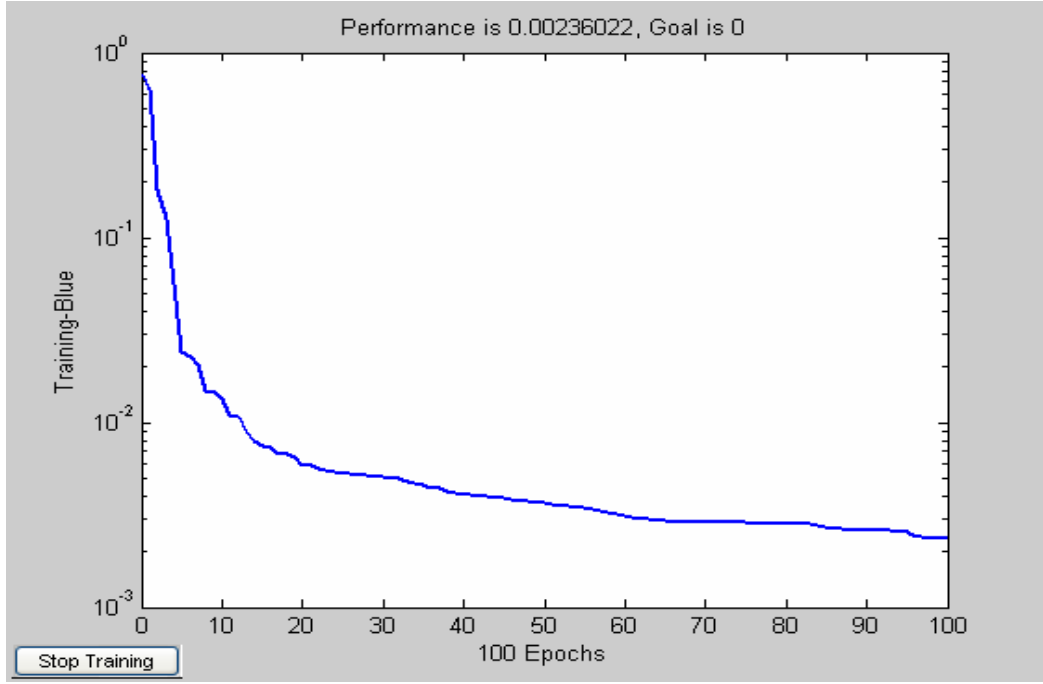
Şekil 5.29 – 5.36 daha önce literatürde belirlenmiş olan en iyi sonucu veren 5 modelin ve bu aşamada geliştirilen deneme çalışma sayıları farklı iki adet üçüncü nesil modelin Çizelge 5.2 de yer alan girdiler ile çalıştırılmasıyla elde edilen test sonuçlarını vermektedir. Buna göre “Model 24 - 5000” seçiminin doğru olduğu gözlemlenebilir. Şekil 5.34 de yer alan Model 23 ise “İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı” olarak geliştirilmiş olup literatürde yer alan “Model 19” un 250 EPOCH olan versiyonudur.

1969, 1979, 1989, 1999 ve 2006 yılları için beş model kullanılarak elde edilen ikinci nesil sonuçları Şekil 5.37 – 5.41 den görülebilir. Bu sonuçlarda hedef değer fiili olarak yapılan rüzgar ölçümleridir. Sonuçların oldukça iyi olduğu, özellikle “Model 24 - 5000” çok iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Bu modelin diğer yöntemlere göre üstünlüğü, dağılımda yer alan zirve veya dip değerleri gerçek değerlere yakın bir şekilde tahmin edebilmesi olarak gözlenmiştir. Şubat ayı verilerinin önemi daha önce vurgulanmıştı. “Model 24 - 5000” in

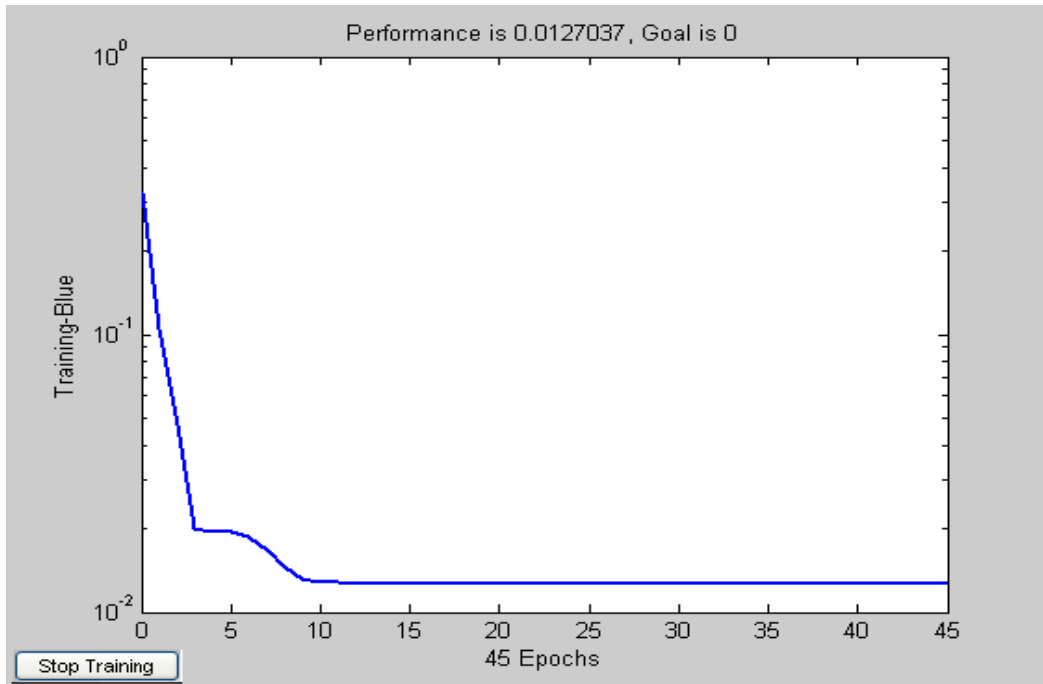
şubat ayı değerlerini tahmin etmekteki başarısı Şekil 5.42 den açıkça görülebilmektedir. 2002 ile 2006 yılları arasındaki şubat ayı değerlerin yer aldığı bu şekilde üçüncü nesil olarak geliştirilmiş olan bu model mükemmel bir uyum sağlamaktadır. Üçüncü nesil çalışmalardan önce verideki ekstrem değerler normalizasyon işlemi sırasında dikkate alınmadı. Böylelikle normalizasyon'da çok daha iyi sonuçlar elde edildi.

Çizelge 5.2 Rüzgar Enerjisi Günlük Öngörümleri için Girdi –Çıktı Bilgileri

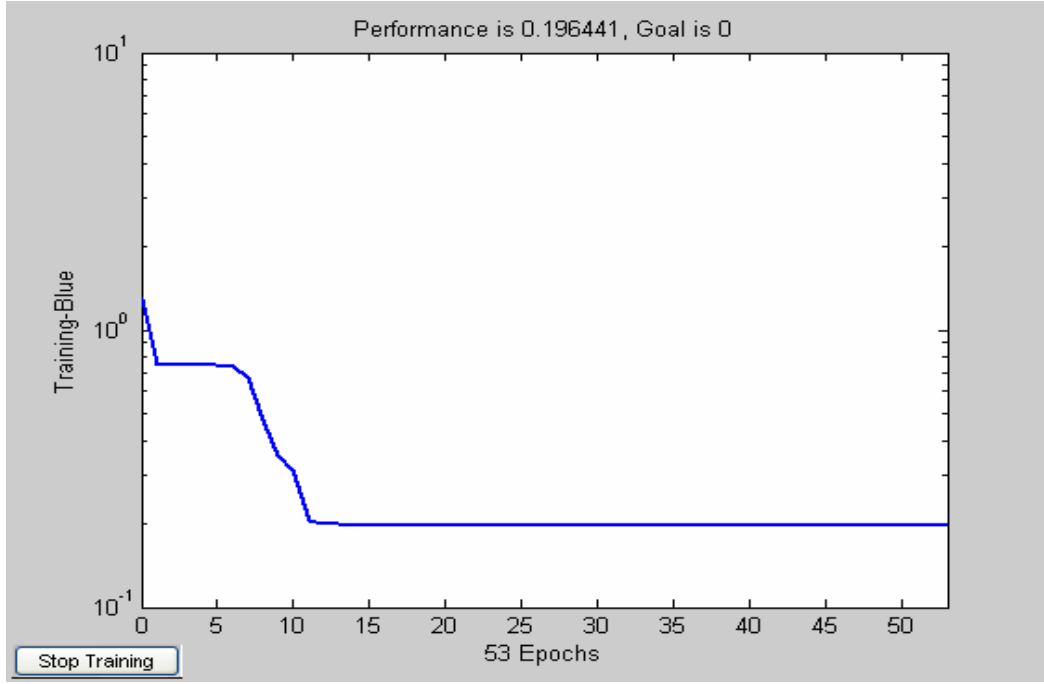
Girdiler (25 Bağlantı)	Hedef (1 Çıkış)
Basınç(n), Basınç(n-1), Basınç(n-2) BasınçDeğişim((n-1)-(n-2)), BasınçDeğişim((n-1)-(n-3)), Yağış(n), Yağış(n-1), Yağış(n-2) YağışDeğişim((n-1)-(n-2)), YağışDeğişim((n-1)-(n-3)), Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2) SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)), Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2) NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)) Rüzgar Hızı(n-1), Rüzgar Hızı(n-2), Rüzgar Hızı(n-3) Rüzgar Hızı Değişim((n-1)-(n-2)), Rüzgar Hızı Değişim((n-1)-(n-3)),	Rüzgar Hızı (n)



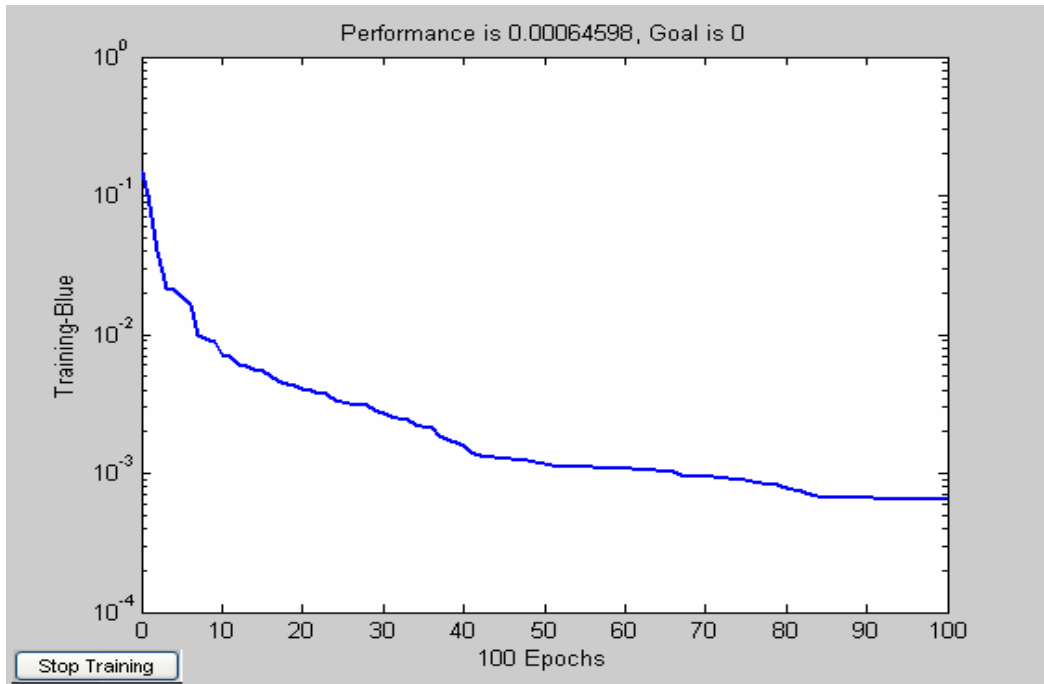
Şekil 5.29 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 20 Test Sonuçları



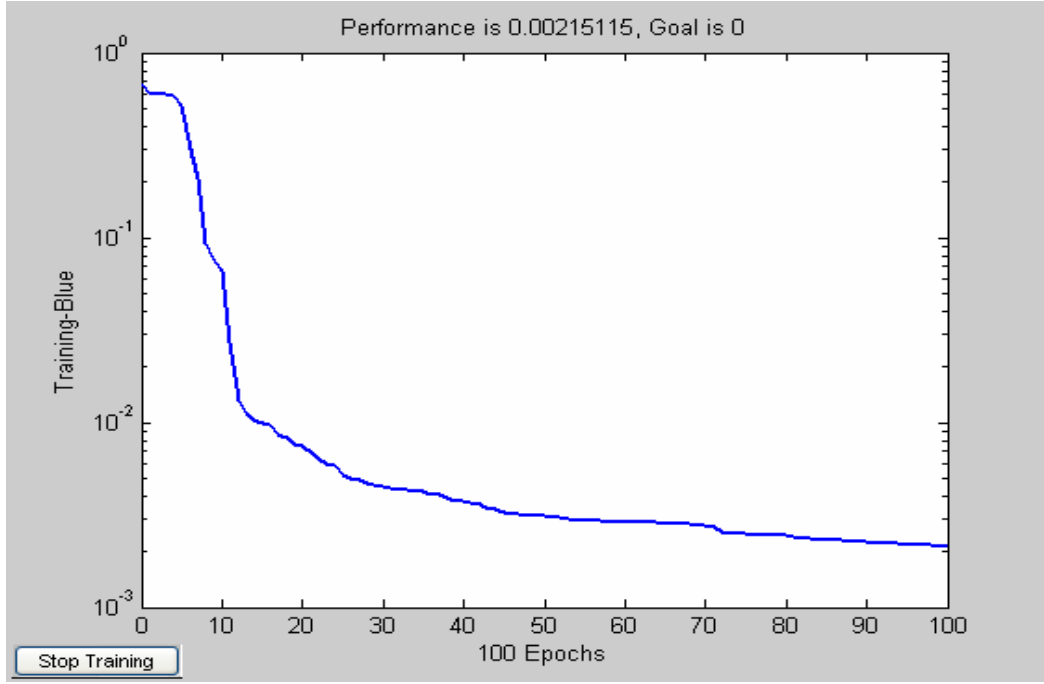
Şekil 5.30 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 10 Test Sonuçları



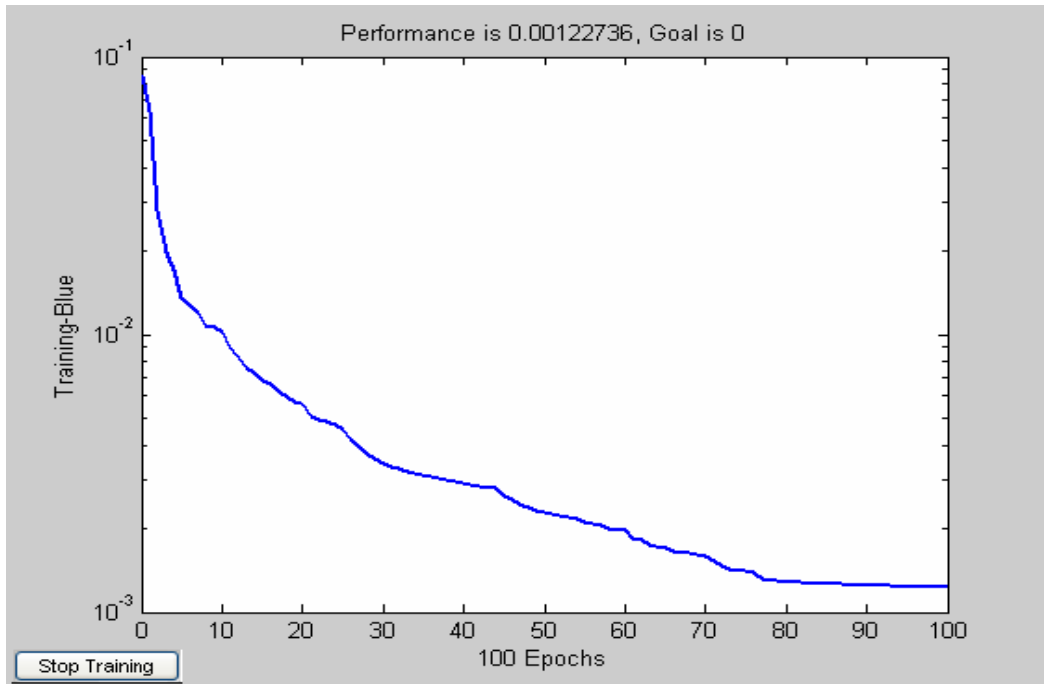
Şekil 5.31 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 22 Test Sonuçları



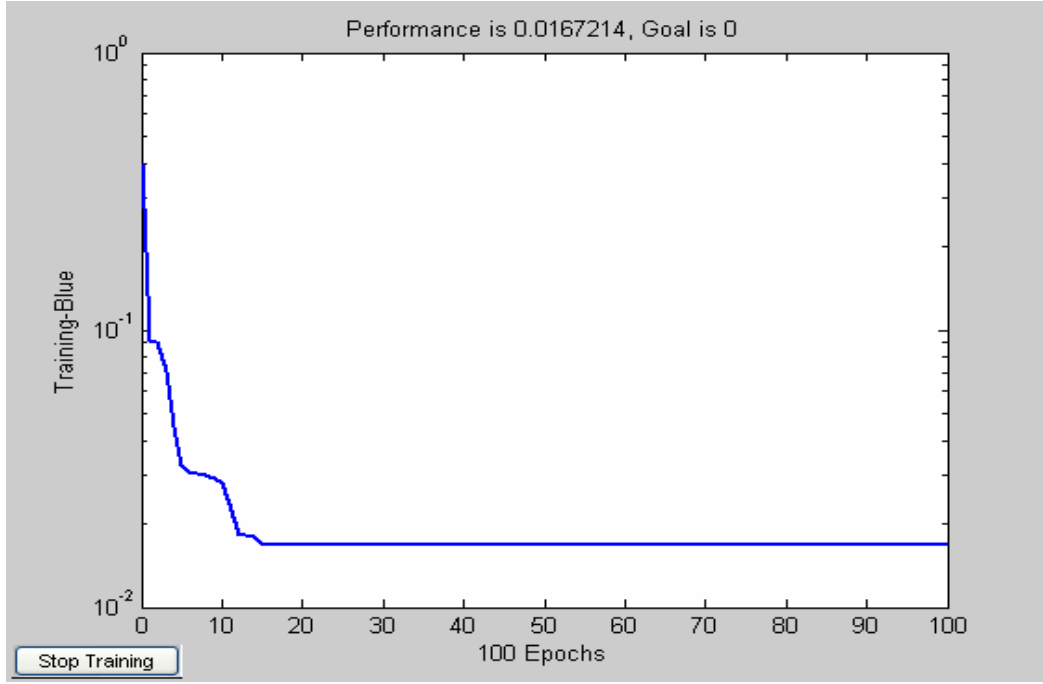
Şekil 5.32 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 24 Test Sonuçları



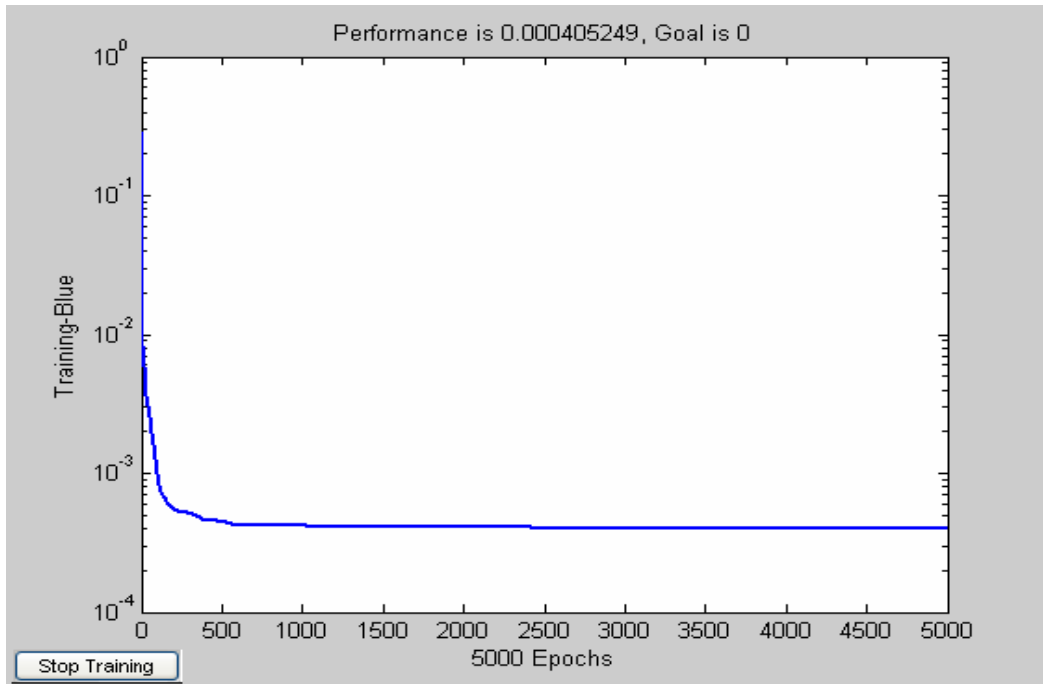
Şekil 5.33 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 19 Test Sonuçları



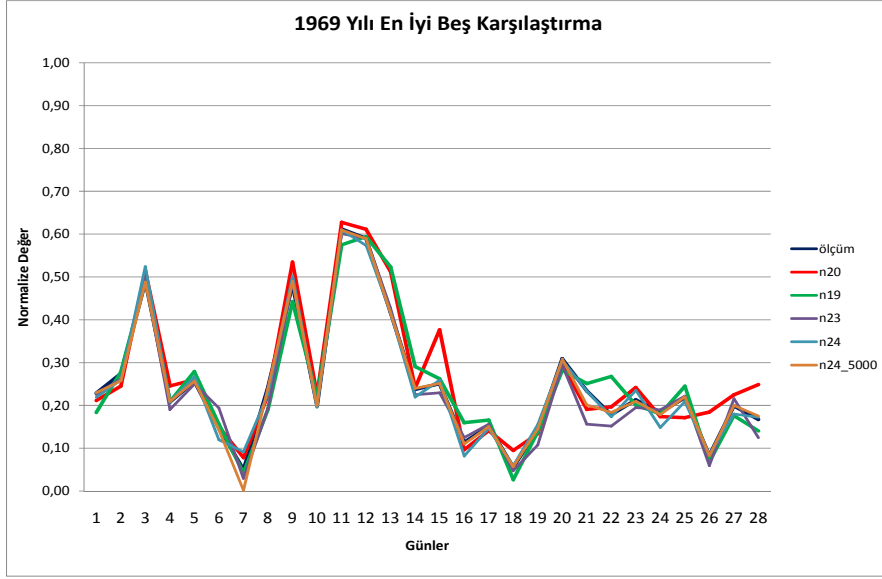
Şekil 5.34 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 23 Test Sonuçları



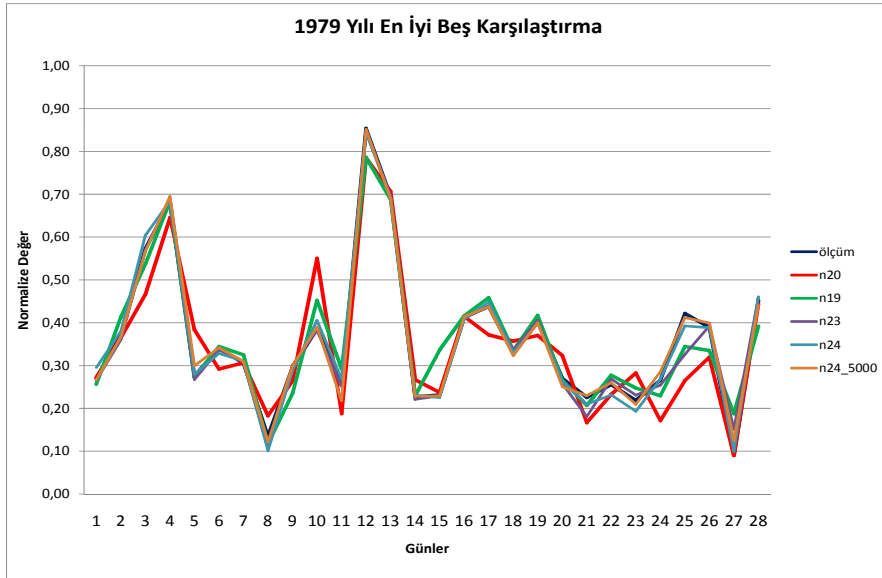
Şekil 5.35 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 1 Test Sonuçları



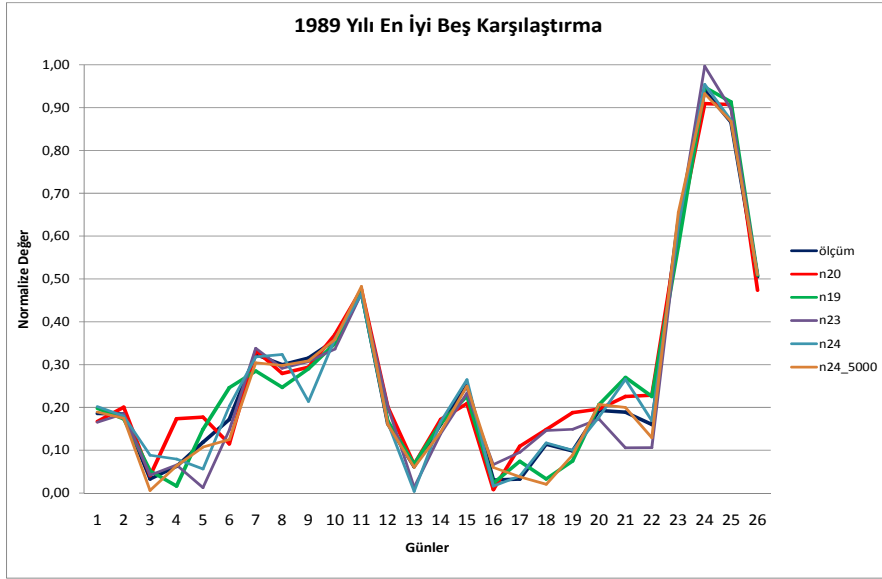
Şekil 5.36 Üçüncü Nesil Ysa Modeli 24-5000 Test Sonuçları



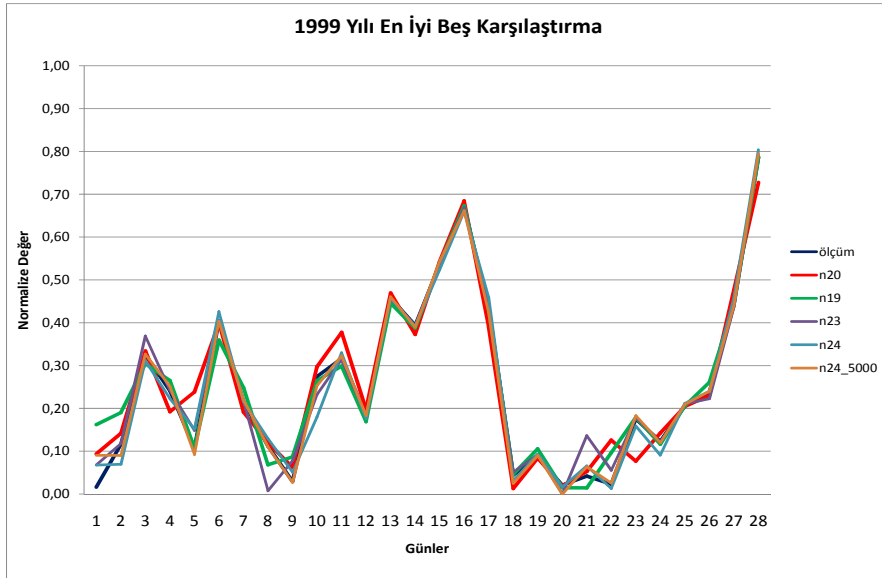
Şekil 5.37 1969 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



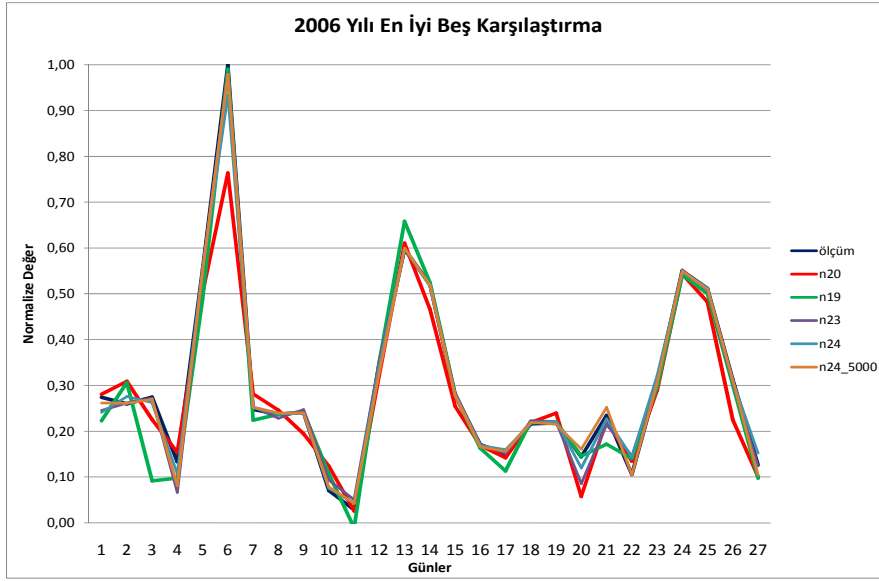
Şekil 5.38 1979 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



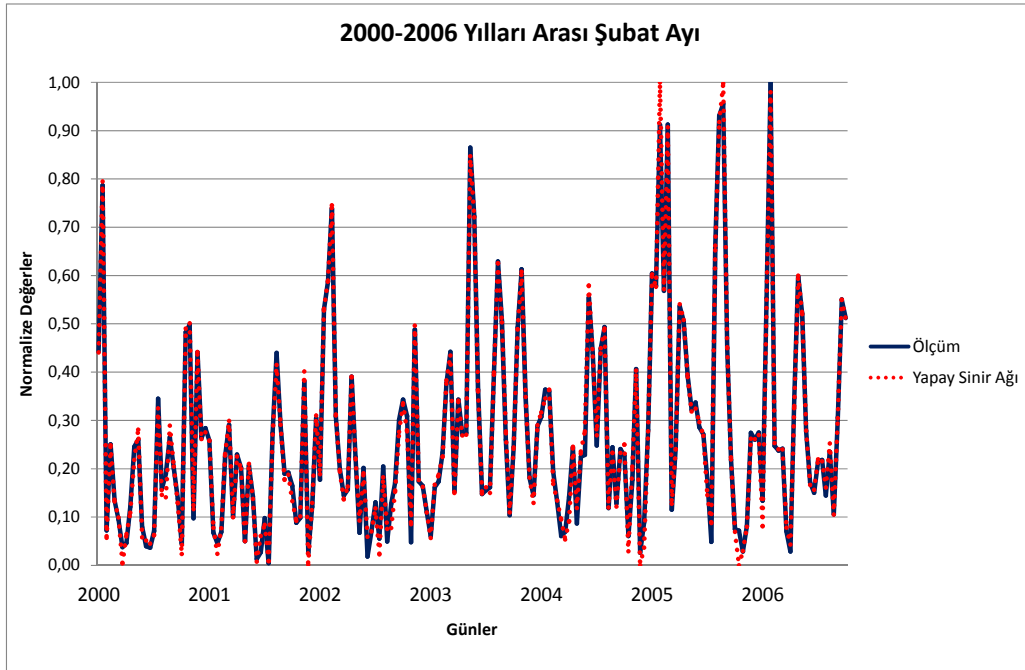
Şekil 5.39 1989 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.40 1999 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.41 2006 Yılı Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 5.42 2000-2006 Yılları Aylık Rüzgar Hızı Tahmini Üçüncü Nesil Sonuçları

5.5 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Dördüncü Nesil Yapay Sinir Ağı Çalışmaları

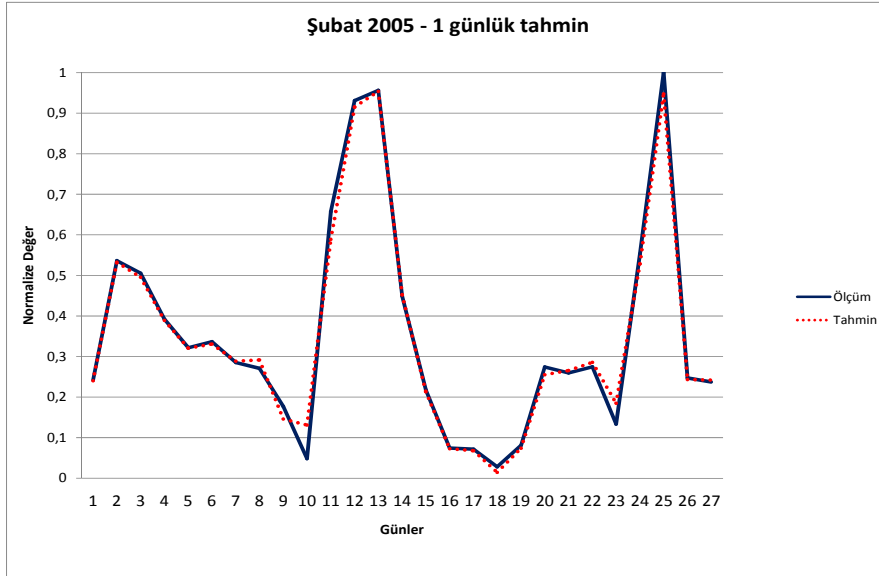
Bir önceki bölümde geliştirilmiş olan üçüncü nesil YSA modeli ilke iki katmanlı ve Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı modelinin geliştirilmiş bir versiyonudur. Literatürde ilk kez

olarak uzun vadeli tahminlerin yapılabilmesine olanak sağlayan bu modelin çok iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

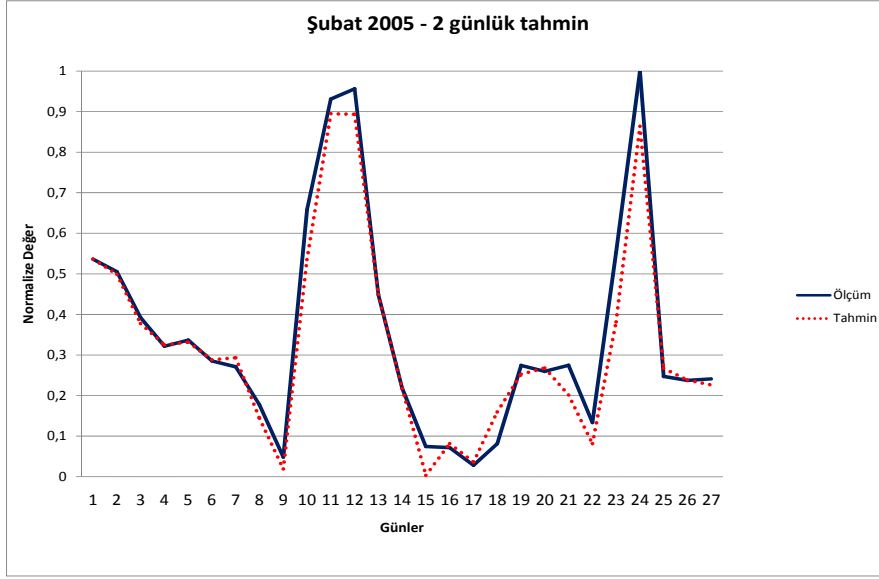
Dördüncü nesil yapay ağ çalışmalarına kadar yapılan çalışmalar rüzgar enerjisinin anlık tahmini için değişik yapay sinir ağları modellerine farklı parametreler ve girdiler girilmesi ile yapılmaktaydı. Bu girdiler ilgili çizelgelerde ayrıntılı olarak verilmişti. Yapılan testler sonucunda en iyi sonuçları veren üçüncü nesil geliştirilmiş ağlar içinde olan iki katmanlı ve Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı modeli üzerinde yoğunlaşılmasının uygun olduğu kararlaştırılmıştır. Ayrıca dördüncü nesil girdileri için, üçüncü nesilde yer alan geçmiş rüzgar verilerinin çıkarılmasını ; onun yerine (n-1) ve (n-2) sürelerini kapsayan rüzgar hızındaki değişimin girdi olarak alınmasına karar verilmiştir. Bu şekilde değişim girdilerinin sayısı artmakta; buna karşın rüzgar girdilerinin sayıları azaltılarak değişim değerlerine ağırlık verilmektedir.

5.5.1 Kısa Vadeli Günlük Öngörüler

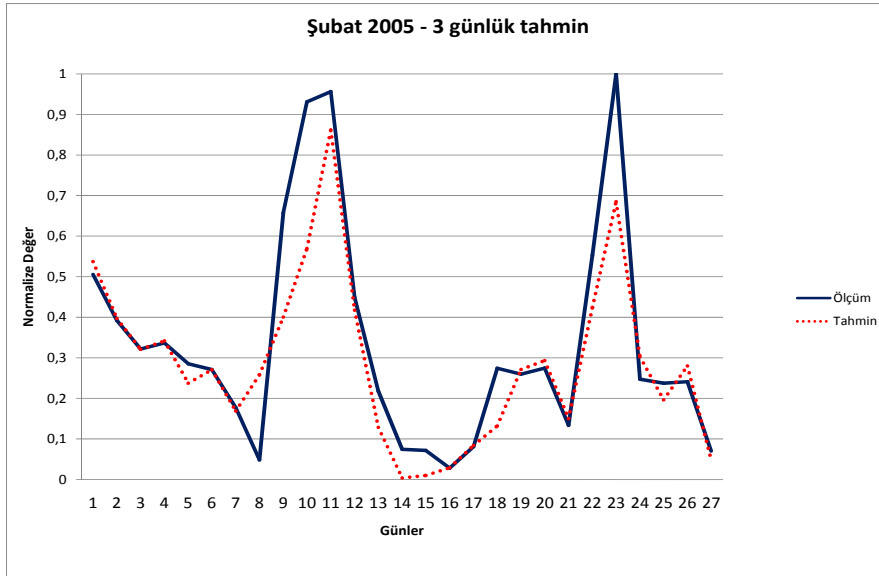
Şekil 5.43 – 5.49 çeşitli kısa süreler için (1 gün – 10 gün) dördüncü nesil YSA modeli ile yapılan çalışmaları vermektedir. Bir gün için yapılan çalışmalar çok iyi sonuç vermektedir. Ancak gün sayısı arttıkça hassasiyette düşüşler gözlenmektedir. Buda yapısı gereği çok normal olarak karşılanmalıdır.



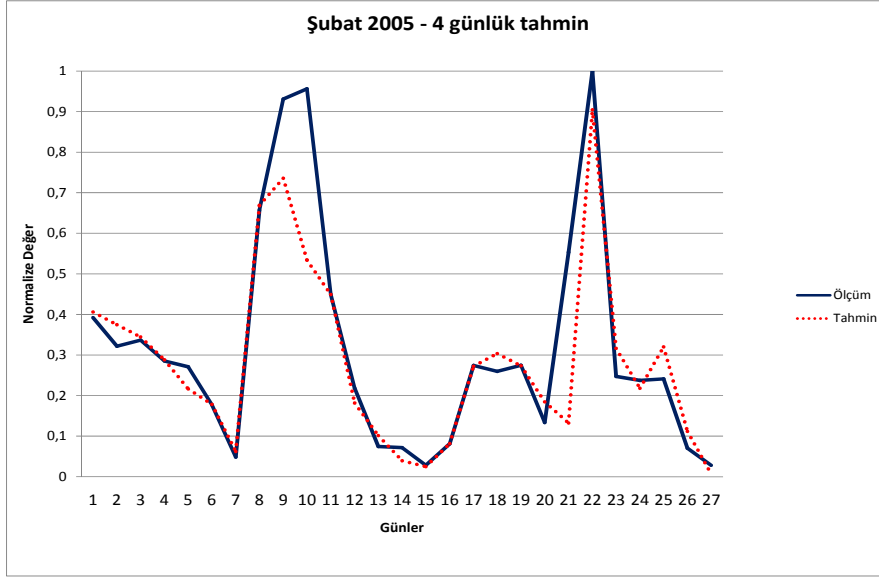
Şekil 5.43 Şubat 2005 1 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları



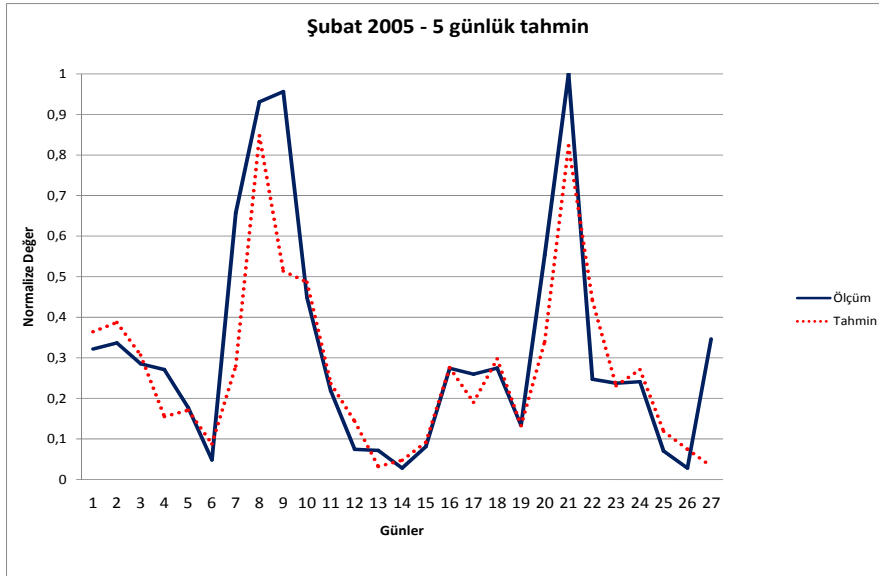
Şekil 5.44 Şubat 2005 2 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları



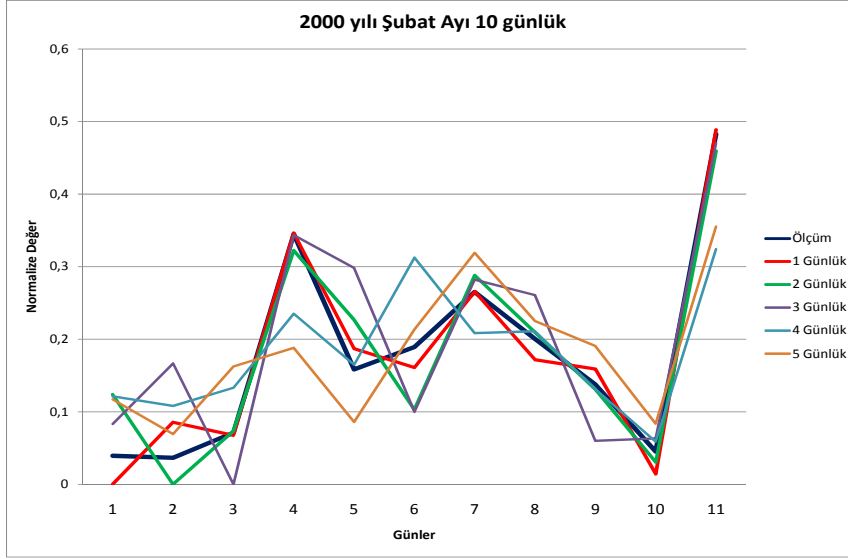
Şekil 5.45 Şubat 2005 3 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları



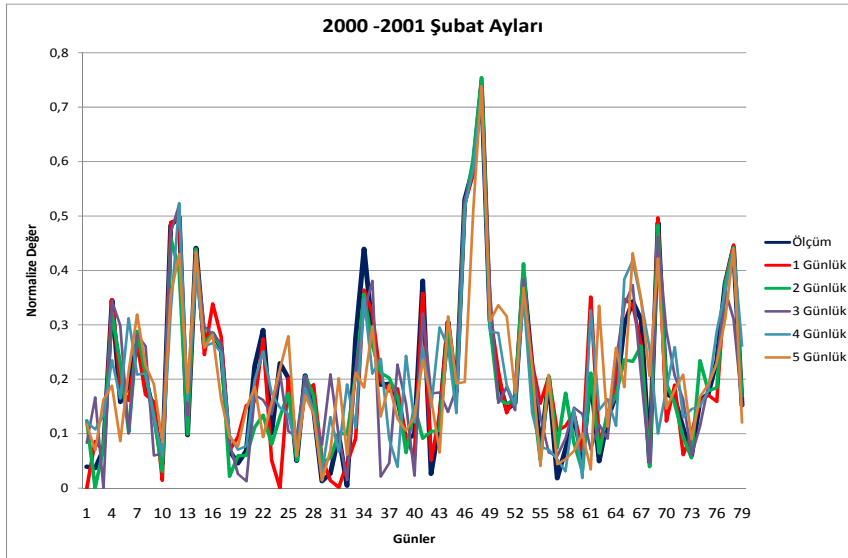
Şekil 5.46 Şubat 2005 4 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları



Şekil 5.47 Şubat 2005 5 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları



Şekil 5.48 Şubat 2005 10 Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Karşılaştırmalı Sonuçları

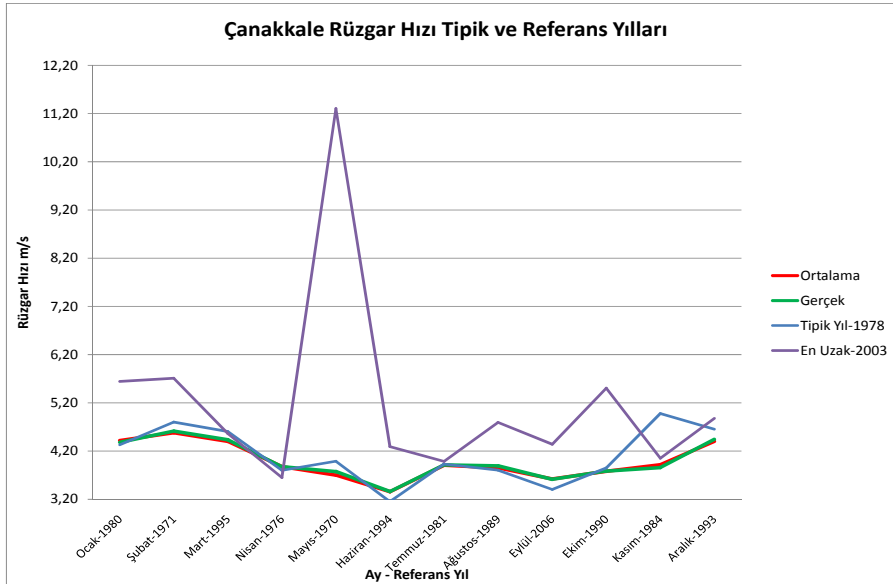


Şekil 5.49 Şubat 2000-2001 Yılları Günlük Öngörüm Dördüncü Nesil Sonuçları

5.5.2 Orta Vadeli Tahmin ve Öngörüm

Orta vadeli öngörüm için tipik yıl ve tipik yıla en uzak sonuçlar veren yıllar kullanılmıştır. Tipik yıla ilave olarak meteorolojik referans yıl değerlendirmeleri de yapılmaktadır. Bilindiği üzere meteorolojik test referans yılı kavramı uzun yıllar ortalamaları içinde herhangi bir aya en yakın sonucu veren yılın değerlerinin alınarak , örneğin yıllık ortalamalarda 12 ayı yılın değerlerinden oluşan bir sanal yıl oluşturulmasını amaçlamaktadır. Tipik yıl ve test referans yıl bazı ayrılıklar göstermekle beraber ortalama değerlere iki ayrı yaklaşımı ifade etmektedir. Böylece bölge için ortalamaya en yakın ve en aykırı yılları için geliştirilen dördüncü nesil YSA modeli tahmin ve öngörümün nasıl sonuçlar verdiğini araştırmaktır. Yapılan testler sonucunda en iyi sonuçları veren üçüncü nesil geliştirilmiş ağlar içinde olan iki katmanlı ve Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı modeli (Model 24) ve ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı (Model 23) üzerinde yoğunlaşarak anlık veriden yola çıkarak öngörüm yapılması üzerinde durulmuştur. Model 23 ve 24, başlangıçta test edilen Model 19 ve Model 22'nin EPOCH sayısı 250'ye çıkarılmış olan versiyonudur.

Şekil 5.50, Çanakkale için rüzgar hızlarının tahminini karşılaştırmalı olarak vermektedir. Görüleceği üzere, ortalama değerlere en uzak yıllar verileri dışında diğer yaklaşımlar gerçek değerleri takip edebilmektedir.



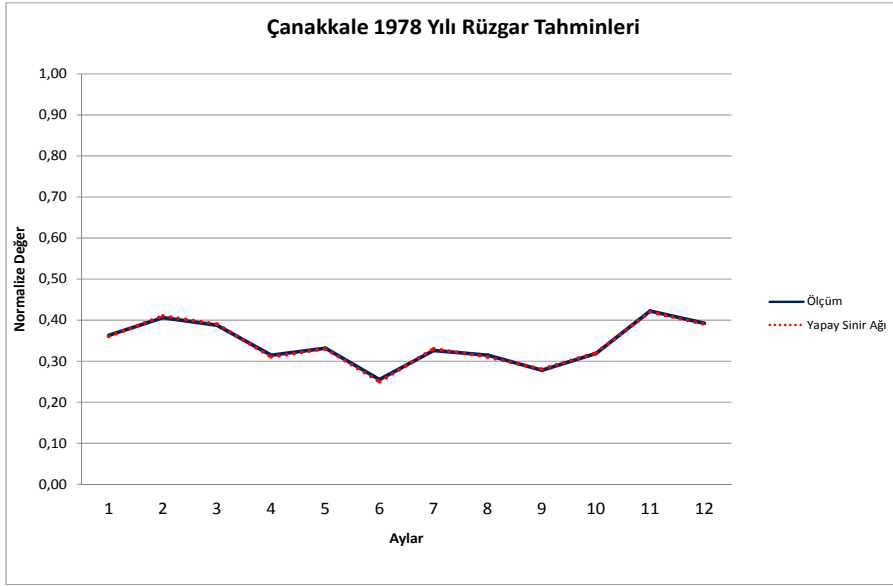
Şekil 5.50 Çanakkale İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları

5.5.2.1 Orta Vadeli Tahminler

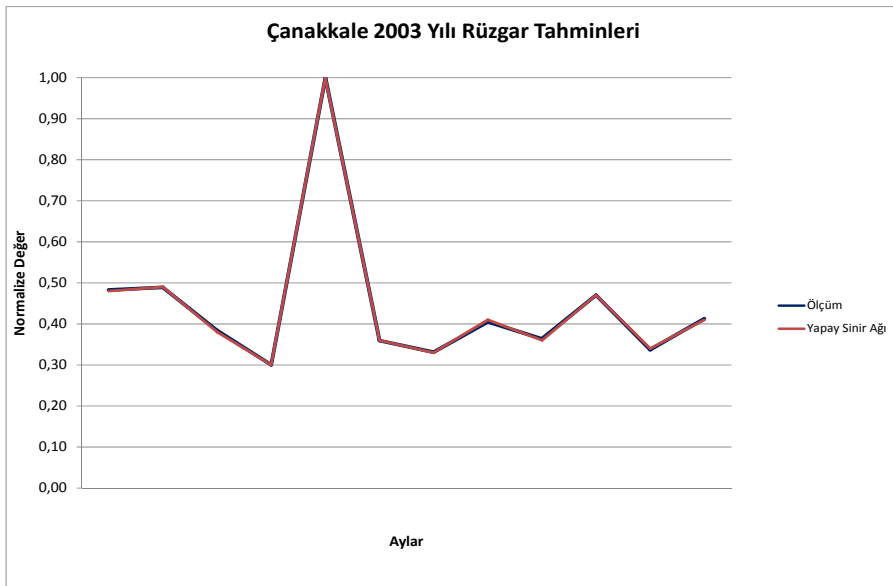
Orta vadeli tahmin yönteminde kullanılan girdiler Çizelge 5.3 ten görülebilir. Bu çizelgeden anlaşılacağı üzere girdi olarak anlık nem, sıcaklık, basınç ve buharlaşma verileri, (n-1) ve (n-2) aylık girdiler ve değişimler, ((n-1) – (n-2)) gibi, kullanılmaktadır. Bu ana kadar uygulamada en iyi sonuçları veren Model 24, tüm tahmin çalışmalarında tek model olarak kullanılmıştır. Bu modelin performans test sonuçları Şekil 5.3’de verilmektedir. Çanakkale için 1978 ve 2003 yılları rüzgar hızı verileri ile uyum bu yaklaşımda son derecede iyidir (Şekil 5.52 – 5.53).

Çizelge 5.3 Rüzgar Enerjisi Günlük Öngörümüleri için Girdi –Çıktı Bilgileri

Girdiler (27 Bağlantı)	Hedef (1 Çıkış)
Basınç(n), Basınç(n-1), Basınç(n-2) BasınçDeğişim((n-1)-(n-2)), BasınçDeğişim((n-1)-(n-3)), Yağış(n), Yağış(n-1), Yağış(n-2) YağışDeğişim((n-1)-(n-2)), YağışDeğişim((n-1)-(n-3)), Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2) SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)), Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2) NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)) Rüzgar Hızı(n-1), Rüzgar Hızı(n-2), Rüzgar Hızı Değişim((n-1)-(n-2)), Rüzgar Hızı Değişim((n-1)-(n-3)), Ay(n), Ay(n-1),Ay(n-2)	Rüzgar Hızı (n),



Şekil 5.51 Dördüncü Nesil Ysa Modeli24 Çanakkale 1978 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri



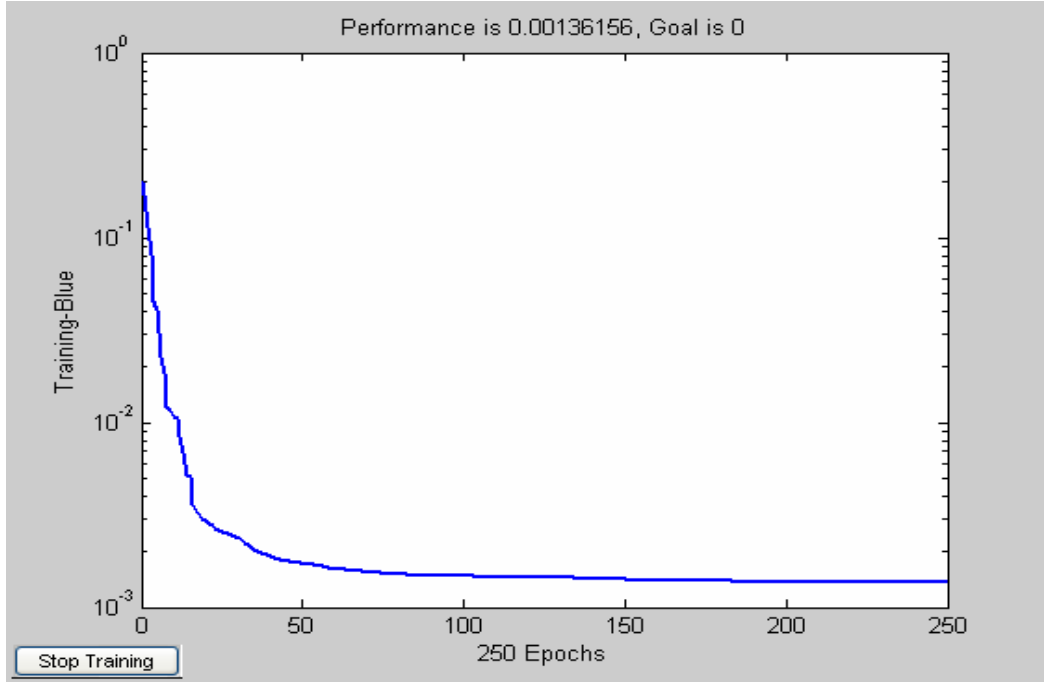
Şekil 5.52 Dördüncü Nesil Ysa Modeli24 Çanakkale 2003 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

5.5.3 Uzun Vadeli Tahminler

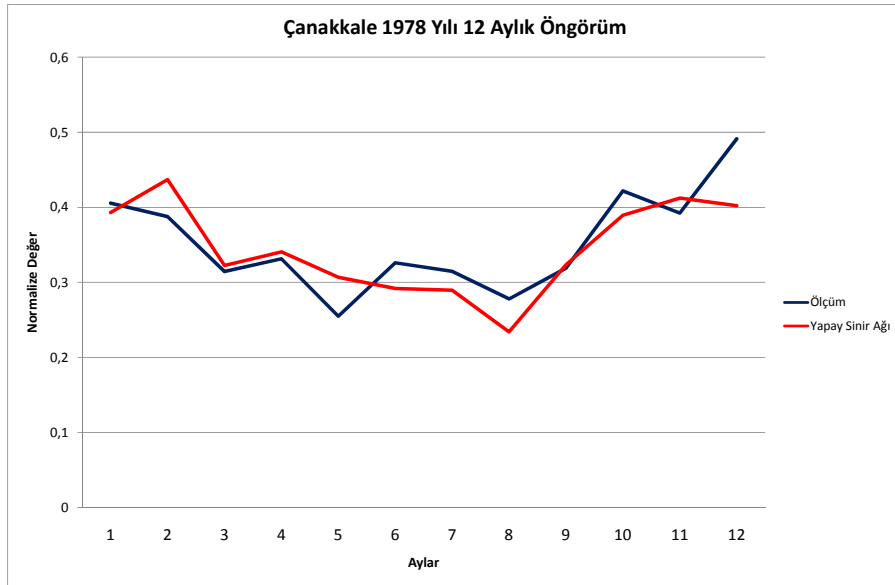
Uzun vadeli çalışmalar esas olarak orta vadeli çalışmalardaki veriler kullanılarak sonraki 12 ay için öngörüler yapılması işlemidir. Bu tahminler için gerekli olan girdiler ve hedef bilgileri Çizelge 5.4 de özetlenmektedir. Görüleceği üzere, bu bölümde girdiler arasında tahmin yapılan ayın rüzgar hızı da girdi olarak alınmaktadır. Bu ana kadar uygulamada en iyi sonuçları veren Model 24, tüm uzun vadeli tahmin çalışmalarında tek model olarak kullanılmıştır. Bu modelin performans test sonuçları Çizelge 5.4’de verilmektedir. Çanakkale için 1978 ve 2003 yılları rüzgar hızı verileri ile uyum bu yaklaşımda son derecede iyidir (Şekil 5.54 – 5.55).

Çizelge 5.4 Rüzgar Enerjisi Aylık Öngörülerini İçin Girdi –Çıktı Bilgileri

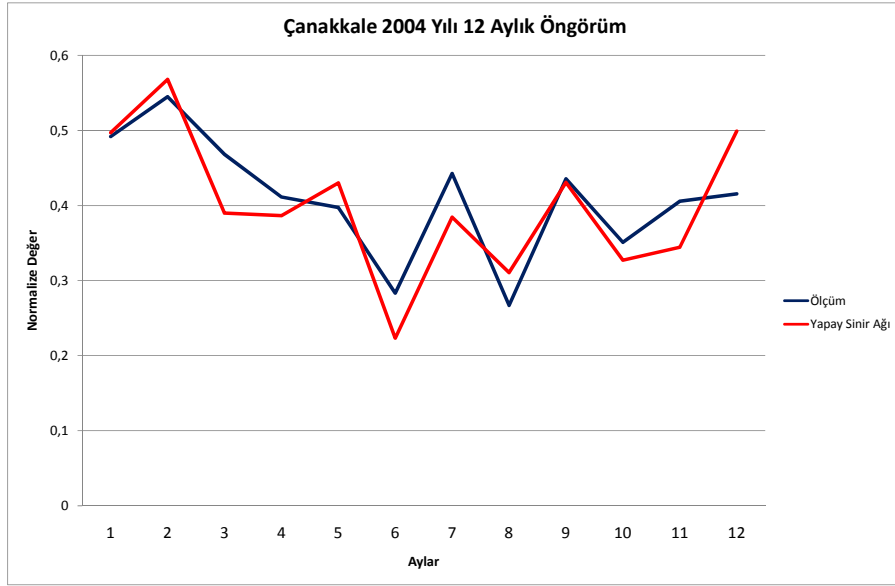
Girdiler (28 Bağlantı)	Hedef (12 Çıkış)
Basınç(n), Basınç(n-1), Basınç(n-2)	Rüzgar Hızı (n+1),
BasınçDeğişim((n-1)-(n-2)), BasınçDeğişim((n-1)-(n-3)),	(n+2),(n+3), (n+4),
Yağış(n), Yağış(n-1), Yağış(n-2)	(n+5), (n+6),
YağışDeğişim((n-1)-(n-2)), YağışDeğişim((n-1)-(n-3)),	(n+7), (n+8),
Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2)	(n+9), (n+10),
SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)),	(n+11), (n+12),
Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2)	(n+13)
NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3))	
Rüzgar Hızı(n), Rüzgar Hızı(n-1), Rüzgar Hızı(n-2), Rüzgar Hızı Değişim((n-1)-(n-2)), Rüzgar Hızı Değişim((n-1)-(n-3)),	
Ay(n), Ay(n-1),Ay(n-2)	



Şekil 5.53 Dördüncü Nesil YSA Modeli Uzun Vade 24test Sonuçları



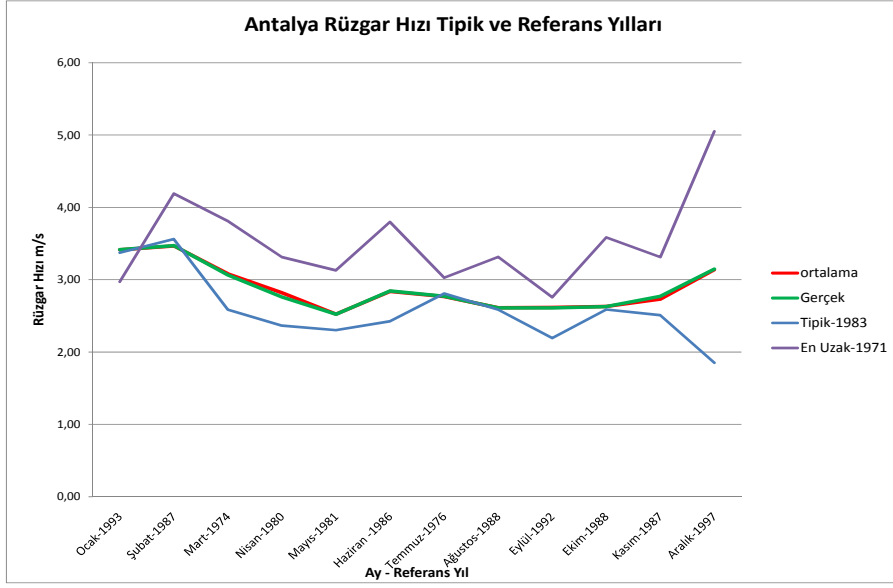
Şekil 5.54 Dördüncü Nesil Ysa Modeli Uzun Vade Çanakkale 1978 Yılı Rüzgar Hızı Öngörümleri



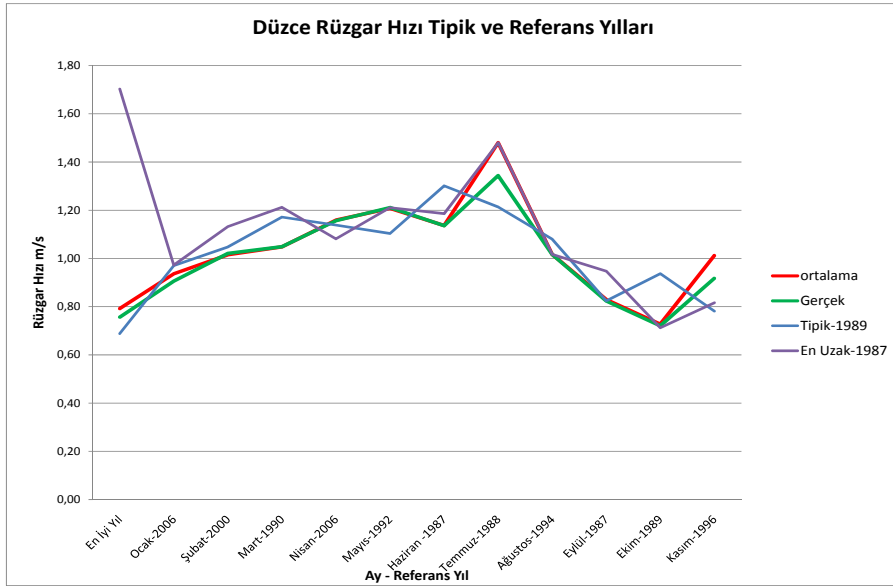
Şekil 5.55 Dördüncü Nesil Ysa Modeli Uzun Vade Çanakkale 2004 Yılı Rüzgar Hızı Öngörümleri

5.6 Orta ve Uzun Vadeli Bulguların Diğer İller İçin Kullanılması

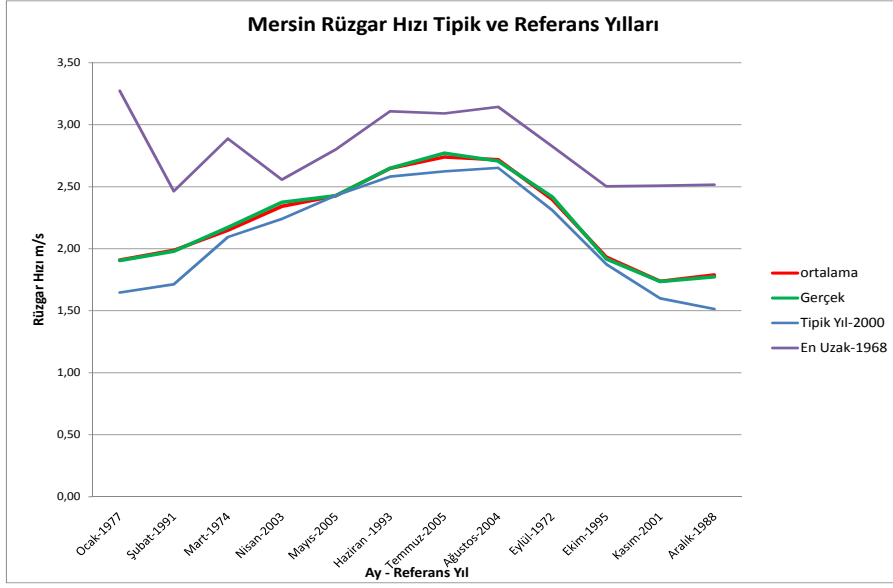
Çanakkale için yapılan çalışmalar diğer iller içinde en iyi model olarak belirlenen Model 24 kullanılarak tekrar edilmiş, Çanakkale ili için elde edilen sonuçların diğer iller içinde olan geçerliliği incelenmiştir. Öncelikli olarak tipik ve referans yılları incelenmiş buna göre hangi iller için çalışma yapılacağına karar verilmiştir, uzun vadeli çalışmalarda eğer tipik yıl için daha öncesindeki yıllarda yeterli veri yoksa, örneğin Mersin tipik yılı 1968 olmasına rağmen önceki yıllara ait veri olmadığından tipik yıla en yakın verilere sahip olan 1987 yılı alınmıştır. Sonuçlar Antalya için Şekil 5.56 – 5.59 dan görülebilir.



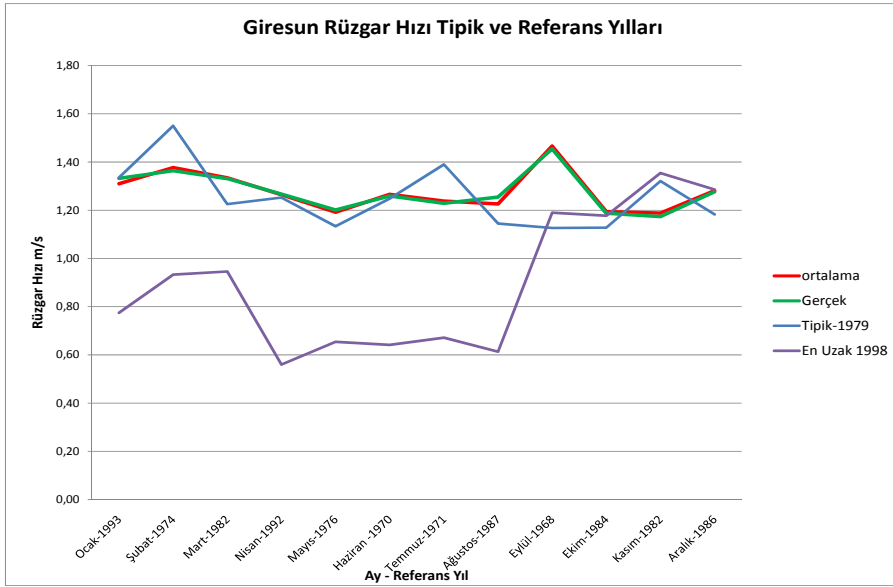
Şekil 5.56 Antalya İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları



Şekil 5.57 Düzce İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları



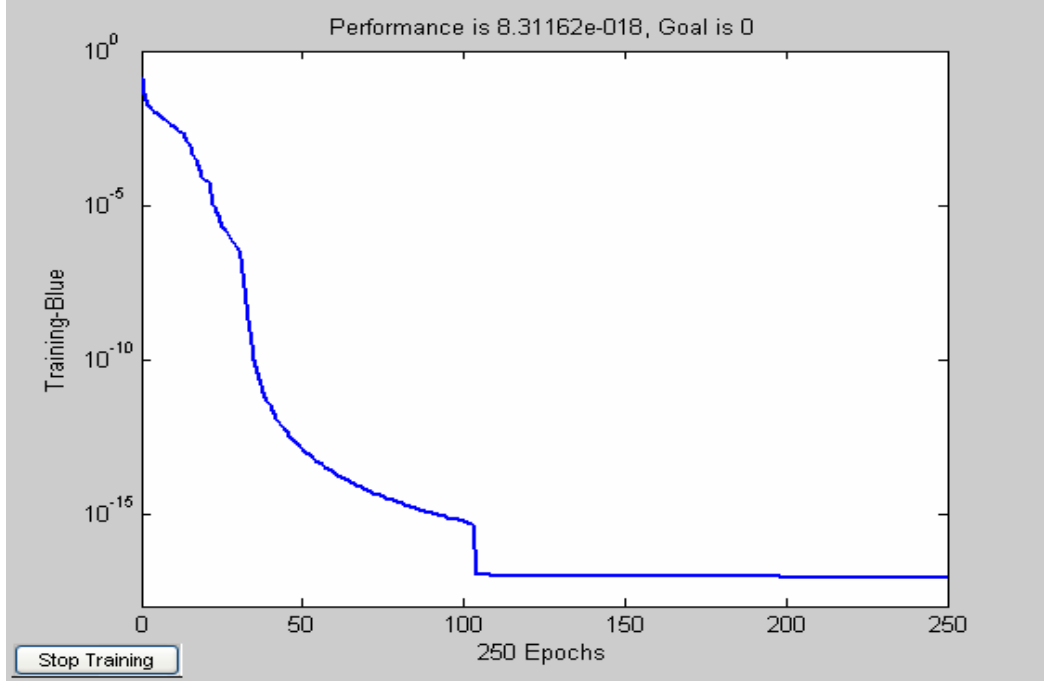
Şekil 5.58 Mersin İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları



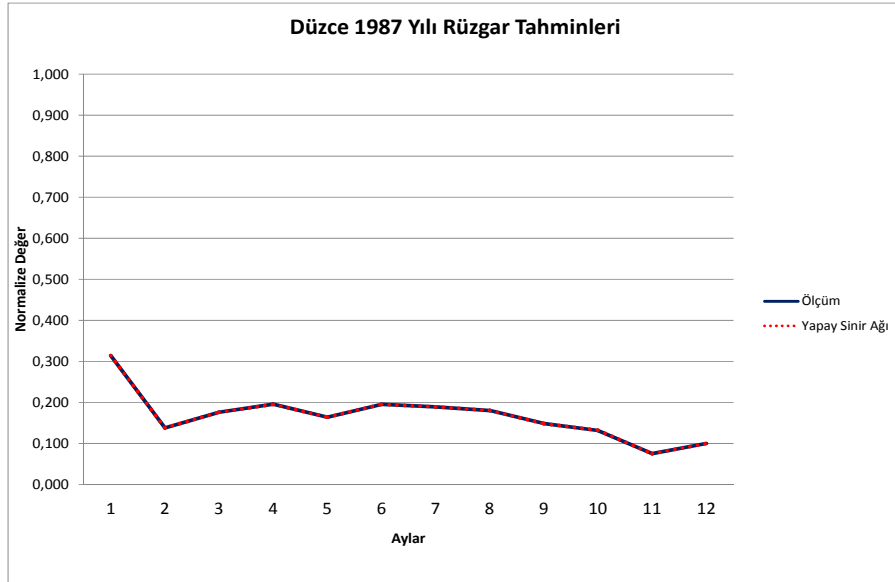
Şekil 5.59 Giresun İli Rüzgar Hızı Tipik ve Referans Yılları

5.6.1 Düzce İli

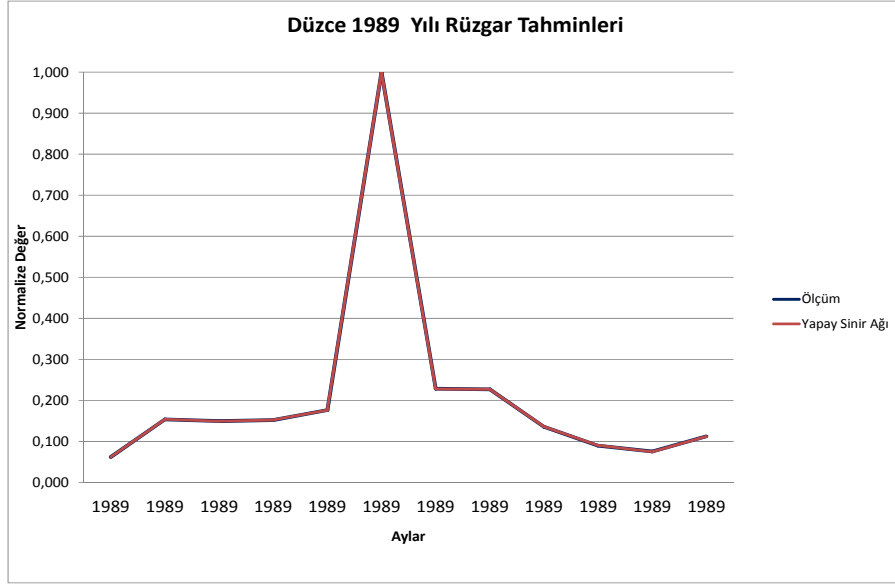
5.6.1.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.60 Düzce İli Orta Vade Yapay Sinir Test Sonuçları

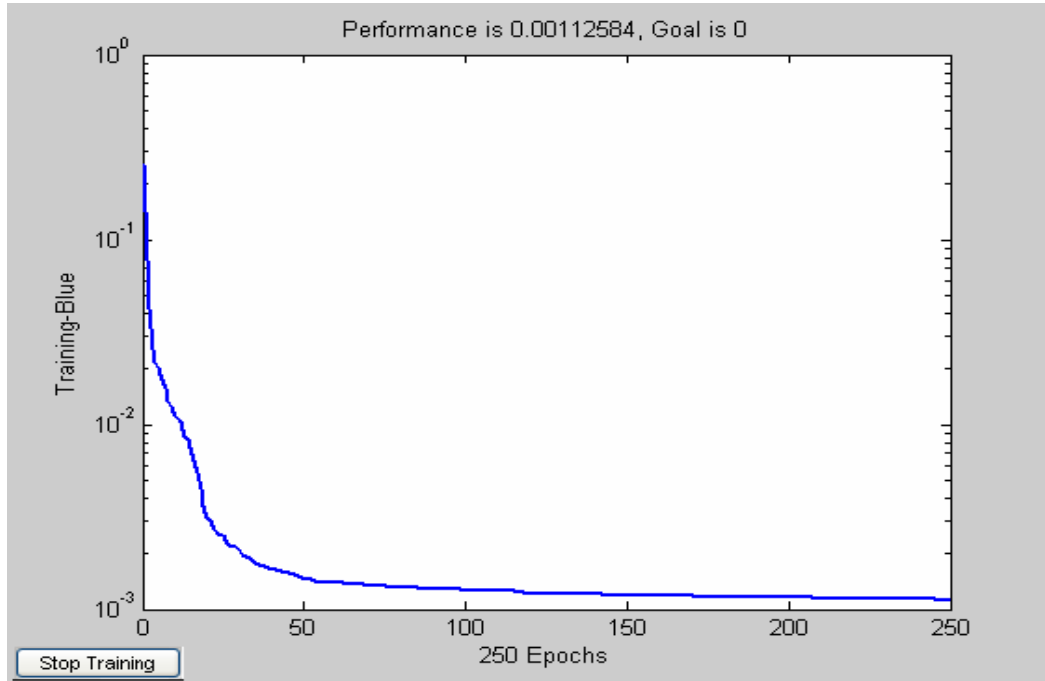


Şekil 5.61 Düzce 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

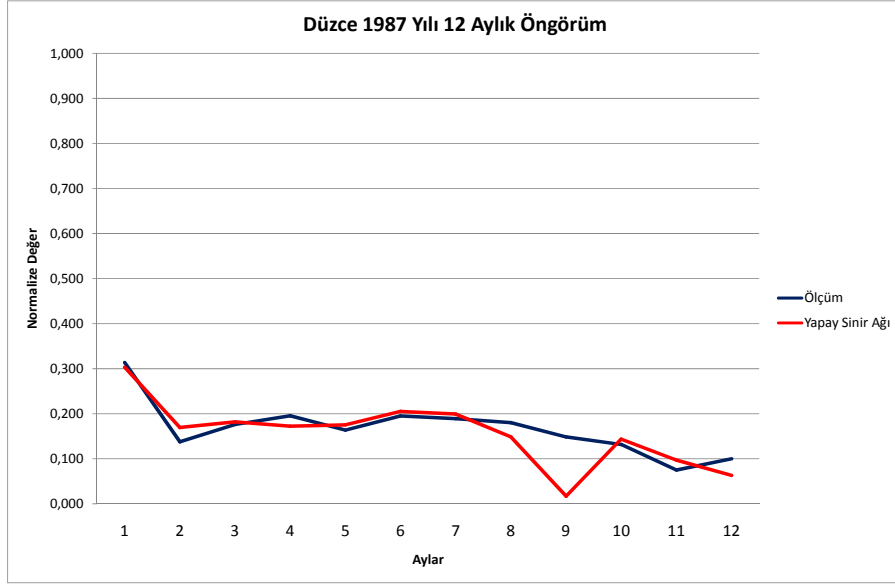


Şekil 5.62 Düzce 1989 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

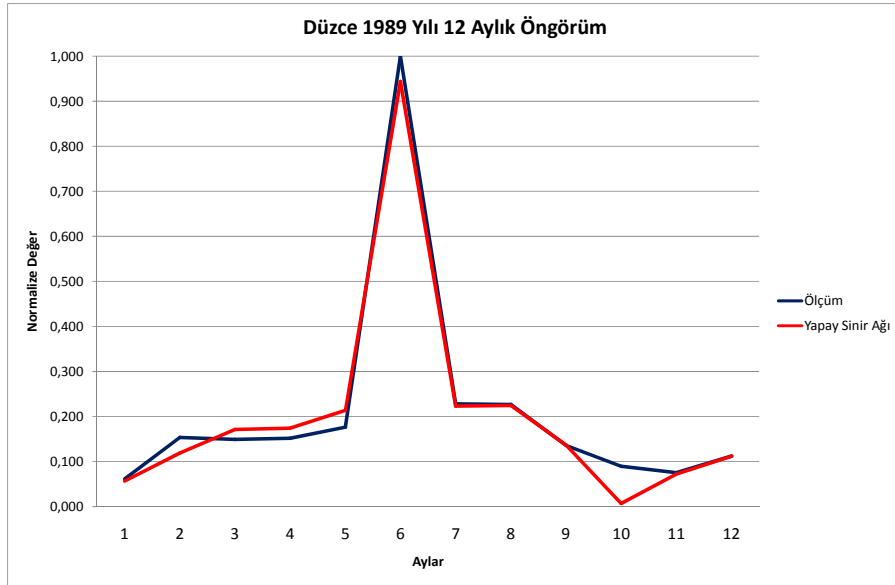
5.6.1.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.63 Düzce İli Uzun Vade Yapay Sinir Test Sonuçları



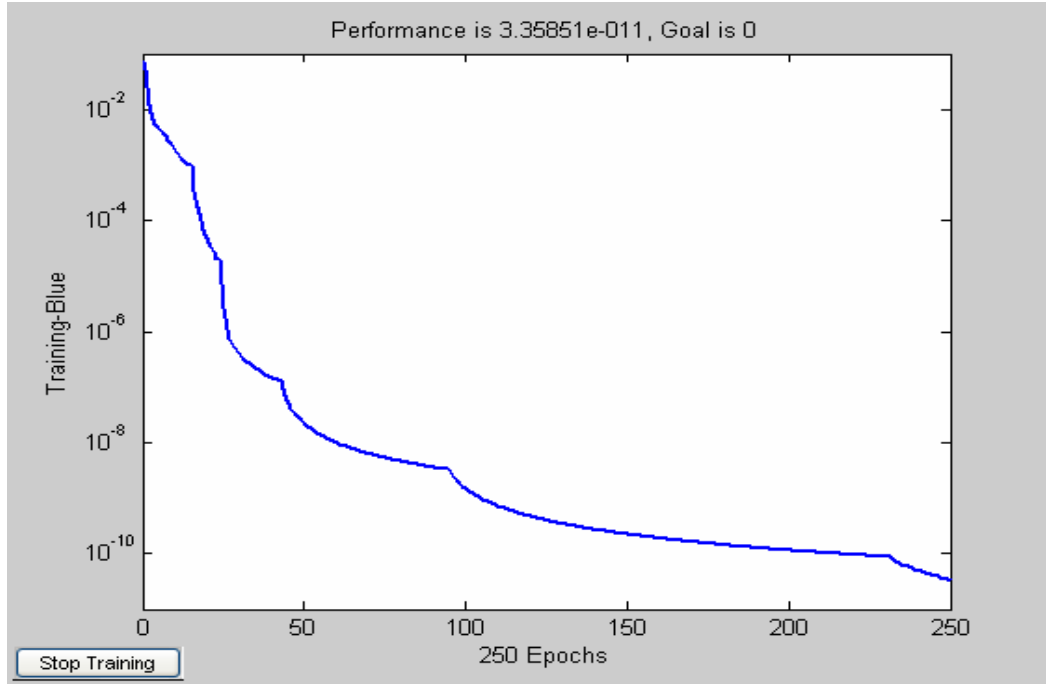
Şekil 5.64 Düzce 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



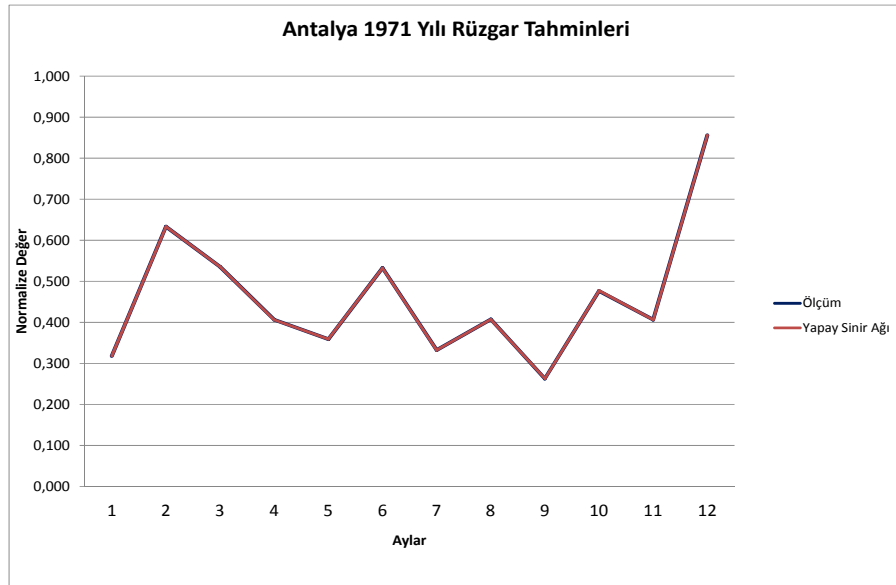
Şekil 5.65 Düzce 1989 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

5.6.2 Antalya İli

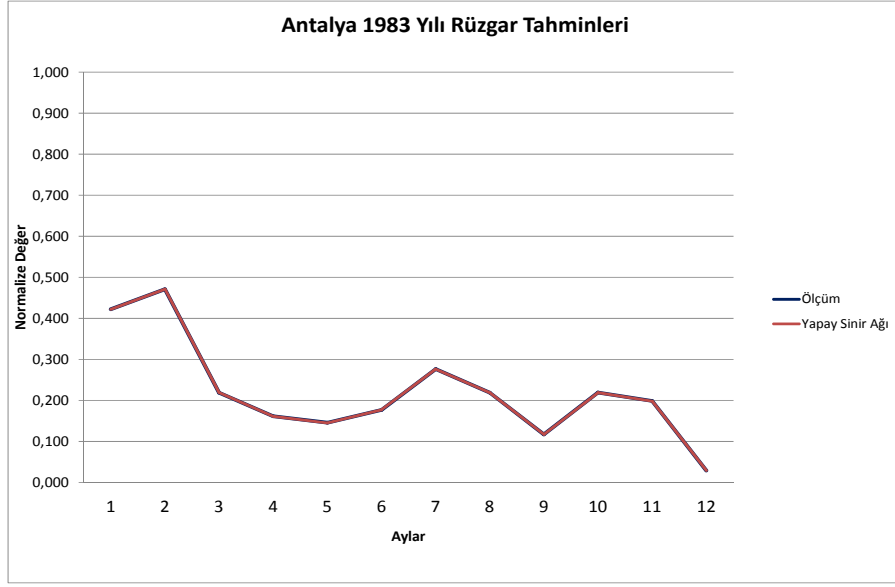
5.6.2.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.66 Antalya İli Orta Vade Yapay Sinir Test Sonuçları

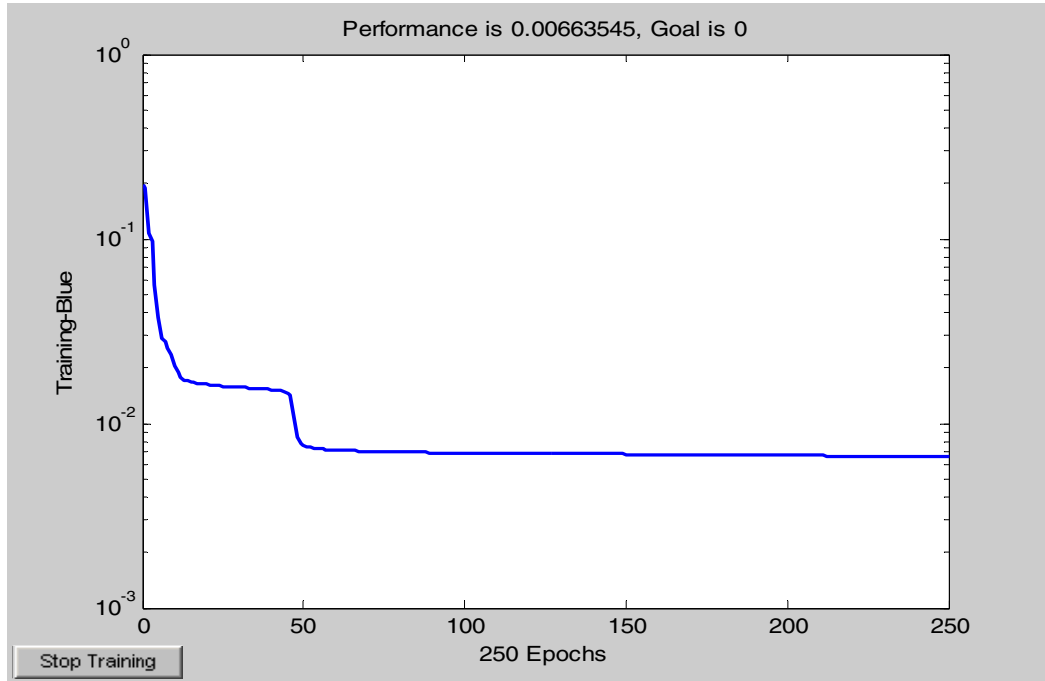


Şekil 5.67 Antalya 1971yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

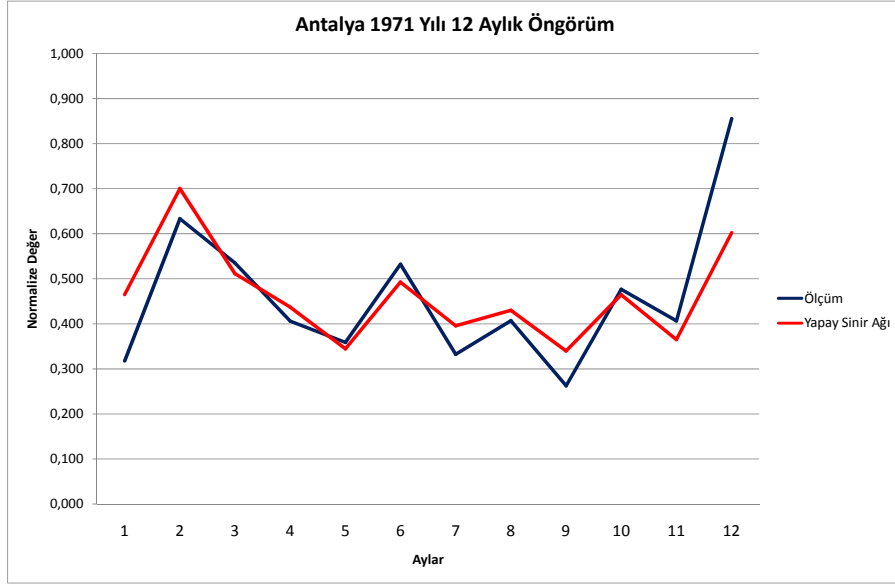


Şekil 5.68 Antalya 1983 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

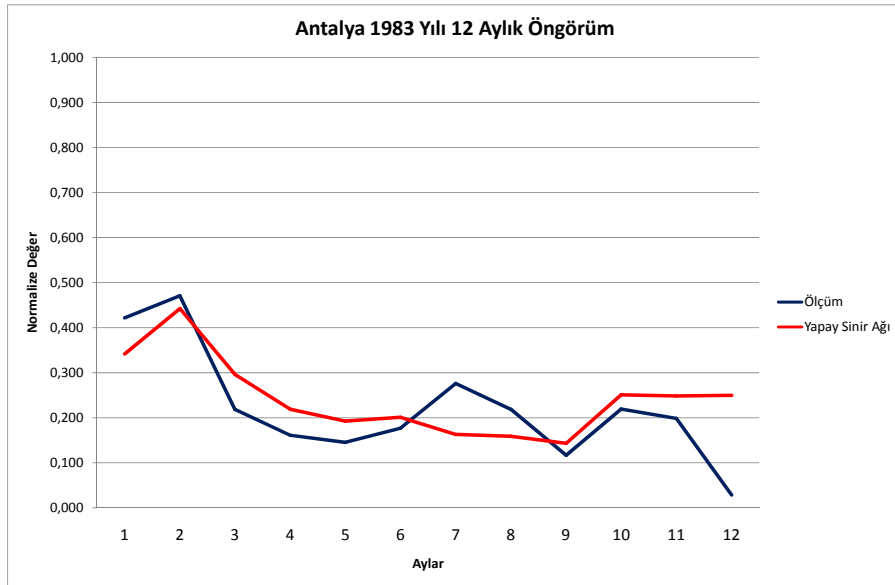
5.6.2.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.69 Antalya İli Uzun Vade Yapay Sinir Test Sonuçları



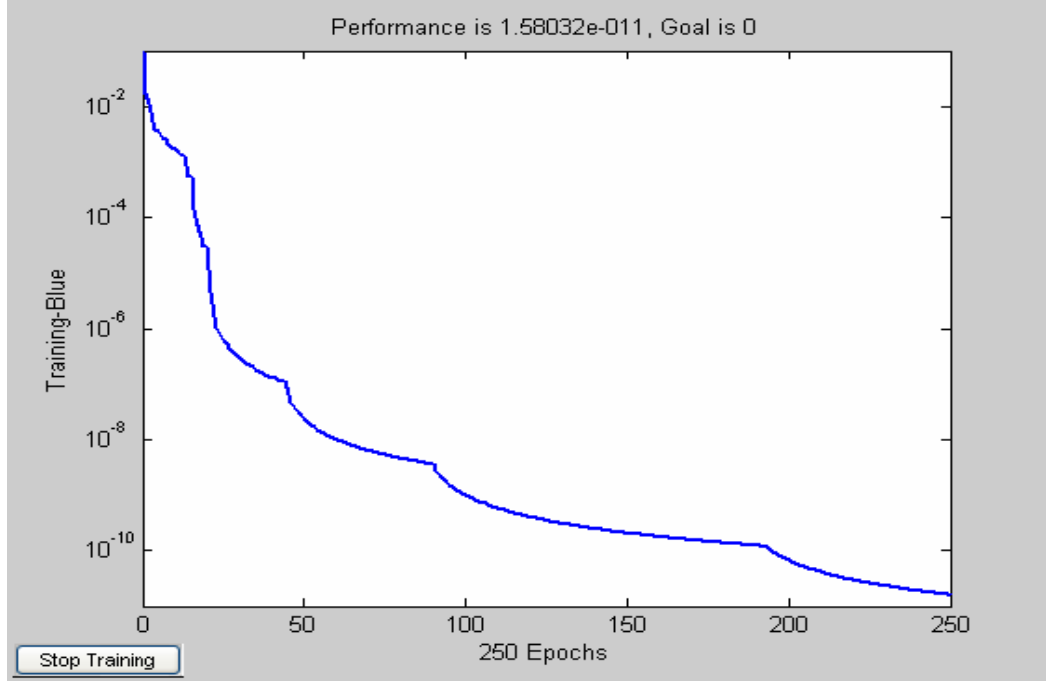
Şekil 5.70 Mersin 1971 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



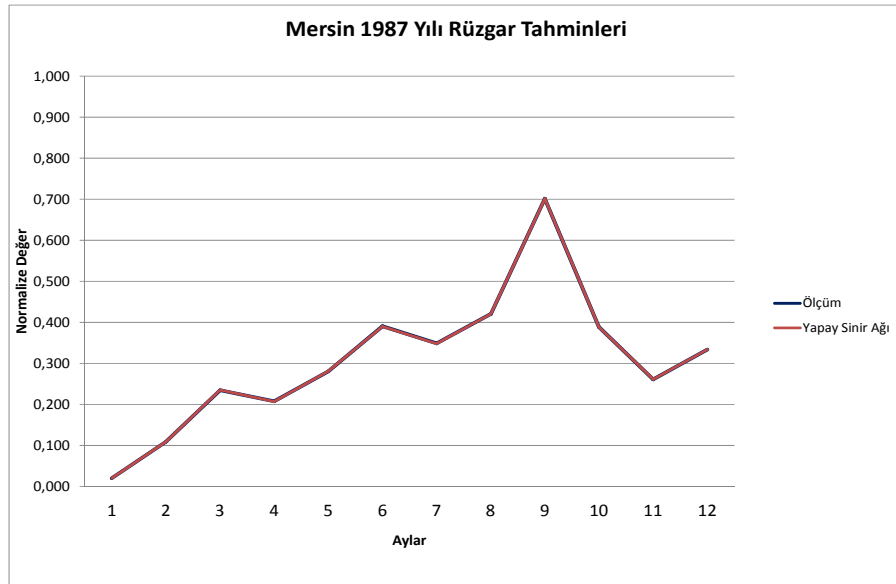
Şekil 5.71 Antalya 1983 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

5.6.3 Mersin İli

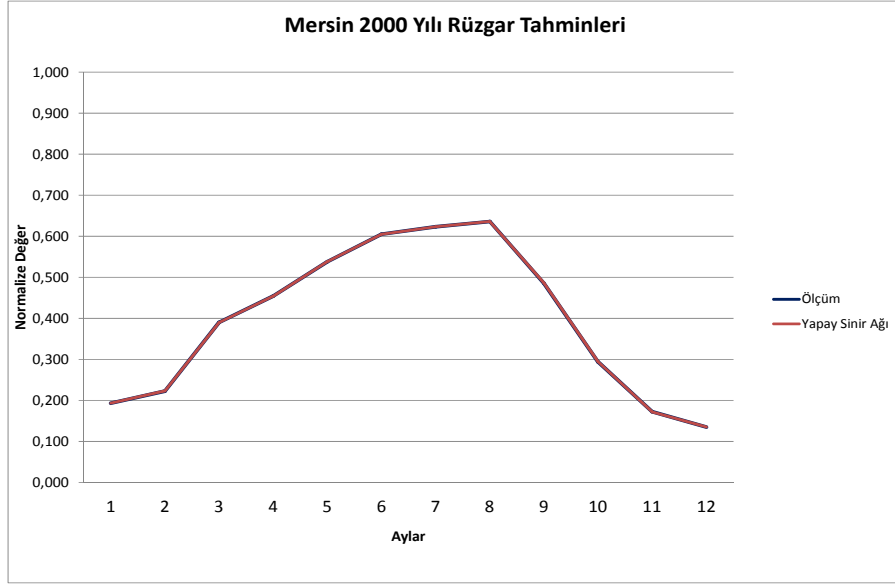
5.6.3.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.72 Mersin İli Orta Vade Yapay Sinir Test Sonuçları

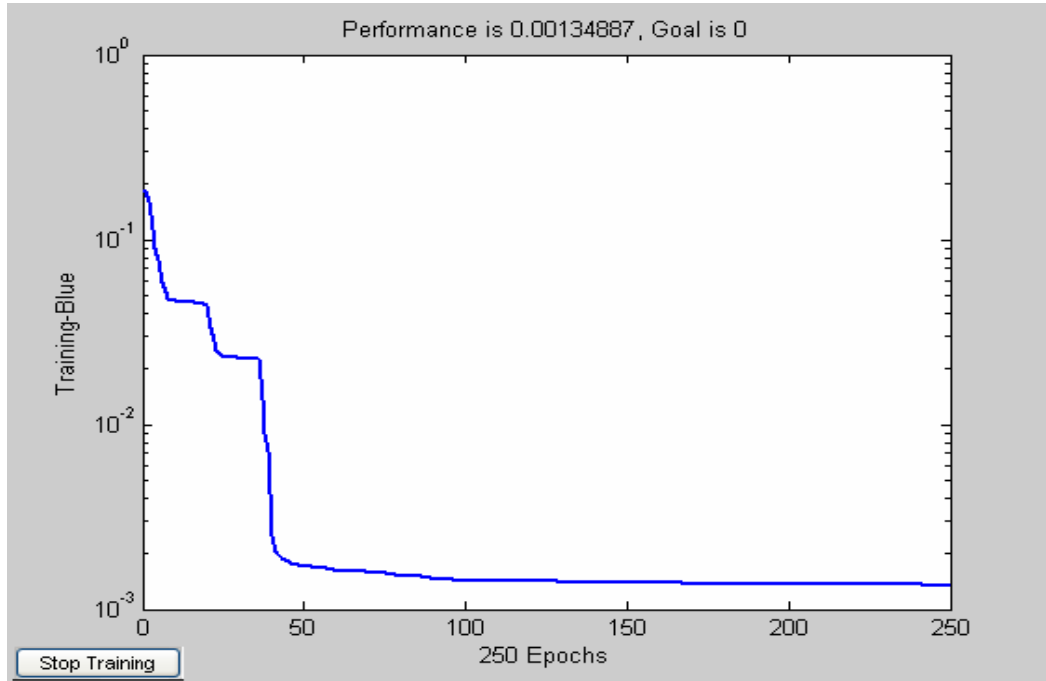


Şekil 5.73 Mersin 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

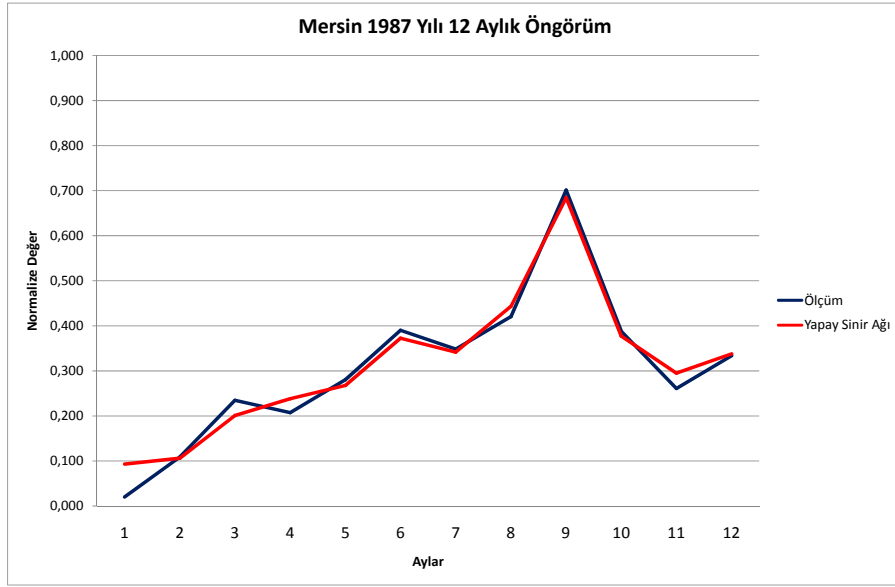


Şekil 5.74 Mersin 2000 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

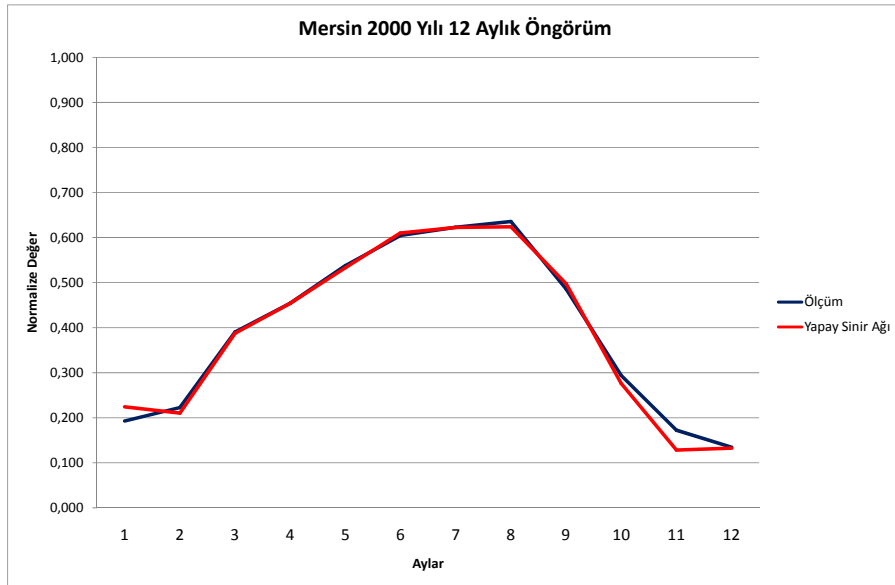
5.6.3.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.75 Mersin İli Uzun Vade Yapay Sinir Test Sonuçları



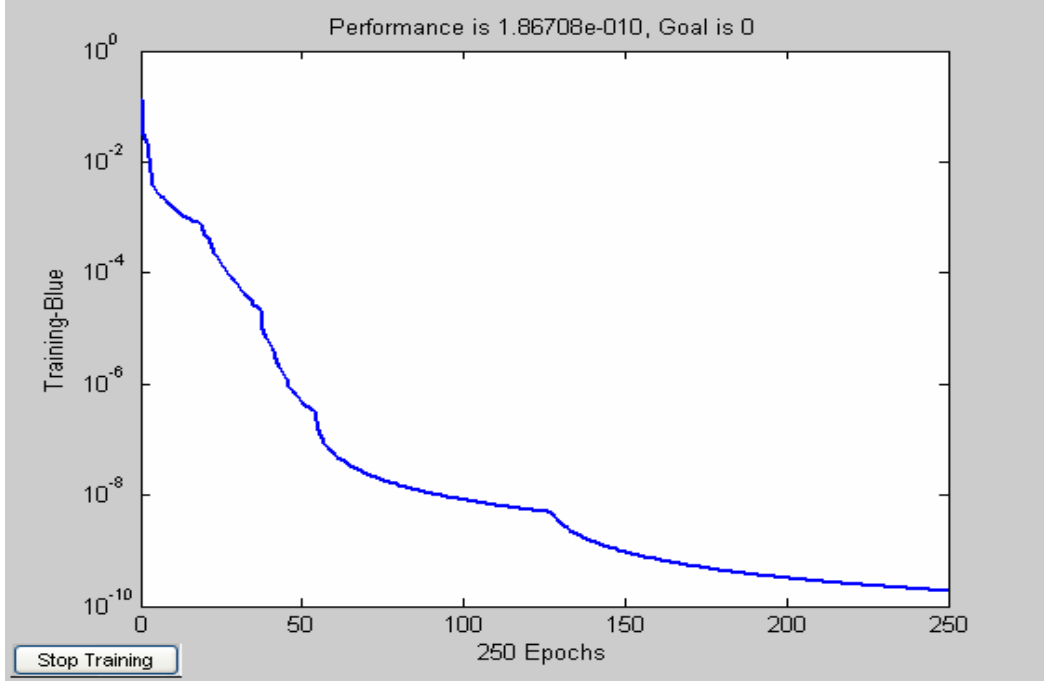
Şekil 5.76 Mersin 1987 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



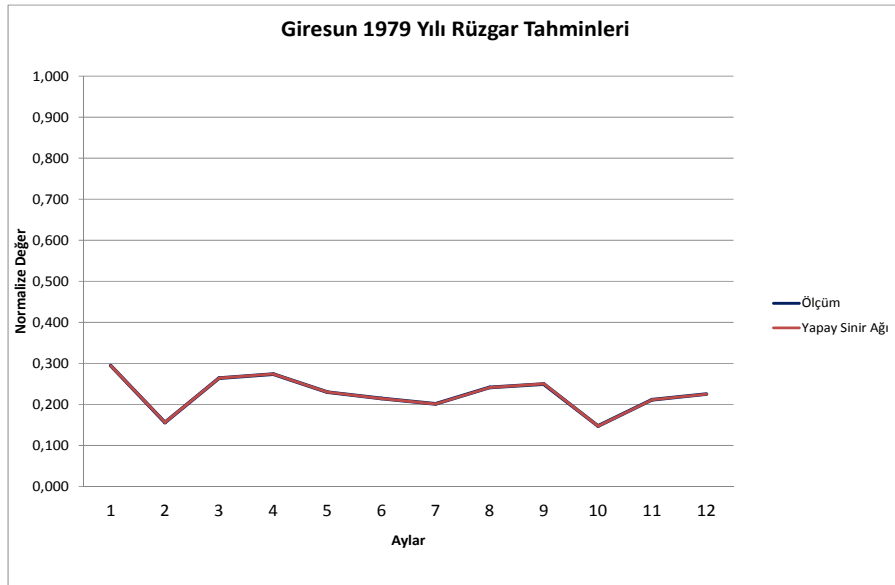
Şekil 5.77 Mersin 2000 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

5.6.4 Giresun İli

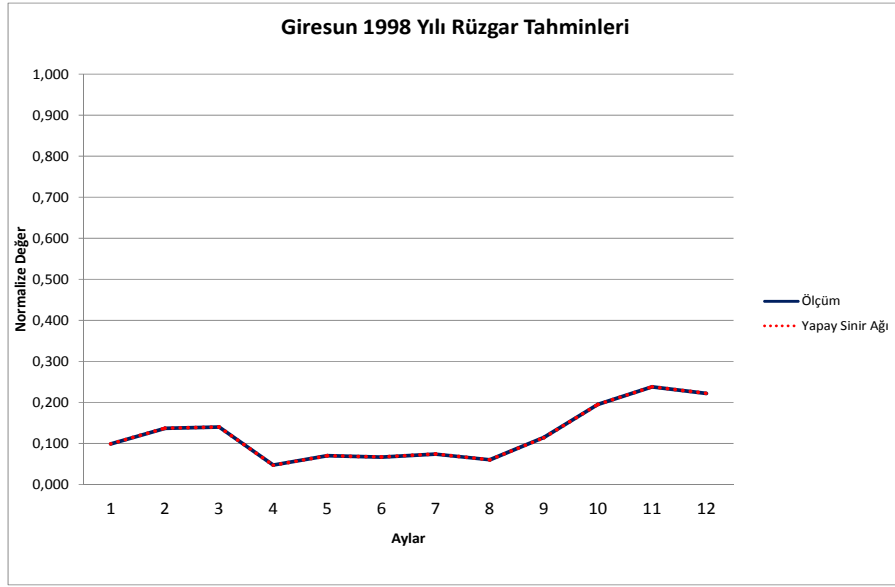
5.6.4.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.78 Giresun İli Orta Vade Yapay Sinir Test Sonuçları

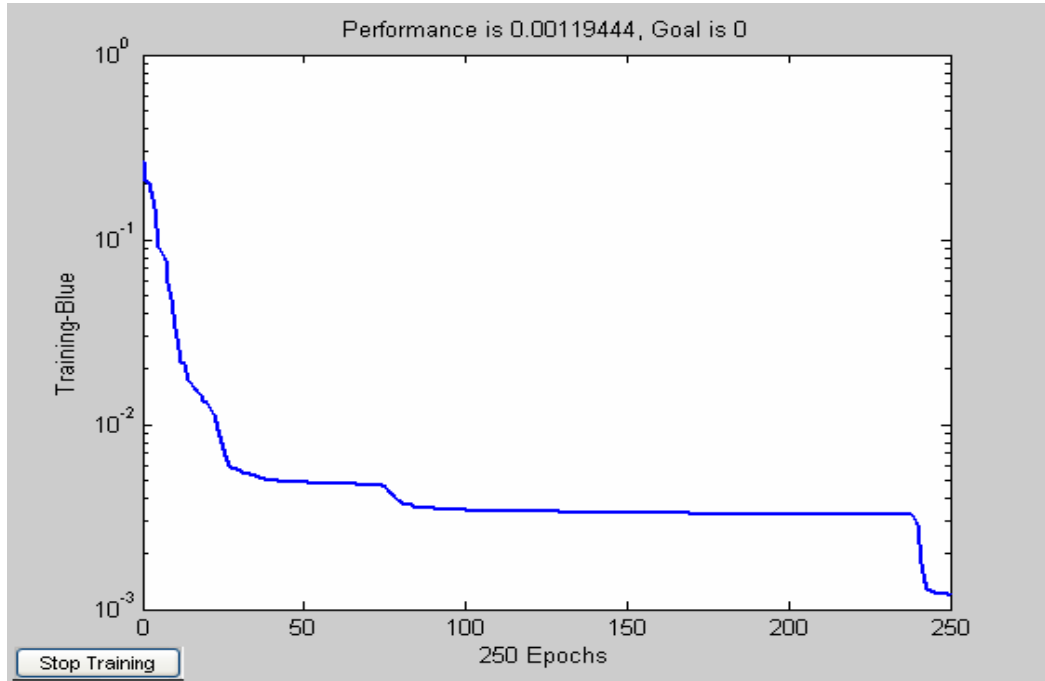


Şekil 5.79 Giresun 1979 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

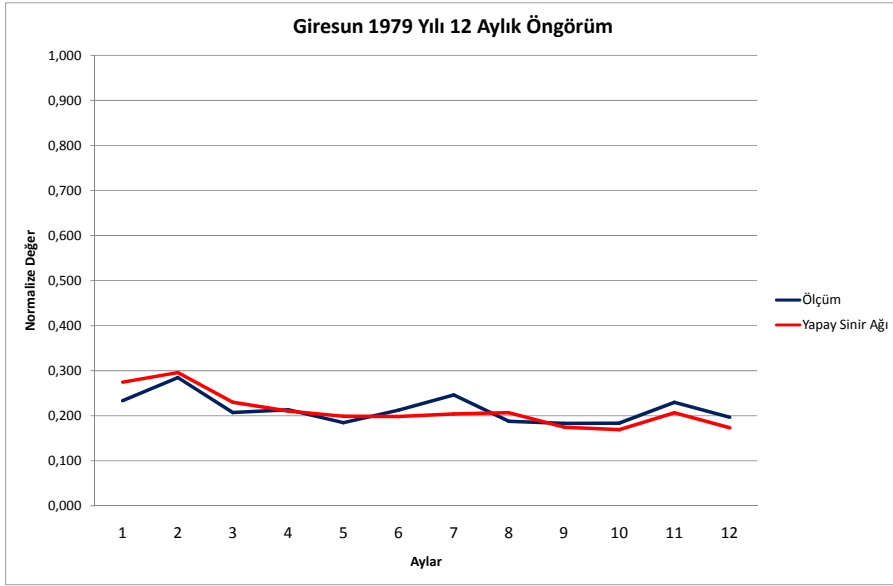


Şekil 5.80 Giresun 1998 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri

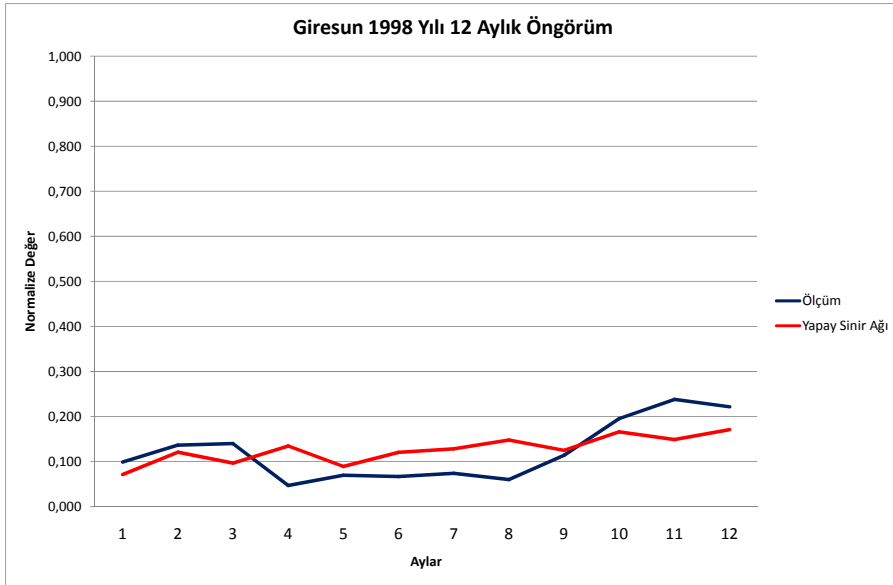
5.6.4.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 5.81 Giresun İli Uzun Vade Yapay Sinir Test Sonuçları



Şekil 5.82 Giresun 1979 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

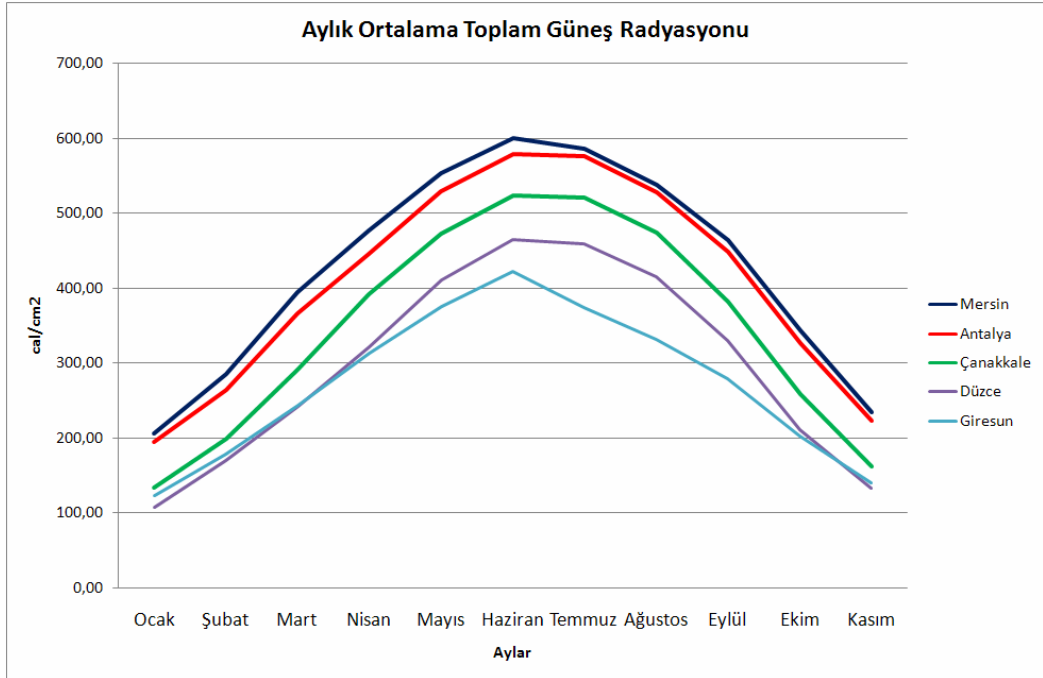


Şekil 5.83 Giresun 1998 Yılı Rüzgar Hızı Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

6. GÜNEŞ ENERJİSİ ANALİZLERİ

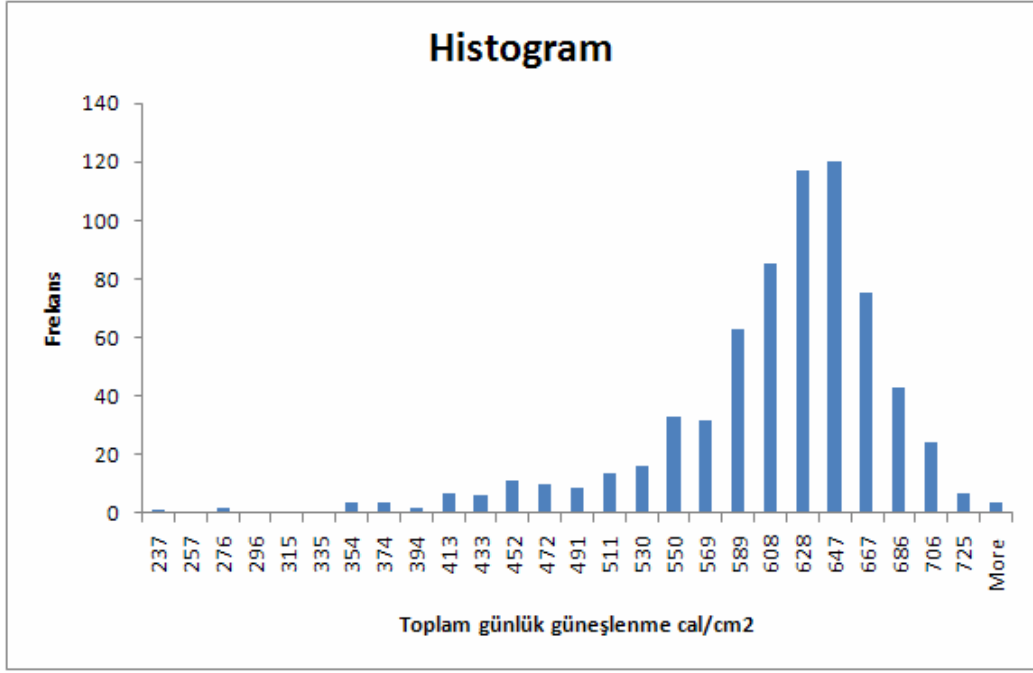
6.1 Güneş Enerjisi ile Genel Durum

Güneş enerjisi ile ilgili çalışmalara baz olarak meteorolojinin günlük toplam güneş radyasyonu verileri alınmıştır. Öncelikle istasyonların yıllık analizlerine bakıldığına ilk üç istasyonun Mersin, Antalya, Çanakkale olarak sıralandığını görülmektedir. Genel olarak güneş enerjisi potansiyelinin yıl içindeki dağılımı Haziran ve Temmuz aylarında en üst düzeye ulaşmakta sonra kış aylarında ise en düşük seviyesine erişmektedir. Genel olarak yapıya bakıldığında iller ve bölgeler arasında sadece toplam güneş radyasyonu miktarları açısından bir farklılık olduğu görülmekte ama yapısal olarak farklılık görülmemektedir.



Şekil 6.1 İllere Göre Aylık Toplam Güneş Radyasyonu

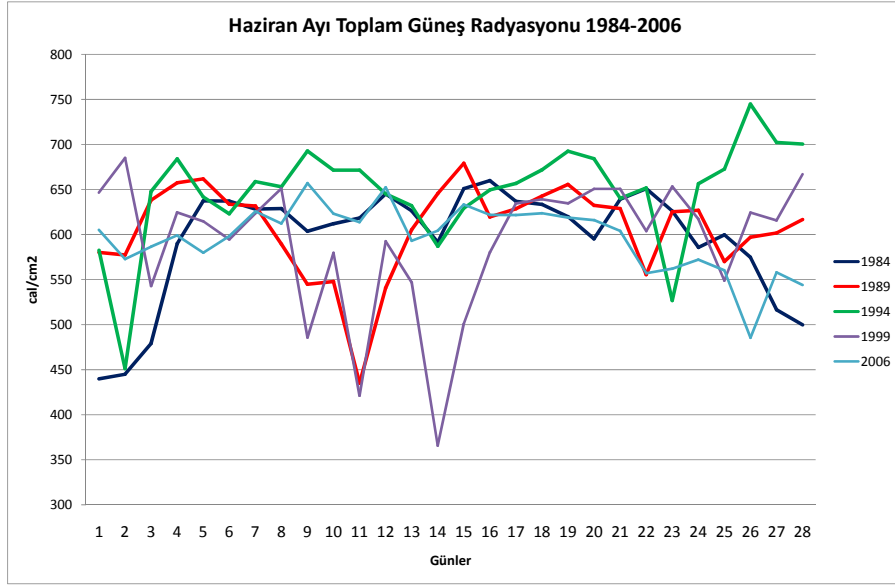
Şekil 1-1' den görüleceği üzere incelenen iller açısından en üst düzeyde potansiyele sahip olan iller Mersin, Antalya, Çanakkale olarak sıralanmaktadır. Çalışmada Mersin ili Antalya iline çok yakın olmadı ve elektrik enerjisi ihtiyacının çok yoğun olmamasından dolayı, güneş enerjisi ile ilgili analizlerde Antalya, Çanakkale, Düzce ve Giresun illeri alınmıştır. Potansiyel olarak Giresun ili güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye'nin potansiyeli en düşük illerinden biridir.



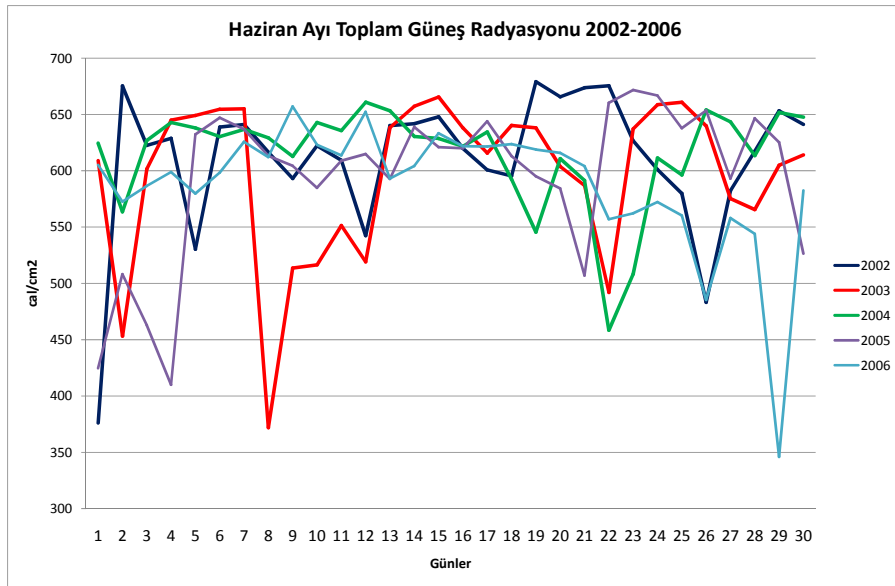
Şekil 6.2 Toplam Günlük Toplam Güneş Radyasyonu Histogramı

Antalya ili için yapılan histogram analizinden de görüleceği üzere, genel olarak 650 cal/cm² lik güneş enerjisi belirgin olarak gözlemlenmektedir. Bu histogramda anlaşılacağı üzere geceler ve güneş enerjisinin çok yetersiz olduğu anlar yüzünden sağa yatık bir histogram oluşturmuştur.

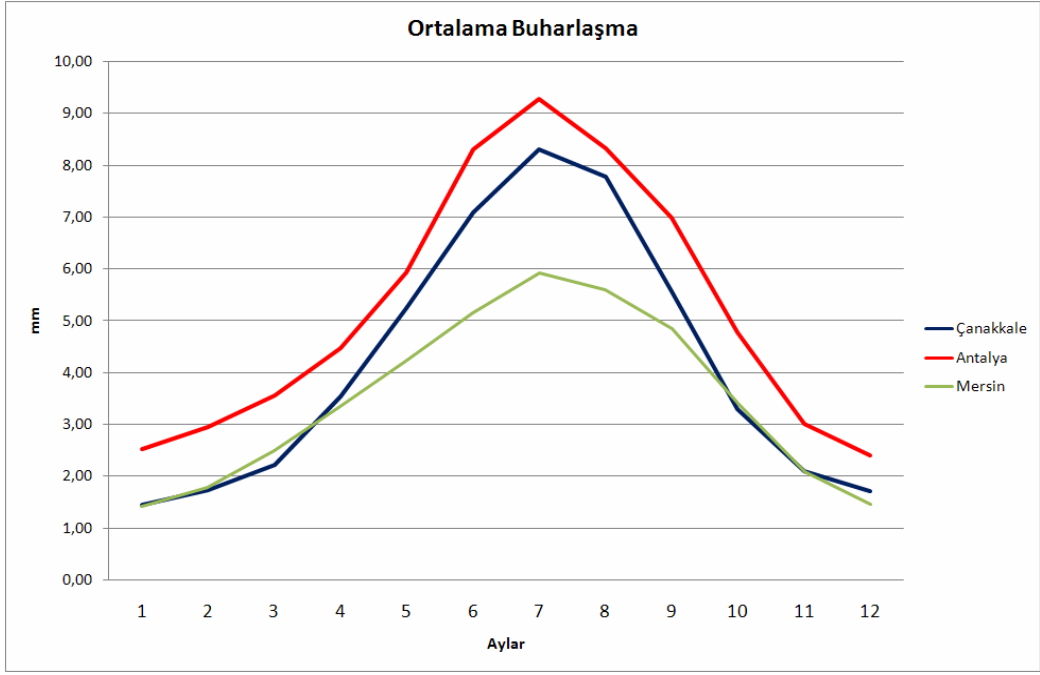
Güneş enerjisi potansiyelinin en yoğun olduğu Haziran ayı için yıllar içindeki enerji dağılımı ise aşağıdaki şekillerden görülmektedir. Bu şekillerde genel durumunda uzun vadede ve son beş yıl içinde potansiyelin genel olarak gidişatı incelenmektedir.



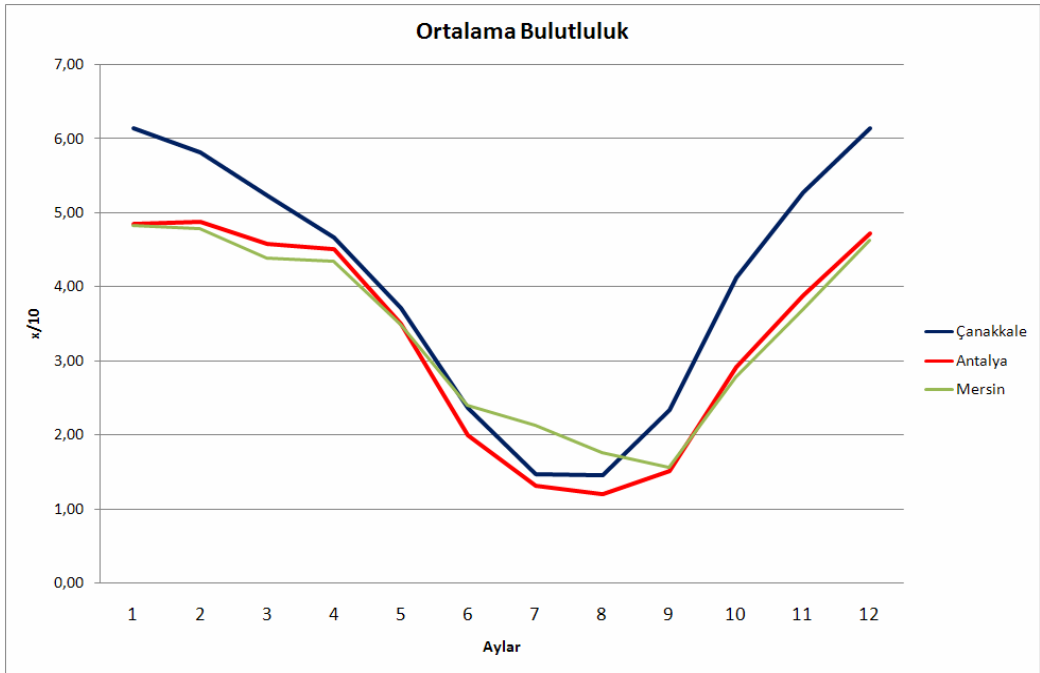
Şekil 6.3 Uzun Yıllar İçinde Haziran Ayı Toplam Güneş Radyasyonu



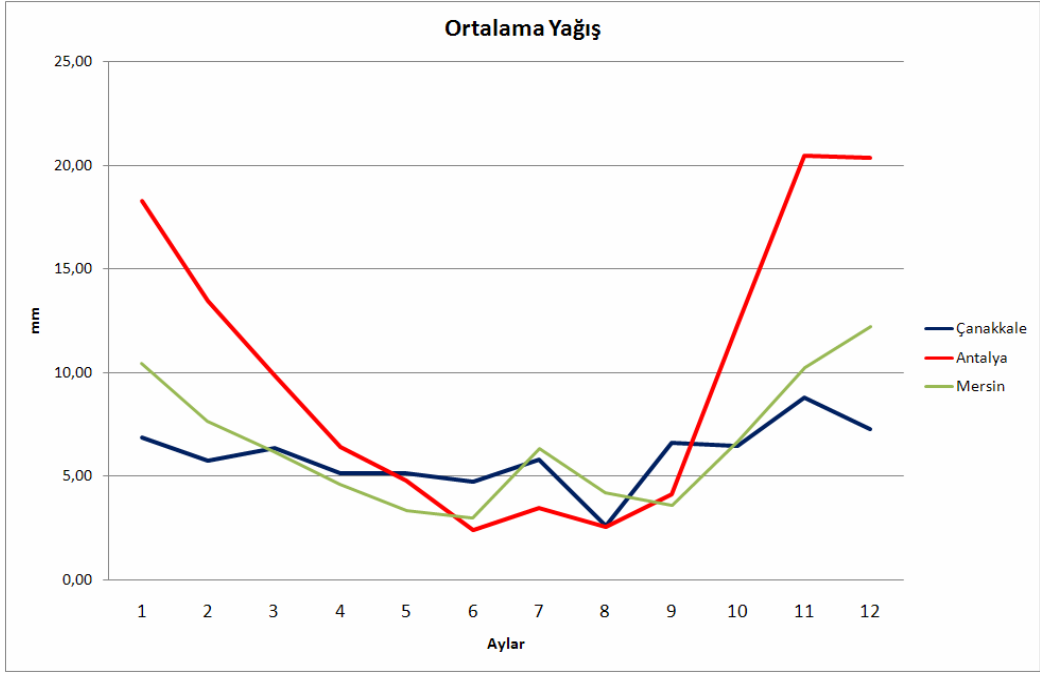
Şekil 6.4 Kısa Vadeli Haziran Ayı Toplam Güneş Radyasyonu



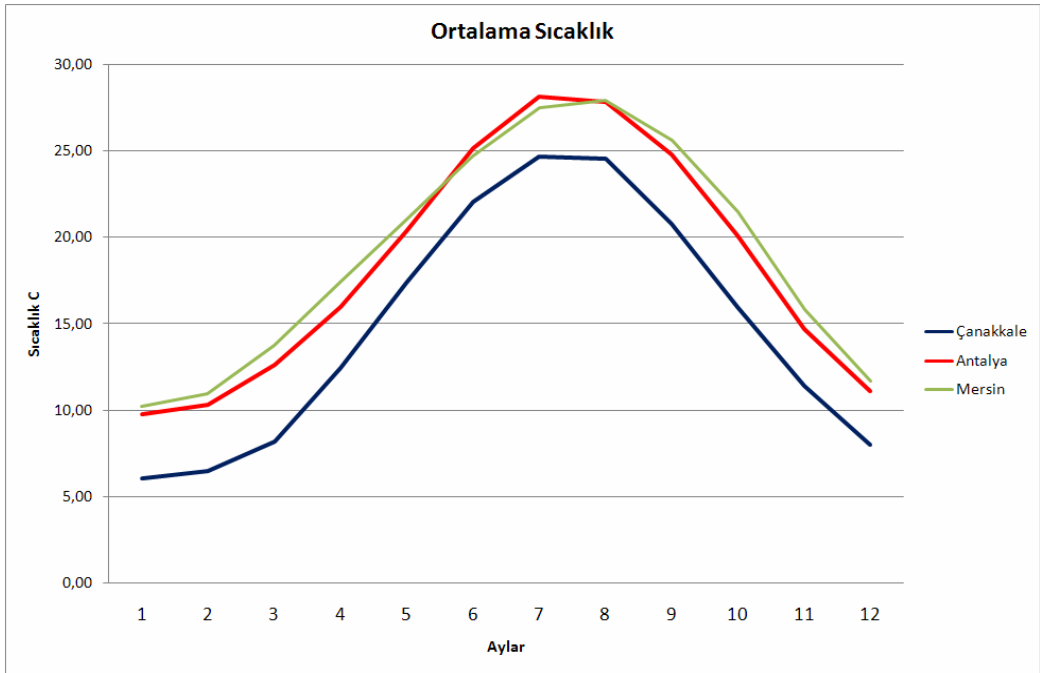
Şekil 6.5 Ortalama Buharlaşma



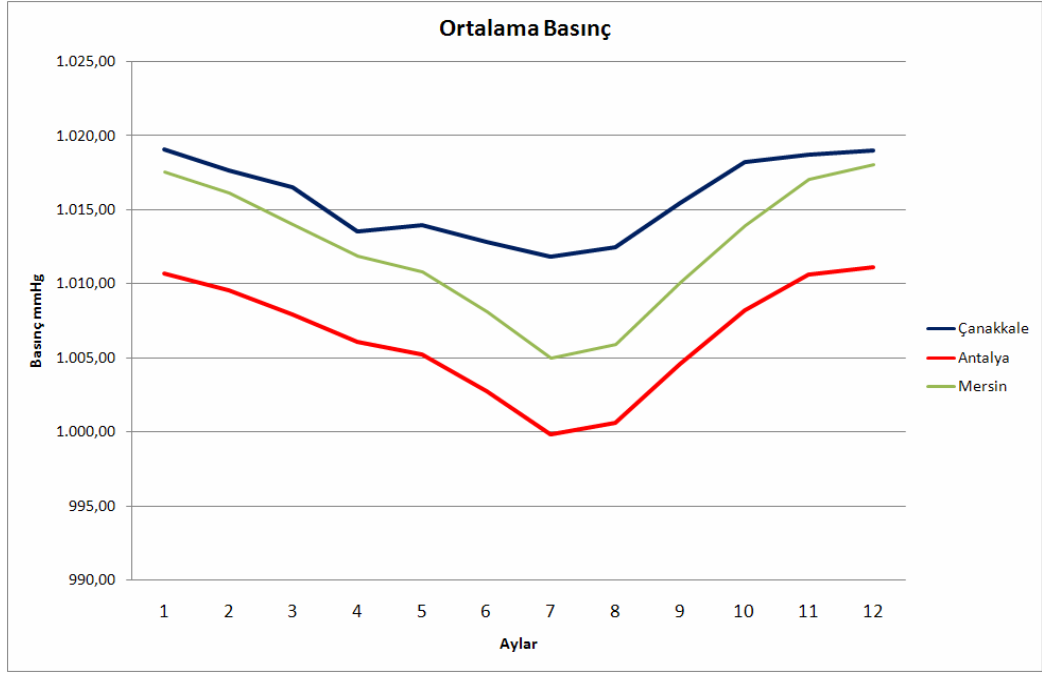
Şekil 6.6 Ortalama Bulutluluk



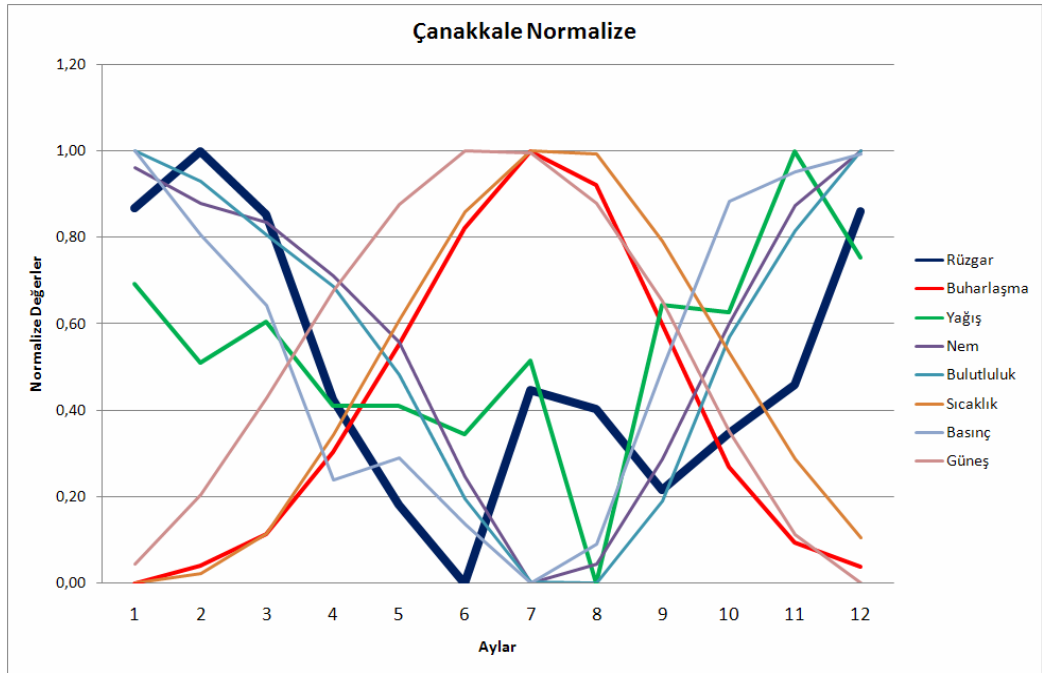
Şekil 6.7 Ortalama Yağış



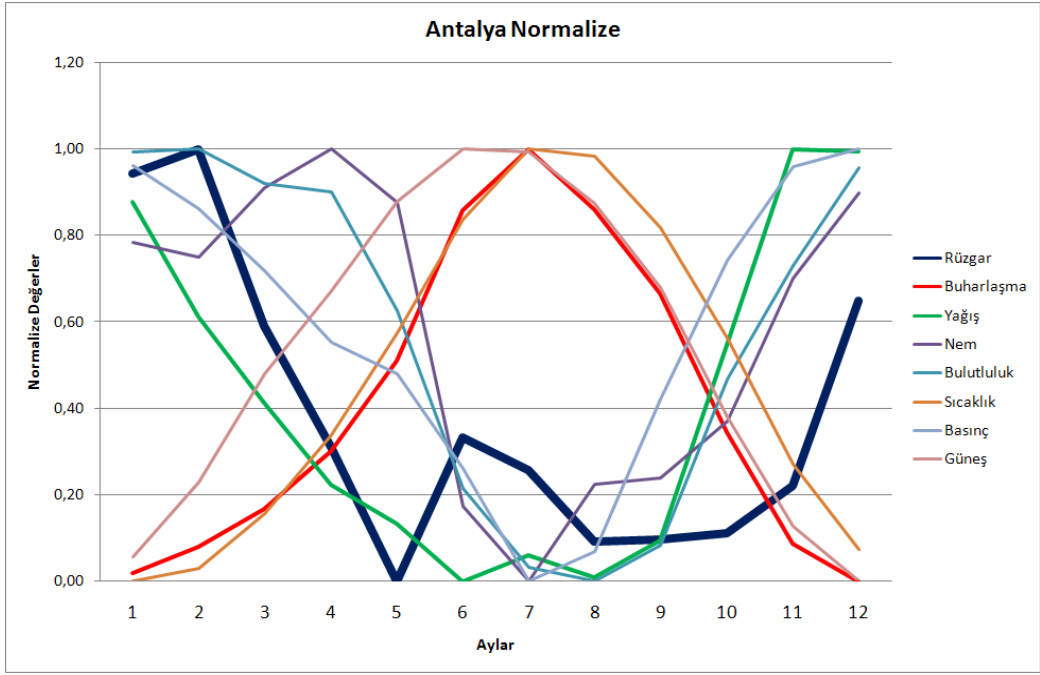
Şekil 6.8 Ortalama Sıcaklık



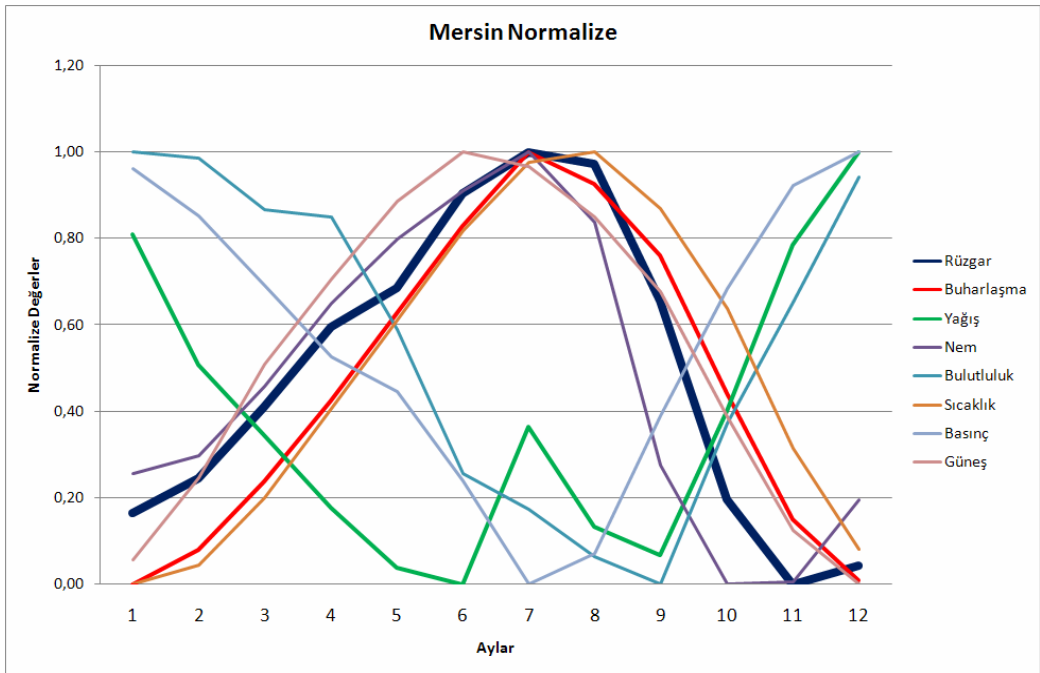
Şekil 6.9 Ortalama Basınç



Şekil 6.10 Çanakkale Genel Analiz



Şekil 6.11 Antalya Genel Analiz



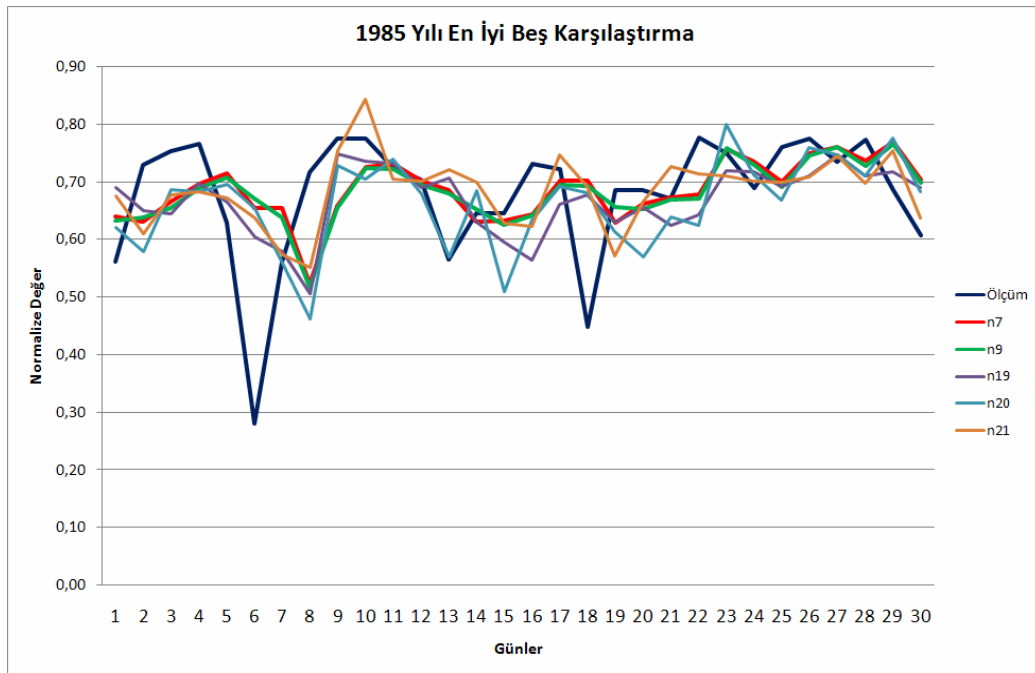
Şekil 6.12 Mersin Genel Analiz

6.2 Güneş Enerjisi ile İlgili Genel Yapay Sinir Ağı Analizi

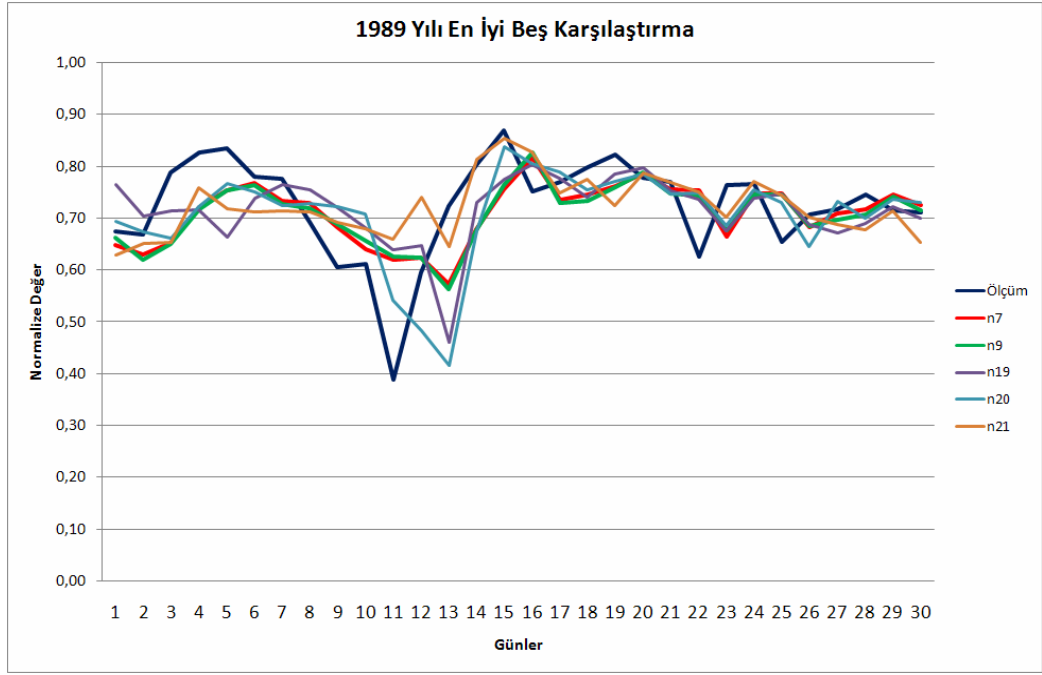
Güneş enerjisi ile ilgili çalışmalarda ilk önce literatürde yapılan çalışmalar ile ilgili uygulamaların, yapay sinir ağına veri olarak geçmiş beş günlük veri girilerek ve çıktı olarak bir gün sonraki toplam güneşlenme radyasyonu hedef olarak verildi. Bu çalışmada temel amaçla Alawi ve Hinai (1998), güneş enerjisi tahmininde kullandığı saatlik olarak sadece yakın toplam güneşlenme radyasyonu kullanarak bir sonraki saatin değerini tahmin etme çalışmasını günlük veriler için uygulanmasıdır.

Uygulama literatürde en sık rastlanan 22 farklı YSA modelinin MATLAB programı kullanılarak test edilmiştir. Sisteme veri olarak girilen tüm veriler aşağıdaki formüle göre normalize edilmiştir. Model 24 güneş verileri için en uygun model olarak seçilmiştir. Bu çalışmalar EK 2'den görülebilir.

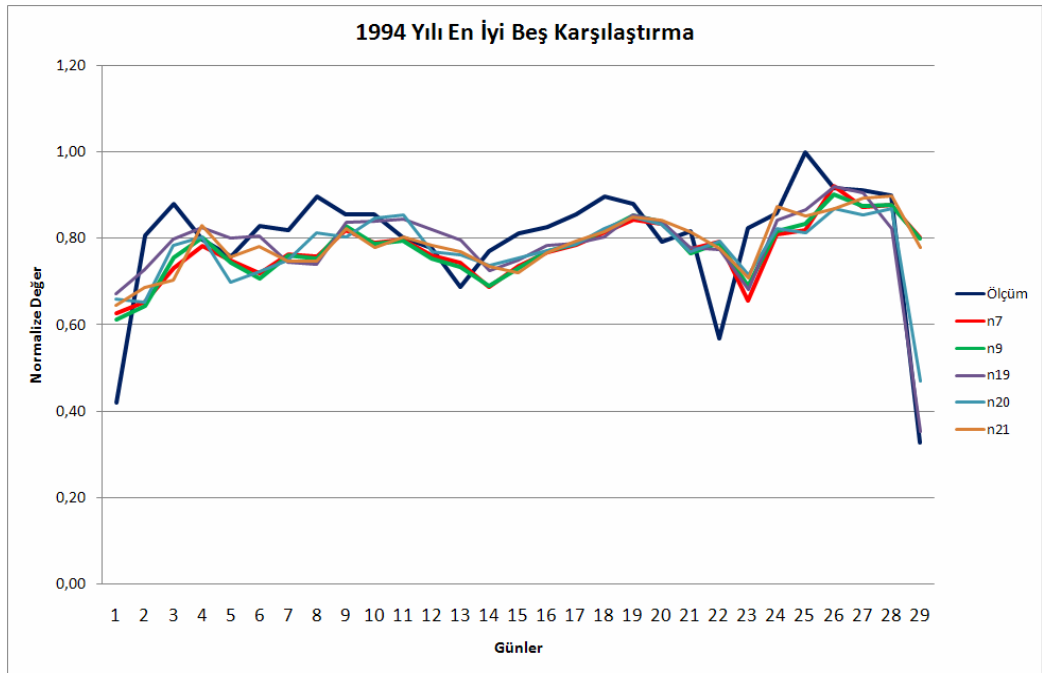
6.2.1 Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli Kısa Vadeli Sonuçları



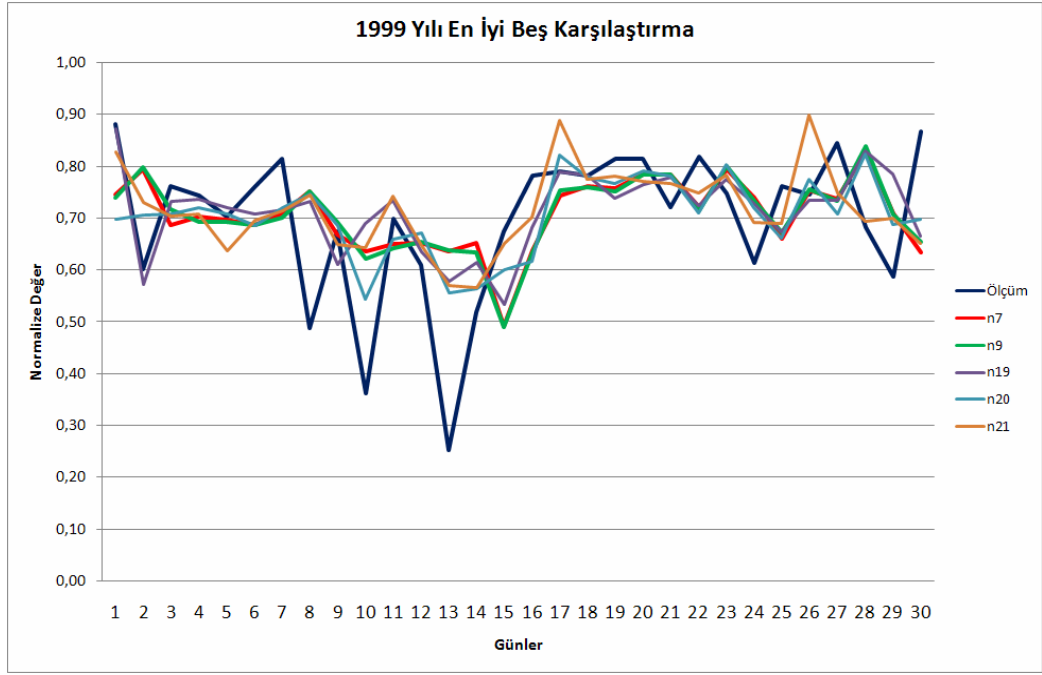
Şekil 6.13 1985 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



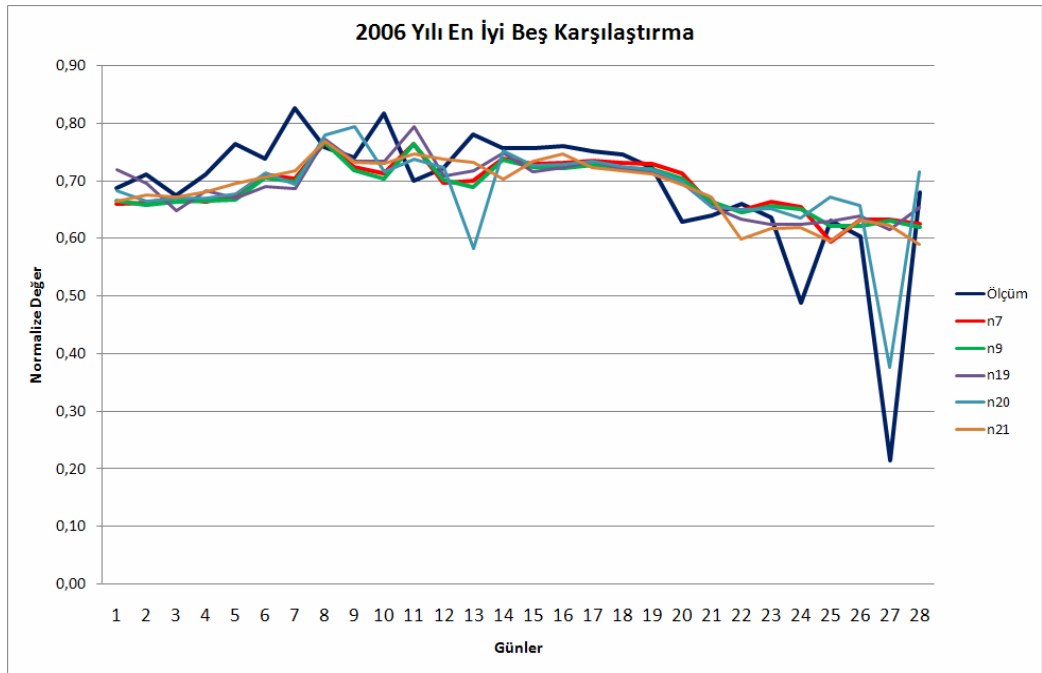
Şekil 6.14 1989 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 6.15 1994 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 6.16 1999 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 6.17 2006 Yılı Aylık Güneş Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları

6.3 Güneş Enerjisi Detaylı Çalışmaları

Güneş enerjisi ile ilgili çalışmaların ilk bölümünde yapay sinir ağları ile ilgili temel çalışmalar gözden geçirilmiş ve yapay sinir ağları ile güneş enerjisi tahmini yapılabilmesi hakkında genel bir bilgi edinilmiştir. Bu bölümde uygulanan metotlar içinden en iyi sonuç veren metot, rüzgar tahminlerinde olduğu gibi “Metot 24” dür. Bu metodun kullanılmasına karar verildikten sonra, hedef olara “güneş radyasyonu” seçilmesi durumunda girdilerin neler olacağı ve formları üzerinde çalışılmıştır.

İlk aşamada belirlenen girdiler tipik yıl ve tipik yıla en uzak yıl üzerinde test edilmiş, 12 aylık öngörüler yapılmıştır. Öngörülerde Aralık ayı verileri kullanılmış ve bir sonraki senenin 12 ayı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bulunan ağırlıklar ve kullanılan metoda ile herhangi bir ayda sonraki 12 ayın başarı ile öngörülebildiği gözlenmiştir.

Birinci grup çalışmada veri olarak eldeki veriler normalize edilmiştir. Ayrıca güneş radyasyonu düzeyleri bir ağırlık katsayısı ile çarpılarak normalize edilmiştir. Buna göre en yüksek ayın ağırlık değeri 12, en düşük ayın ağırlık değeri ise 1 olarak kabul edilmektedir. Güneş enerjisi tahminleri için hedef değer ve girdi bilgileri Çizelge 6.1 de özetlenmektedir. Buna göre toplam 27 girdi bulunmaktadır.

Çizelge 6.2 ise yıllık tahminler için gerekli girdileri vermektedir. Yıllık tahminler için 28 girdi kullanılmaktadır. Yıllık tahminlerde (n-4) veri yerine n , (n-1) ile (n-2) verileri ve aralarında değişimler girmektedir.

Sonuçlar Düzce, Giresun, Çanakkale ve Antalya illeri için verilmektedir. Mersin ili Antalya ile yakın sonuçlar verdiği için çalışmaya dahil edilmemiştir.

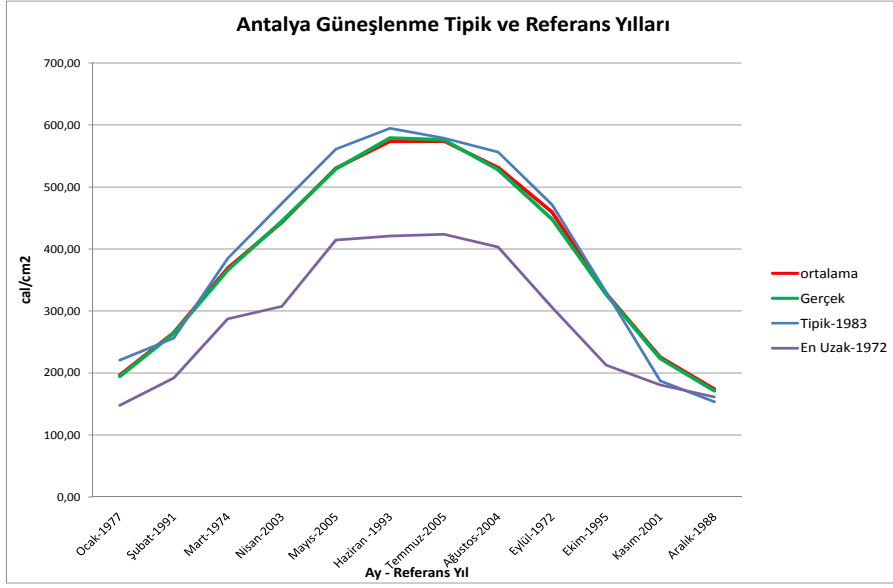
Çizelge 6.1 Güneş Enerjisi Aylık Tahminleri için Girdi -Çıktı Bilgileri

Girdiler (27 Bağlantı)	Hedef (1 Çıkış)
Buharlaşma(n), Buharlaşma(n-1), Buharlaşma(n-2) Buharlaşma Değişim((n-1)-(n-2)), Buharlaşma Değişim((n-1)-(n-3)), Bulutluluk(n), Bulutluluk(n-1), Bulutluluk(n-2) Bulutluluk Değişim((n-1)-(n-2)), Bulutluluk Değişim((n-1)-(n-3)), Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2) SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)), Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2) NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)), Güneş(n-1), Güneş(n-2), Güneş Değişim((n-1)-(n-2)), Güneş Değişim((n-1)-(n-3)), Ay(n),Ay(n-1),Ay(n-2)	Toplam Güneşlenme Radyasyonu(n)

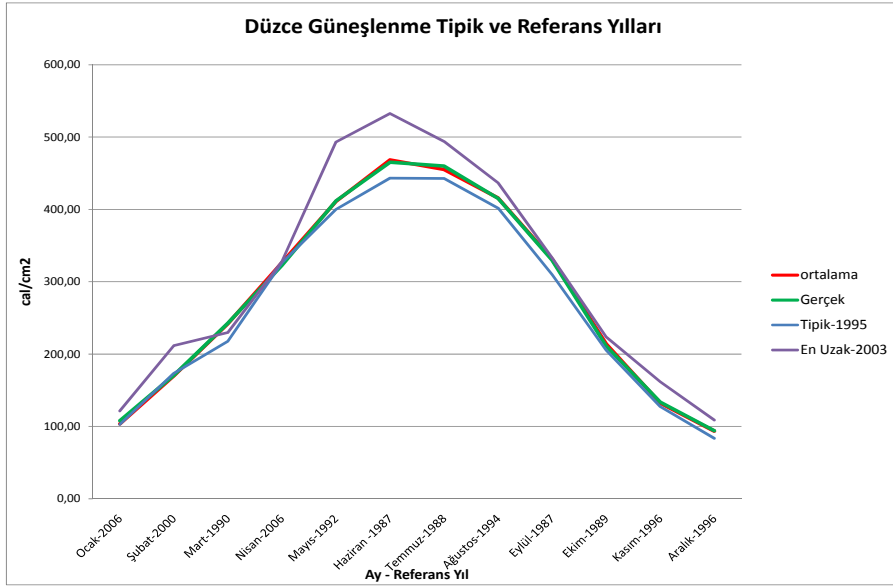
Çizelge 6.2 Güneş Enerjisi 12 Aylık Öngörümleri için Girdi -Çıktı Bilgileri

Girdiler (28 Bağlantı)	Hedef (12 Çıkış)
Buharlaştırma(n), Buharlaştırma(n-1), Buharlaştırma(n-2)	Toplam
Buharlaştırma Değişim((n-1)-(n-2)), Buharlaştırma Değişim((n-1)-(n-3)),	Güneşlenme
Bulutluluk(n), Bulutluluk(n-1), Bulutluluk(n-2)	Radyasyonu (n+1), (n+2)
Bulutluluk Değişim((n-1)-(n-2)), Bulutluluk Değişim((n-1)-(n-3)),	(n+3), (n+4), (n+5), (n+6),
Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2)	(n+7), (n+8), (n+9), (n+10),
SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)),	(n+11), (n+12), (n+13)
Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2)	
NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)),	
Güneş(n), Güneş(n-1), Güneş(n-2), Güneş Değişim((n-1)-(n-2)), Güneş Değişim((n-1)-(n-3)),	
Ay(n),Ay(n-1),Ay(n-2)	

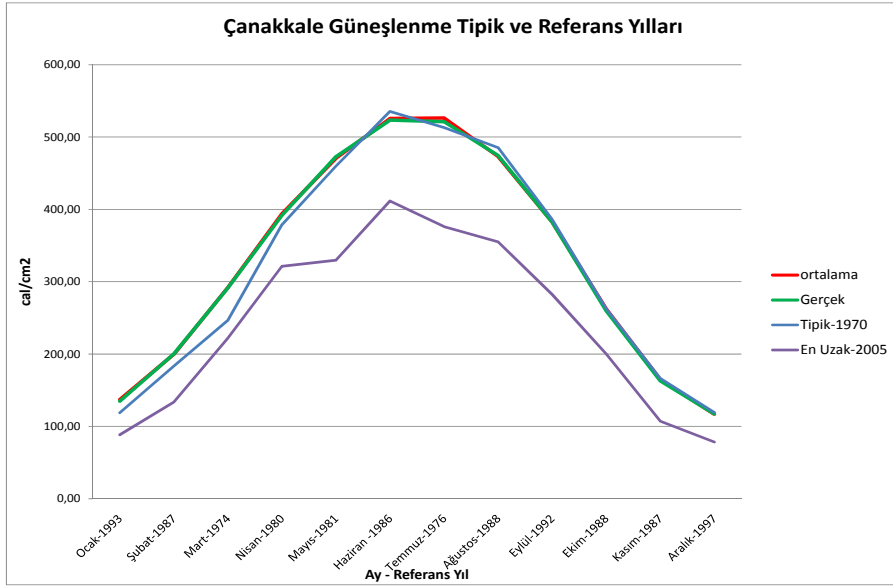
6.3.1 Güneş Enerjisi İçin Referans ve Tipik Yıl Çalışmaları



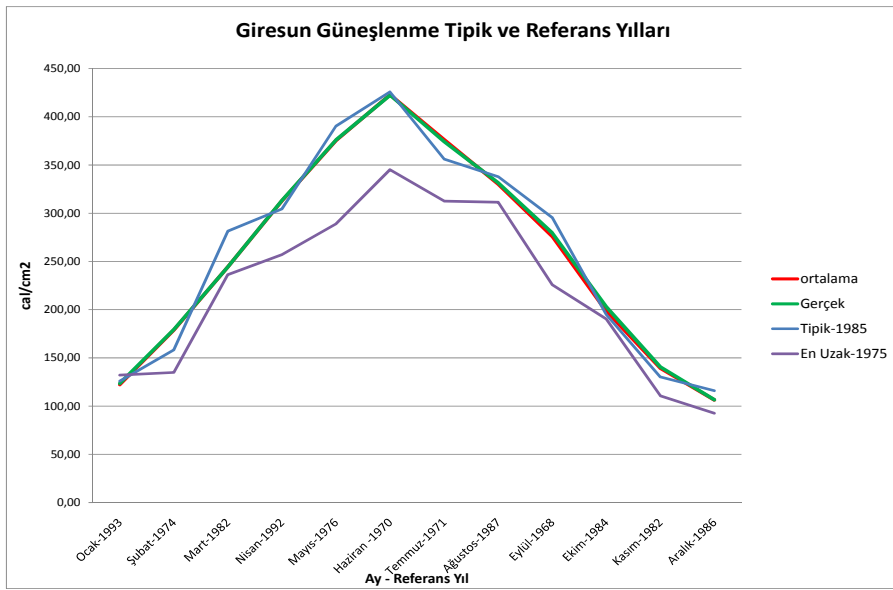
Şekil 6.18 Antalya İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları



Şekil 6.19 Düzce İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları



Şekil 6.20 Çanakkale İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları

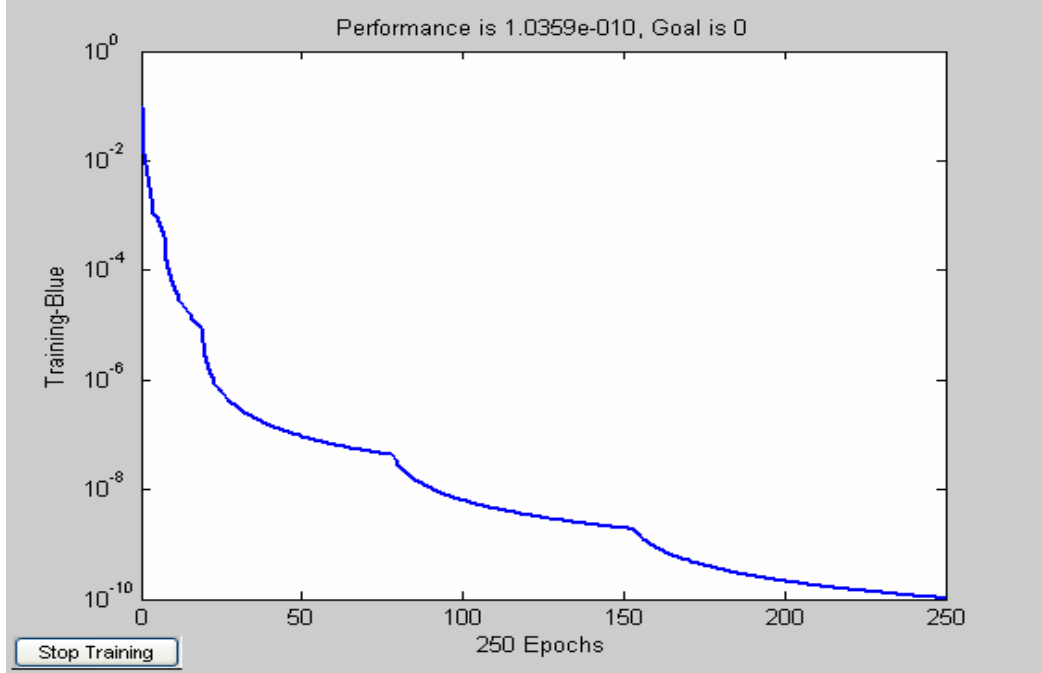


Şekil 6.21 Giresun İli Toplam Güneş Radyasyonu Tipik ve Referans Yılları

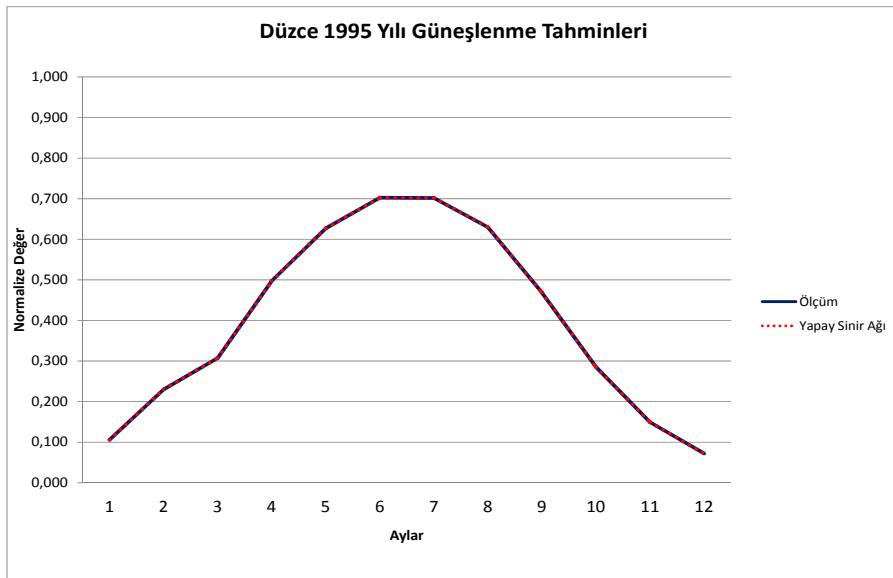
6.4 Güneş Enerjisi Tahmin ve Öngörüm Sonuçları

6.4.1 Düzce İli

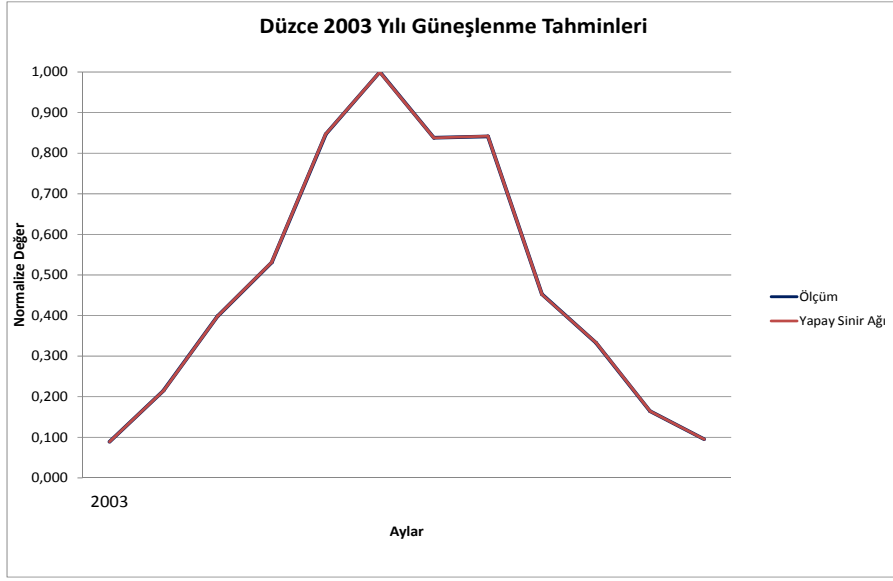
6.4.1.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.22 Düzce İli Aylık Tahmin Test Sonuçları

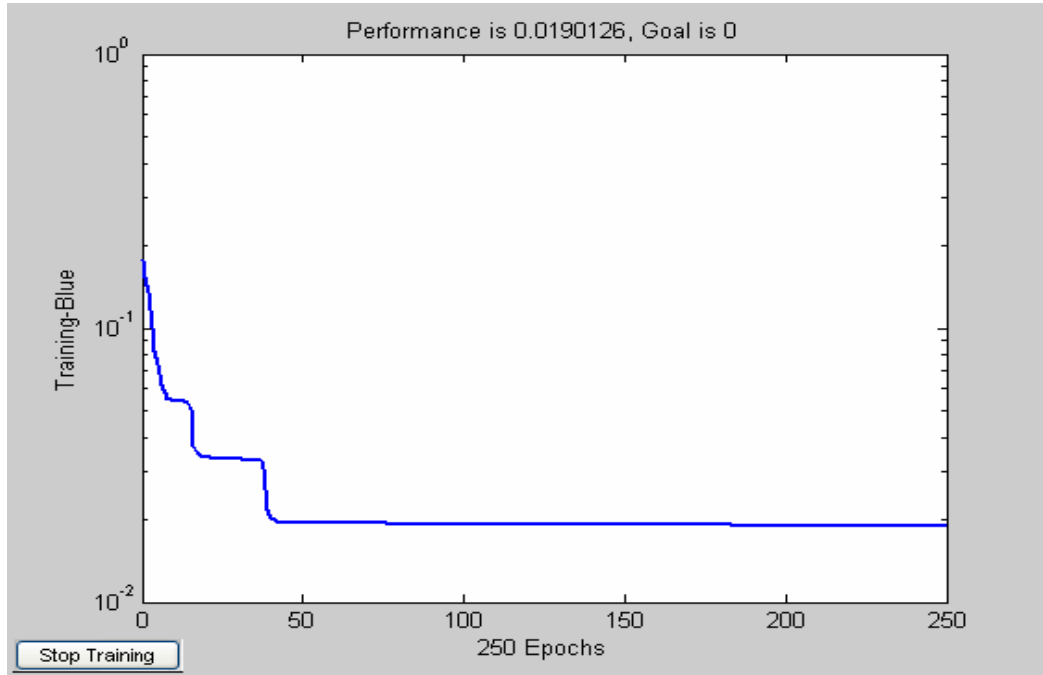


Şekil 6.23 Düzce 1995 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

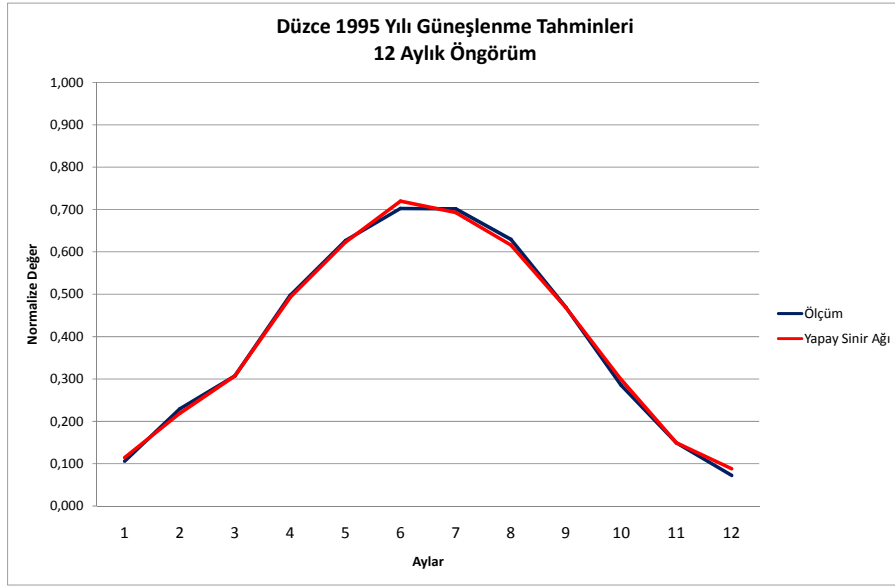


Şekil 6.24 Düzce 2003 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

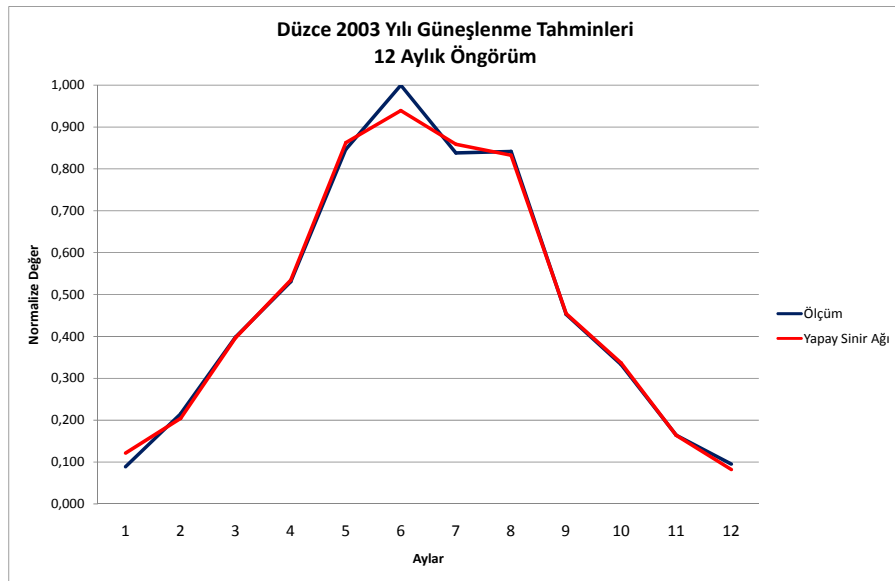
6.4.1.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.25 Düzce İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları



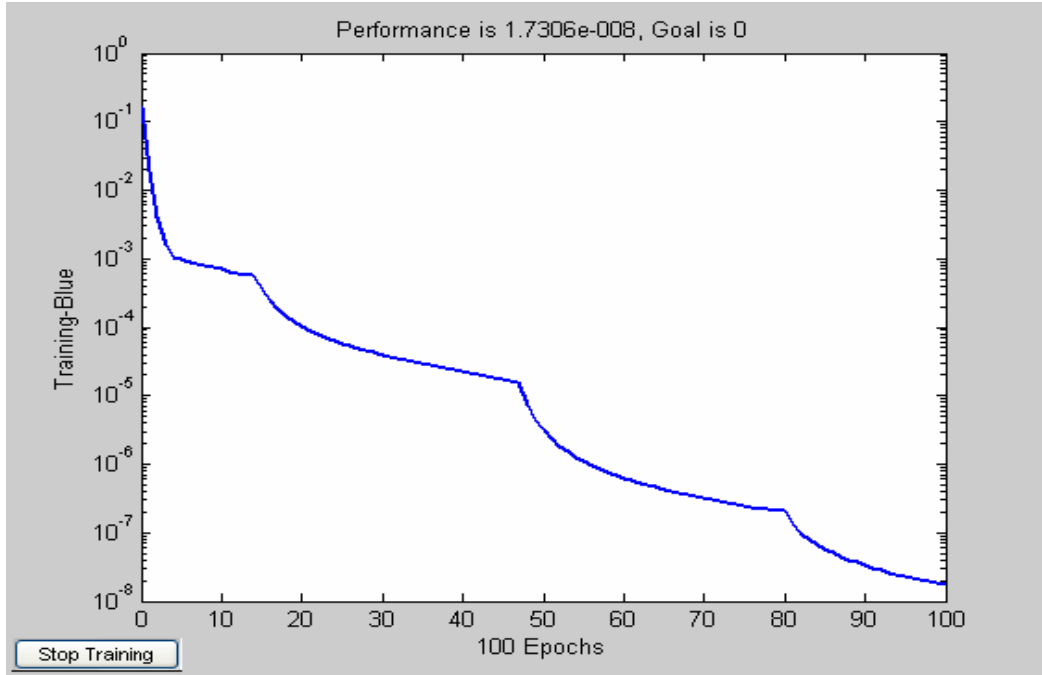
Şekil 6.26 Düzce 1995 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



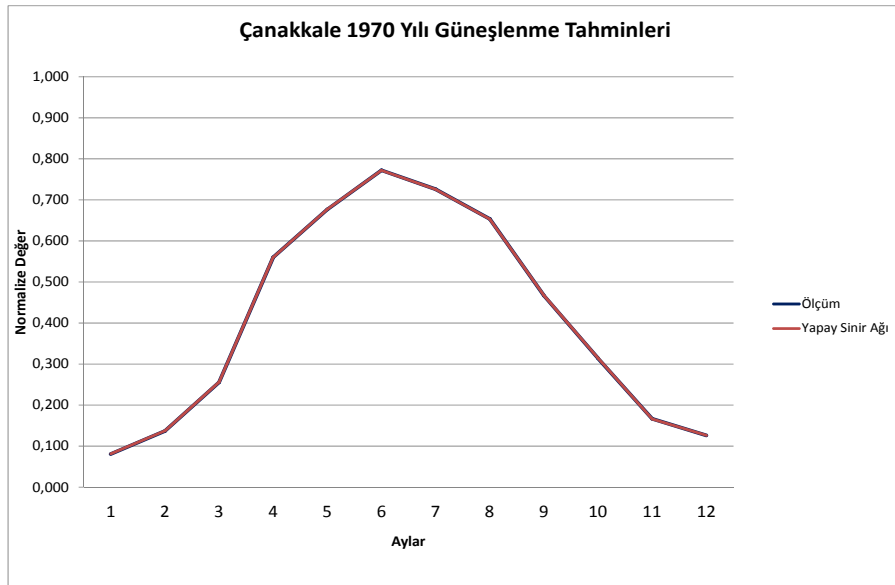
Şekil 6.27 Düzce 1995 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

6.4.2 Çanakkale İli

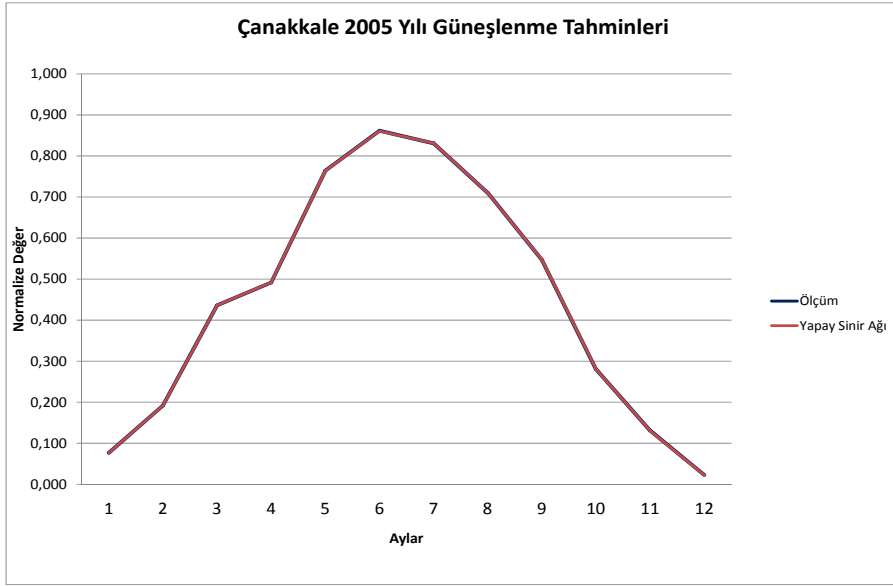
6.4.2.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.28 Çanakkale İli Aylık Tahmin Test Sonuçları

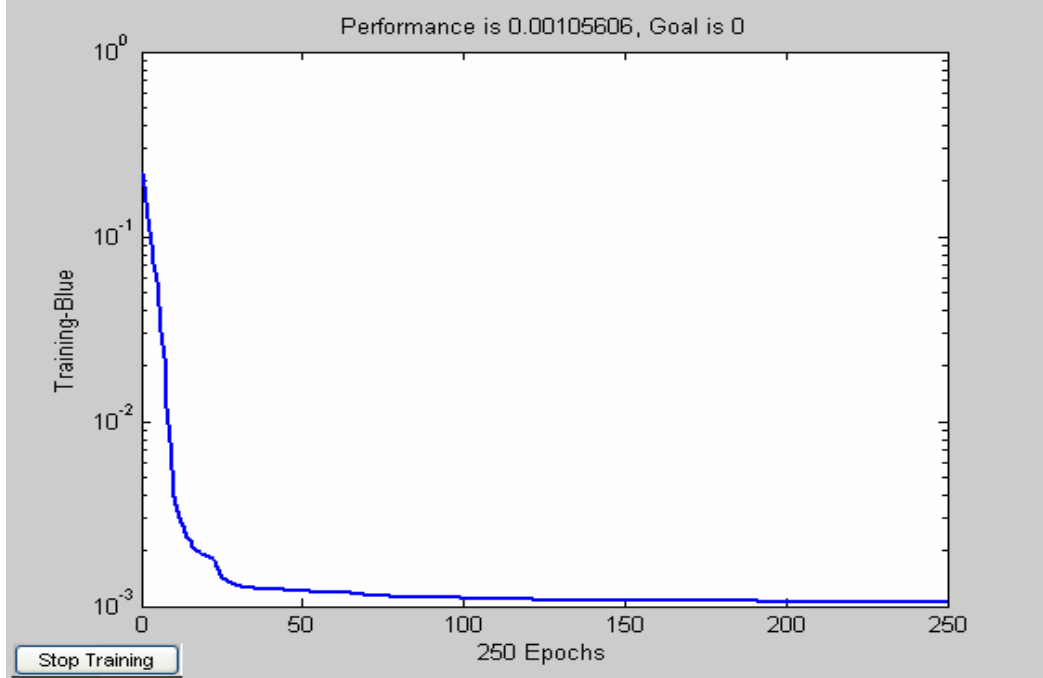


Şekil 6.29 Çanakkale 1970 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

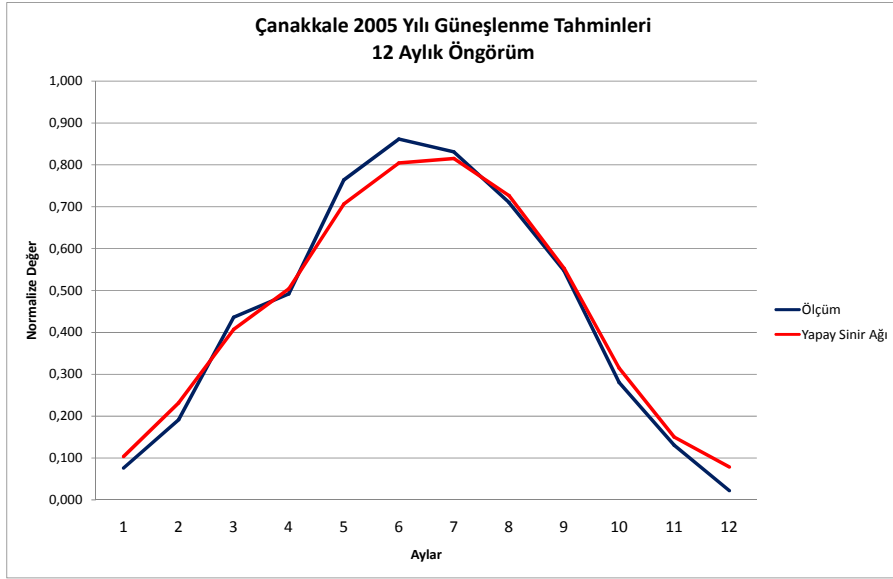


Şekil 6.30 Çanakkale 2005 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

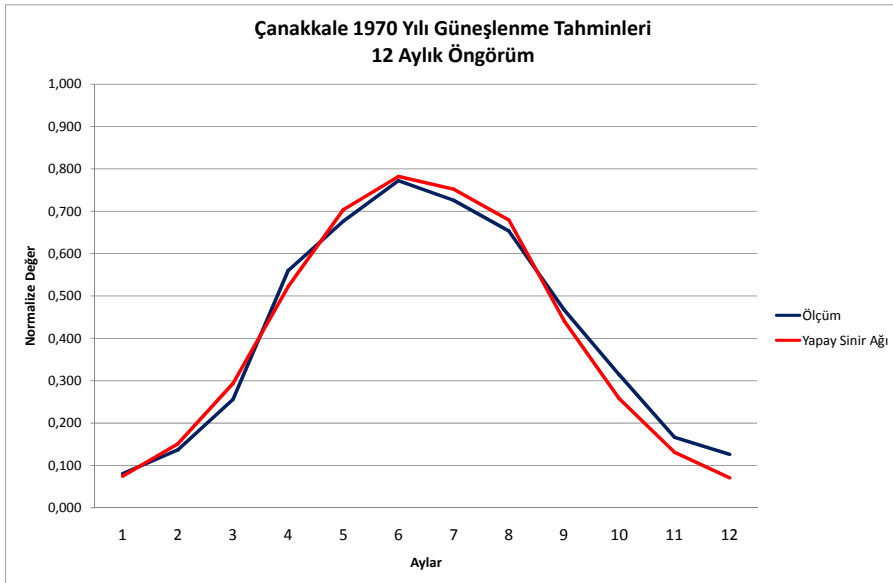
6.4.2.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.31 Çanakkale İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları



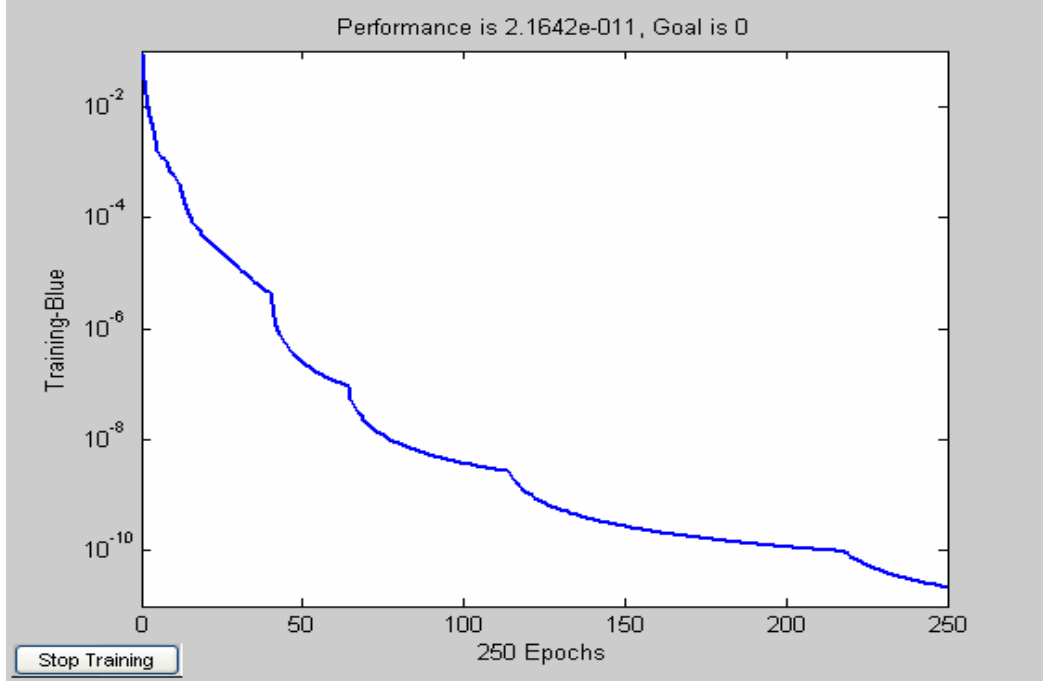
Şekil 6.32 Çanakkale 1970 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



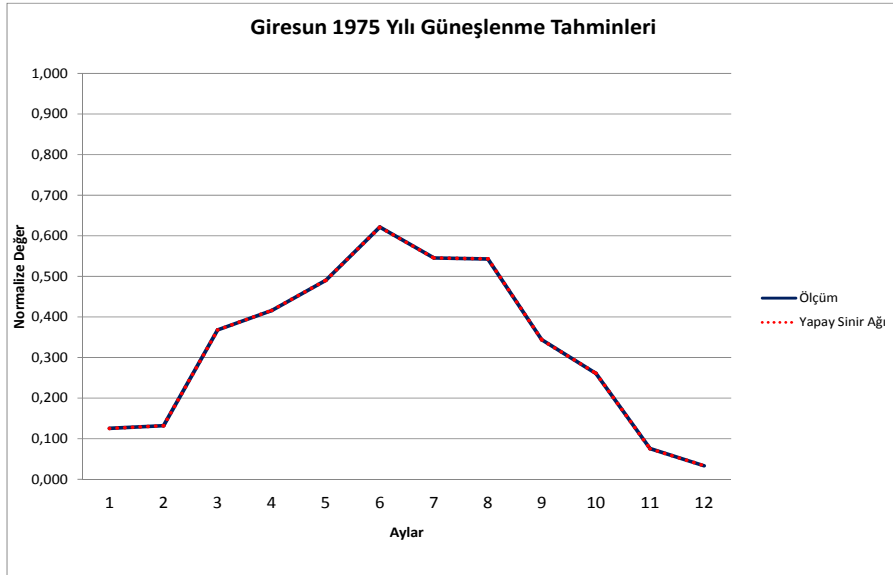
Şekil 6.33 Çanakkale 1970 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

6.4.3 Giresun İli

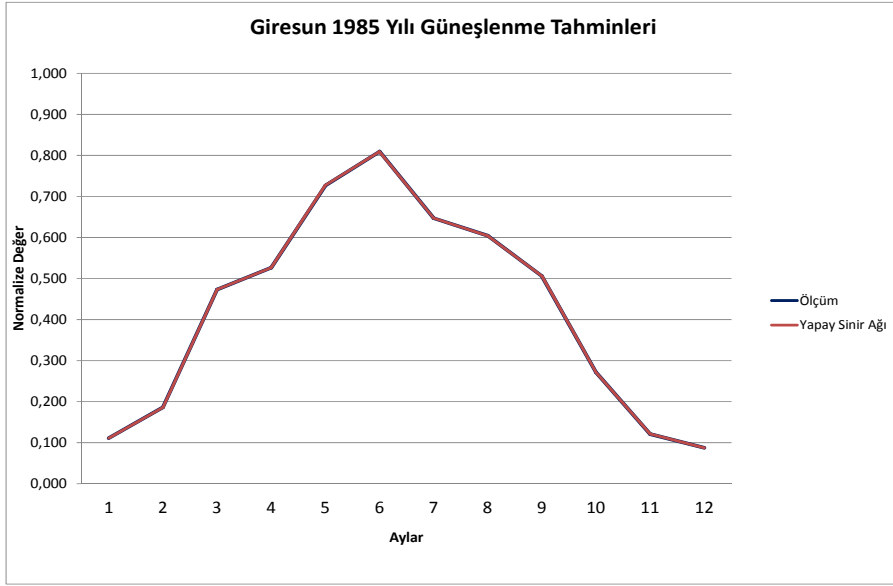
6.4.3.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.34 Giresun İli Aylık Tahmin Test Sonuçları

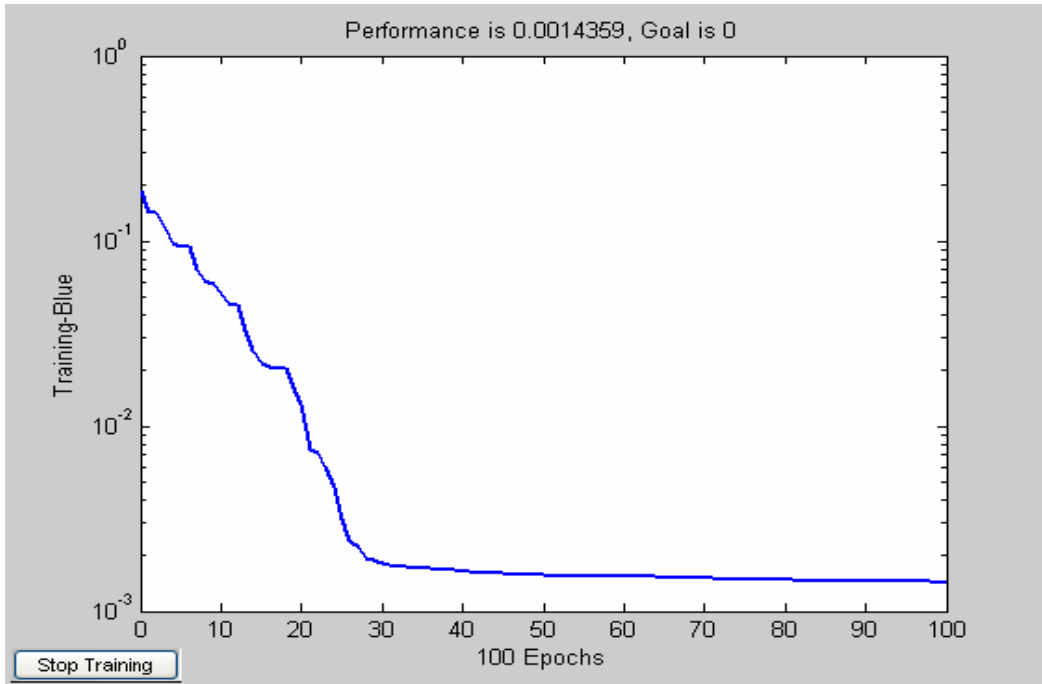


Şekil 6.35 Giresun 1975 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

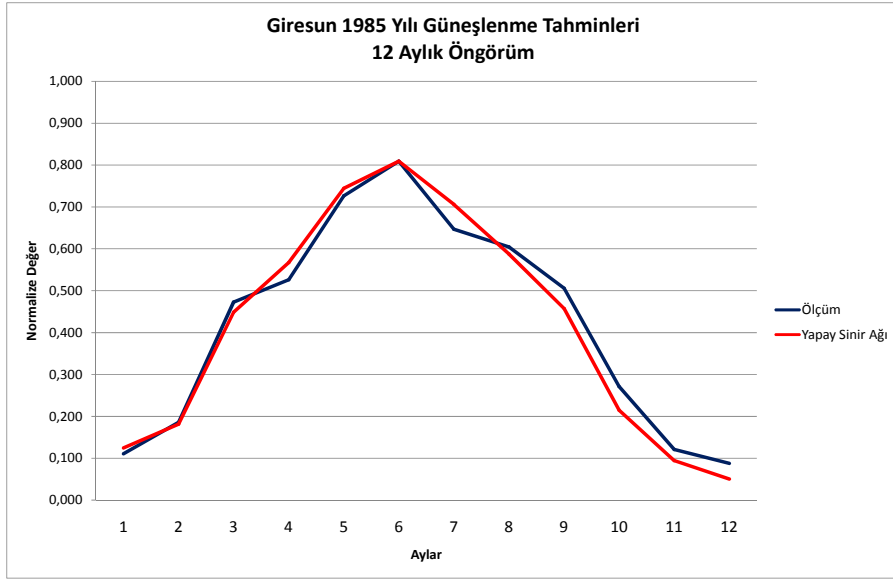


Şekil 6.36 Giresun 1985 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

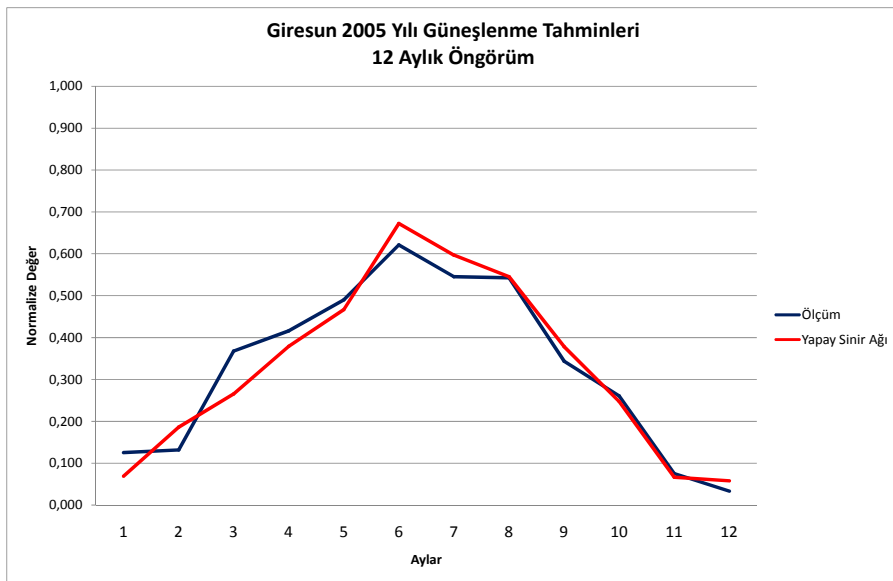
6.4.3.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.37 Giresun İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları



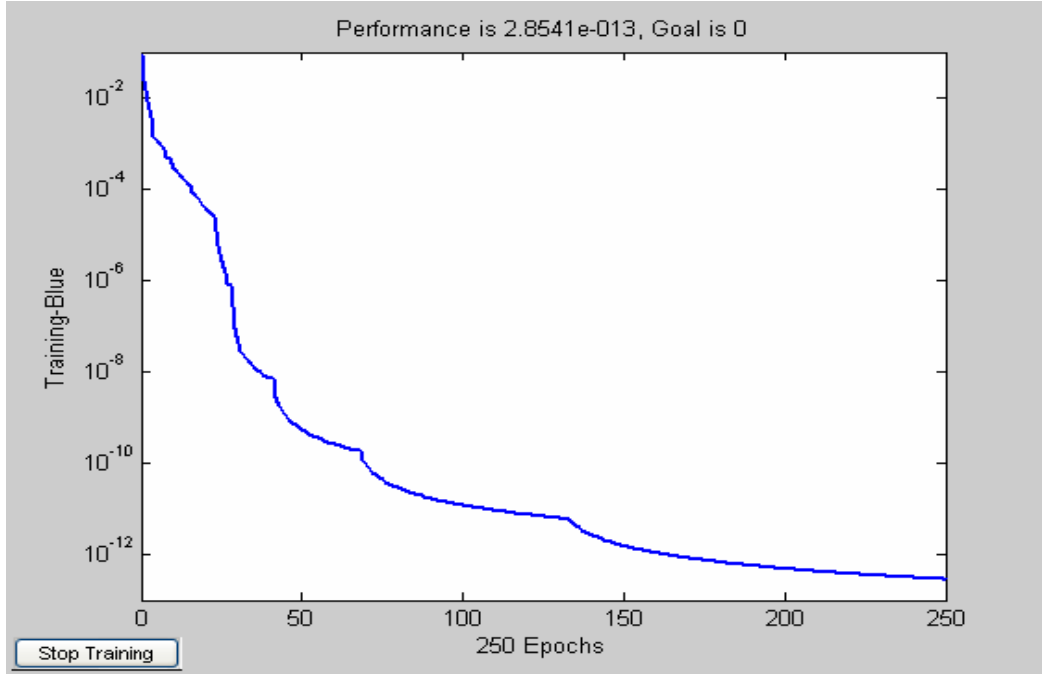
Şekil 6.38 Giresun 1985 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



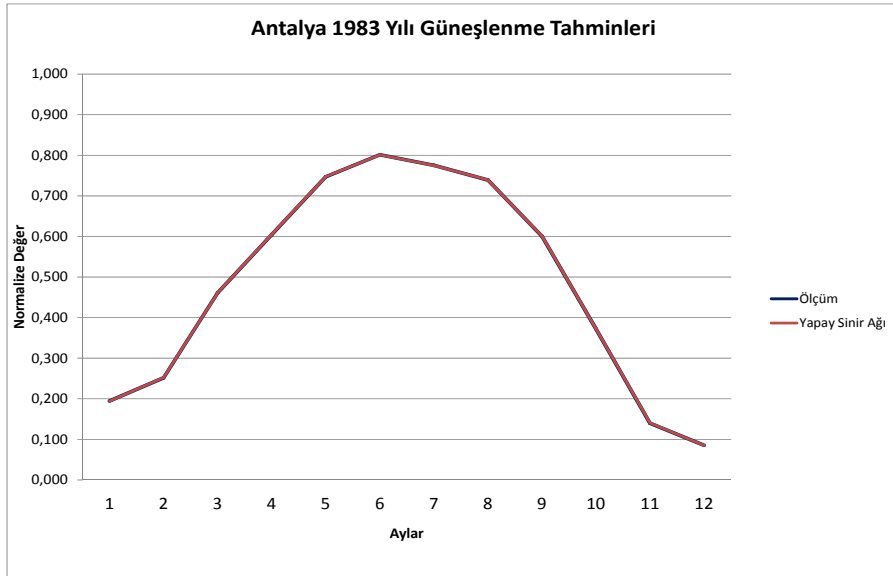
Şekil 6.39 Giresun 2005 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

6.4.4 Antalya İli

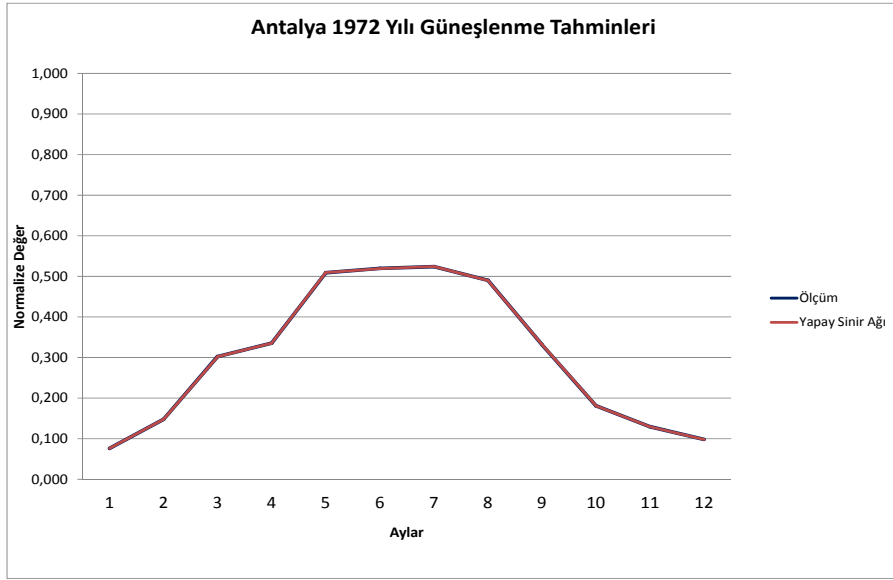
6.4.4.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.40 Antalya İli Aylık Tahmin Test Sonuçları

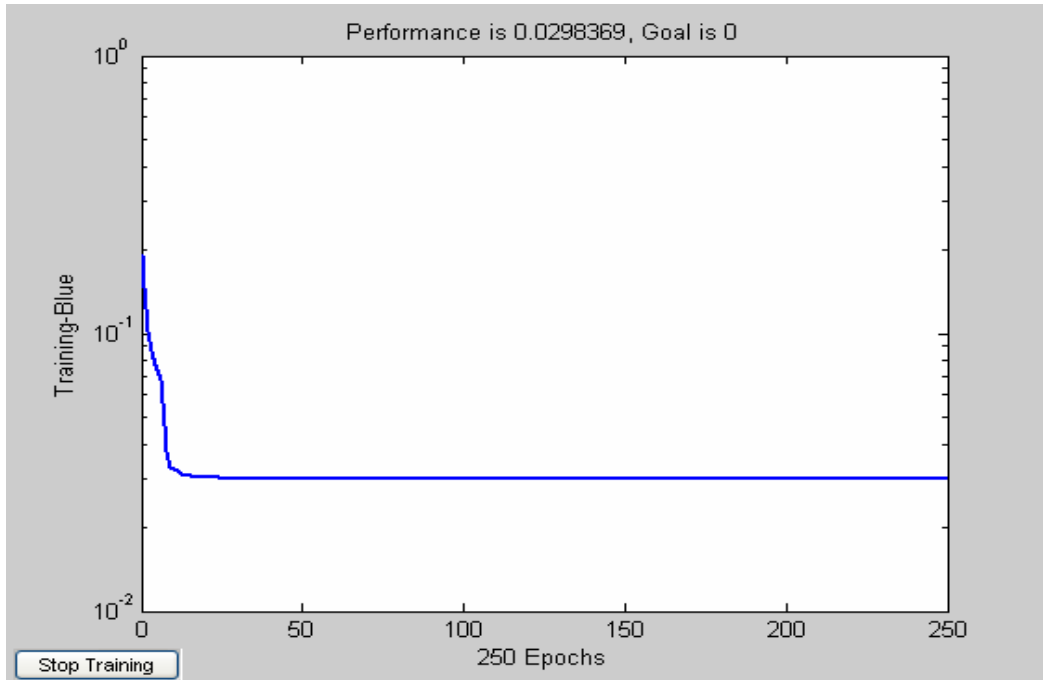


Şekil 6.41 Antalya 1983 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

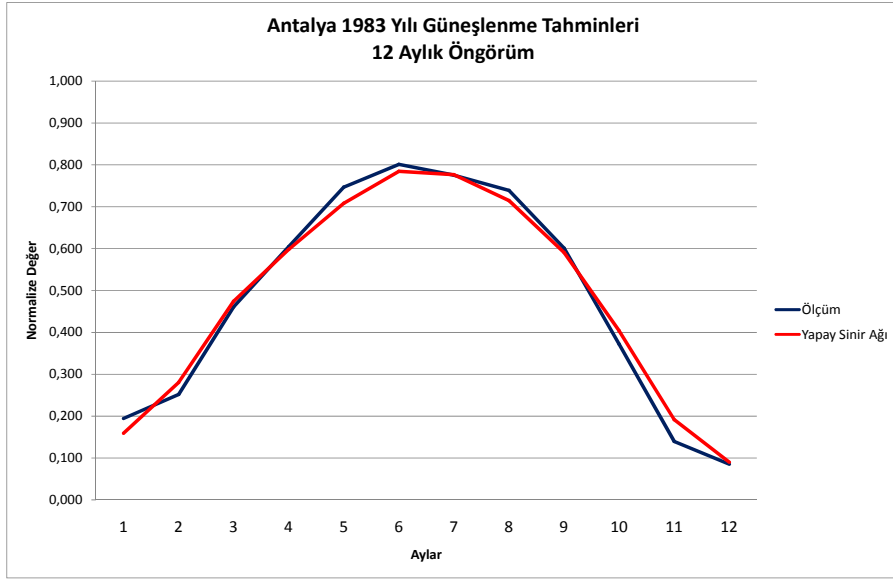


Şekil 6.42 Antalya 1972 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri

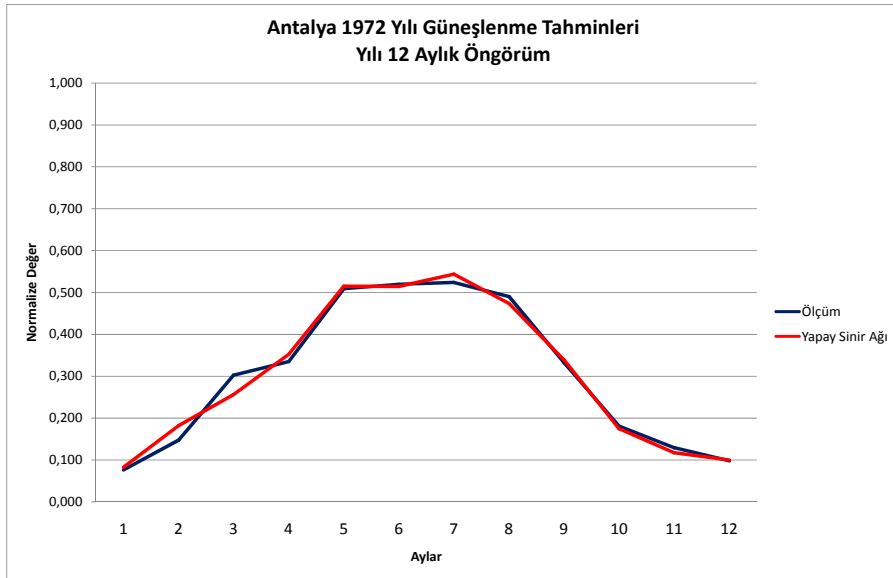
6.4.4.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 6.43 Antalya İli 12 Aylık Tahmin Test Sonuçları



Şekil 6.44 Antalya 1983 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



Şekil 6.45 Antalya 1972 Yılı Toplam Güneş Radyasyonu Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

7. HİDROELEKTRİK ENERJİ İÇİN DEBİ ANALİZLERİ

7.1 Hidroelektrik Enerji ile Genel Durum

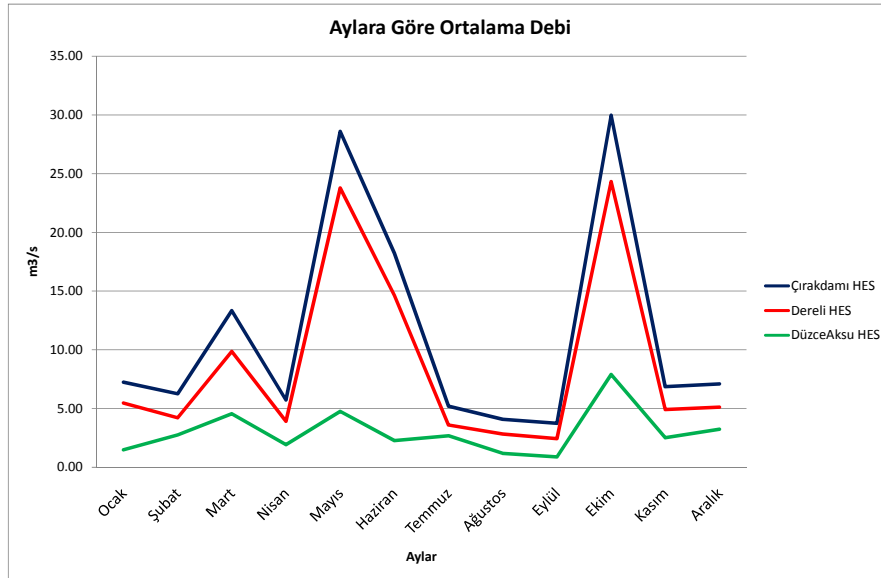
Hidroelektrik enerji analizleri için ana girdi olan debi miktarları kullanılmıştır. Kullanılan veriler için uzun yıllara ait verileri olan ve şu anda mevcut HES kurulumları yapılan Giresun ve Düzce bölgeleri alınmıştır. Bu aşamada Giresun bölgesi hidroelektrik enerji açısından çok umut vadeden bir bölge olmasına rağmen güneş ve rüzgar enerjileri açısından potansiyeli çok düşüktür. Düzce bölgesi ise rüzgar, güneş ve hidroelektrik enerji anlamında ülkemizde ortalama potansiyele sahip bir bölgedir. Giresun ve Düzce bölgeleridir kurulan santraller küçük hidroelektrik santral konumundadır. Kurulu güç açısından Düzce diğer iki santralden biraz daha büyüktür.

Giresun İli, Dereli İlçesi, Gökçebel Mevkii, Dereli Regülatörü, HES 49,2 Mwe

Giresun İli, Dereli İlçesi, Çırakdamı Mevkii, Çırakdamı, HES 49,1 MW

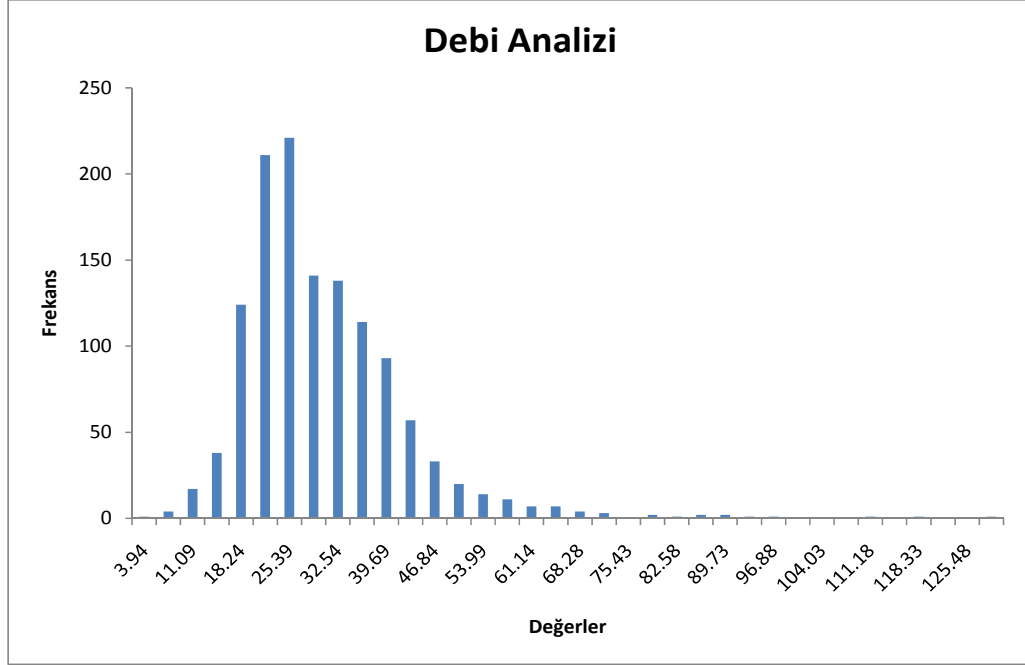
Aksuhes Düzce, Düzce İli, Düzce-Aksu HES 55,2 MWm

Debi ile ilgili analizler için günlük, aylık ve yıllık veriler kullanılarak analizler yapılmıştır.



Şekil 7.1 Çeşitli Derelerin Aylık Debi Ortalamaları

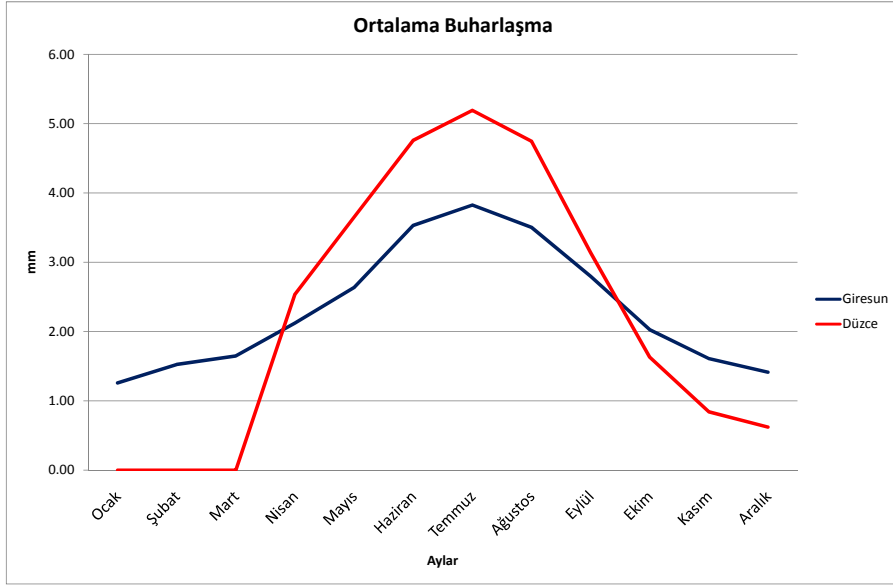
Çırakdamı HES için olan Mayıs ve Ekim aylarının maksimum debi'ye sahip olması ve kullanılabilirlik kararlılığı açısından günlük debi analizinde mayıs ve ekim ayları test edilmiştir.



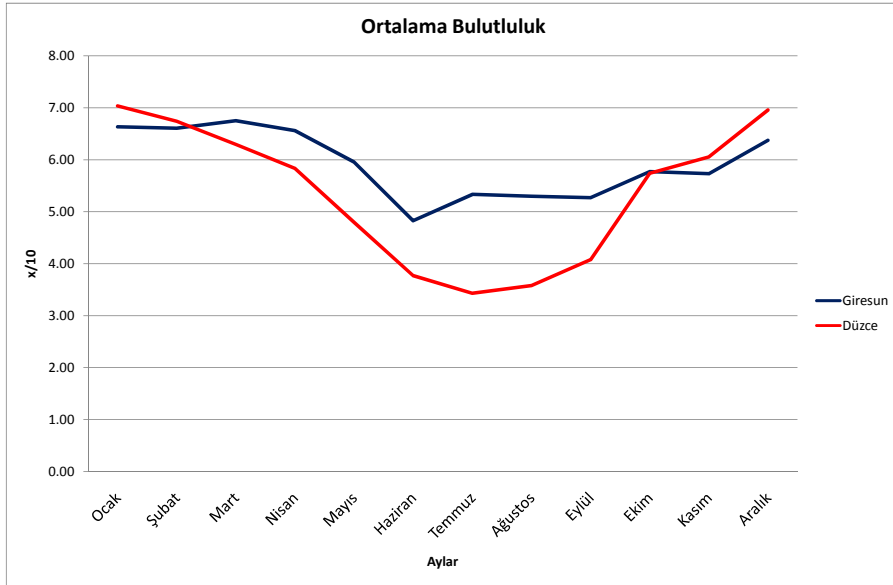
Şekil 7.2 Çırakdamı Deresi Debi Histogramı

Çırakdamı deresi için yapılan histogram analizinden de görüleceği üzere, genel olarak $25\text{m}^3/\text{s}$ debi hızı belirgin olarak gözlemlenmektedir.(Şekil 7.2) Yüksek hızlarda çeşitli verilerin gözlemlendiği bu histogram bize genel olarak belirgin bir akış rejimin olduğunu ama bu akışın da bazı aylarda çok azaldığını gösterecek şekilde orta-sola yatık bir histogram oluşturmuştur.

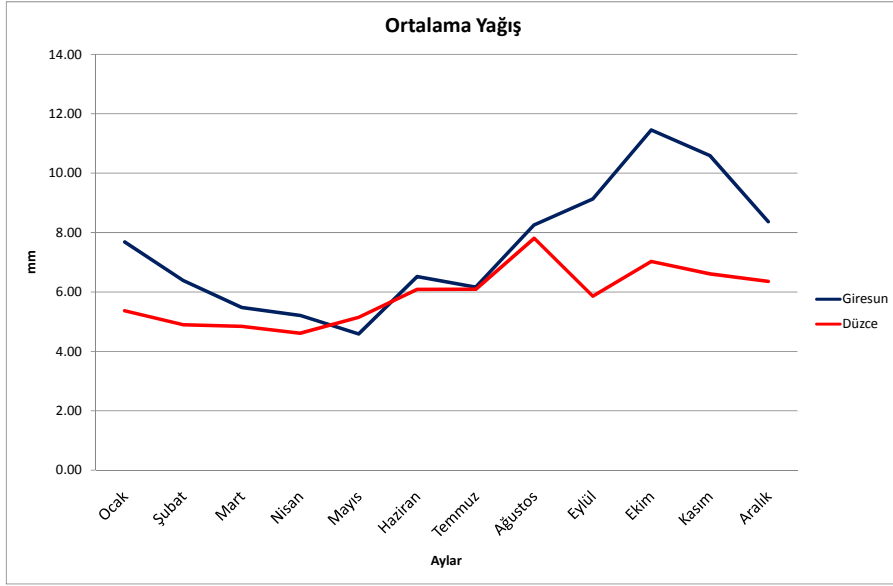
Debi ile ilgili genel durumunda uzun vadede ve son beş yıl içinde potansiyelin genel olarak gidişatı incelendiğinde günlük olarak mayıs ayı içinde belirgin bir trend gözlenmemiştir.



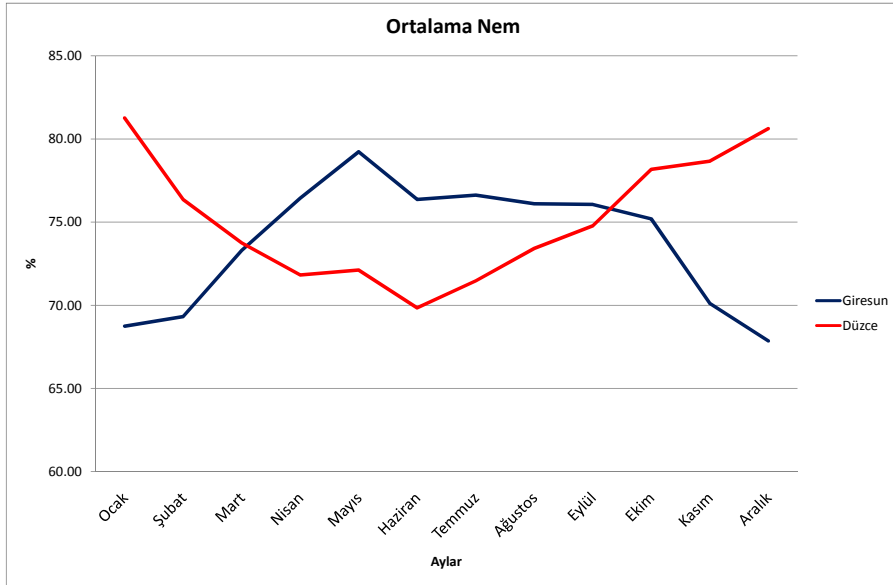
Şekil 7.3 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Buharlaşma Ortalamaları



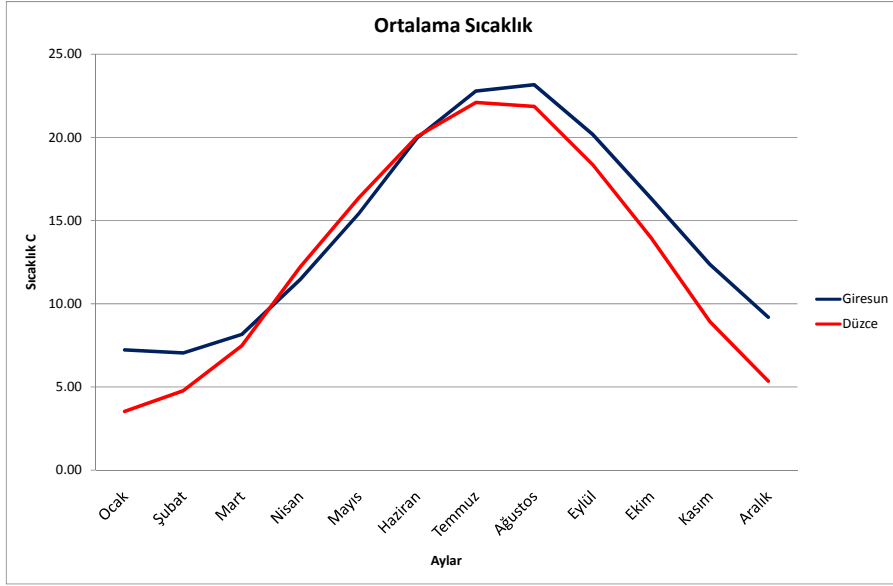
Şekil 7.4 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Bulutluluk Ortalamaları



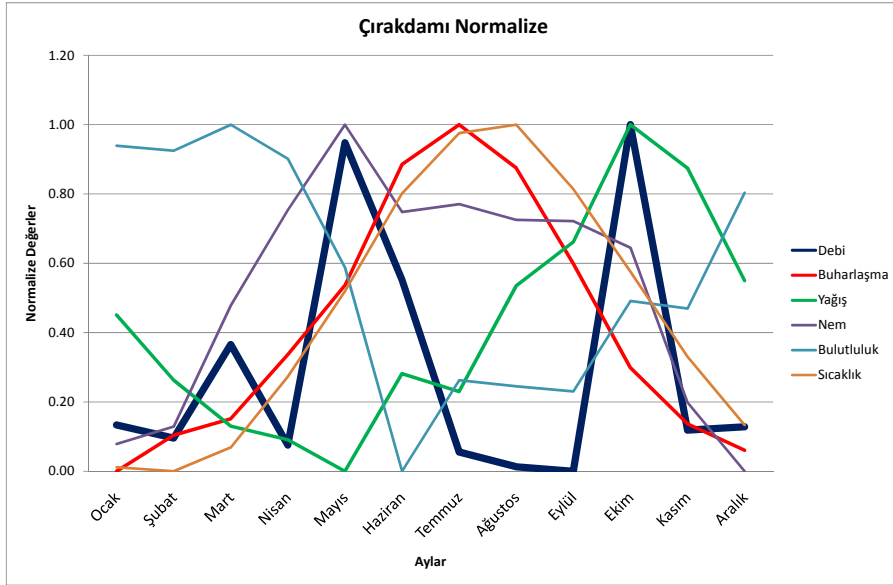
Şekil 7.5 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Yağış Ortalamaları



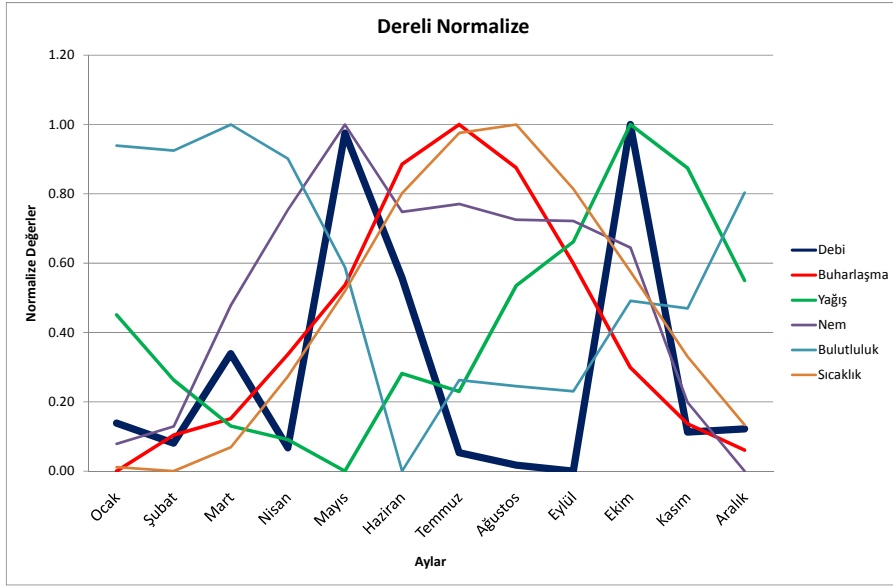
Şekil 7.6 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Nem Ortalamaları



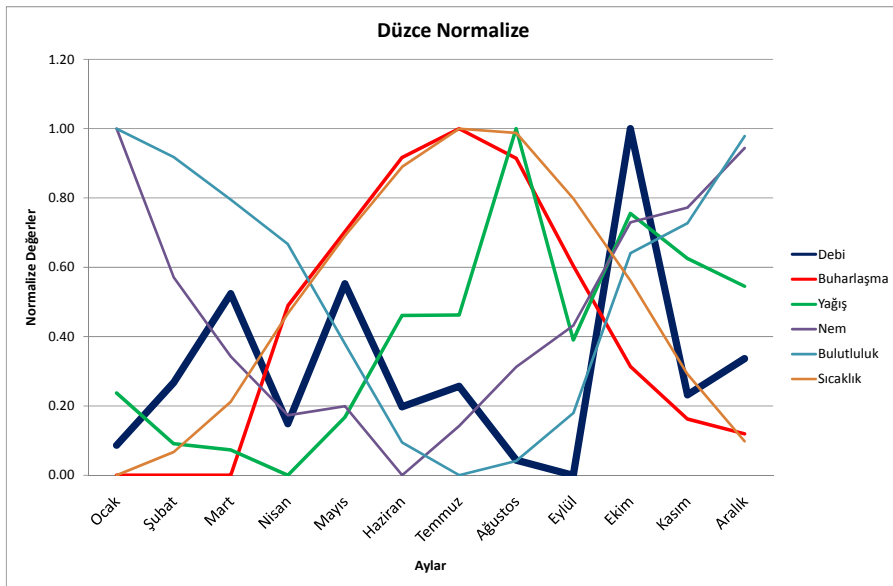
Şekil 7.7 Derelerin Bulunduğu İllerin Aylık Sıcaklık Ortalamaları



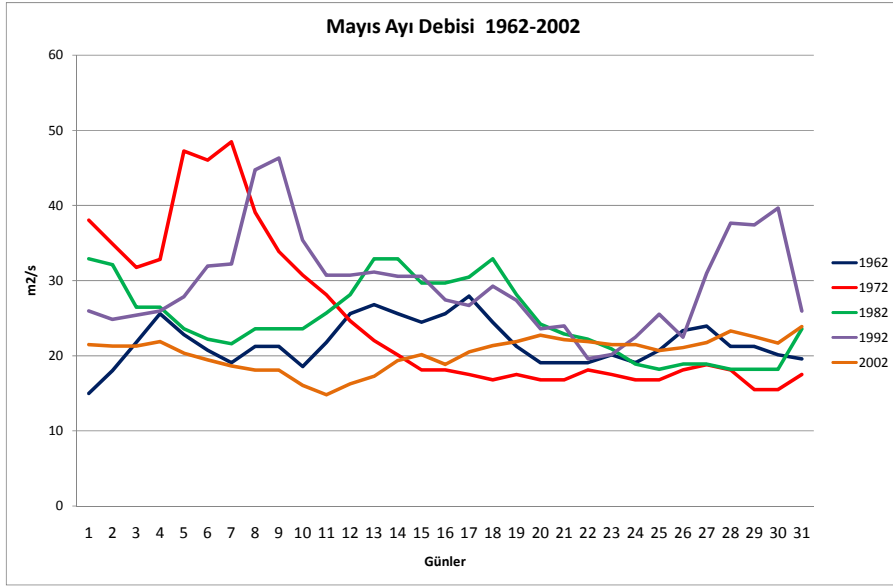
Şekil 7.8 Çırakdamı Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi



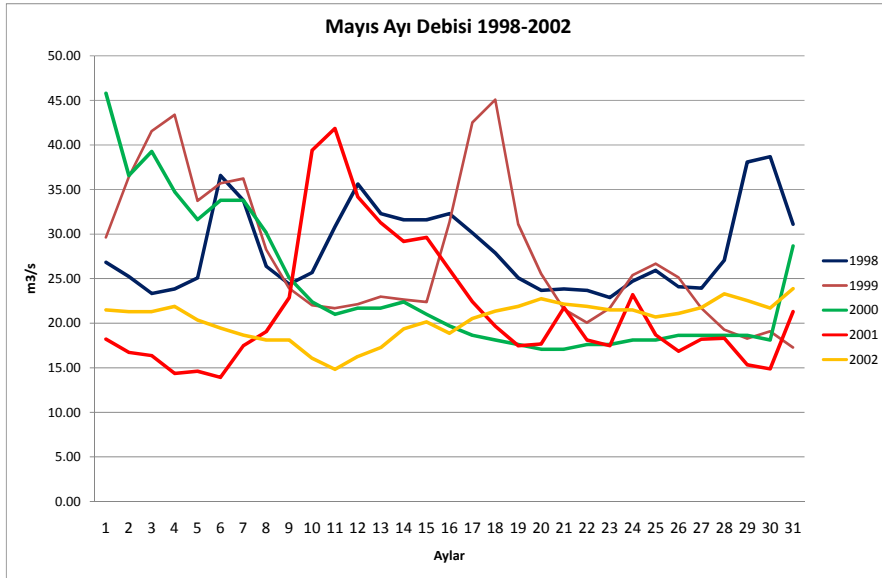
Şekil 7.9 Dereli Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi



Şekil 7.10 Düzce Meteorolojik Verilerin Toplu Analizi



Şekil 7.11 Çırakdamı Uzun Dönemde Mayıs Ayı Günlük Debi Ortalamaları



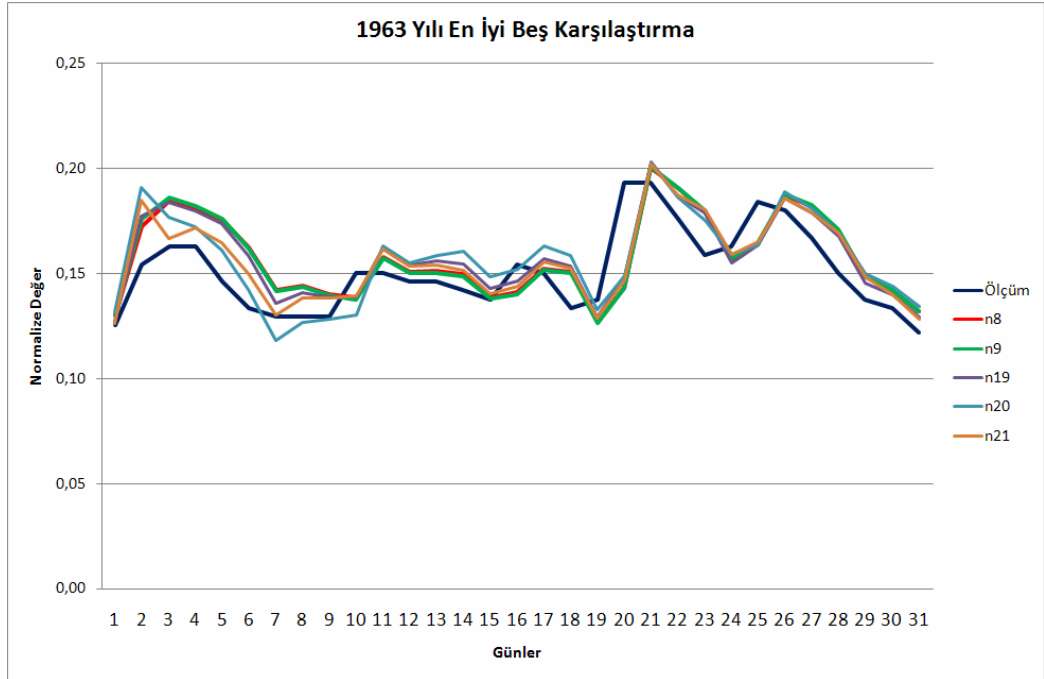
Şekil 7.12 Çırakdamı Yakın Dönemde Mayıs Ayı Günlük Debi Ortalamaları

7.2 Hidroelektrik Enerji ile İlgili Genel Yapay Sinir Ağı Analizi

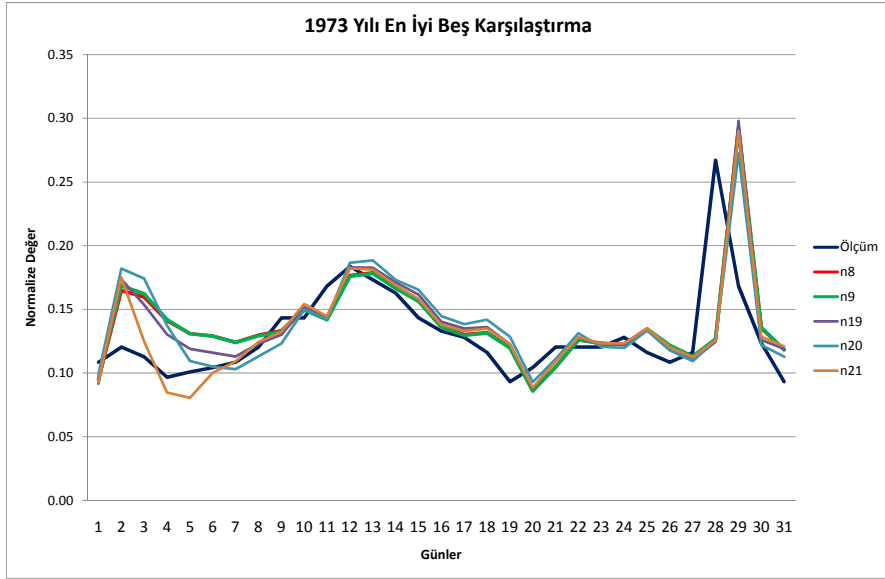
Hidroelektrik enerjisi ile ilgili çalışmalarda ilk önce literatürde yapılan çalışmalar ile ilgili uygulamaların, yapay sinir ağına veri olarak geçmiş beş günlük veri girilerek ve çıktı olarak bir gün sonraki debi hedef olarak verilmiştir. Bu çalışmada temel amaç rüzgar ve güneş için yapılan çalışmalara hidroelektrik enerji-debi tahmininde uygunluğunu görmektir.

Uygulama literatürde en sık rastlanan 22 farklı YSA modelinin MATLAB programı kullanılarak test edilmiştir. Sisteme veri olarak girilen tüm veriler aşağıdaki formüle göre normalize edilmiştir. Model 24 hidrolik verileri için de en uygun model olarak seçilmiştir. Bu çalışmalar EK 3'den görülebilir.

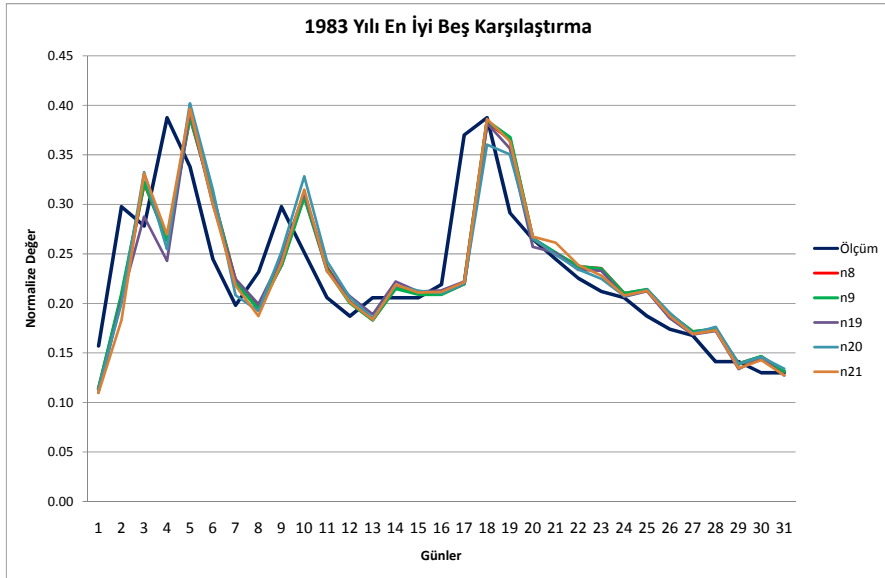
7.2.1 Hidroelektrik Enerji-Debi YSA Kısa Vadeli Test Sonuçları



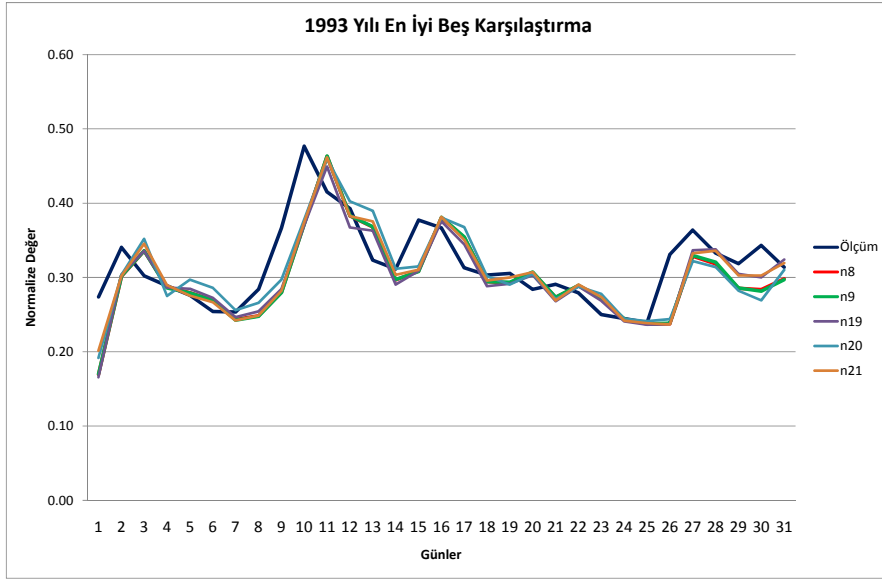
Şekil 7.13 1963 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



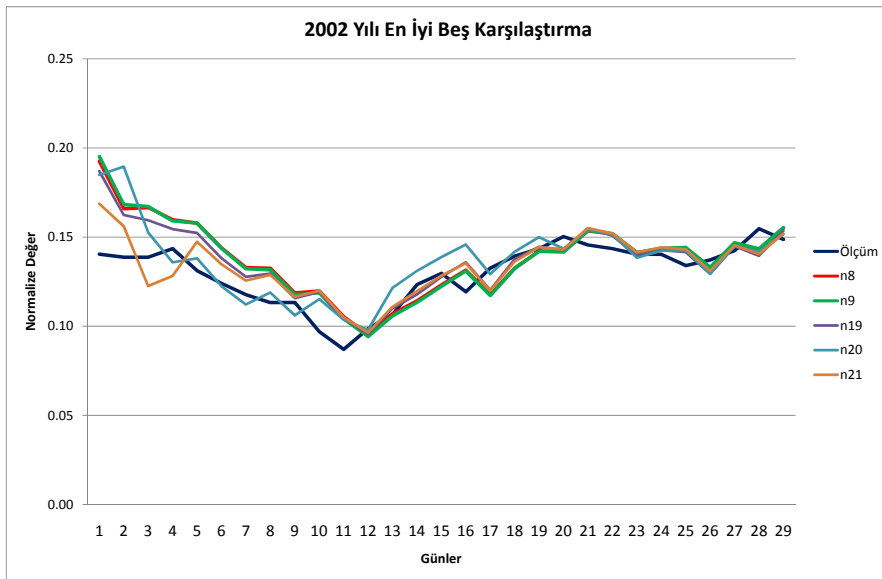
Şekil 7.14 1973 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 7.15 1983 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 7.16 1993 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları



Şekil 7.17 2002 Yılı Mayıs Ayı Debi Tahmini En İyi Beş Model Sonuçları

7.3 Hidroelektrik Enerji-Debi ile Detaylı Çalışmalar

Hidroelektrik Enerji-Debi ile ilgili çalışmaların ilk bölümüne yapay sinir ağları ile ilgili temel çalışmalar gözden geçirilmiş ve yapay sinir ağları ile güneş enerjisi tahmini yapılabilmesi hakkında genel bir bilgi edinilmiştir. Bu bölümde uygulanan metotlar içinden en iyi sonuç veren metoda üzerinde daha detaylı çalışmalar ve girdilerin sayısı üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmalarda iki ana grupta toplanmış, öncelikle debi ile ilgili olabilecek girdiler değerlendirilmiş, sonra değerlendirilen bilgiler tipik yıl ve tipik yıla en uzak yıl üzerinde test edilmiş, 12 aylık öngörüler yapılmıştır. Öngörülerde Aralık ayı verileri kullanılmış ve bir sonraki senenin 12 ayı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bulunan ağırlıklar ve kullanılan metoda ile herhangi bir ayda sonraki 12 ayın başarı ile öngörülebildiği gözlenmiştir.

Debi çalışmalarında bir önemli husus ise meteorolojik verilerin birbirine çok yakın olduğu Giresun ilindeki iki dere üzerindeki çalışmalardır.

Birinci grup çalışmada veri olarak elde edilen veriler normalize edilmiştir. Ayrıca hidrolik debi düzeyleri bir ağırlık katsayısı ile çarpılarak normalize edilmiştir. Buna göre en yüksek ayın ağırlık değeri 12, en düşük ayın ağırlık değeri ise 1 olarak kabul edilmektedir. Debi tahminleri için hedef değer ve girdi bilgileri Çizelge 7.1 de özetlenmektedir. Buna göre toplam 27 girdi bulunmaktadır.

Çizelge 7.2 ise yıllık tahminler için gerekli girdileri vermektedir. Yıllık tahminler için 28 girdi kullanılmaktadır. Yıllık tahminlerde (n-4) veri yerine n , (n-1) ile (n-2) verileri ve aralarında değişimler girmektedir.

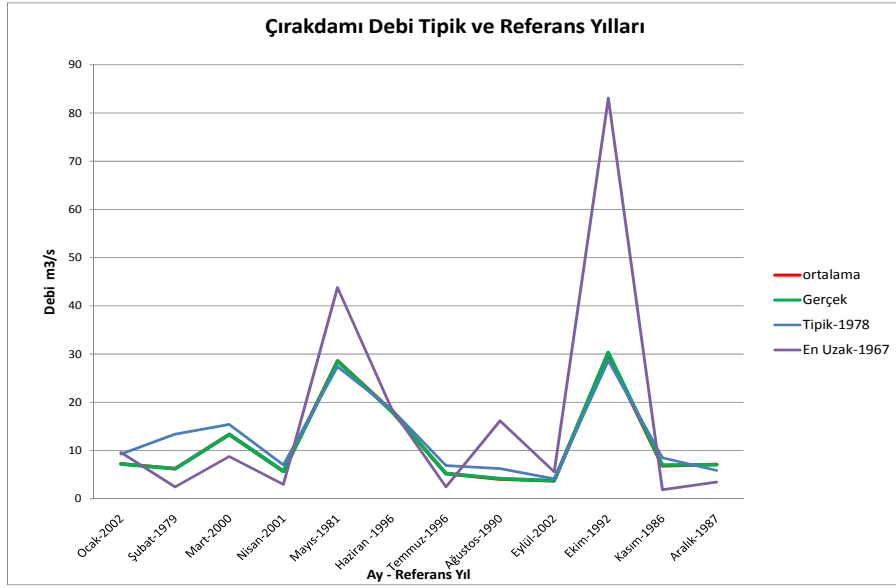
Sonuçlar Düzce, Giresun illeri için verilmektedir.

Çizelge 7.1 Debi Aylık Tahminleri İçin Girdi -Çıktı Bilgileri

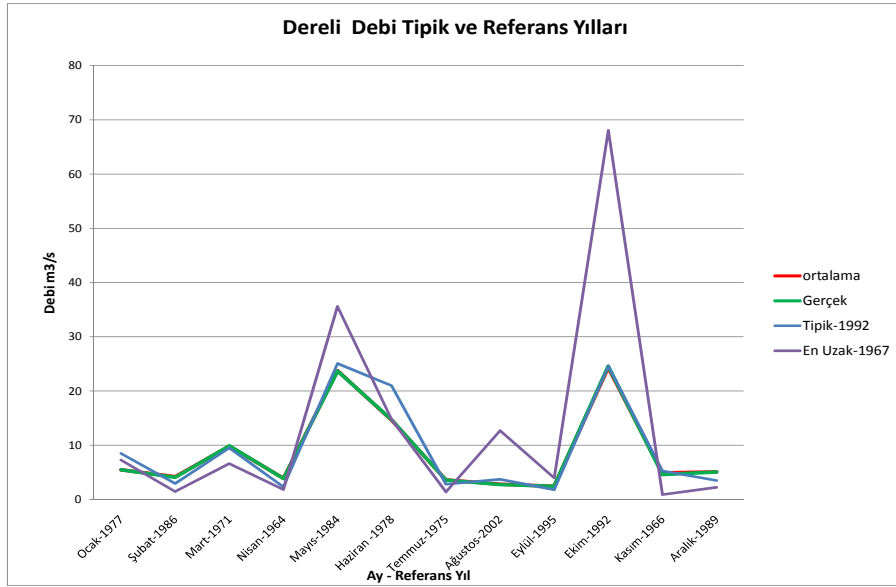
Girdiler (27 Bağlantı)	Hedef (1 Çıkış)
Buharlaşma(n), Buharlaşma(n-1), Buharlaşma(n-2) Buharlaşma Değişim((n-1)-(n-2)), Buharlaşma Değişim((n-1)-(n-3)), Yağış(n), Yağış(n-1), Yağış(n-2) YağışDeğişim((n-1)-(n-2)), YağışDeğişim((n-1)-(n-3)), Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2) SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)), Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2) NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)), Debi(n-1), Debi(n-2) DebiDeğişim((n-1)-(n-2)), DebiDeğişim((n-1)-(n-3)), Ay(n),Ay(n-1),Ay(n-2)	Debi(n)

Çizelge 7.2 Debi 12 Aylık Öngörümleri İçin Girdi -Çıktı Bilgileri

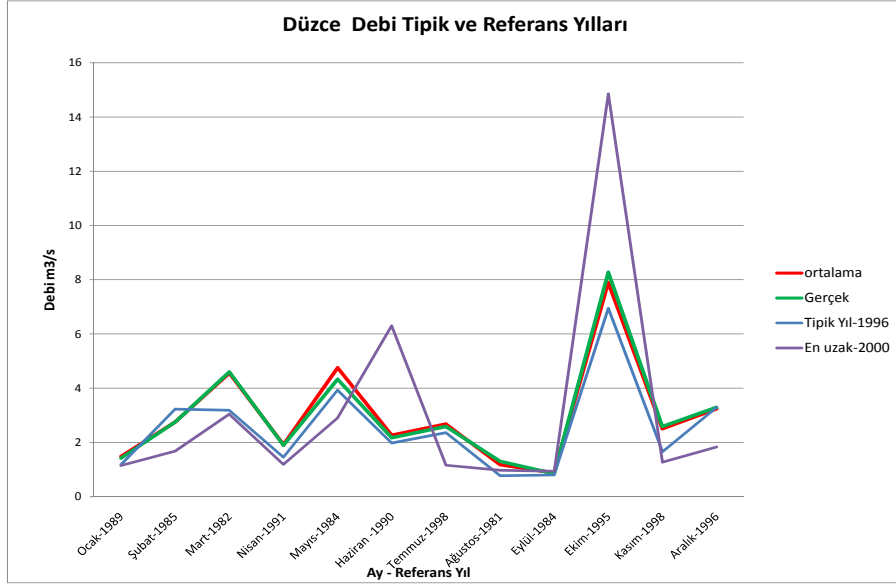
Girdiler (28 Bağlantı)	Hedef (12 Çıkış)
Buharlaştırma(n), Buharlaştırma(n-1), Buharlaştırma(n-2)	Debi Değeri(n+1),
Buharlaştırma Değişim((n-1)-(n-2)), Buharlaştırma Değişim((n-1)-(n-3)),	(n+2), (n+3),
Yağış(n), Yağış(n-1), Yağış(n-2)	(n+4), (n+5),
YağışDeğişim((n-1)-(n-2)), YağışDeğişim((n-1)-(n-3)),	(n+6), (n+7),
Sıcaklık(n), Sıcaklık(n-1), Sıcaklık(n-2)	(n+8), (n+9),
SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-2)), SıcaklıkDeğişim((n-1)-(n-3)),	(n+10), (n+11),
Nem(n), Nem(n-1), Nem(n-2)	(n+12), (n+13)
NemDeğişim((n-1)-(n-2)), NemDeğişim((n-1)-(n-3)),	
Debi(n), Debi(n-1), Debi(n-2)	
DebiDeğişim((n-1)-(n-2)), DebiDeğişim((n-1)-(n-3))	
Ay(n),Ay(n-1),Ay(n-2)	



Şekil 7.18 Çırakdamı Debi Tipik ve Referans Yılları



Şekil 7.19 Dereli Debi Tipik ve Referans Yılları

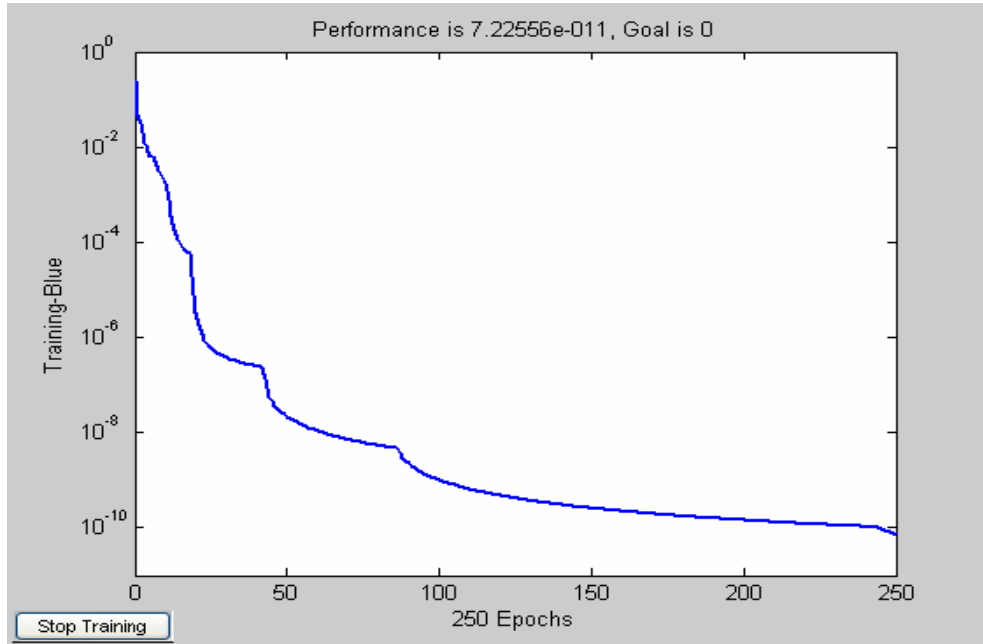


Şekil 7.20 Düzce Debi Tipik ve Referans Yılları

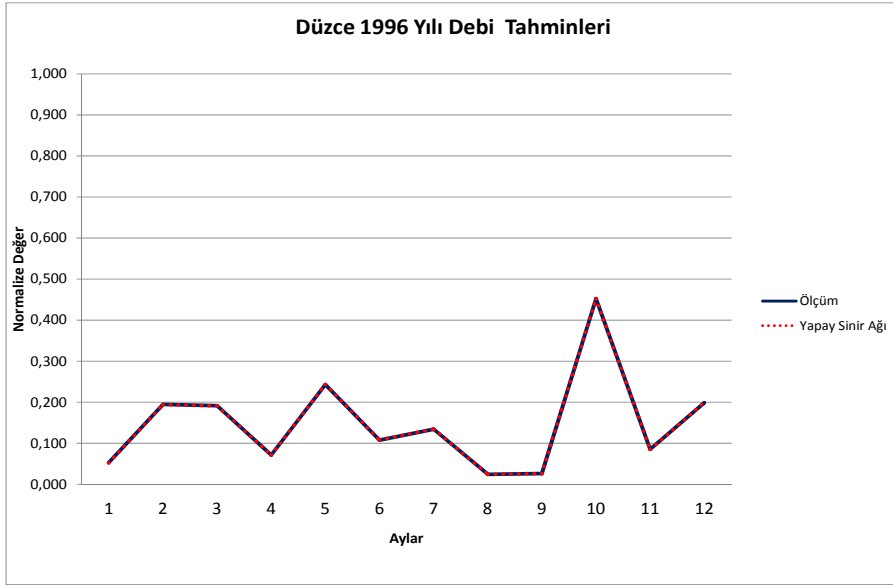
7.4 Debi Tahmin ve Öngörüm Sonuçları

7.4.1 Düzce-Aksu

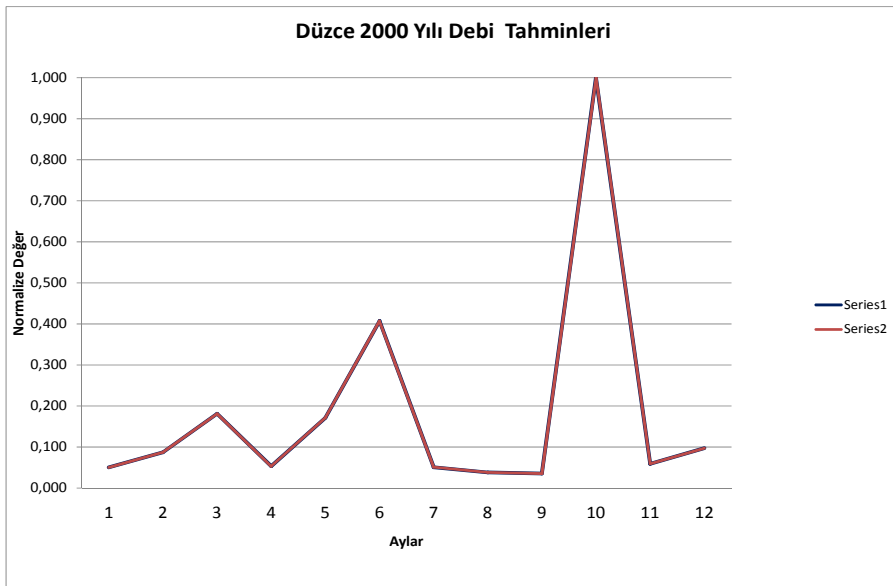
7.4.1.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 7.21 Düzce İli Aylık Tahmin Test Sonuçları

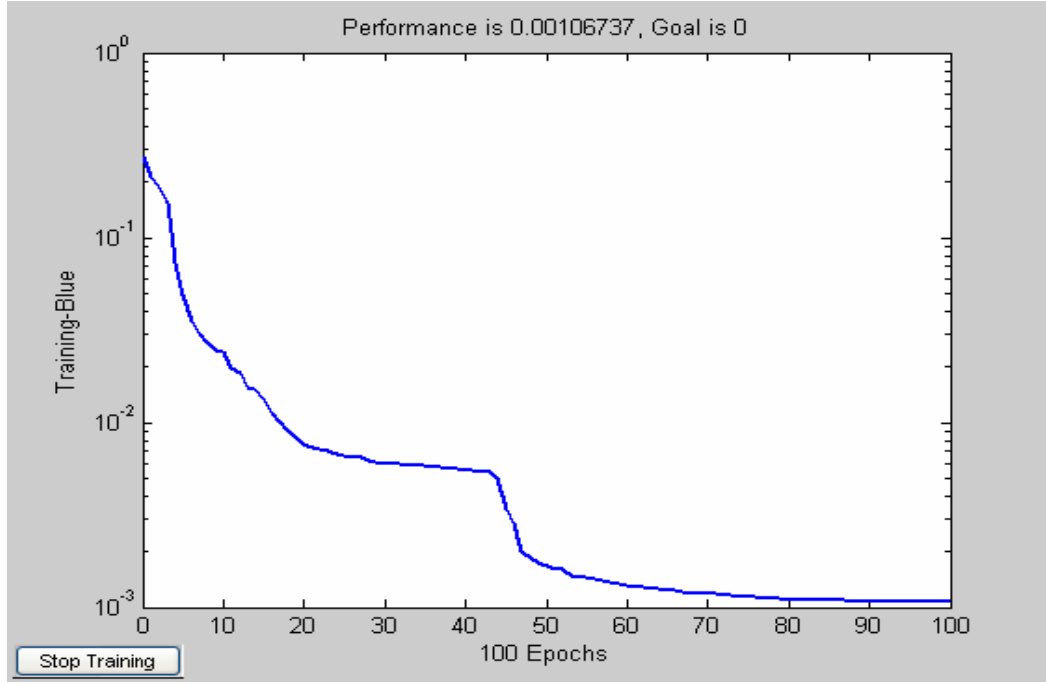


Şekil 7.22 Düzce-Aksu 1996 Yılı Debi Tahminleri

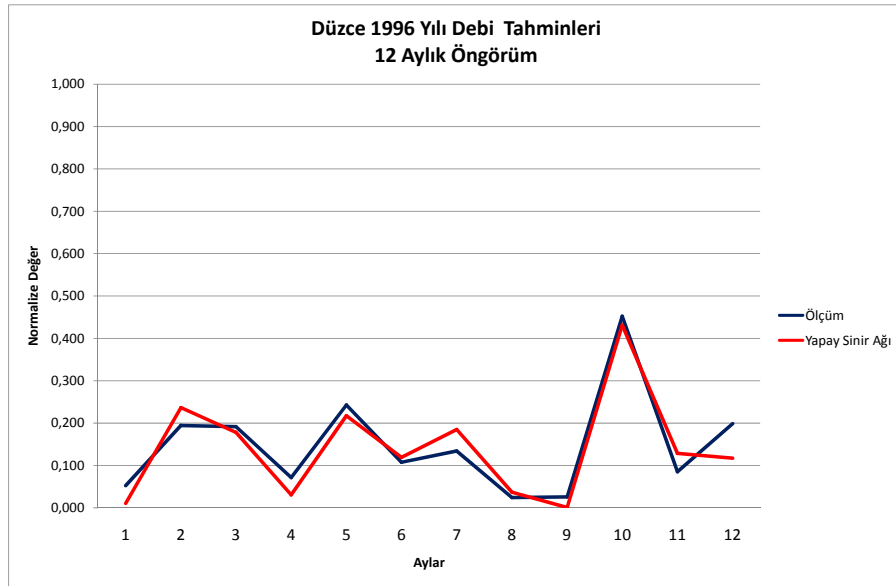


Şekil 7.23 Düzce-Aksu 2000 Yılı Debi Tahminleri

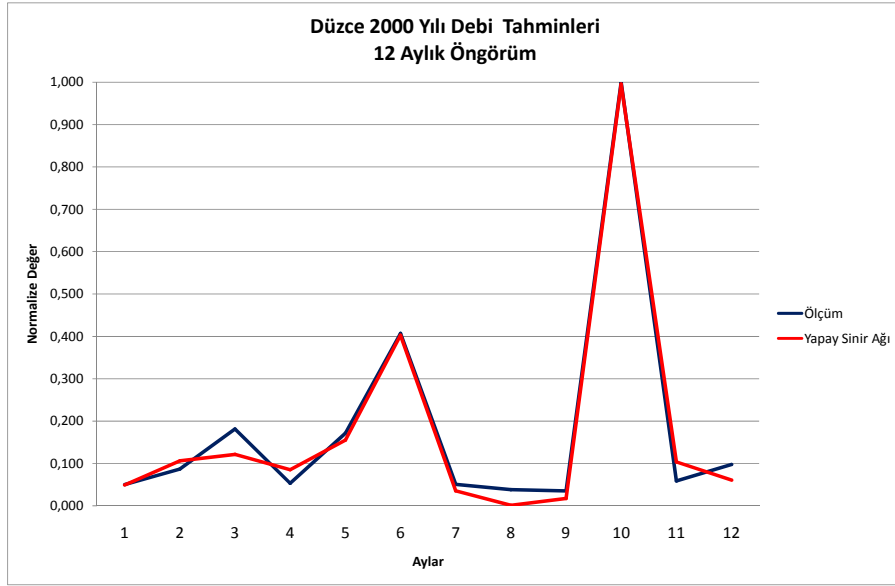
7.4.1.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 7.24 Düzce İli 12 Aylık Öngörüm Test Sonuçları



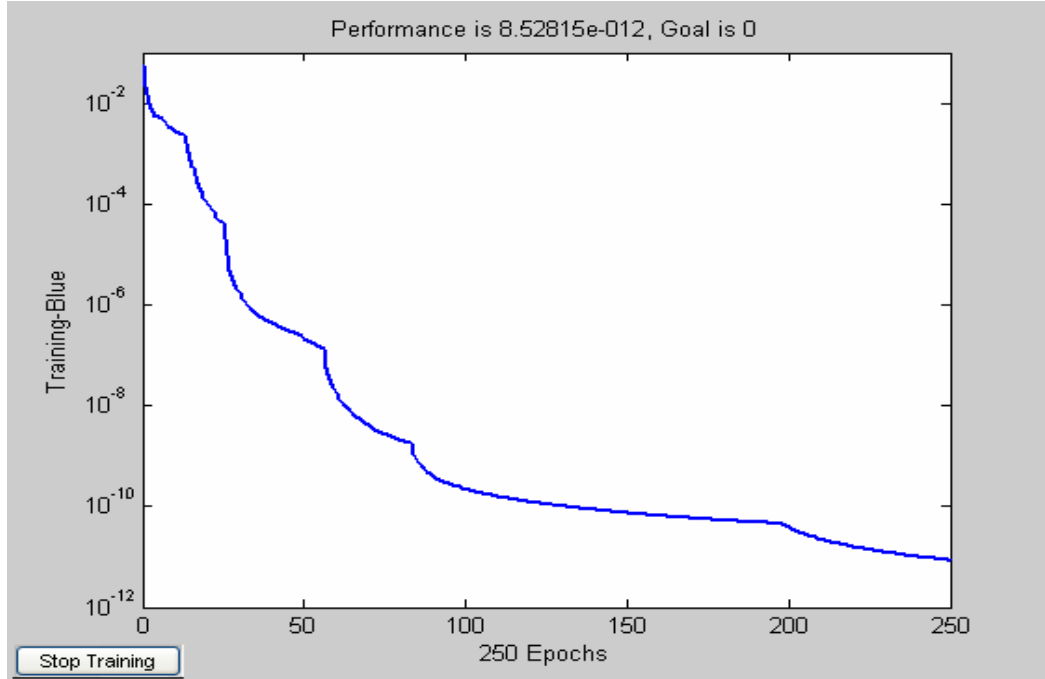
Şekil 7.25 Düzce-Aksu 1996 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



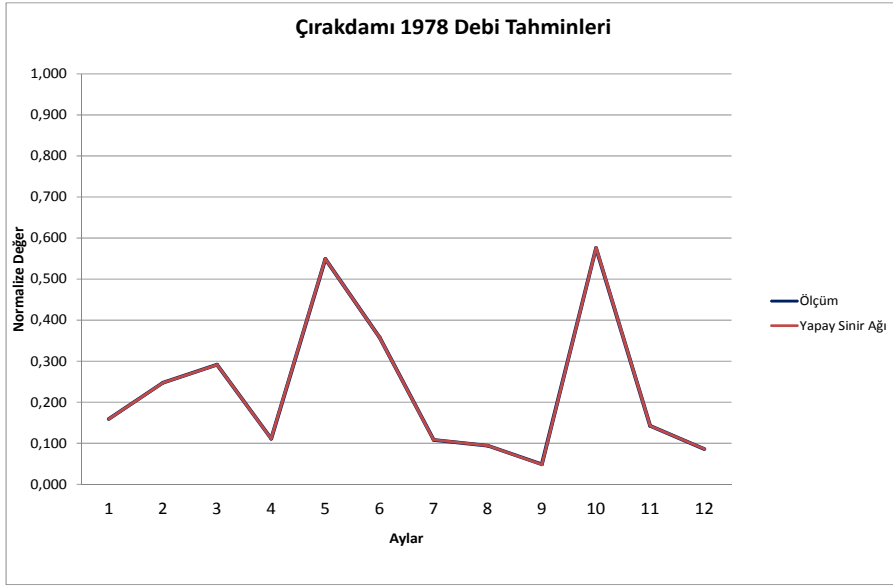
Şekil 7.26 Düzce-Aksu 2000 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

7.4.2 Giresun Çırakdamı

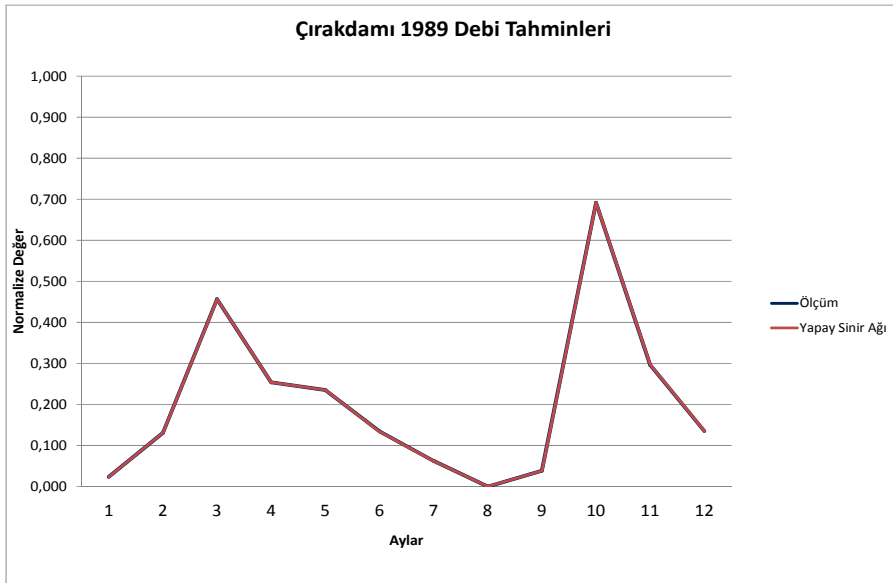
7.4.2.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 7.27 Giresun-Çırakdamı Aylık Tahmin Test Sonuçları

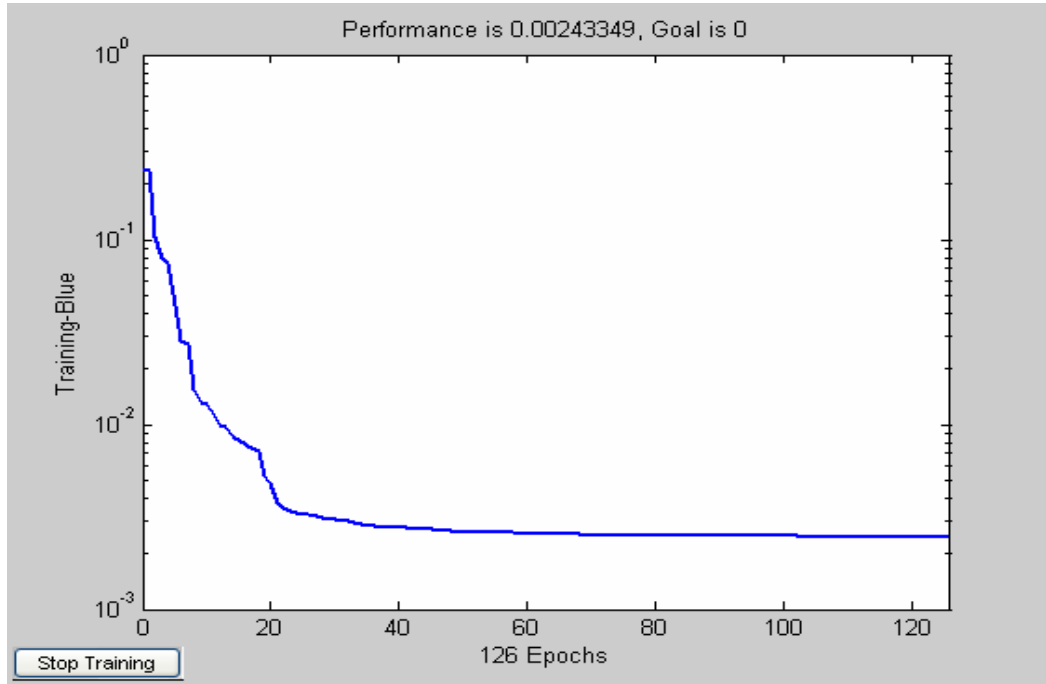


Şekil 7.28 Giresun-Çırakdamı 1978 Yılı Debi Tahminleri

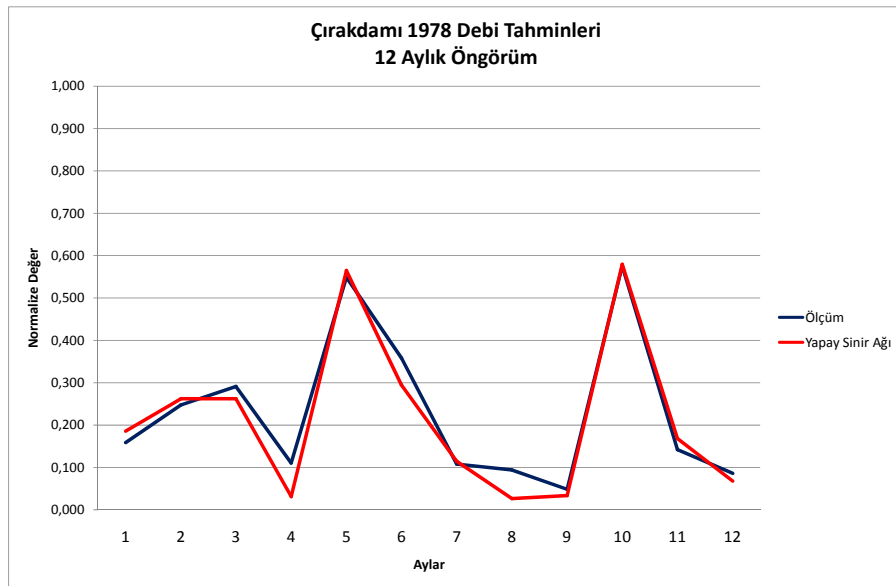


Şekil 7.29 Giresun-Çırakdamı 1989 Yılı Debi Tahminleri

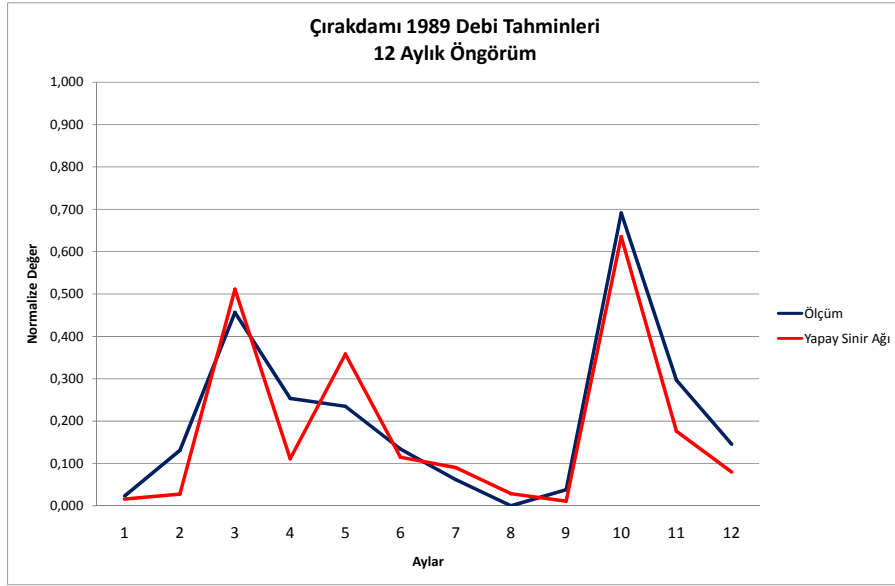
7.4.2.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 7.30 Giresun-Çırakdamı 12 Aylık Öngörüm Test Sonuçları



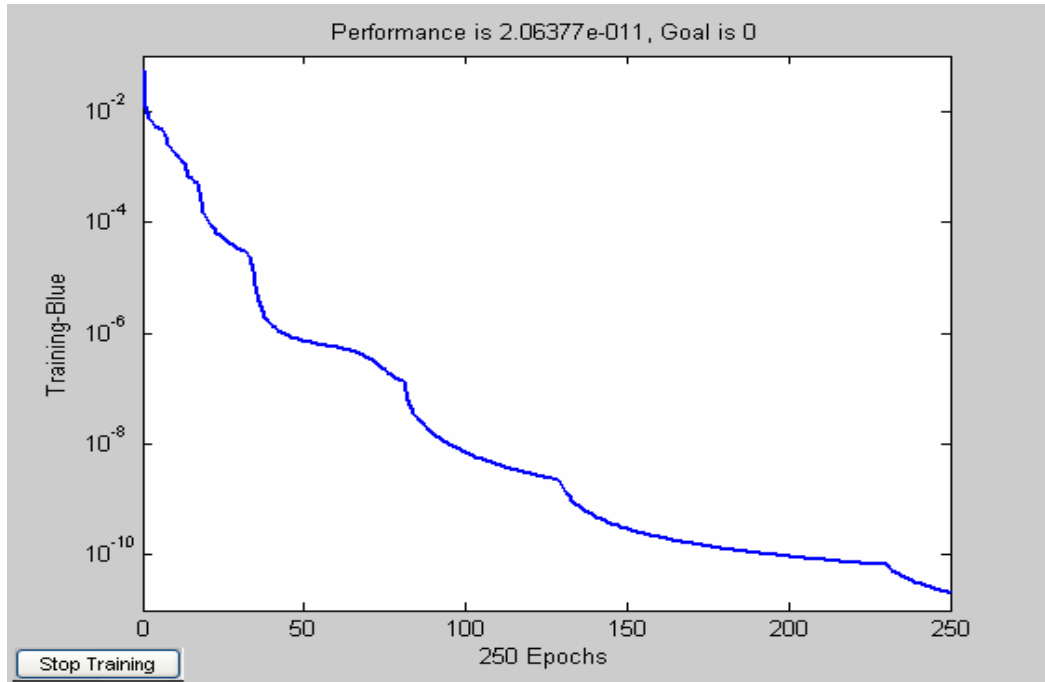
Şekil 7.31 Giresun-Çırakdamı 1978 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



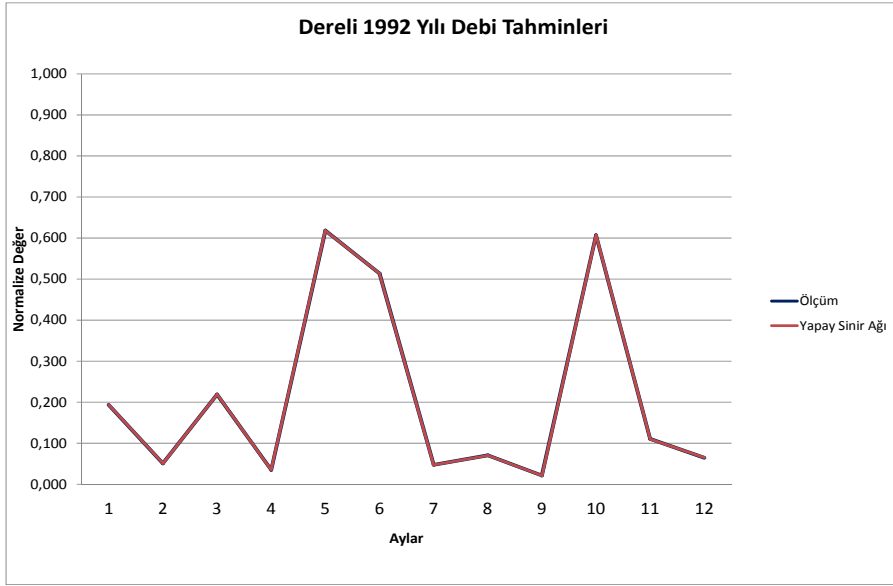
Şekil 7.32 Giresun-Çırakdamı 1989 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

7.4.3 Giresun Dereli

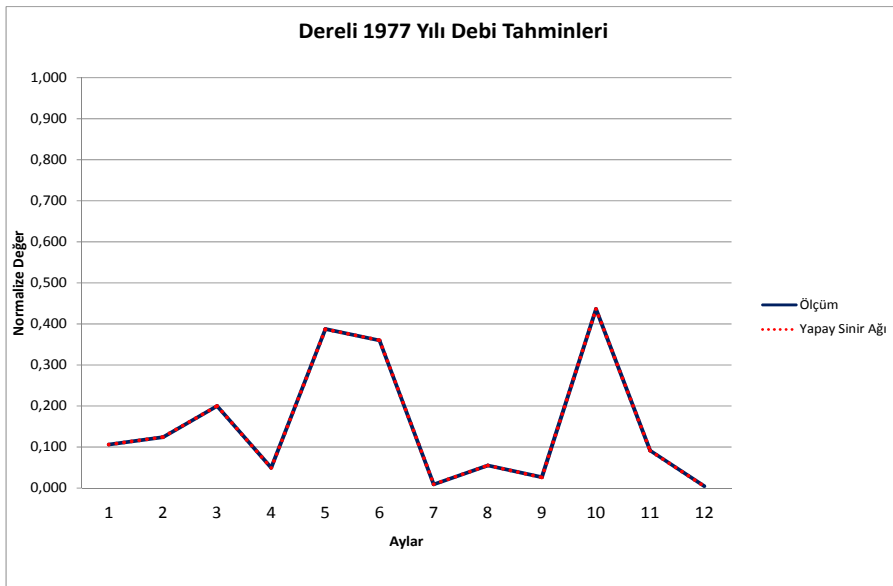
7.4.3.1 Orta Vadeli Çalışmalar



Şekil 7.33 Giresun-Dereli Aylık Tahmin Test Sonuçları

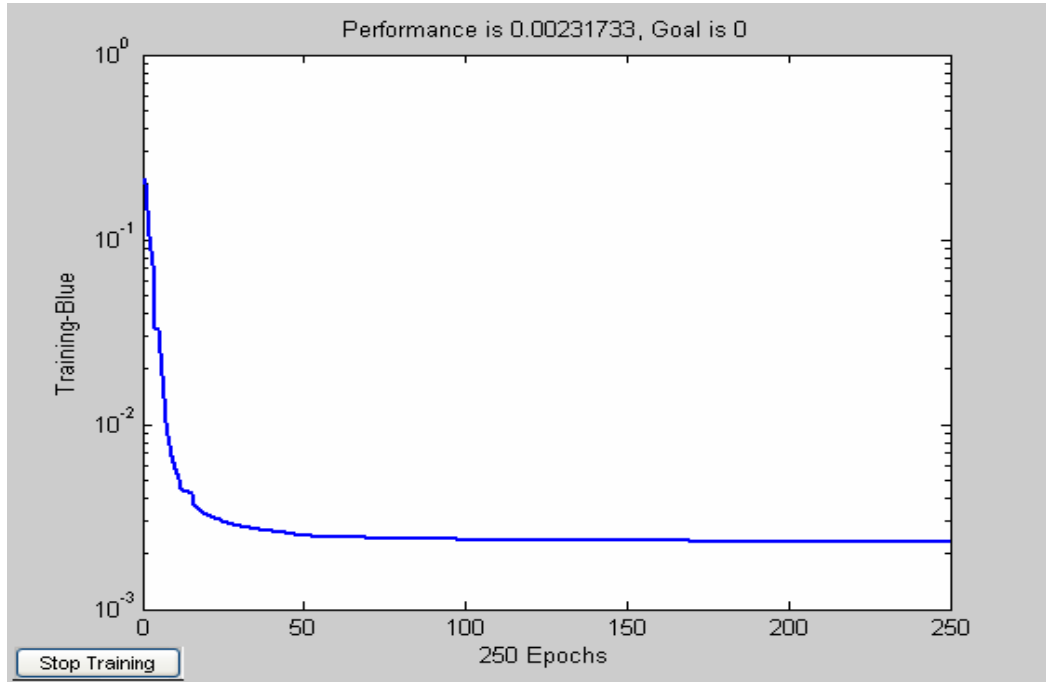


Şekil 7.34 Giresun-Dereli 1992 Yılı Debi Tahminleri

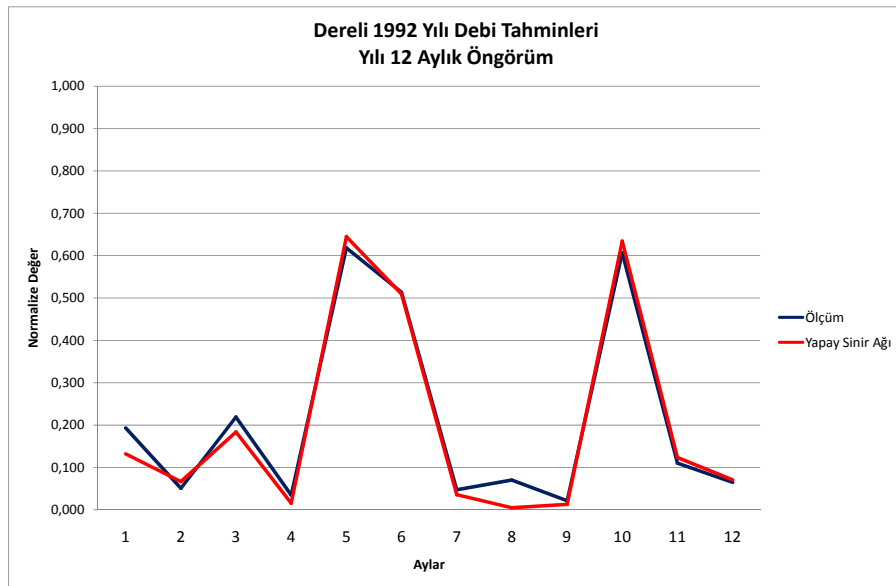


Şekil 7.35 Giresun-Dereli 1977 Yılı Debi Tahminleri

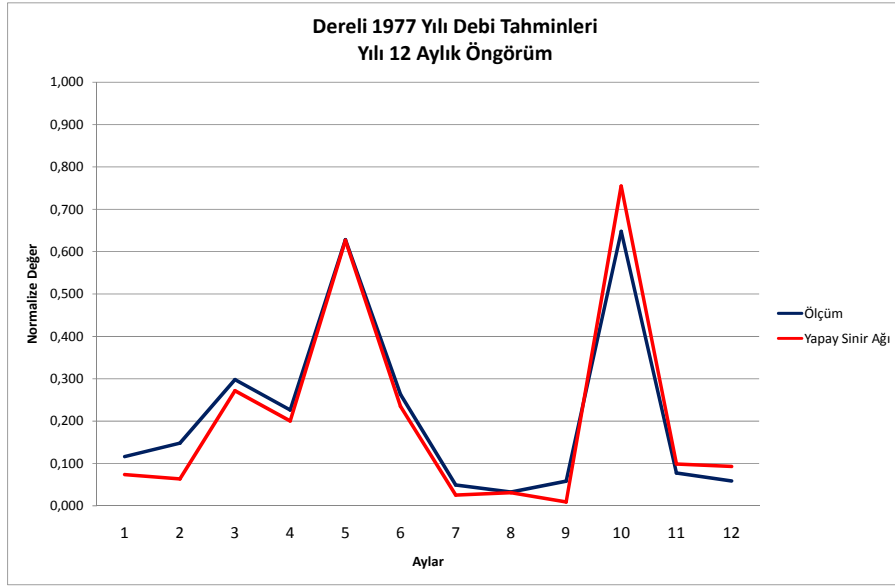
7.4.3.2 Uzun Vadeli Çalışmalar



Şekil 7.36 Giresun-Dereli 12 Aylık Öngörüm Test Sonuçları



Şekil 7.37 Giresun-Dereli 1992 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm



Şekil 7.38 Giresun-Dereli 1977 Yılı Debi Tahminleri 12 Aylık Öngörüm

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda çalışmalar özellikle yeni teknolojilerden elektrik üretimi, enerji verimliliğinin artırılması ve planlanması konularında yoğunlaşmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yakın gelecekte enerji talebini tamamen karşılaması mümkün olmadığından arz tarafında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı santrallerin; fosil yakıtları kullanan veya büyük hidroelektrik santraller ile birlikte uyum içinde çalışmasını gerektirmektedir. Bu uyumun sağlanabilmesi değişken ve meteorolojik verilere doğrudan bağımlı olan yenilenebilir enerji santrallerinin güvenilir üretim düzeylerinin gerek makro gerekse mikro bazda modellenebilmelerine ve model sonuçlarına göre yapılan planlama çalışmalarına bağlıdır.

Rüzgar santralleri yenilenebilir enerji kaynakları içinde uygulanabilirliği, verim ve üretilen elektrik maliyetleri açısından en önemli olanıdır. Ancak rüzgar santrallerinin kontrolü tam anlamıyla doğanın elindedir. Diğer bir deyişle, rüzgarın ne zaman ne şiddette eseceği insanoğlunun kontrolü dışındadır. Buna karşın, her ne kadar rezervuarlı hidroelektrik santraller sayesinde günlük yağış miktarlarından bağımsız enerji üretimi yapılabilse de, 2006 yılında yaşandığı gibi, yine de karar verici doğadır. Bazı durumlarda hibrid santrallerin kullanılmasıyla doğaya bağımlılığın azaltılabileceği düşünülse de, rüzgar/hidroelektrik ve güneş enerjisinden elektrik üreten enerji santrallerinde planlama aşamasından üretime geçiş aşamasına kadar yaşanan başlıca sorun, bölgedeki meteorolojik verilerin düzeyi, zamana bağlı değişimi ve bu değişimin modellenmesinde yaşanan zorluklardır. Karmaşık meteorolojik modeller ve zaman serileri ile yapılan model çalışmalarında istenen doğruluk ve esneklik elde edilememiştir.

Buna karşın, akıllı sinir ağları uzun süredir araştırmacılar tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarının modellenmesi ve tahminlerinin yapılmasında kullanılmaktadır. Özellikle güneş panellerindeki zaman parametrelerinin, üretilen enerjinin ve depolanan suyun sıcaklığının tahmin edilmesinde ve fotovoltaik sistemlerin modellenmesinde çok sayıda örnek bulunmaktadır.. Bazı diğer uygulamalar ise pasif güneş enerjisi sistemlerindeki yük tahminleri, ticari binalardaki enerji tüketiminin tahmin edilmesi, enerji yönetimi ve modellenmesi olarak sıralanabilir. Yapay sinir ağlarının rüzgar enerjisi sistemlerindeki kullanımı rüzgar hızının ve potansiyelinin tahmini ve rüzgar hızına göre türbinlerin üreteceği enerji ile ilgili tahminlerle ilgilidir . Hayashi ve Kermanshahi (2000) çalışmasında ise 1 ila 24 saatlik rüzgar hızı tahminleri için akıllı sinir ağları kullanılmış ve %90 oranında başarılı tahminler yapılmıştır. Li vd.,(2001) çalışmasında ise enerji üretiminin etkilendiği diğer

faktörler göz önüne alınarak test etme ve de tahmin çalışması yapılmıştır (Şekil 2.8). Sfetfos (2000), yine benzer şekilde Kıbrıs'ta 1986-1996 arasındaki rüzgar verileri sinir ağlarının öğrenmesi için kullanılmış ve 1997 yılı değerleri test edilmiş ve maksimum %1,8 hata ile bulunmuştur.

Rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalarda ilk önce literatürde yapılan çalışmalar ile ilgili uygulamaların, yapay sinir ağına veri olarak geçmiş beş günlük veri girilerek ve çıktı olarak bir gün sonraki rüzgar hızı hedef olarak verilmesi şeklindedir. Bu çalışmada temel amaç daha önce yapılmış olan yakın geçmiş rüzgar verileri kullanılarak bir sonraki saatin rüzgar hızını tahmin eden çalışmaları, Sfetfos (2000), günlük verilerin tahminine uzatmak olarak nitelendirilebilir. Bu nedenle, birinci aşama olarak literatürde en sık rastlanan 22 farklı YSA modelinin MATLAB programı kullanılarak test edilmesidir

Yapılan çalışmalar sonucundan yenilenebilir enerji santrallerindeki üretim potansiyelinin modellenebilmesi için yapay sinir ağlarının kullanılarak rüzgar,güneş ve su potansiyelinin belirlenmesinin farklı bölgelere ve farklı meteorolojik iklimler için mümkün görünmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre çift katmanlı ileri ve ardışık beslemeli geri yayılım ağlarının Tansig ve Logsig aktivasyon fonksiyonları ile kullanılan yenilenebilir enerji tipine göre seçilecek olan meteoroloji verilerinde geçmiş, değişim ve anlık verileri sayesinde özellikle kısa, orta ve uzun vade tahmin ve öngörülerde yüksek başarı sağladığı görülmüştür. Genel olarak uygulamada 250 EPOCH sayısının yeterli olduğu görülmüştür. Üçüncü ve dördüncü nesil çalışmalarında YSA girdi sayısı 27-28 olarak belirlenerek hesaplamalarda ciddi bir performans artışı sağlamıştır. Dördüncü nesil uzun vadeli bir öğrenme işleminin çift çekirdekli 2gb RAM'i olan bir PC'de bile 30 dakika sürdüğü göz önüne alınırsa, daha yüksek sayıdaki veri girişleri sistemin uygulamadaki performansını etkileyecektir.

Çalışmanın daha sonraki aşamaları ikinci, üçüncü ve dördüncü nesil olarak adlandırılan özgün modellerin oluşturulmasıdır. YSA ile ilgili modellerin denenerek gerekli bilginin elde edilmesini takiben en iyi sonuç veren metot üzerinde daha detaylı çalışmalar ve girdilerin sayısı üzerinde çalışılmıştır. Öncelikle rüzgar enerjisi ile ilgili olabilecek girdiler değerlendirilmiş, sonra değerlendirilen bilgiler geçmiş yıllar içinde onar yıl ara ile seçilen yıllar üzerinde şubat ayı verileri test edilmiştir. Benzer şekilde diğer aylar içinde çalışmalar yapmak ve ağırlıklar hesap etmek mümkündür. Nesil 2 nin özelliği girdiler arasında rüzgar hızının yer almamasıdır. Çizelge 5.1 den görüleceği üzere bu nesil modelde toplam 20 girdi ve 1 çıktı vardır. İkinci nesil çalışmalarında olduğu gibi üçüncü nesil çalışmaları da iki ana

grupta toplanmıştır. Öncelikle rüzgar enerjisi ile ilgili olabilecek girdiler değerlendirilmiş, bilahare değerlendirilen bilgiler tipik yıl ve tipik yıla en uzak yıl üzerinde test edilmiş, 12 aylık öngörüm yapılmıştır. Bilindiği üzere meteorolojik olarak tipik yıl, uzun dönem ortalamaların en çok yaklaşan yıl olarak tanımlanmaktadır. Aylık öngörümde Şubat ayı verileri kullanılmış ve senelik öngörümde ise aralık ayı verilerinden yola çıkılarak bir sonraki senenin 12 ayı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bulunan ağırlıklar ve kullanılan metot ile herhangi bir ayın girdileriyle o ayı takip eden 12 ayın hedef verilerinin başarı ile öngörülebildiği gözlenmiştir. Şekil 5.29 – 5.36 daha önce literatürde belirlenmiş olan en iyi sonucu veren 5 modelin ve bu aşamada geliştirilen deneme çalışma sayıları farklı iki adet üçüncü nesil modelin Çizelge 5.2 de yer alan girdiler ile çalıştırılmasıyla elde edilen test sonuçlarını vermektedir. Buna göre “Model 24 - 5000” seçiminin doğru olduğu gözlemlenebilir. Şekil 5.34 de yer alan Model 23 ise “İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı” olarak geliştirilmiş olup literatürde yer alan “Model 19” un 250 EPOCH olan versiyonudur. Dördüncü nesil ise, üçüncü nesil YSA modeli gibi ilke olarak iki katmanlı ve Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı modelinin geliştirilmiş bir versiyonudur. Literatürde ilk kez olarak uzun vadeli tahminlerin yapılabilmesine olanak sağlayan bu modelin çok iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Dördüncü nesil yapay ağ çalışmalarına kadar yapılan çalışmalar rüzgar enerjisinin anlık tahmini için değişik yapay sinir ağları modellerine farklı parametreler ve girdiler girilmesi ile yapılmaktaydı. Bu girdiler ilgili çizelgelerde ayrıntılı olarak verilmişti. Yapılan testler sonucunda en iyi sonuçları veren üçüncü nesil geliştirilmiş ağlar içinde olan iki katmanlı ve Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı modeli üzerinde yoğunlaşılmasının uygun olduğu kararlaştırılmıştır. Ayrıca dördüncü nesil girdileri için, üçüncü nesilde yer alan geçmiş rüzgar verilerinin çıkarılmasını ; onun yerine (n-1) ve (n-2) sürelerini kapsaya rüzgar hızındaki değişimin girdi olarak alınmasına karar verilmiştir. Bu şekilde değişim girdilerinin sayısı artmakta; buna karşın rüzgar girdilerinin sayıları azaltılarak değişim değerlerine ağırlık verilmektedir. Yeni nesil çalışmalar ile literatürde yer alan ve birinci nesil olarak kabul edilen çalışmalar arasındaki fark Çizelge 8.1 de özetlenmektedir. Görüleceği gibi, literatürde geçmiş döneme ait 5 girdiyle yapılan çalışmalar , bu çalışmalar ve özellikle dördüncü nesil çalışmaları sonucu 28’e çıkarılmış bulunmaktadır.

Ayrıca yapılan çalışmaların sonuçlarına göre rüzgar, güneş veya debi verisi yoksa eksik veya hatalı olan verilerin yine benzer sinir ağları kullanılarak doğrulanması ve bu verilere göre planlama yapılması mümkün olabilecektir.

Çizelge 8.1 Rüzgar Enerjisi İçin Performans Matrisi

Rüzgar Enerjisi	1. Nesil	2.Nesil	3. Nesil	4. Nesil
Birim	Gün	Gün	Gün	Gün,Ay
Anlık veriler				
Rüzgar				1
Basınç		1	1	1
Sıcaklık		1	1	1
Nem		1	1	1
Yağış		1	1	1
Normal birim			1	1
Geçmiş veriler				
Rüzgar	5		5	2
Basınç			2	2
Sıcaklık			2	2
Nem			2	2
Yağış			2	2
Normal birim			1	2
Geçmiş veri Değişim				
Rüzgar				2
Basınç			2	2
Sıcaklık			2	2
Nem			2	2
Yağış			2	2
Toplam Girdi	5	4	27	28
Ortalama Hata (n+1)	70%	17,40%	15%	%0.14
Ortalama Hata (n+2)		22,30%		
Ortalama Hata (n+3)		28,50%		
Ortalama Hata (n+4)		32,70%		
Ortalama Hata (n+5)		36,80%		
Ortalama Hata (n..12)				%5-%30
Norm Hata (n+1)	0,1	0,14	0,1	0,07

Diğer enerji kaynakları olarak ele alınan güneş ve hidrolik enerji için yapılan tahmin çalışmalarında kullanılan girdiler ise Çizelge 8.2 ve Çizelge 8.3'den özet olarak görülebilir. Doğal olarak bu iki tür için Nesil 2 ve 3 çalışmaları gösterilmemiş yalnızca karşılaştırma yapılabilmesi için Nesil 1 ve Nesil 4 tabloda gösterilmiştir.

Bu çizelgelerde kullanılan ve geliştirilen modeller ile ilgili girdi-çıktı veriler ve hata analizleri de yer almaktadır. Birinci nesil olarak adlandırdığımız çalışmalar literatürde dakika ve saat bazında yapılan çok kısa vadeli çalışmalarında kullanılan metotların günlük tahminlerde kullanılması için yapılmıştır. Rüzgar enerjisi daha önce de belirtildiği üzere yenilenebilir enerji kaynakları içinde etkin ve tahmini nispeten daha zor olduğu için çalışmalara rüzgar enerjisi ile başlanmış, sonra rüzgar enerjisinde elde edilen tecrübe ve sonuçlar ile güneş ve su için çalışmalar yapılmıştır.

Çizelge 8.2 Güneş Enerjisi İçin Performans Matrisi

Güneş Enerjisi	1. Nesil	4. Nesil
Birim	Gün	Gün,Ay
Anlık veriler		
Güneş		1
Buharlaştırma		1
Sıcaklık		1
Nem		1
Bulutluluk		1
Normal birim		1
Geçmiş veriler		
Güneş	5	2
Buharlaştırma		2
Sıcaklık		2
Nem		2
Bulutluluk		2
Normal birim		2
Geçmiş veri Değişim		
Güneş		2
Buharlaştırma		2
Sıcaklık		2
Nem		2
Bulutluluk		2
Toplam Girdi	5	28
Ortalama Hata (n+1)	15%	%0.08
Ortalama Hata (n..12)		%5-%17
Norm Hata (n+1)	0,09	0,02

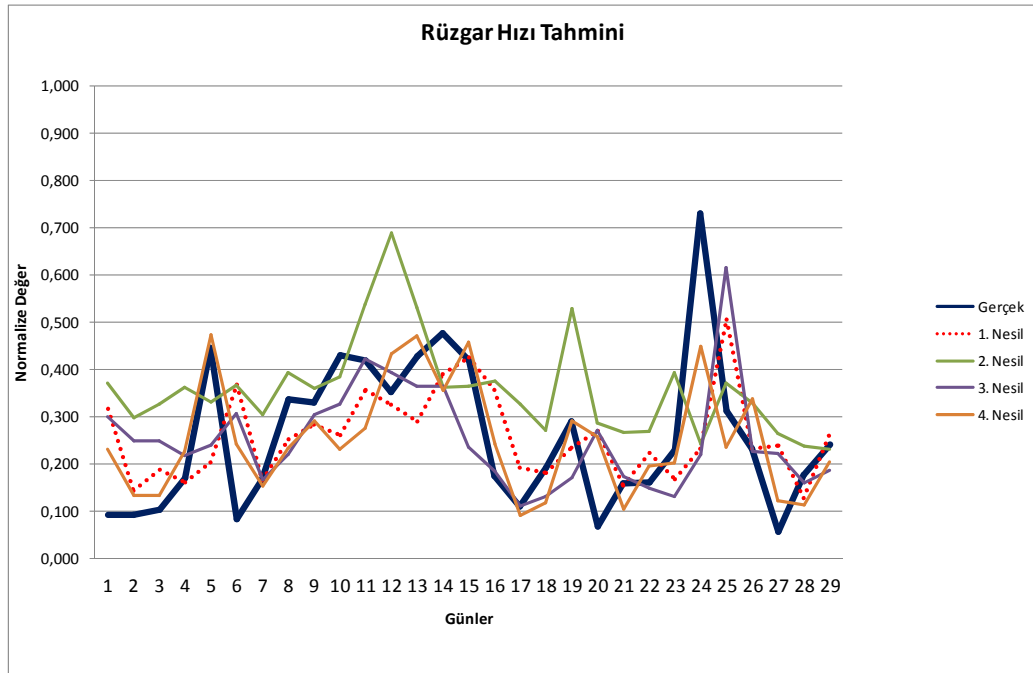
Çizelge 8.3 Su Enerjisi İçin Performans Matrisi

Hidroelektrik Enerji	1. Nesil	4. Nesil
Birim	Gün	Gün,Ay
Anlık veriler		
Debi		1
Buharlaştırma		1
Sıcaklık		1
Nem		1
Yağış		1
Normal birim		1
Geçmiş veriler		
Debi	5	2
Buharlaştırma		2
Sıcaklık		2
Nem		2
Yağış		2
Normal birim		2
Geçmiş veri Değişim		
Debi		2
Buharlaştırma		2
Sıcaklık		2
Nem		2
Yağış		2
Toplam Girdi	5	28
Ortalama Hata (n+1)	22%	%0.03
Ortalama Hata (n..12)		%17-%26
Norm Hata (n+1)	0,1	0,03

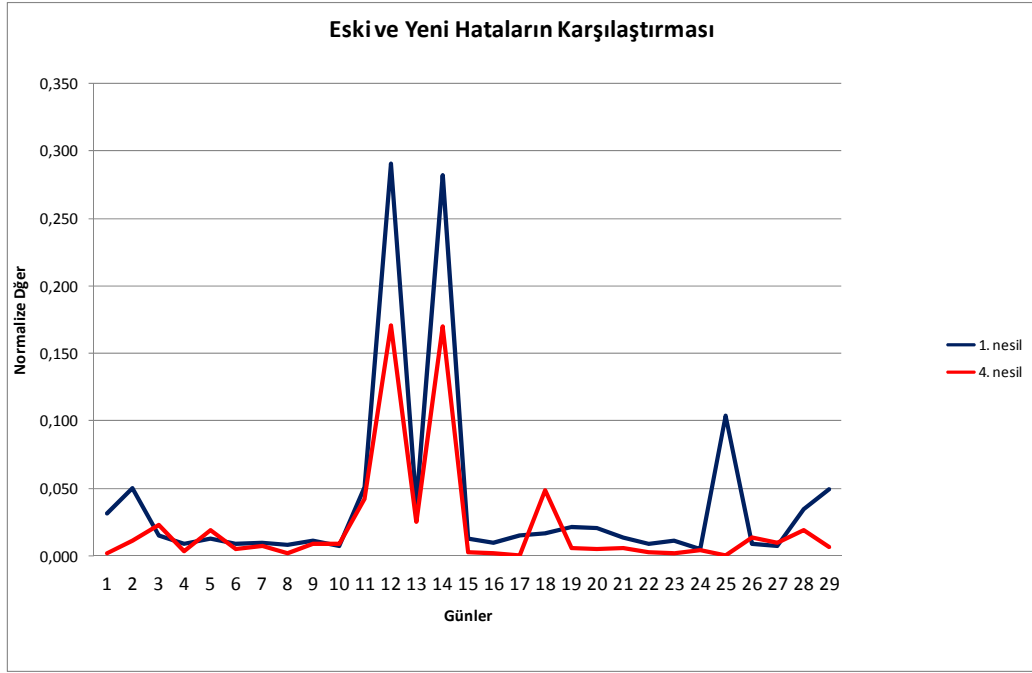
Çizelgeler ile ilgili bir diğer husus ise yapılan hata analizlerinde mutlak hata kullanıldığı için bazı açılardan ortalama yüzde hatalar yüksek gibi algılanabilir, fakat yapılan detaylı incelemeler sonucunda görülmüştür ki ortaya çıkan hata özellikle rüzgar gibi dengesi bir rejim gösteren veriler için çok normaldir. Örneğin Şekil 8.3’den görülebileceği üzere üç gün sonrası için öngörülen verinin dördüncü nesil modellemede genel olarak gerçek verinin trendini yakaladığı ama 11 ve 13. günler arasındaki ani yükselmeleri tahmin edemediği görülmüştür. Bu ani değişiklikler orta ve uzun vadede geçmiş verileri kullanarak ağırlıklı ortalamaları yapan yapay sinir ağları için bir açık nokta olmuştur. Bu nedenle analiz çizelgelerinin sonuna normalize edilmiş değerler üzerinden verilen Norm Hata değerleri de tanımlanmıştır. Norm Hata normalize değerler üzerinden hesaplanan hatadır. Norm hata verilerine bakıldığında orta ve uzun vade tahminleri için [0,1] arası normalize edilmiş değer için hatanın %5 ile %10 arasında olduğu görülebilir.

Rüzgar enerjisi için yapılan çalışmalar ile ilgili elde edilen gelişmeler için Şekil 8.1'den görülebilir. Gerçek veriler ile ilgili gün bazında yapılan bu özet analizden de görülebileceği üzere dördüncü nesil çalışmalar rüzgar hızı tahmininde ciddi ölçüde iyileştirme sağlamıştır. Çizelge 8.1'den de görülebileceği üzere anlık tahminlerde % 0,14 gibi çok güvenilir bir tahmin yapılabilmektedir.

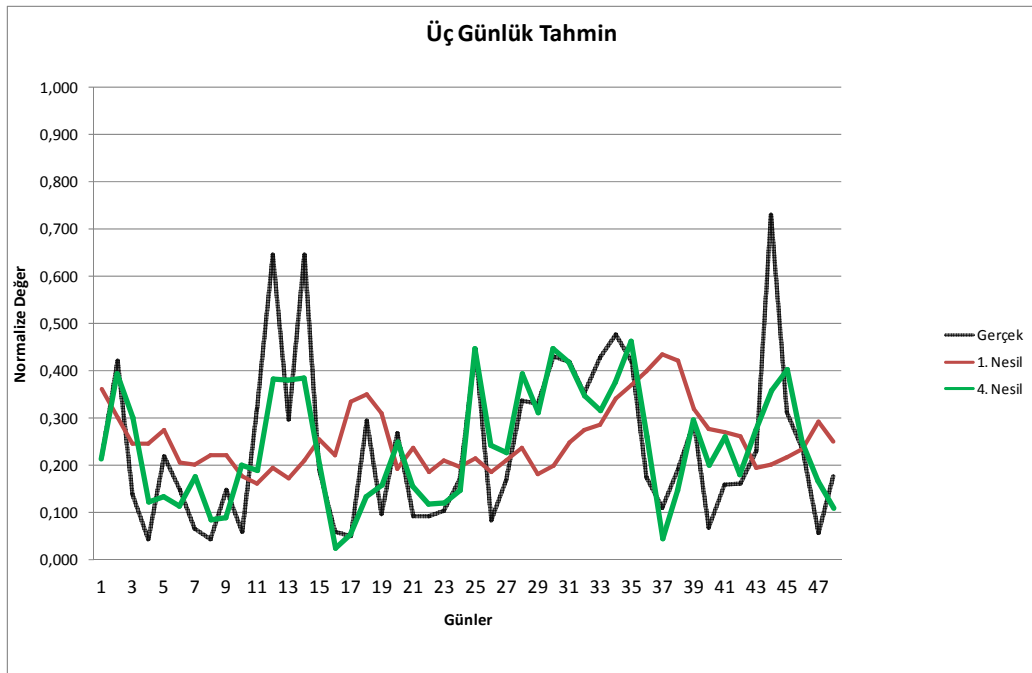
Bu yeni çalışmalar neticesinde bir sonraki yıl için rüzgar hızı tahminlerinde ortalama %5-%30 arası bir öngörüm yapılabilmektedir. Bu öngörüm enerji üretimi planlaması için risklerin analizi açısından son derece faydalı bir bilgi vermektedir.



Şekil 8.1 Rüzgar Hızı Tahminlerinde Modeller Bazında İyileştirme Günlük



Şekil 8.2 Rüzgar Hızı Tahminlerinde Modeller Arası Hata Karşılaştırması Günlük



Şekil 8.3 Rüzgar Hızı Tahminlerinde Modeller Bazında İyileştirme Üç Günlük

Rüzgar ile diğer iki kaynak karşılaştırıldığında güneş ve debi için daha hassas sonuçlar alındığı görülmüştür. Bu sonuçta güneş ve debi verilerinin çok değişkenlik göstermemesi ve YSA tarafından öğrenilmeye daha yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlar ışığında yapılan çalışma bizlere kısa, orta ve uzun vadede yenilenebilir enerji santrallerinde yatırım, planlama ve işletme aşamalarında büyük katkı sağlayacağı aşıkardır. Yapılan çalışmadan elde edilen bir diğer bulgu da farklı kaynaklı yenilenebilir enerji santrallerinin bölgesel ve/veya ulusal ölçekte diğer enerji kaynakları ile birlikte şebekeye verilebilmesi ve planlanması mümkün olabilecektir.

Kısa vadeli tahminler bize önümüzdeki günlerde şebeke içinde yapılacak günlük üretim değişikliklerinin planlamada yardımcı olacaktır. Örneğin rüzgar enerjisinin yetersiz olmasından kaynaklanabilecek bir açık, başka bir ildeki küçük hidroelektrik santralden veya bölgesel güneş enerjisi santrallerin karşılanabileceği gibi karşılanamayacak miktar için doğal gaz santrallerinden veya büyük barajlardan karşılanabilir.

Orta vadeli tahmin ve öngörüler ise esnek tarife ve ücretlendirme modelleri için bir altyapı hazırlayacaktır. Yapılacak çalışmalar sonucunda EPDK bünyesinde yapılacak anlaşmalar için risk analizi yapmak ve fiyat belirlenmesinde katkı sağlayacaktır.

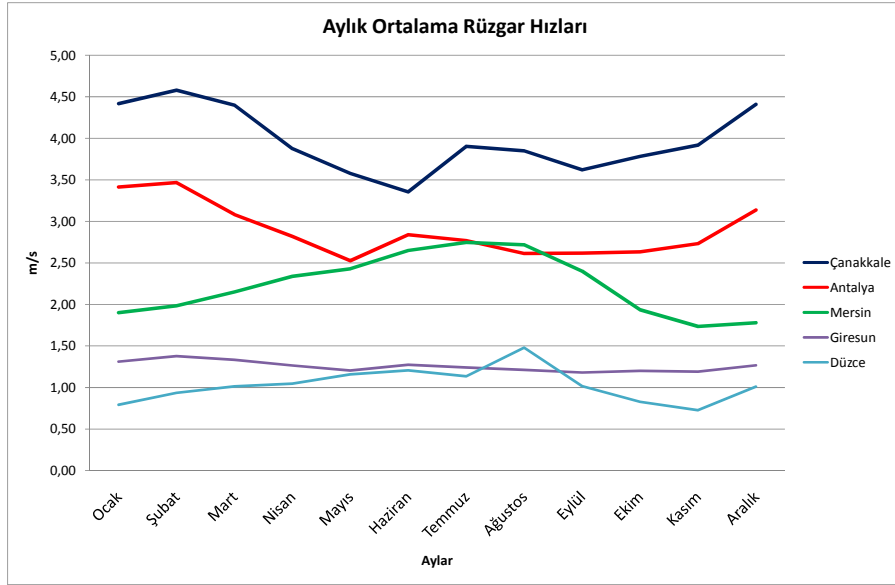
Uzun vadeli tahminler ise uzun yıllar için yapılacak santral yatırımları, ekipman seçimi, işletme giderler ve yatırımın geri dönüş hesaplarında kullanılabilir.

Yine benzer şekilde elde edilen normalize bilgiler bulanık mantık derleyiciler için altyapı hazırlayacaktır. Elde edilen bulgular ışığında Bulanık Mantık kuralları çok rahatlıkla yazılabilir. Bölgenin veya santralin bulunduğu yerin ülke içindeki önem sıralaması ve normalize edilmiş değerler kullanılarak toplam enerji için bir kontrol mekanizması oluşturmak mümkündür. Yazılan kurallar ile herhangi bir bulanık mantık üyelik fonksiyonu parametrik olarak belirlenip karar yüzeyi oluşturulabilir.

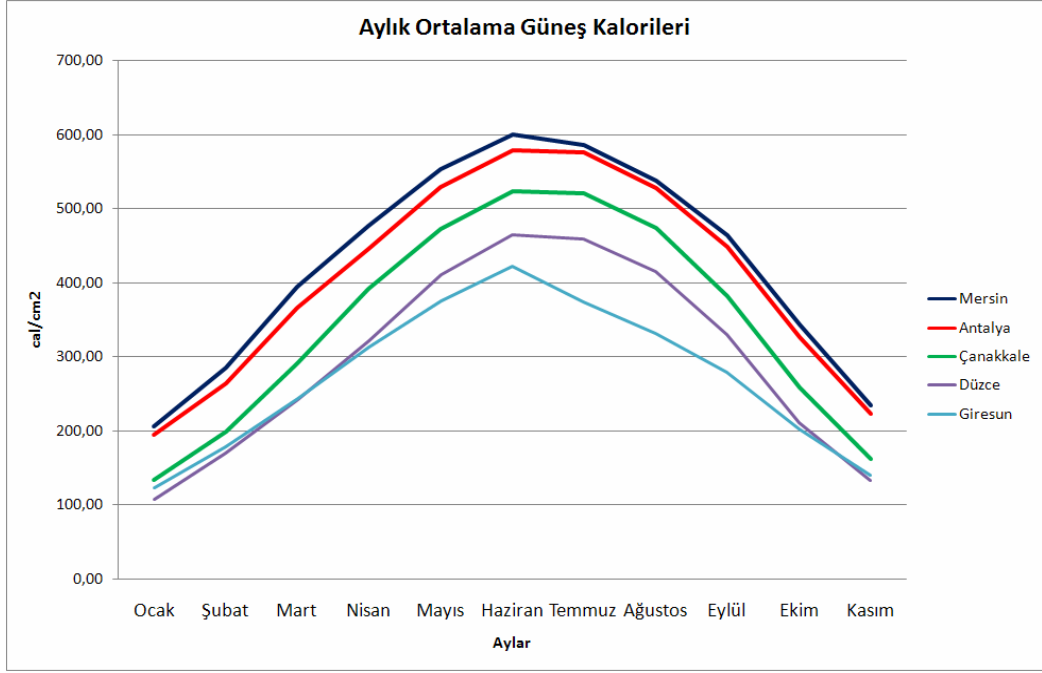
Çizelge 8.4 YSA Sonuçları için Örnek Bulanık Mantık Kuralları

EĞER Rüzgar İYİ ve Rüzgar Önem İYİ İSE Enerji YÜKSEK
EĞER Rüzgar İYİ ve Rüzgar Önem ORTA İSE Enerji YÜKSEK ORTA
EĞER Rüzgar İYİ ve Rüzgar Önem DÜŞÜK İSE Enerji ORTA
EĞER Rüzgar ORTA ve Rüzgar Önem İYİ İSE Enerji YÜKSEK ORTA
EĞER Rüzgar ORTA ve Rüzgar Önem ORTA İSE Enerji ORTA
EĞER Rüzgar ORTA ve Rüzgar Önem DÜŞÜK İSE Enerji DÜŞÜK ORTA
EĞER Rüzgar DÜŞÜK ve Rüzgar Önem İYİ İSE Enerji ORTA
EĞER Rüzgar DÜŞÜK ve Rüzgar Önem ORTA İSE Enerji DÜŞÜK ORTA
EĞER Rüzgar DÜŞÜK ve Rüzgar Önem DÜŞÜK İSE DÜŞÜK
EĞER Rüzgar İYİ ve Rüzgar Önem İYİ ve Güneş İYİ ve Güneş Önem İYİ İSE Enerji YÜKSEK
EĞER GÜNEŞ İYİ ve GÜNEŞ Önem ORTA İSE Enerji ORTA
EĞER GÜNEŞ İYİ ve GÜNEŞ Önem DÜŞÜK İSE Enerji DÜŞÜK ORTA
EĞER Rüzgar ORTA ve Rüzgar Önem İYİ İSE Enerji YÜKSEK ORTA
EĞER Debi ORTA ve Debi Önem ORTA İSE Enerji ORTA

Bu çalışma ile ilgili bir diğer bulgu ise rüzgar, güneş ve su ile ilgili olarak en etkin aylar ortaya çıkmıştır.Örneğin rüzgar açısından Şekil 5.2’den de görülebileceği üzere sene içinde iki ana bölge bulunmaktadır.Bunlardan birincisi kış aylarına ait Şubat ayı bir diğer belirgin yükseliş ise Temmuz, Ağustos aylarını içermektedir.

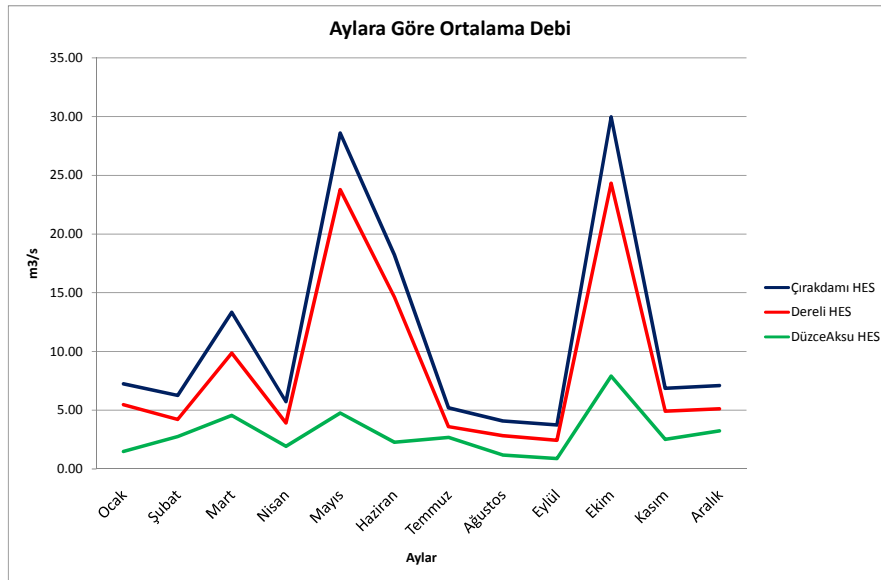


Şekil 5.2 Çalışmada Kullanılan İllerin Aylık Rüzgar Hızı Ortalamaları



Şekil 6.1 İllere Göre Aylık Toplam Güneş Radyasyonu Kalorileri

Güneş kalorileri açısından bakıldığında ise Haziran ve Temmuz aylarının etkin aylar olduğu (Şekil 6.1), su açısından bakıldığında ise Mayıs ve Ekim aylarının etkin olduğu görülmektedir.(Şekil 7.1)



Şekil 7.1 Çeşitli Derelerin Aylık Debi Ortalamaları

Bu durum aynı zamanda aynı bölge içindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının yıl içinde birbirlerini dengeleyecek bir şekilde dağıldığını da göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Alawi, S.M. ve Hinai, H.A., (1998), "An ANN-Based Approach for Predicting Global Radiation in Locations with No Direct Measurement Instrumentation", *Renewable Energy*, 14(1-4),199-204.
- Alexiadis, M. C., Dokopoulos, P. S., Sahsamanoglu, H. S. ve Manousaridis, I. M., (1998), "Short-Term Forecasting Of Wind Speed And Related Electrical Power", *Solar Energy*, 63(1), 61-68.
- Amal Z. Mohamed, Mona N. Eskander and Fadia A. Ghali,(2001) "Fuzzy logic control based maximum power tracking of a wind energy system", *Renewable Energy*, 23(2), 235-245.
- Anurag M., Deo M.C,(2003) "Forecasting wind with neural networks", *Marine Structures*, (16), 35-49.
- Barbounis, T.G. ve Theocharis, J.B.,(2006) "Locally recurrent neural networks for long-term
- Baykal, N. ve Beyan, T., (2004), "Bulanık Mantık İlke ve Temelleri", Bıçaklar Kitabevi,Ankara.
- Baykal, N. ve Beyan, T., (2004), "Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler", Bıçaklar Kitabevi,Ankara.
- Dadone, A. Dambrosio L.,2003, "Estimator based adaptive fuzzy logic control technique for a wind turbine-generator system", *Energy Conversion and Management*, 44, 1, 135-153.
- Elmas, Ç., (2003), "Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık)", Seçkin,Ankara.
- Elmas, Ç., (2003), "Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Uygulama)", Seçkin,Ankara.
- Hanselman, D. ve Littlefield, B., 2001. *Mastering Matlab 6*. Prentice Hall, 814 S. New Jersey.
- Hayashi, M. ve Kermanshahi, B., (2001), "Application of Artificial Neural Network for Wind Speed Prediction and Determination of Wind Power Generation Output", *Proceedings of ICEE 2001*, 12-15 July 2001, Xian, 34-43.
- Kalogirou, S.A., (2001), "Artificial Neural Networks In Renewable Energy Systems Applications: A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 373-390.
- Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C. ve Schizas, C.N., (1996), "Artificial Neural Networks in Modeling the Heat-up Response of a Solar Steam Generating Plant", *Proceedings of International Conference on Engineering Application of Neural Networks - EANN'96*, 17-19 June 1996, London, 20-26.
- Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C. ve Schizas, C.N., (1996), "Comparative Study of Methods for Estimating the Intercept Factor Of Parabolic Trough Collectors", *Proceedings of International Conference on Engineering Application of Neural Networks - EANN'96*, 17-19 June 1996, London, 5-8.
- Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C. ve Schizas, C.N., (1997), "Artificial Neural Networks for the Estimation of the Performance of a Parabolic Trough Collector Steam Generation System", *Proceedings of International Conference on Engineering Application of Neural*

Networks - EANN'96, 12-18 June 1997, Stockholm, 227-232.

Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C. ve Schizas, C.N., (1997), "Building Heating Load Estimation Using Artificial Neural Networks", Proceedings of CLIMA 2000 International Conference, 30 August-02 Sept.1997, Brussels, 159-167.

Kalogirou, S.A., Neocleous, C.C., Pashiardis, S. ve Schizas, C.N., (1999), "Wind Speed Prediction Using Artificial Neural Networks", Proceedings of ESIT'99, the European Symposium on Intelligent Techniques, 3-4 June 1999, Greece, 160-172.

Kalogirou, S.A., Panteliou, S. ve Dentsoras, A., (1999), "Artificial Neural Networks Used for the Performance Prediction of a Thermosyphon Solar Water Heater", Renewable Energy, 18(1), 87-99.

Kalogirou, S.A., Panteliou, S. ve Dentsoras, A., (1999), "Modeling of Solar Domestic Water Heating Systems Using Artificial Neural Networks", Solar Energy, 65(6), 335-342.

Kalogirou, S.A., Panteliou, S., (1999), "Dynamic System Testing Method and Artificial Neural Networks for Solar Water Heater Long-Term Performance Prediction", Proceedings of ESIT'99, the European Symposium on Intelligent Techniques on CD-ROM, 3-4 June 1999, Greece, 45-53.

Kandil, N., Wamkeue, R., Saad, M., (2006) "An efficient approach for short term load forecasting using artificial neural networks", Electrical Power and Energy Systems, 28, 525-530.

Li, S., Wunsch, D.C. ve Edgar, A.O., (2001), "Using Neural Networks to Estimate Wind Turbine Power Generation", IEEE Transactions on Energy Conversion, 16(3), 977.

Liera, C. P., Baizan, M.C. F. ve Feito, J.L. (2002), "Local Short Term Prediction of Wind Speed : A Neural Network Analysis", The International Environmental Modelling and Software Society Conference Papers, 24-27 June 2002, Switzerland, 124-129.

Mandal, J.K., Sinha, A.K. ve Parthasarathy G., (1995), "Application of Recurrent Neural Network for Short Term Load Forecasting in Electric Power System", Proceedings of ICNN'95- IEEE International Conference on Neural Networks, 27 November-01 December 1995, Perth (Western Australia), 2694-98.

Mohandes, M., Rehman, S. ve Halawani, T.O., (1998), "Estimation of Global Solar Radiation Using Artificial Neural Networks", Renewable Energy, 14(1-4):179-184.

More, A. ve Deo, M.C., (2003), "Forecasting Wind With Neural Networks", Marine Structures, 16, 35-49.

Muljadi, E. ve Butterfield, C.P., (2000), "Pitch-Controlled Variable-Speed Wind Turbine Generation", NREL Report No. CP-500-27143.

Negnevitsky, M. ve Le T.L., (1995), "Artificial Neural Networks Application for Current Rating of Overhead Lines", IEEE Transactions on Neural Networks, 18, 418-22.

Öztopal, A., (2006) "Artificial neural network approach to spatial estimation of wind velocity data", Energy Conversion and Management, 47, 395-406.

REHES, (2007), "Renewable Energy for Heat Supply in Dwellings with Individual and Local Heating Systems-Country Report", Istanbul.

- Saraç, T., (2004), “Yapay Sinir Ağları”, Seminer Projesi.
- Sfetsos, A., (2000), “A Comparison of Various Forecasting Techniques Applied to Mean Hourly Wind Speed Time Series”, *Renewable Energy*, 21(1), 23-35.
- Sfetsos, A., (2002), “A Novel Approach for The Forecasting of Mean Hourly Wind Speed Time Series”, *Renewable Energy*, 27(2), 163-174.
- Sørensen, B., (2004), “Renewable Energy”, Academic Press, UK.
- Subramanian, C., Manry, M.T., ve Naccarino, J., (1999), “Reservoir Inflow Forecasting Using Neural Networks”, *Proceedings of the American Power Conference*, 6-8 April 1999, 220-226.
- Valenca, M., ve Ludermir, T., (2000), “Monthly Stream Flow Forecasting Using a Neural Fuzzy Network Model”, *Neural Networks, Proceedings of Sixth Brazilian Symposium on Neural Networks*, 22-25 November, Rio de Janeiro, 117 -119.
- wind speed and power prediction”, *Neurocomputing*, 69, 466–496.
- Yurtoğlu, H.,(2005),” Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği”, *DPT Uzmanlık Tezleri*,DPT 2683.
- Zadeh, L.A., (1965), “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, 8, 338-353.

INTERNET KAYNAKLARI

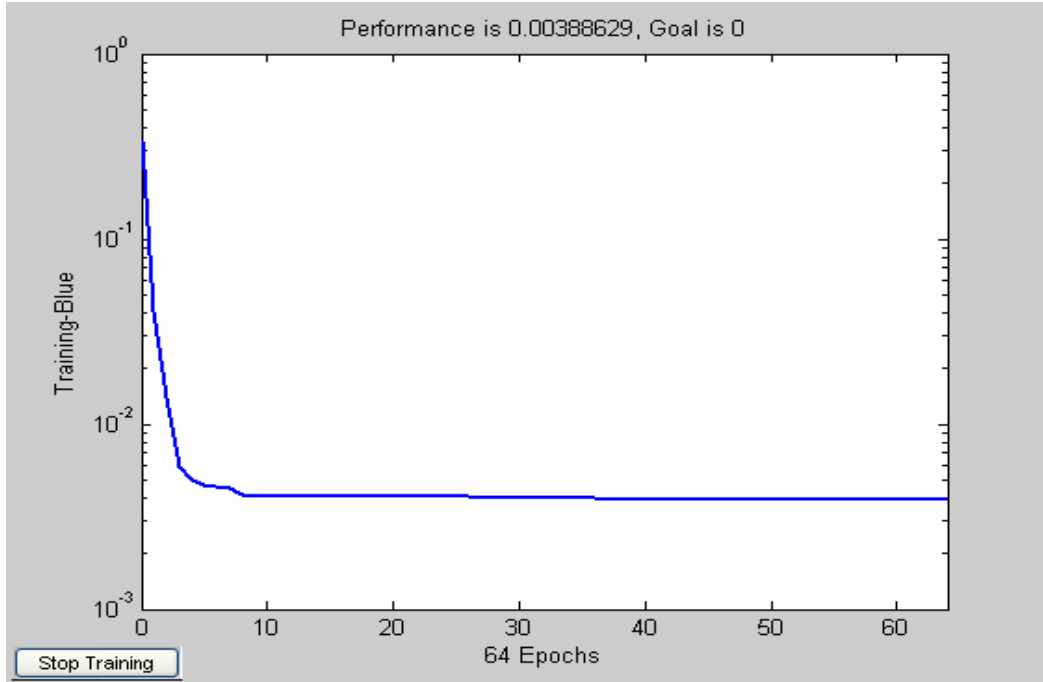
- [1]www.tubitak.gov.tr
- [2] www.windpower.org
- [3] www.eie.gov.tr
- [4] repa.eie.gov.tr
- [5] www.doe.gov
- [6] www.die.gov.tr
- [7] www.ttg.gov.tr
- [8] www.devletim.org
- [9]commons.wikimedia.org
- [10]www.dsi.gov.tr

EKLER

- Ek 1 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları
Ek 2 Güneş Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları
Ek 3 Hidroelektrik Enerji Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları

Ek 1 Rüzgar Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları**Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 1**

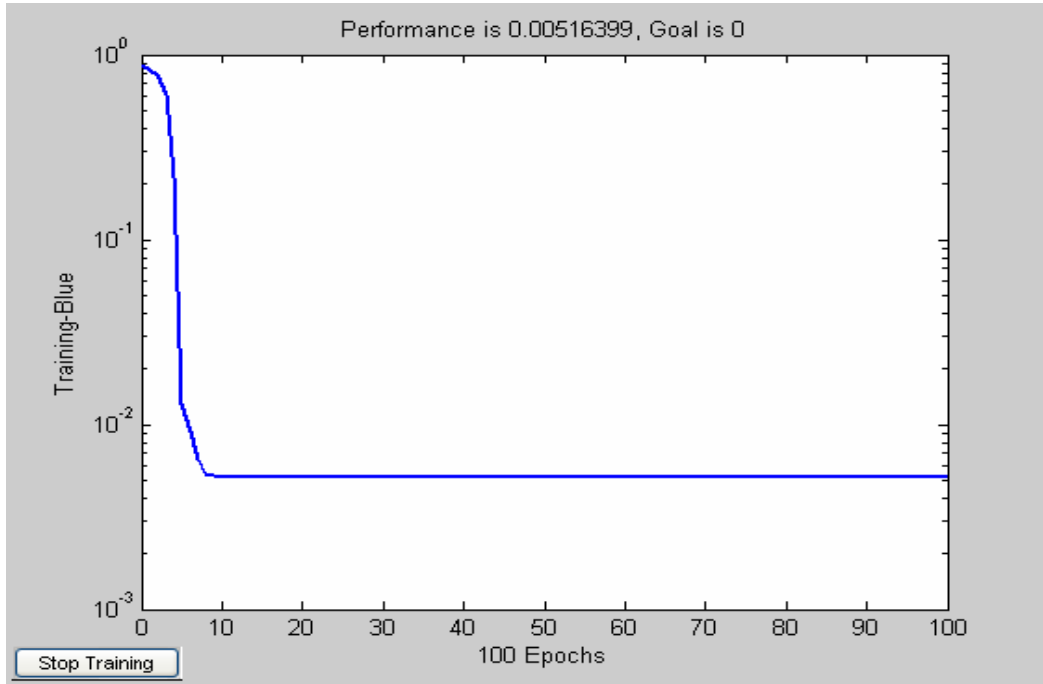
Adı	: n1
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılm Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 7,32E-04
Max Hata	: 41,48
Ortalama Hata	: 1,17
Standart Sapma	: 2,76



Şekil Ek 1.1 Ysa Modeli 1 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 2

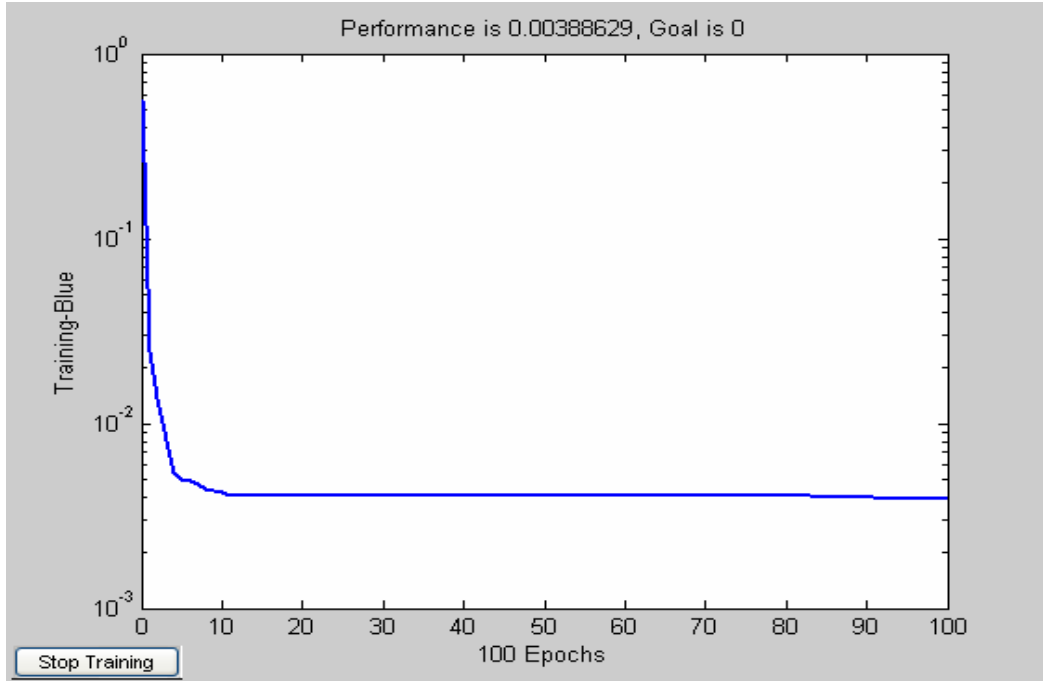
Adı	: n2
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 4,20E-04
Max Hata	: 55,97
Ortalama Hata	: 1,44
Standart Sapma	: 3,54



Şekil Ek 1.2 Ysa Modeli 2 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 3

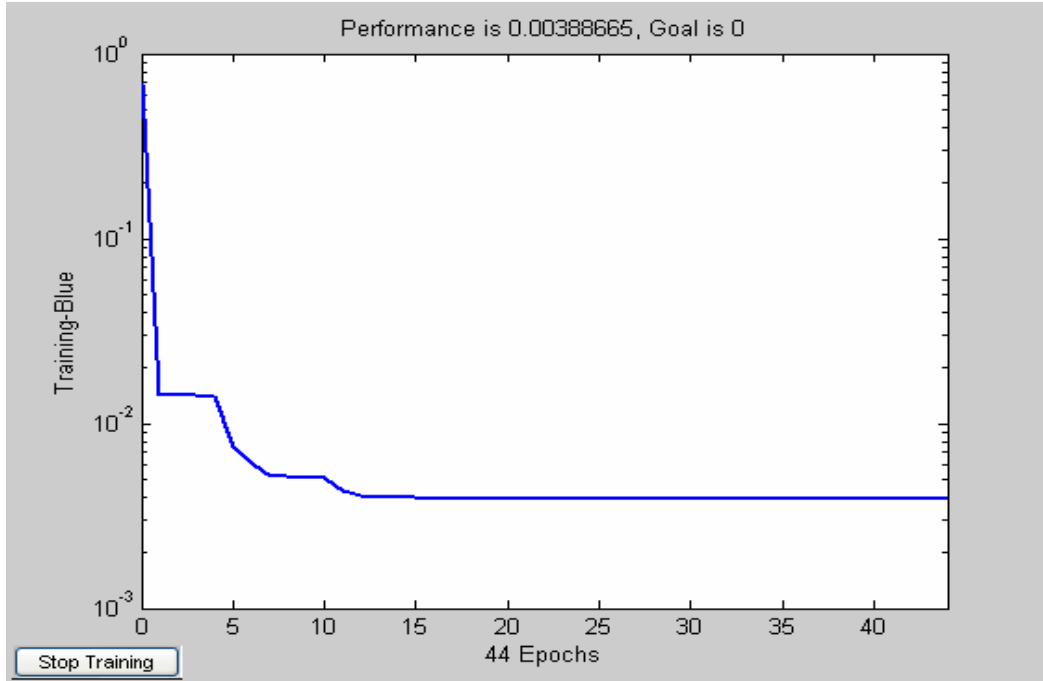
Adı	: n3
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 7,32E-04
Max Hata	: 41,48
Ortalama Hata	: 1,17
Standart Sapma	: 2,76



Şekil Ek 1.3 Ysa Modeli 3 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 4

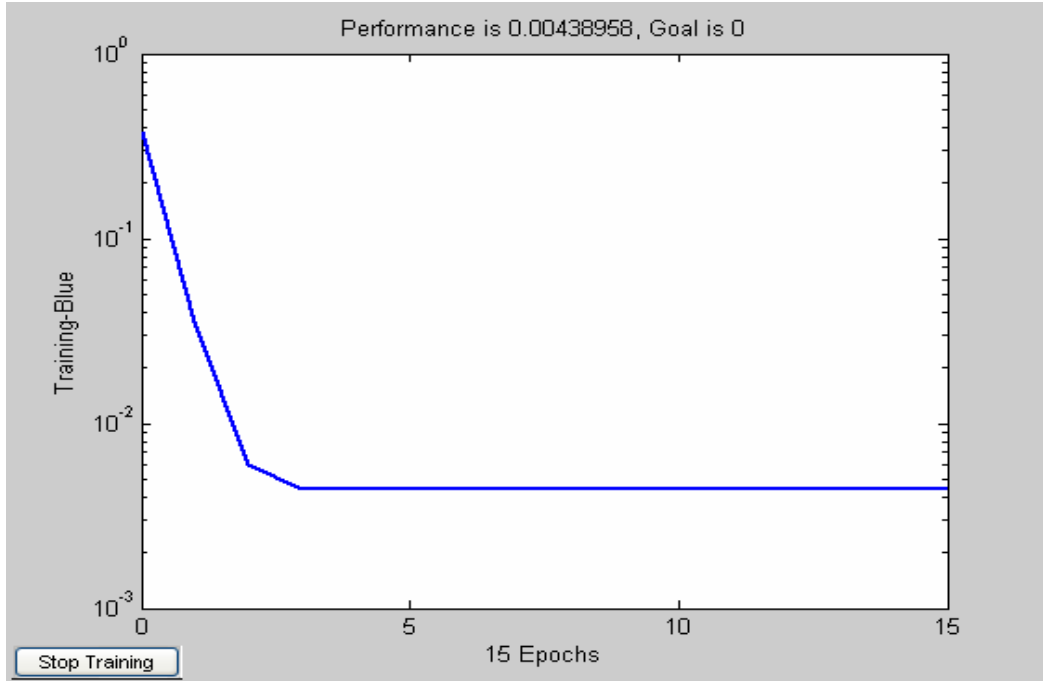
Adı	:	n4
YSA Modeli	:	ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	1
Katman 1 Fonksiyon	:	LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:	LOGSIG
Min Hata	:	8,93E-04
Max Hata	:	41,53
Ortalama Hata	:	1,17
Standart Sapma	:	2,77



Şekil Ek 1.4 Ysa Modeli 4 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 5

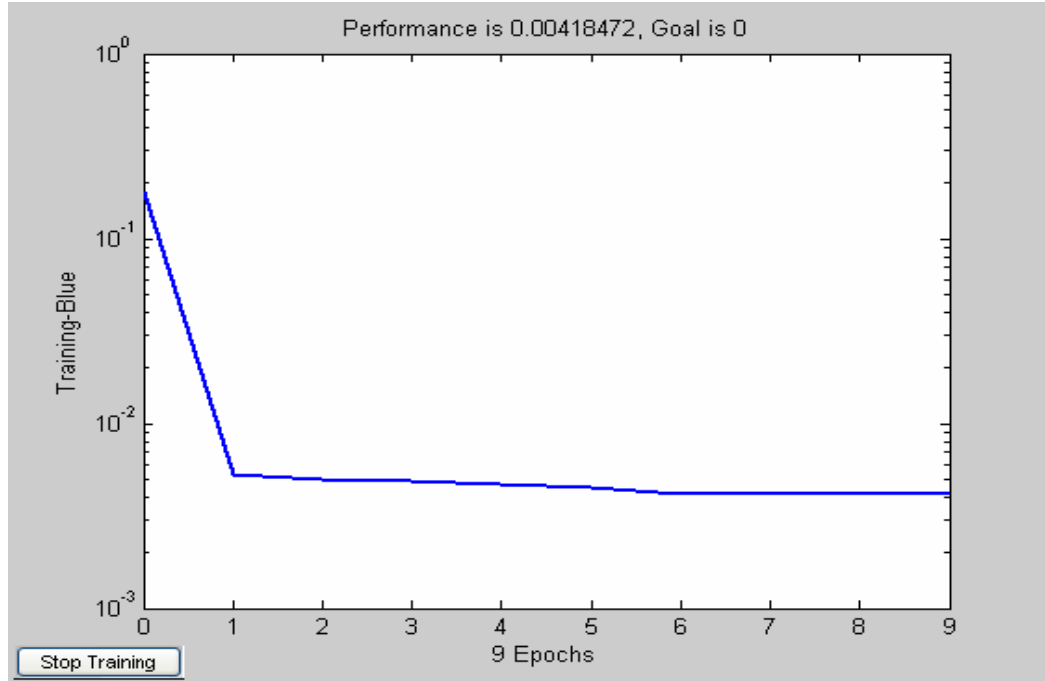
Adı	:	n5
YSA Modeli	:	ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	1
Katman 1 Fonksiyon	:	PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:	
Min Hata	:	1,03E-04
Max Hata	:	48,67
Ortalama Hata	:	1,27
Standart Sapma	:	3,12



Şekil Ek 1.5 Ysa Modeli 5 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 6

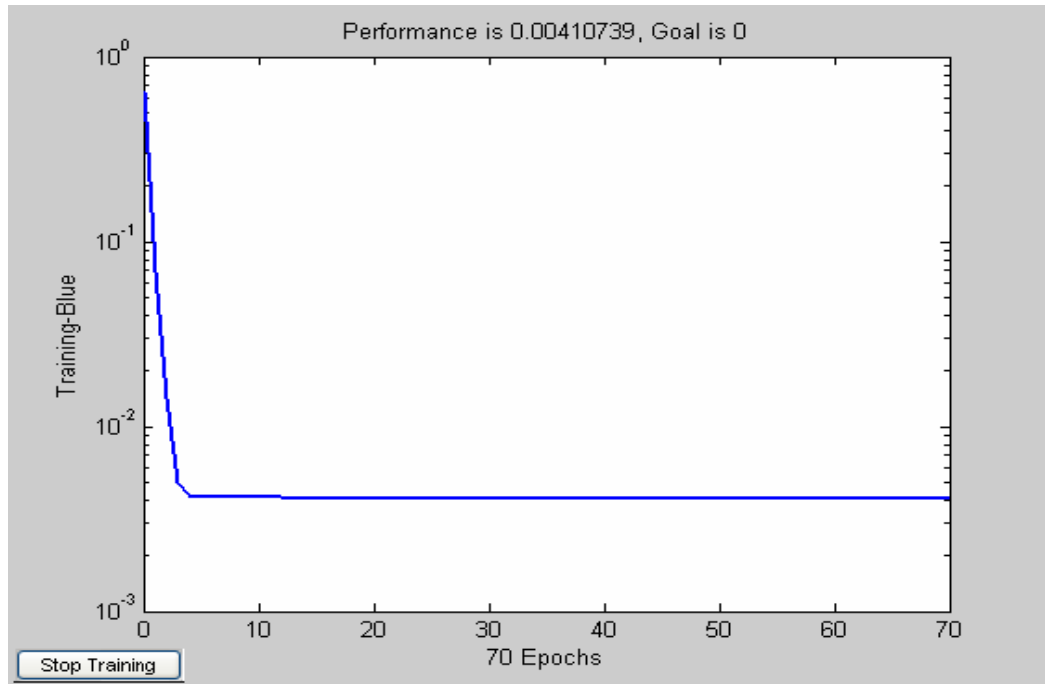
Adı	:	n6
YSA Modeli	:	ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearnDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	1
Katman 1 Fonksiyon	:	PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:	PURELIN
Min Hata	:	1,01E-03
Max Hata	:	43,45
Ortalama Hata	:	1,19
Standart Sapma	:	2,88



Şekil Ek 1.6 Ysa Modeli 6 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 7

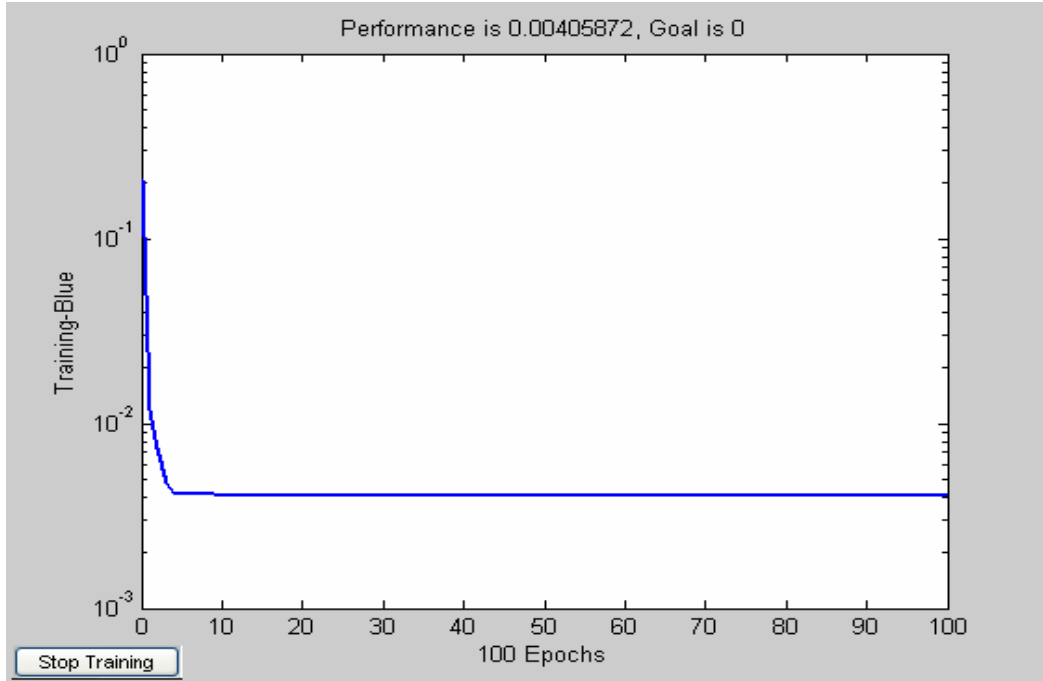
Adı	:	n7
YSA Modeli	:	Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearnDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	1
Katman 1 Fonksiyon	:	TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:	
Min Hata	:	6,32E-04
Max Hata	:	43,39
Ortalama Hata	:	1,18
Standart Sapma	:	2,85



Şekil Ek 1.7 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 8

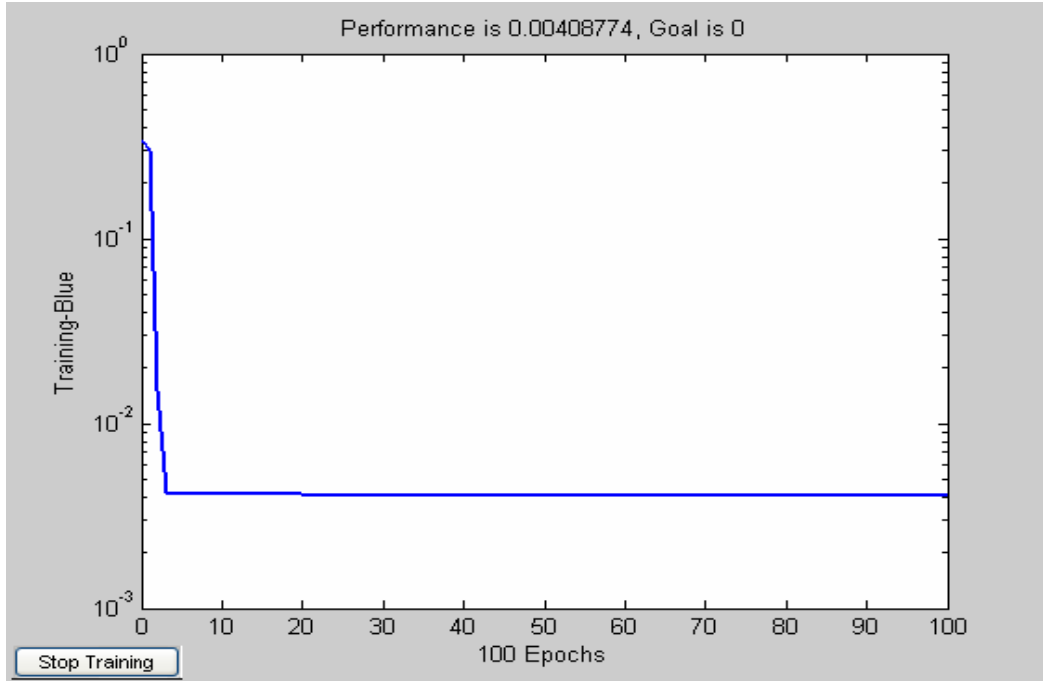
Adı	:	n8
YSA Modeli	:	Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	2
Katman 1 Fonksiyon	:	TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:	TANSIG
Min Hata	:	2,26E-03
Max Hata	:	46,70
Ortalama Hata	:	1,19
Standart Sapma	:	2,93



Şekil Ek 1.8 Ysa Modeli 8 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 9

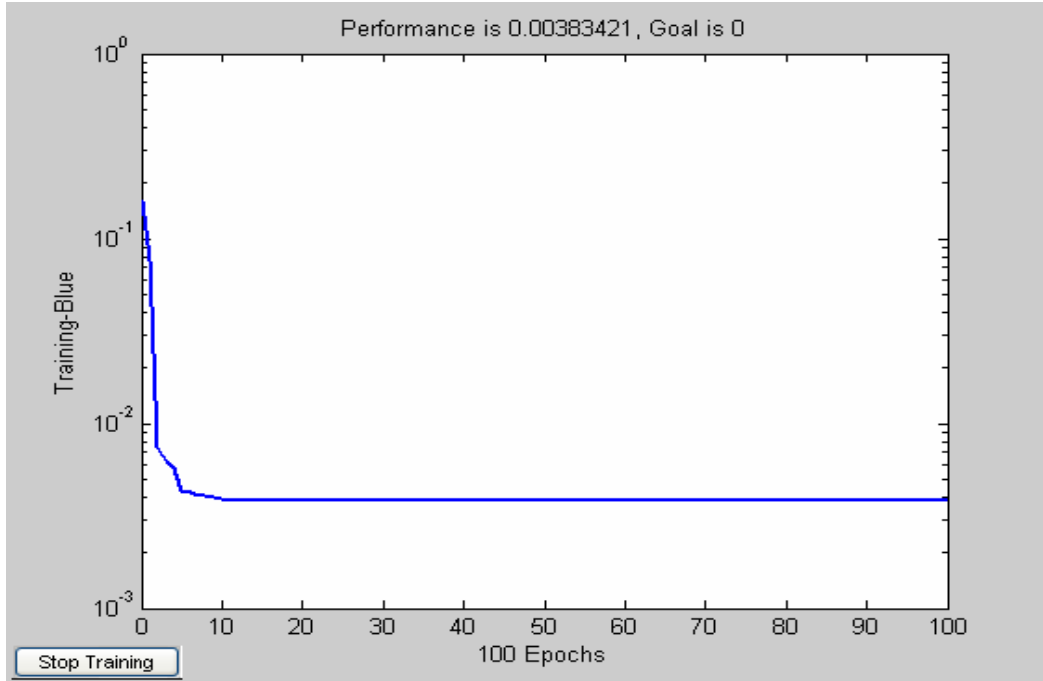
Adı : n9
YSA Modeli : Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 9,67E-04
Max Hata : 50,91
Ortalama Hata : 1,18
Standart Sapma : 2,97



Şekil Ek 1.9 Ysa Modeli 9 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 10

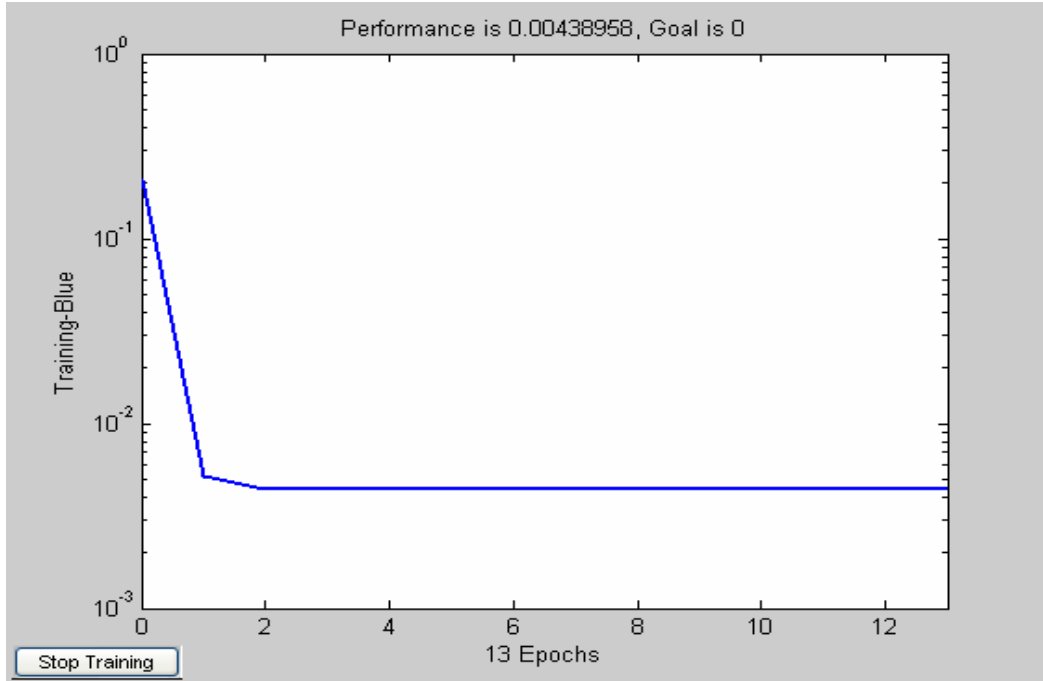
Adı	: n10
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 3,41E-04
Max Hata	: 43,39
Ortalama Hata	: 1,15
Standart Sapma	: 2,79



Şekil Ek 1.10 Ysa Modeli 10 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 11

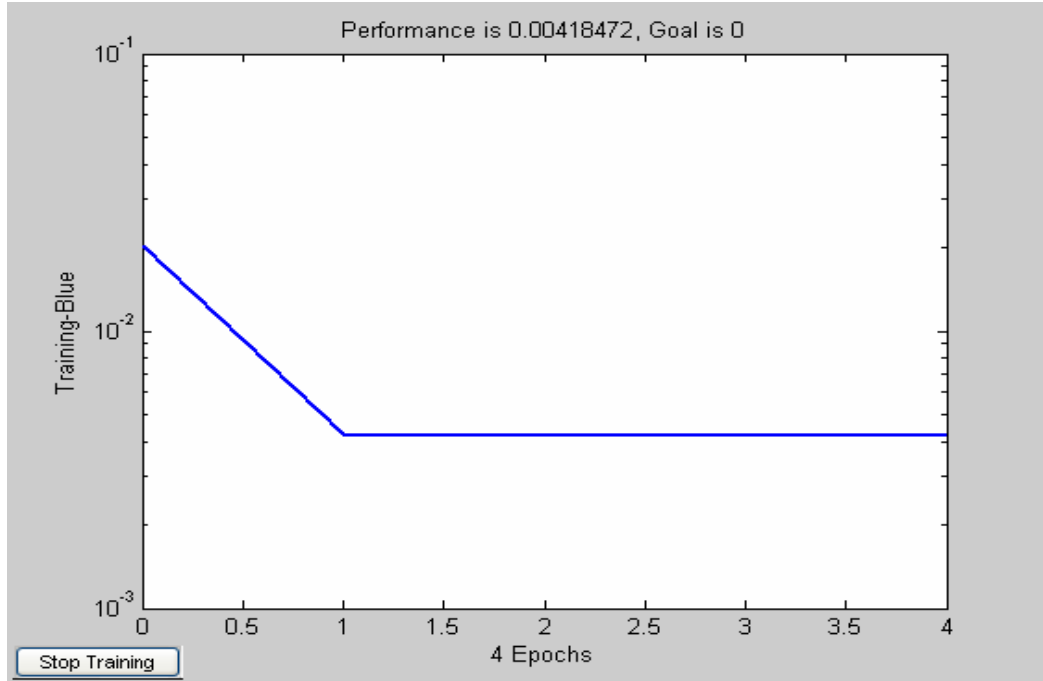
Adı	:	n11
YSA Modeli	:	Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	1
Katman 1 Fonksiyon	:	PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:	
Min Hata	:	1,03E-04
Max Hata	:	48,67
Ortalama Hata	:	1,27
Standart Sapma	:	3,12



Şekil Ek 1.11 Ysa Modeli 11 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 12

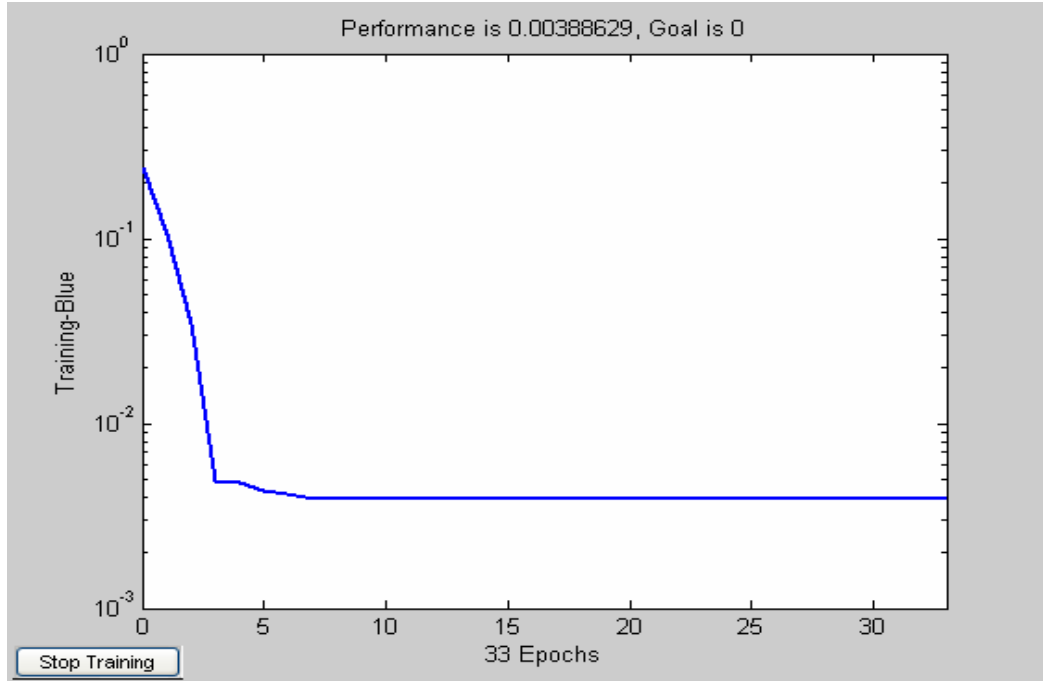
Adı : n12
YSA Modeli : Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 2
Katman 1 Fonksiyon : PURELIN
Katman 2 Fonksiyon : PURELIN
Min Hata : 1,01E-03
Max Hata : 43,45
Ortalama Hata : 1,19
Standart Sapma : 2,88



Şekil Ek 1.12 Ysa Modeli 12 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 13

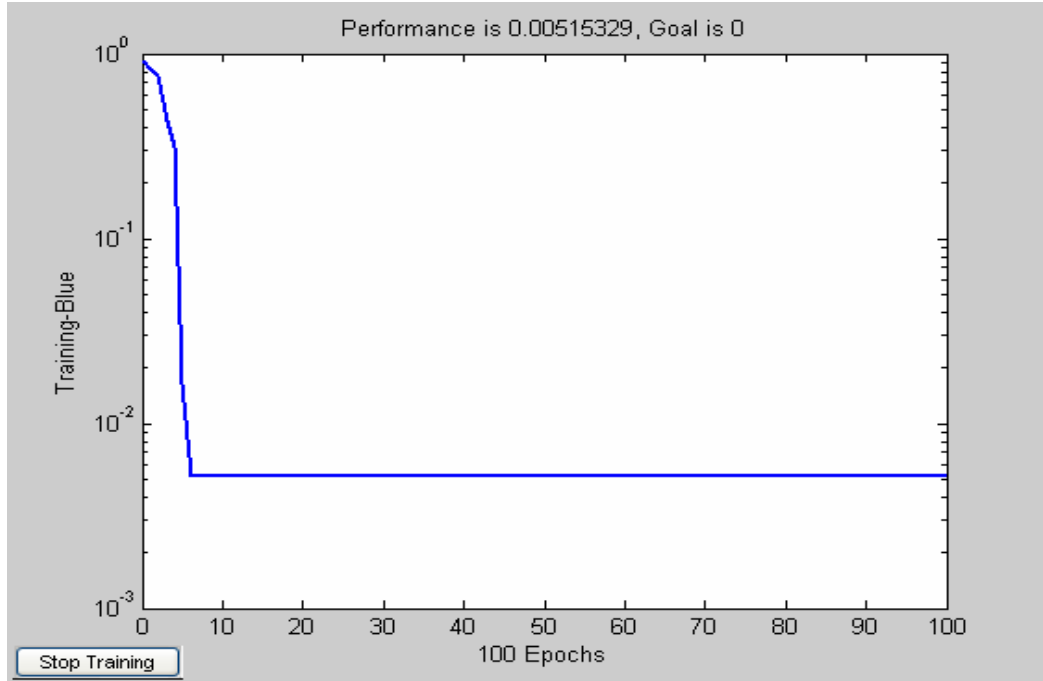
Adı : n13
YSA Modeli : Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : TANSIG
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 7,32E-04
Max Hata : 41,48
Ortalama Hata : 1,17
Standart Sapma : 2,76



Şekil Ek 1.13 Ysa Modeli 13 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 14

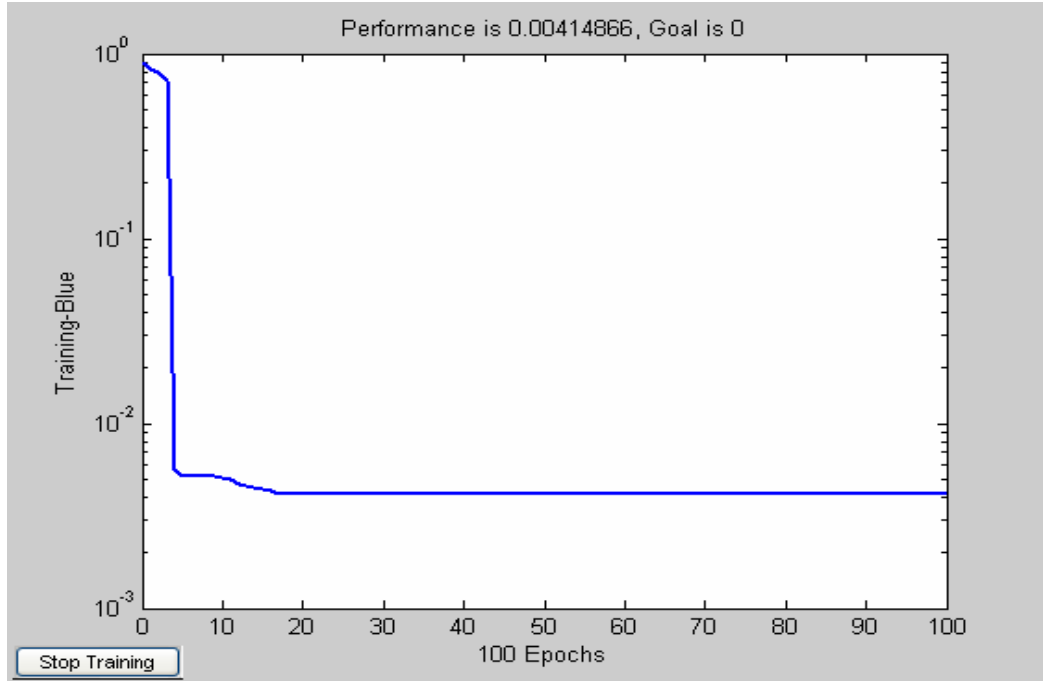
Adı : n14
YSA Modeli : Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnngDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 2
Katman 1 Fonksiyon : TANSIG
Katman 2 Fonksiyon : TANSIG
Min Hata : 6,45E-04
Max Hata : 55,67
Ortalama Hata : 1,44
Standart Sapma : 3,52



Şekil Ek 1.14 Ysa Modeli 14 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 15

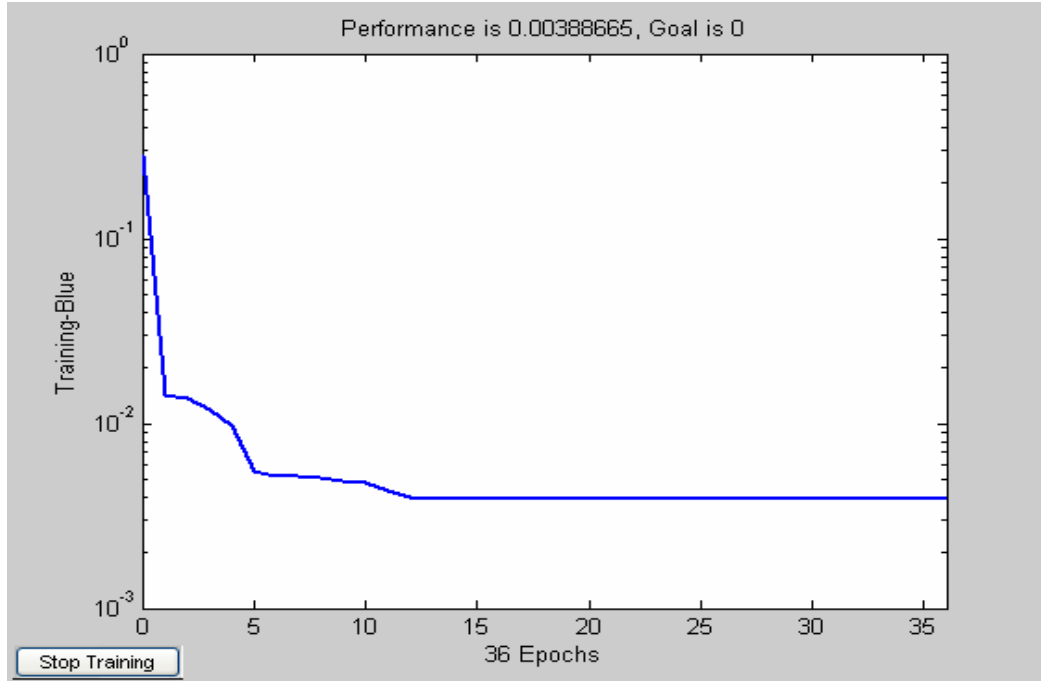
Adı : n15
YSA Modeli : Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : PURELIN
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 7,15E-05
Max Hata : 54,50
Ortalama Hata : 1,40
Standart Sapma : 3,45



Şekil Ek 1.15 Ysa Modeli 15 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 16

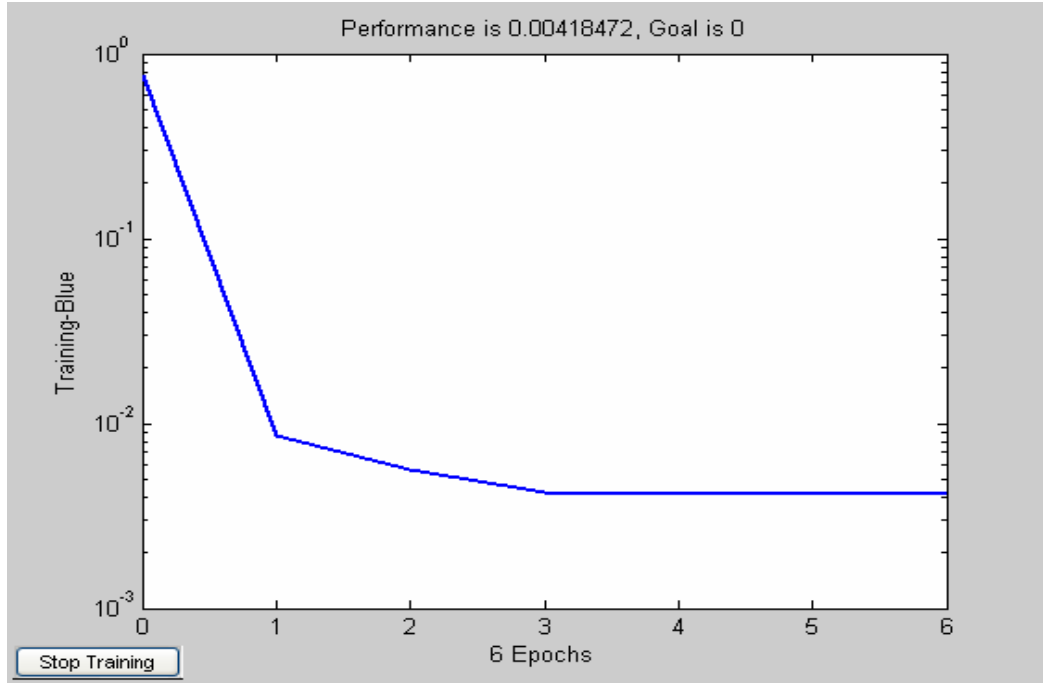
Adı	:	n16
YSA Modeli	:	Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearnDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	2
Katman 1 Fonksiyon	:	PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:	PURELIN
Min Hata	:	8,93E-04
Max Hata	:	41,53
Ortalama Hata	:	1,17
Standart Sapma	:	2,77



Şekil Ek 1.16 Ysa Modeli 16 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 17

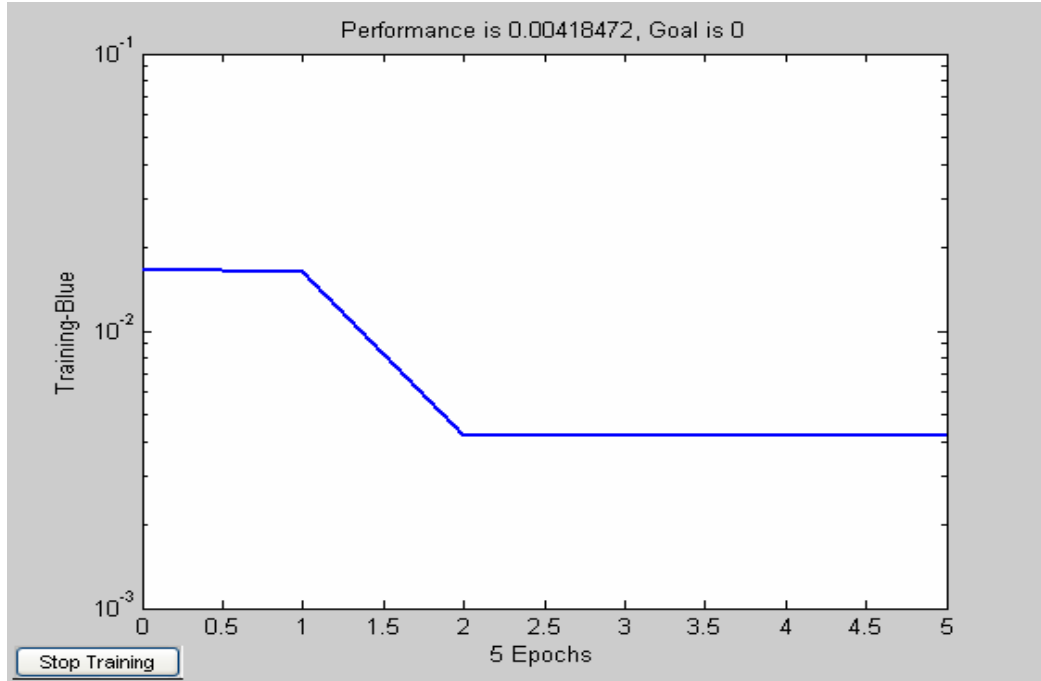
Adı	:	n17
YSA Modeli	:	Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	1
Katman Sayısı	:	1
Katman 1 Fonksiyon	:	LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:	
Min Hata	:	1,01E-03
Max Hata	:	43,45
Ortalama Hata	:	1,19
Standart Sapma	:	2,88



Şekil Ek 1.17 Ysa Modeli 17 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 18

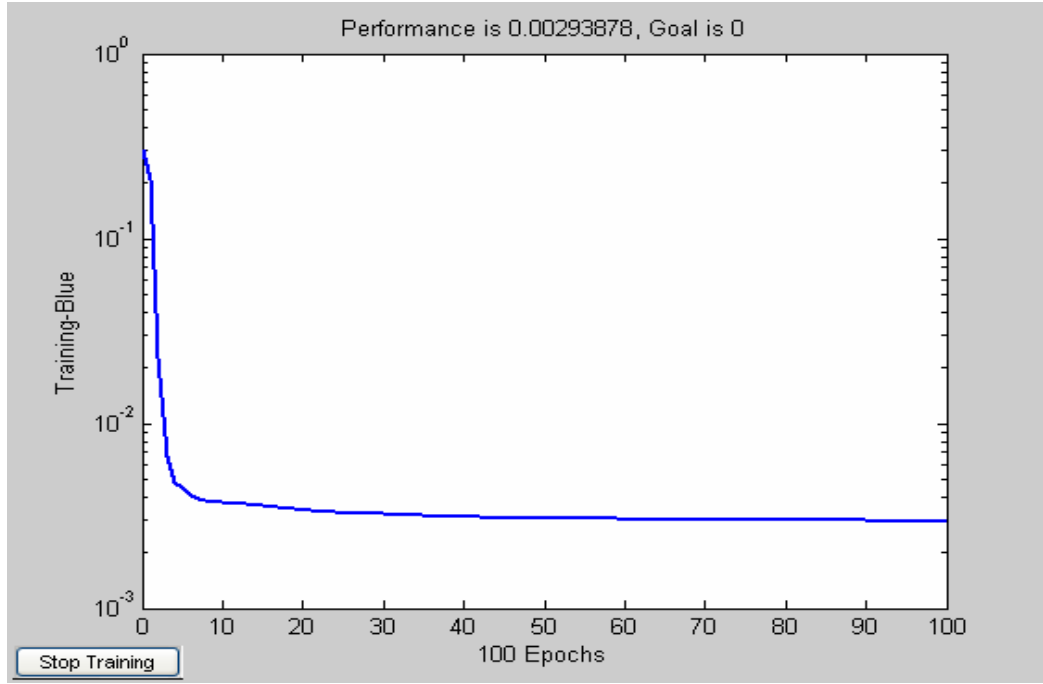
Adı	: n18
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 1,01E-03
Max Hata	: 43,45
Ortalama Hata	: 1,19
Standart Sapma	: 2,88



Şekil Ek 1.18 Ysa Modeli 18 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 19

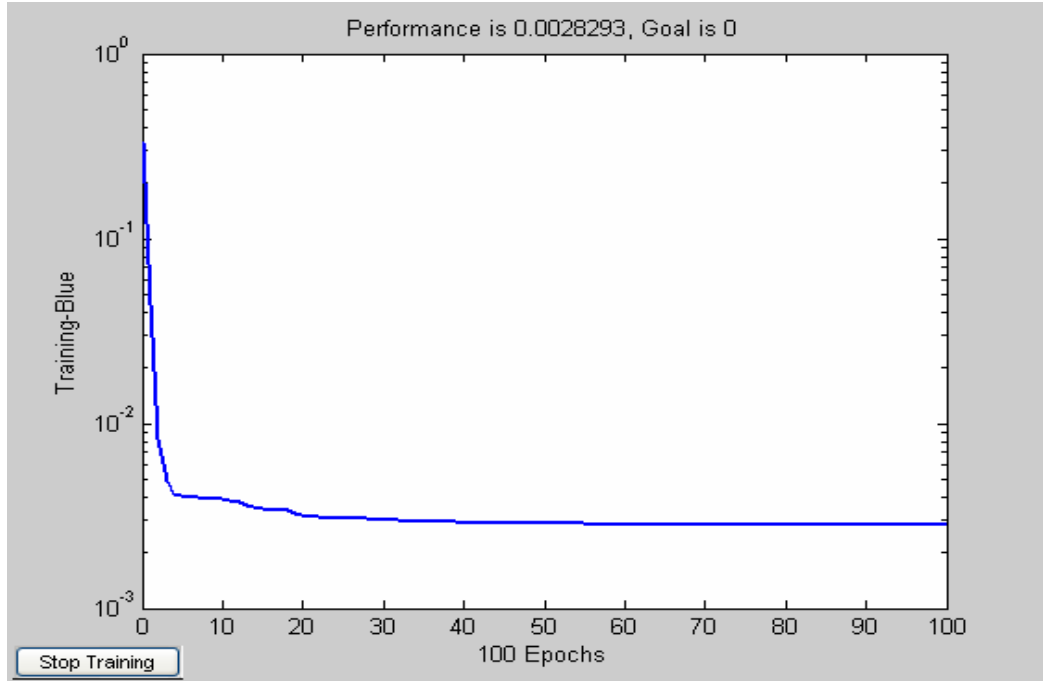
Adı	:	n19
YSA Modeli	:	ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSE
Ara Neron	:	6
Katman Sayısı	:	2
Katman 1 Fonksiyon	:	TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:	TANSIG
Min Hata	:	6,82E-04
Max Hata	:	44,43
Ortalama Hata	:	1,13
Standart Sapma	:	2,85



Şekil Ek 1.19 Ysa Modeli 19 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 20

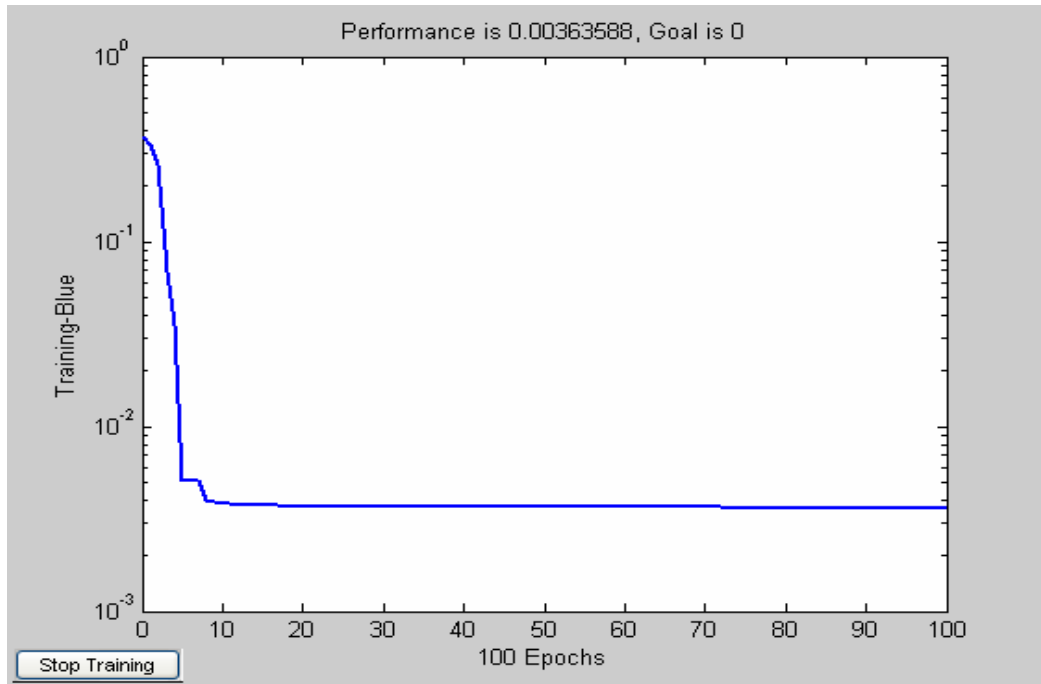
Adı	: n20
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 5,08E-04
Max Hata	: 38,51
Ortalama Hata	: 1,10
Standart Sapma	: 2,67



Şekil Ek 1.20 Ysa Modeli 20 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 21

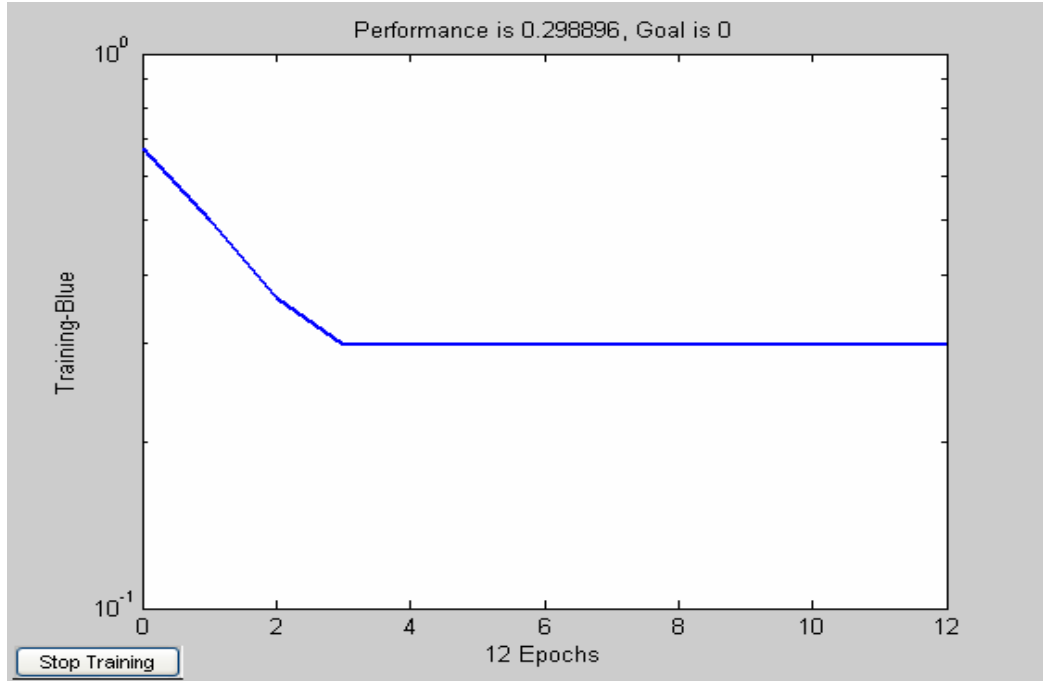
Adı : n21
YSA Modeli : Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnGD
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 6
Katman Sayısı : 2
Katman 1 Fonksiyon : TANSIG
Katman 2 Fonksiyon : TANSIG
Min Hata : 2,22E-04
Max Hata : 51,68
Ortalama Hata : 1,17
Standart Sapma : 3,09



Şekil Ek 1.21 Ysa Modeli 21 Test Sonuçları

Rüzgar Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 22

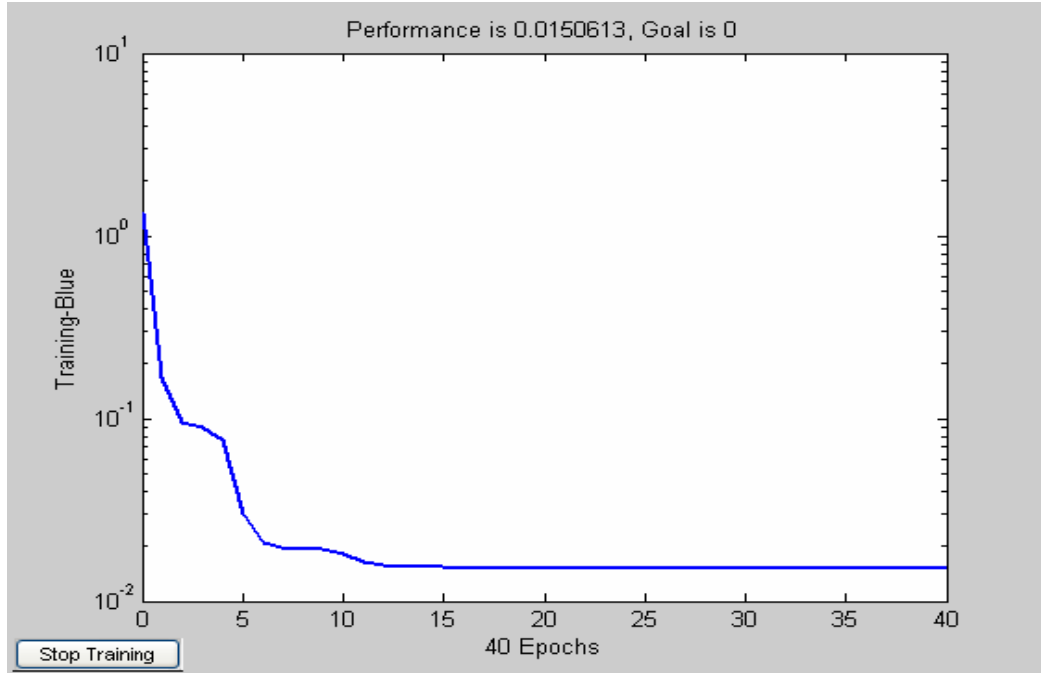
Adı	:	n22
YSA Modeli	:	Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	:	Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	:	LearnngDM
Performans Fonksiyonu	:	MSEREG
Ara Neron	:	6
Katman Sayısı	:	2
Katman 1 Fonksiyon	:	TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:	TANSIG
Min Hata	:	9,49E-04
Max Hata	:	44,23
Ortalama Hata	:	1,16
Standart Sapma	:	2,84



Şekil Ek 1.22 Ysa Modeli 22 Test Sonuçları

Ek 2 Güneş Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları**Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 1**

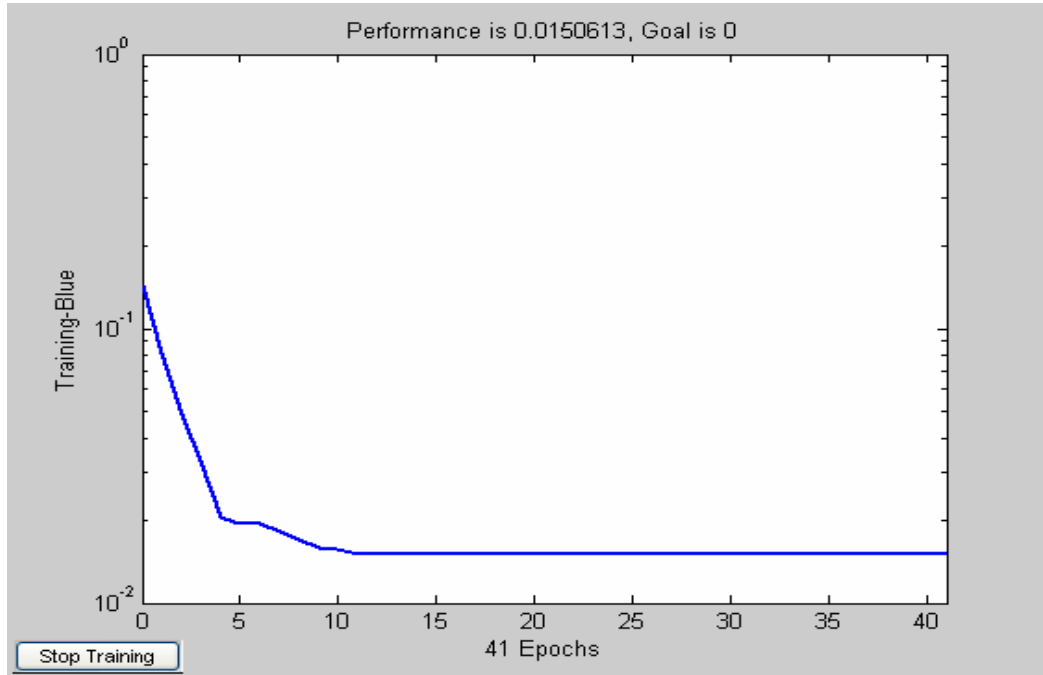
Adı	: n1
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.1 Ysa Modeli 1 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 2

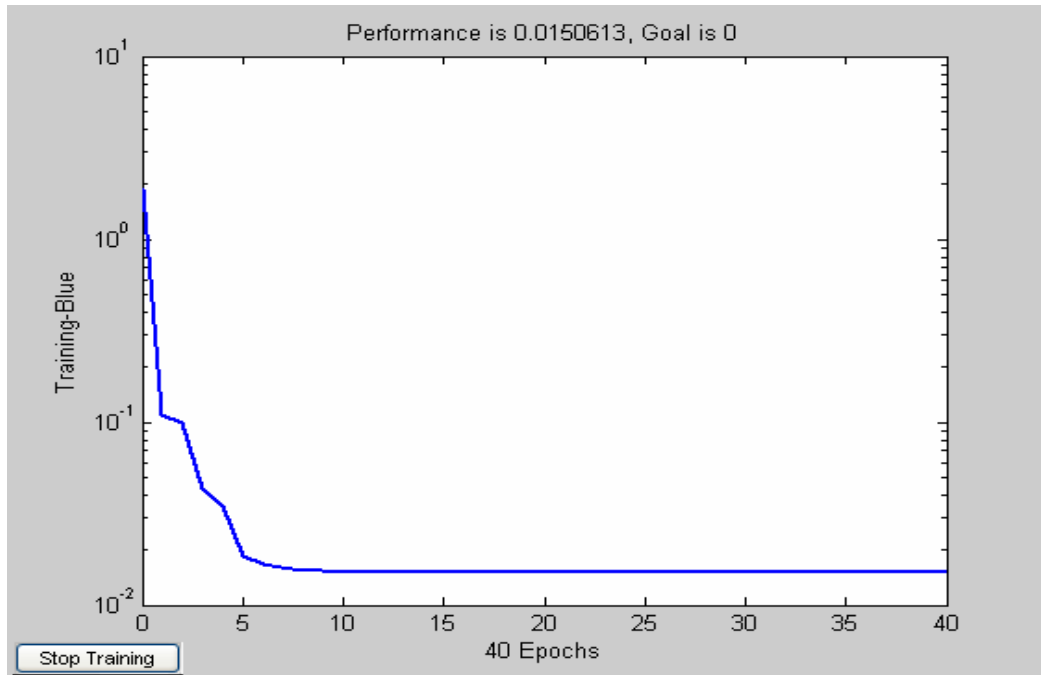
Adı	: n2
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.2 Ysa Modeli2 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 3

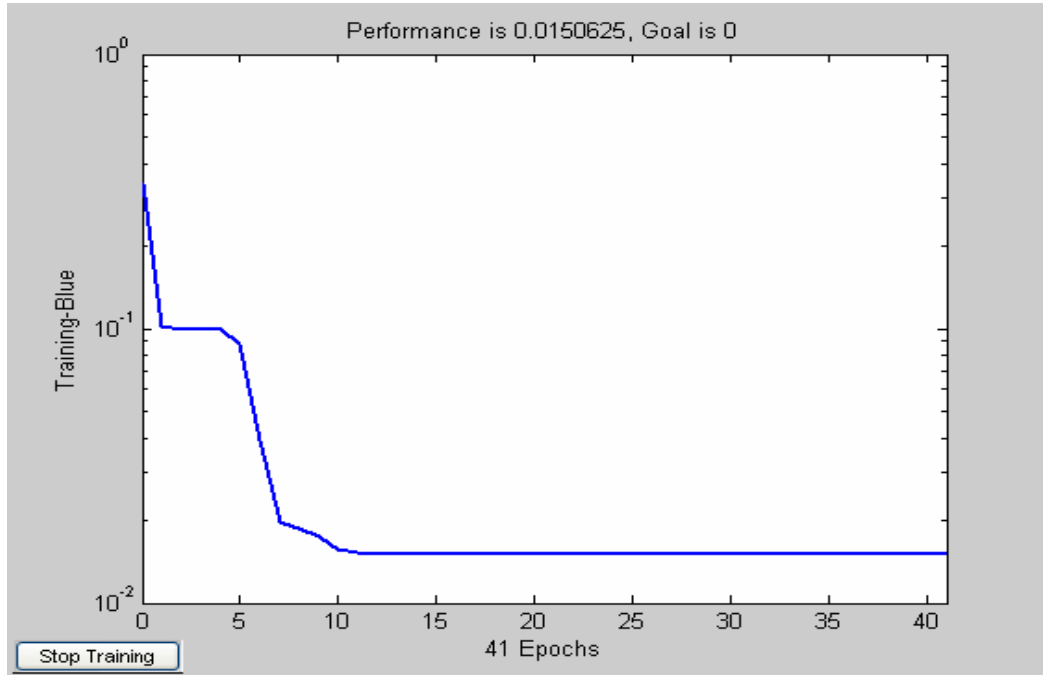
Adı	: n3
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.3 Ysa Modeli3 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 4

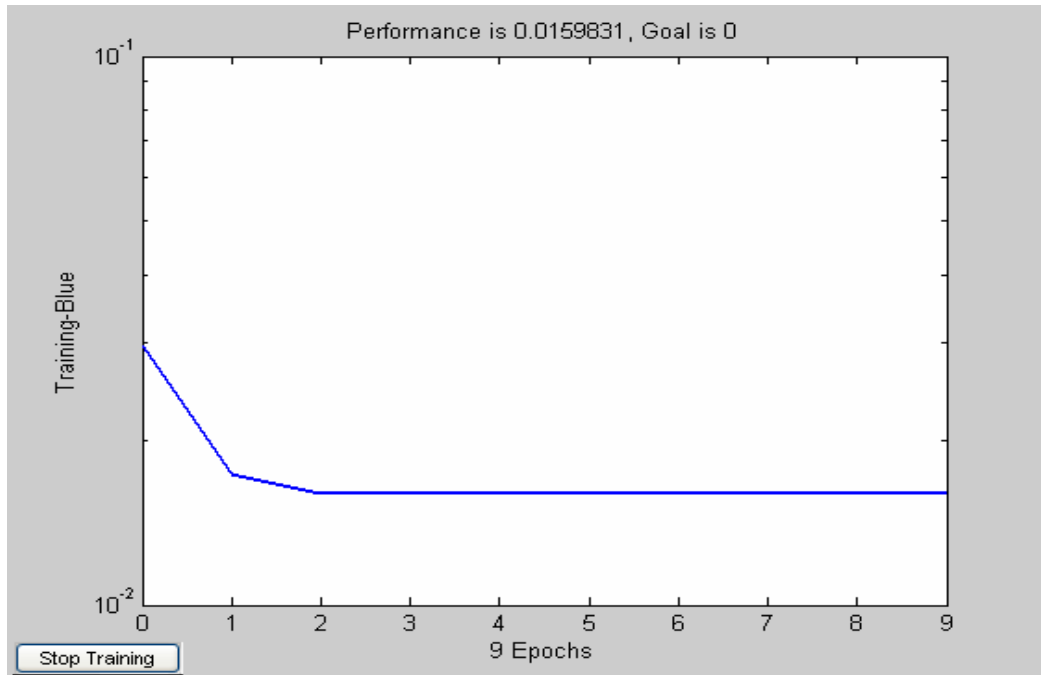
Adı	: n4
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.4 Ysa Modeli 4 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 5

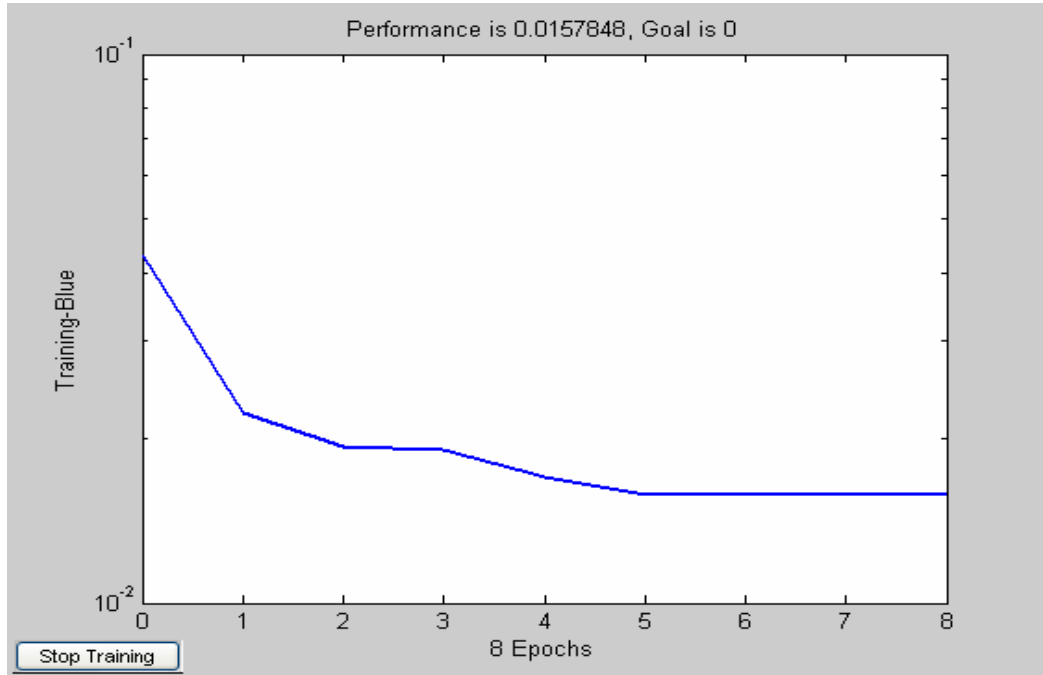
Adı	: n5
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 0,00013686
Max Hata	: 14,21
Ortalama Hata	: 0,19
Standart Sapma	: 0,71



Şekil Ek 2.5 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 6

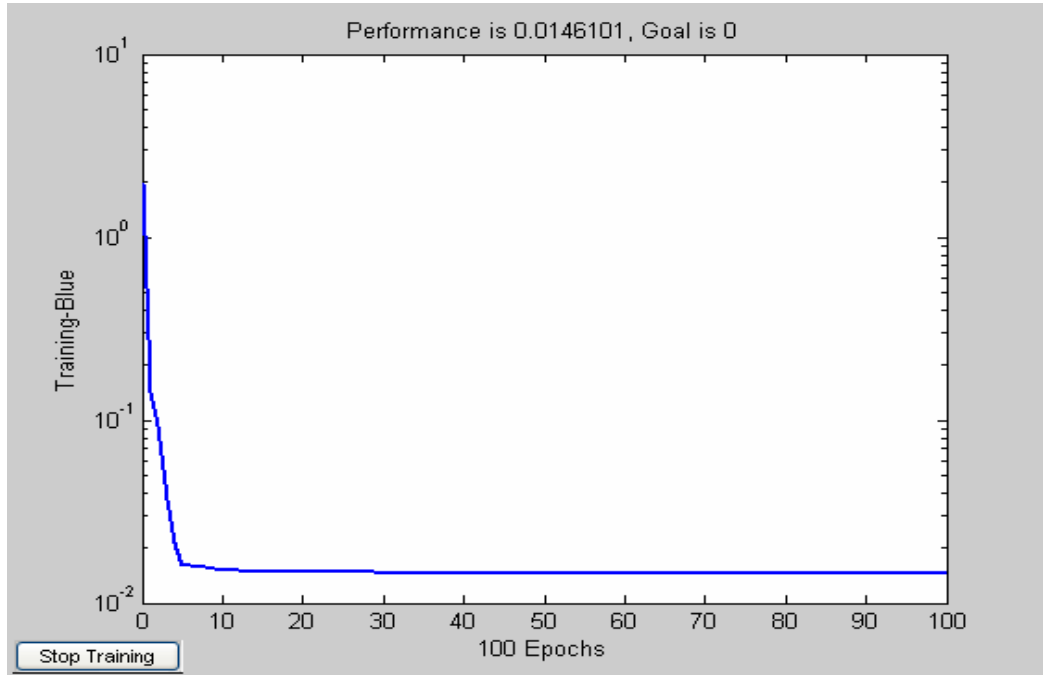
Adı	: n6
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	: PURELIN
Min Hata	: 0,00054784
Max Hata	: 14,13
Ortalama Hata	: 0,19
Standart Sapma	: 0,71



Şekil Ek 2.6ysa Modeli 6 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 7

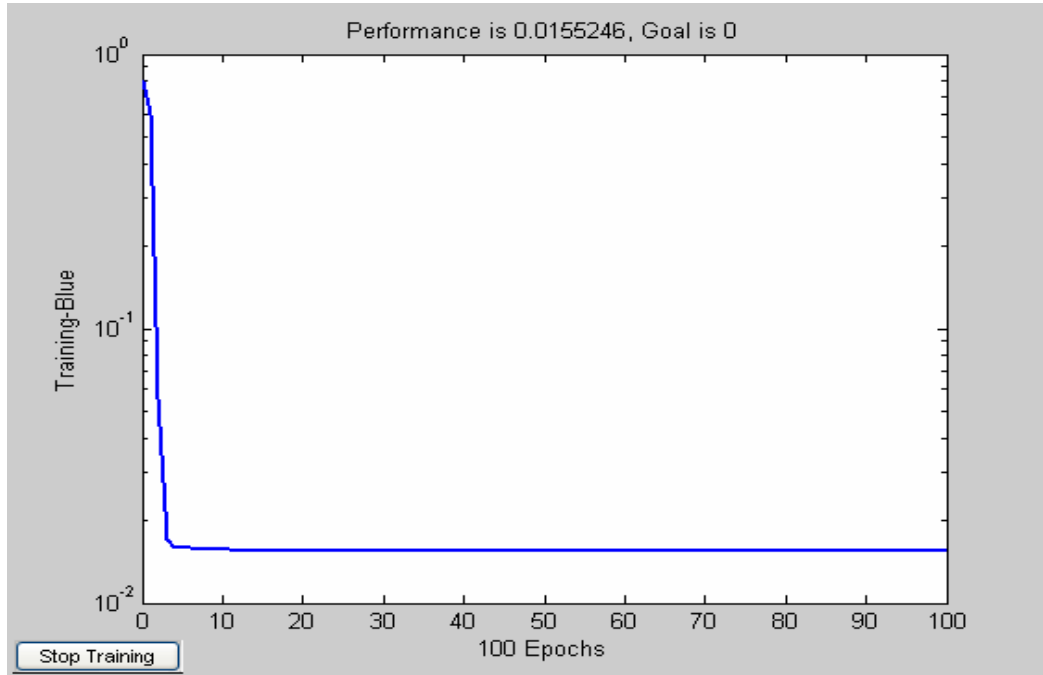
Adı	: n7
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılm Ağ
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 2,64901E-05
Max Hata	: 13,67
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,67



Şekil Ek 2.7 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 8

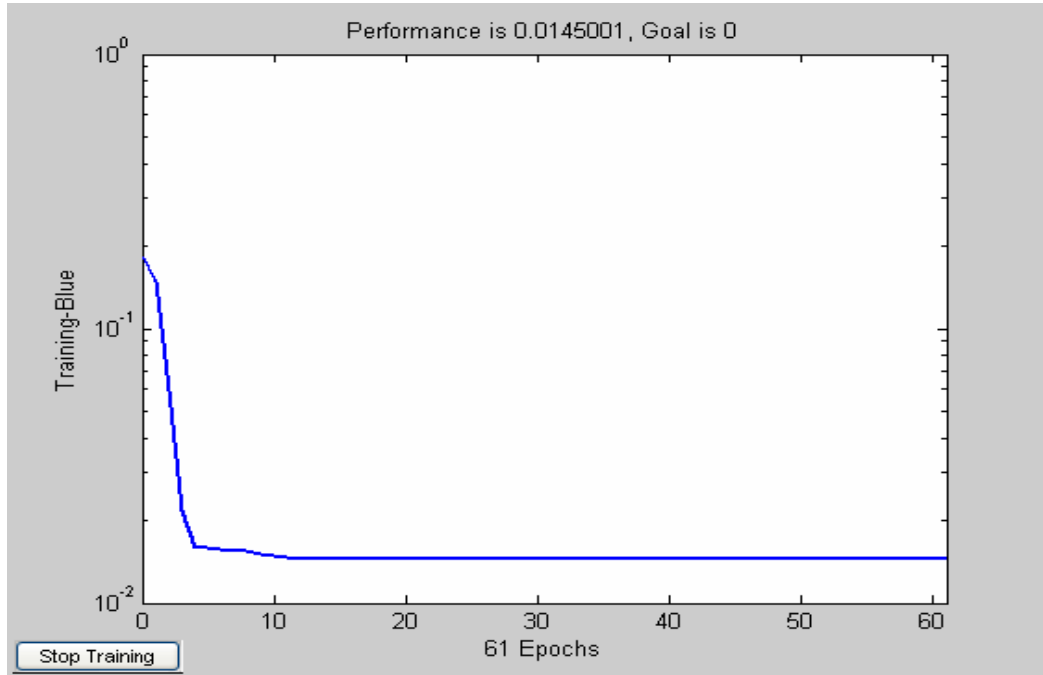
Adı	: n8
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayımlım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 0,000494638
Max Hata	: 14,37
Ortalama Hata	: 0,19
Standart Sapma	: 0,71



Şekil Ek 2.8 Ysa Modeli 8 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 9

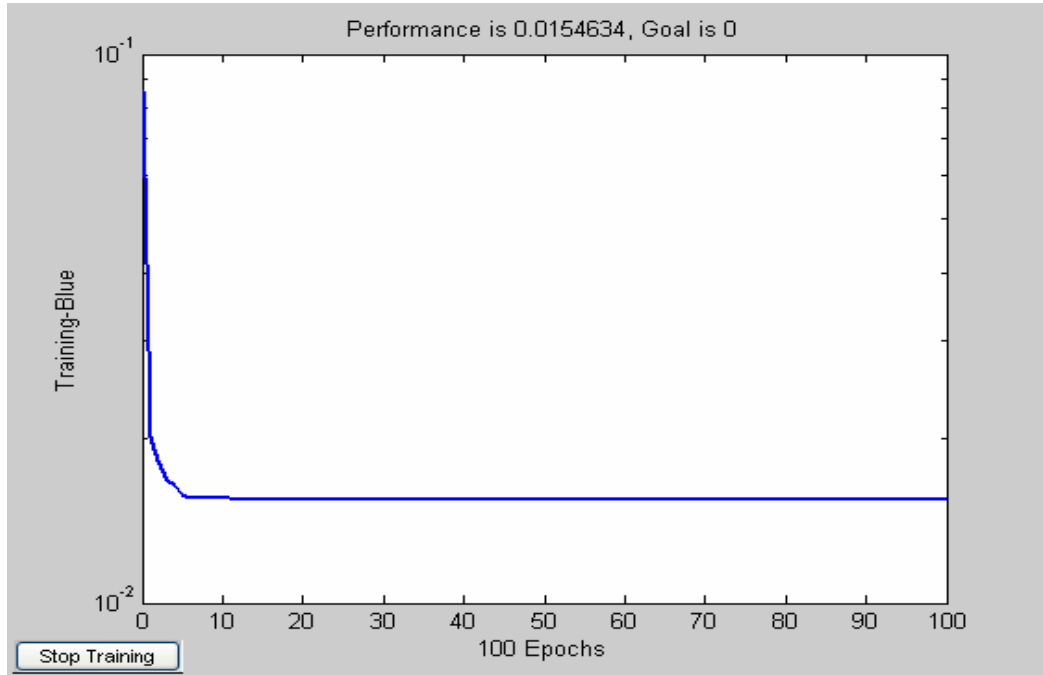
Adı	: n9
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılm Ağ
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 0,00023074
Max Hata	: 13,58
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,67



Şekil Ek 2.9 Ysa Modeli 9 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 10

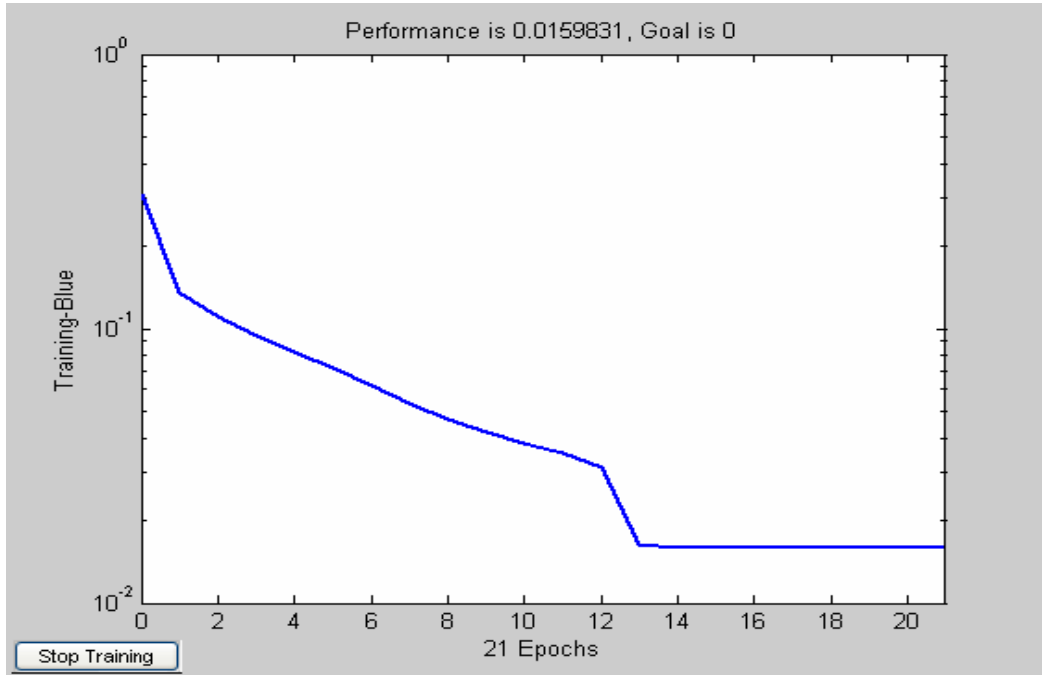
Adı	: n10
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 8,0594E-05
Max Hata	: 14,00
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,69



Şekil Ek 2.10 Ysa Modeli 10 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 11

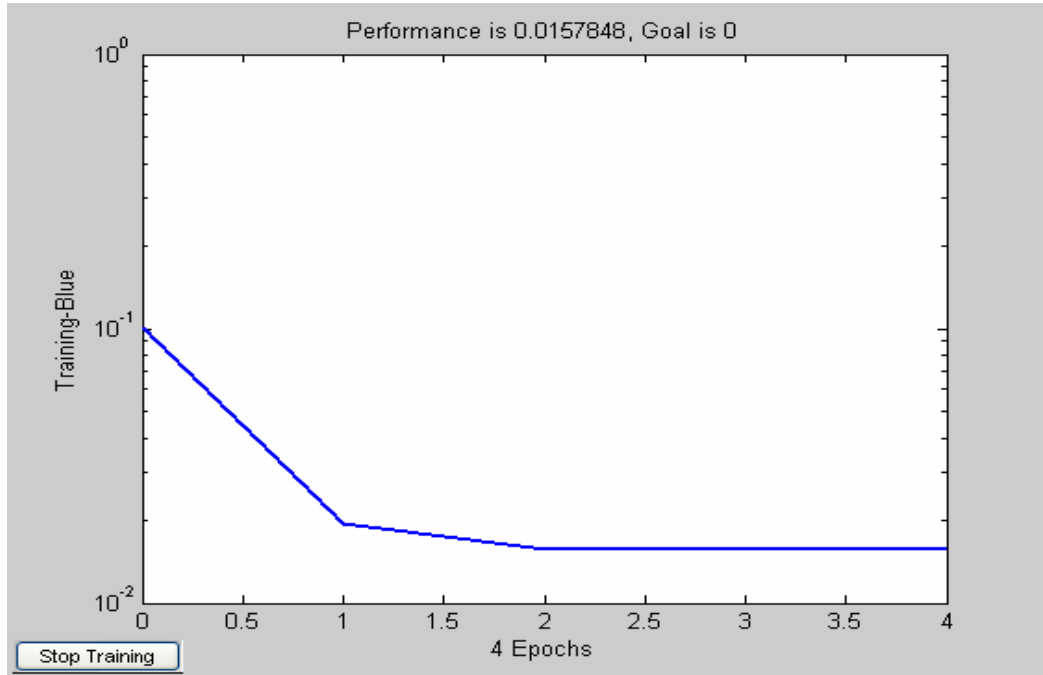
Adı : n11
YSA Modeli : Ardışık Beslemeli Geri Yayılm Ağ
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : PURELIN
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 0,00013686
Max Hata : 14,21
Ortalama Hata : 0,19
Standart Sapma : 0,71



Şekil Ek 2.11 Ysa Modeli 11 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 12

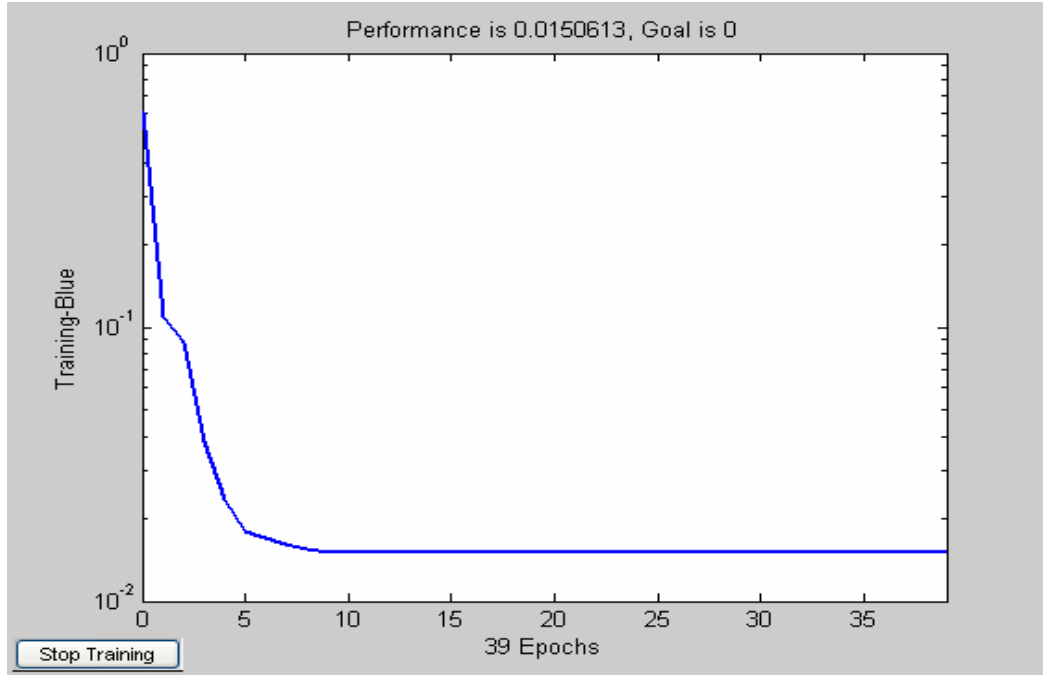
Adı	: n12
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılm Ağ
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	: PURELIN
Min Hata	: 0,00054784
Max Hata	: 14,13
Ortalama Hata	: 0,19
Standart Sapma	: 0,71



Şekil Ek 2.12 Ysa Modeli 12 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 13

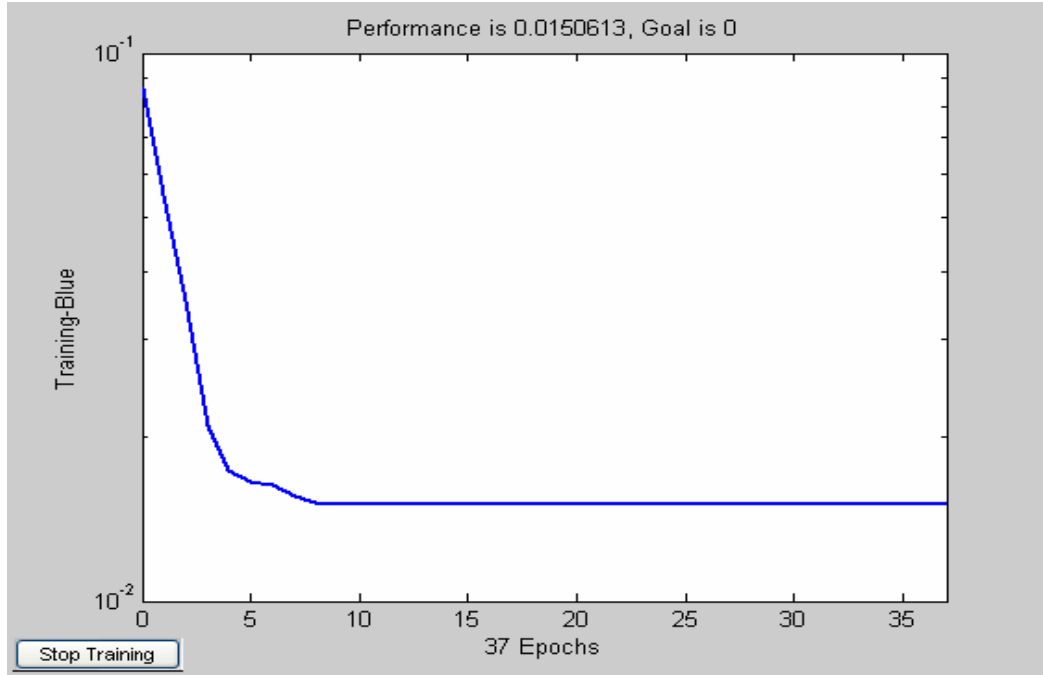
Adı	: n13
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.13 Ysa Modeli 13 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 14

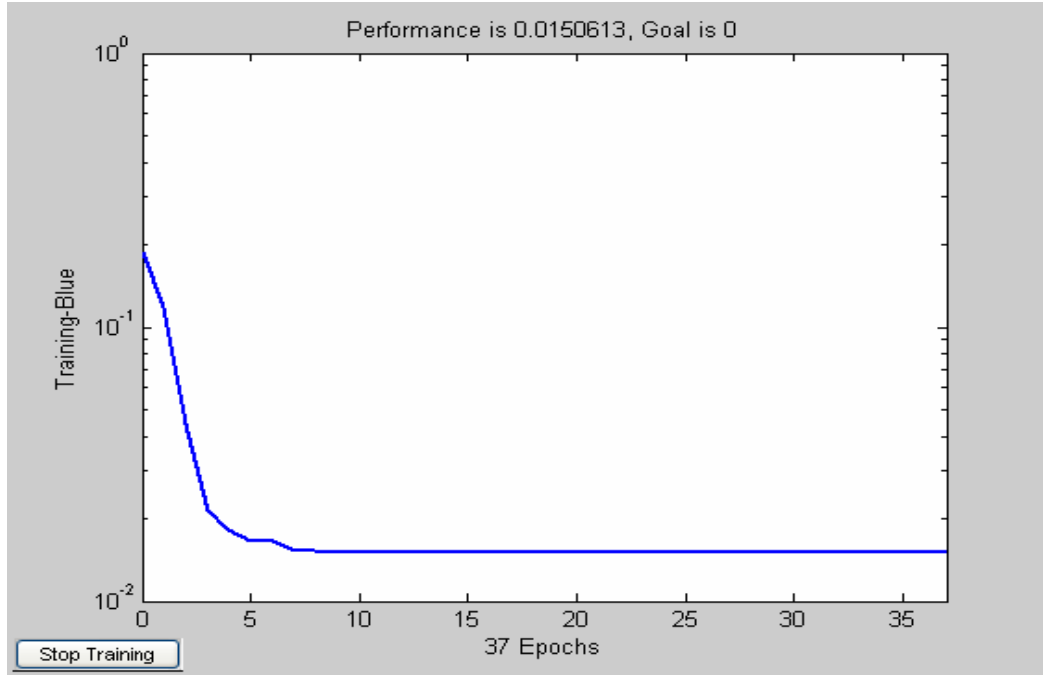
Adı	: n14
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.14 Ysa Modeli 14 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 15

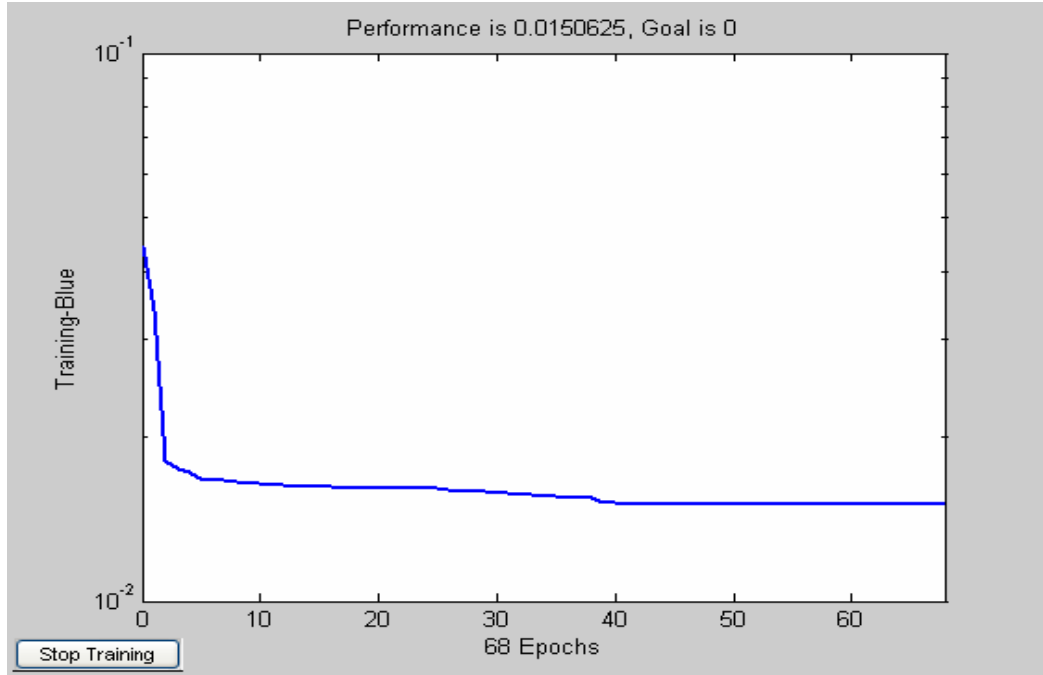
Adı	: n15
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.15 Ysa Modeli 15 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 16

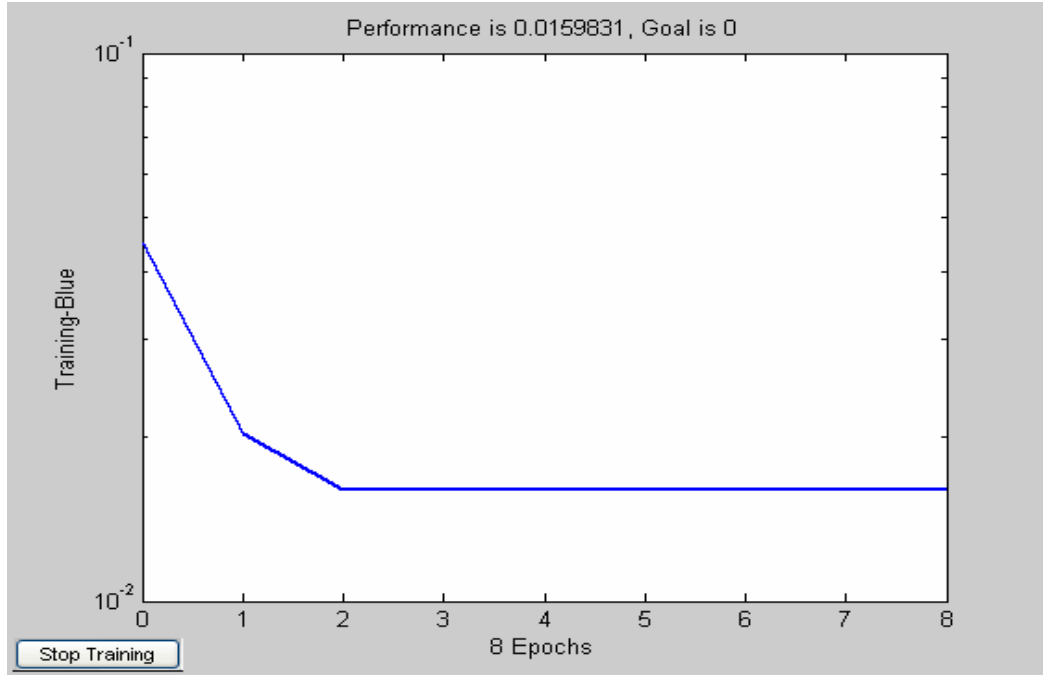
Adı	: n16
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	: PURELIN
Min Hata	: 3,96333E-05
Max Hata	: 13,46
Ortalama Hata	: 0,18
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.16 Ysa Modeli 16 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 17

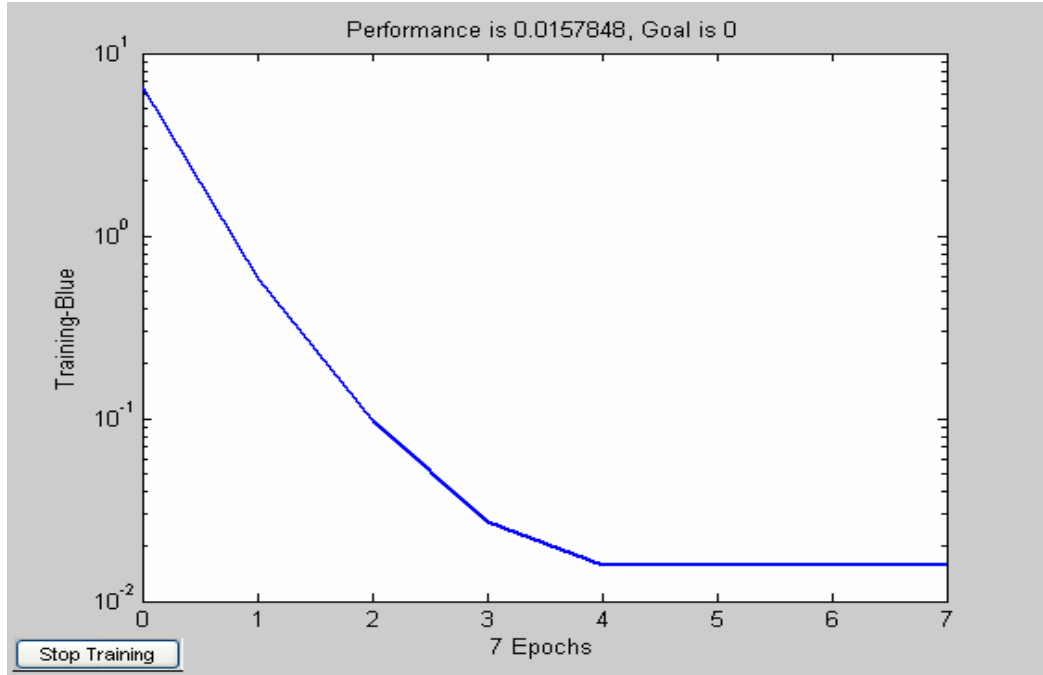
Adı : n17
YSA Modeli : Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 0,00013686
Max Hata : 14,21
Ortalama Hata : 0,19
Standart Sapma : 0,71



Şekil Ek 2.17 Ysa Modeli 17 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 18

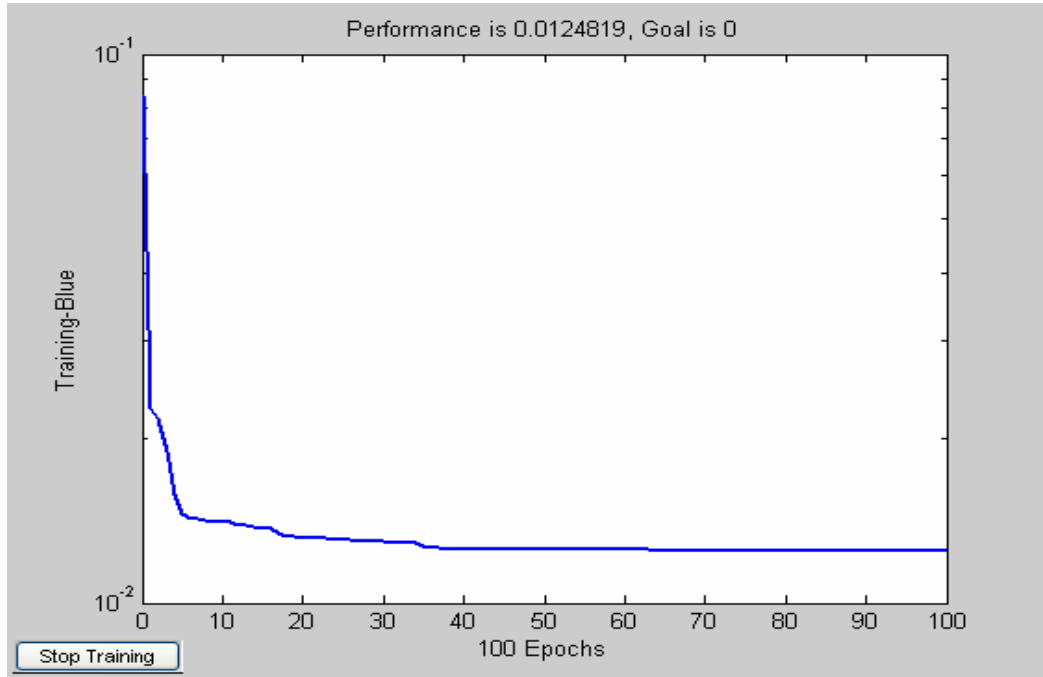
Adı	: n18
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 0,00054784
Max Hata	: 14,13
Ortalama Hata	: 0,19
Standart Sapma	: 0,71



Şekil Ek 2.18 Ysa Modeli 18 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 19

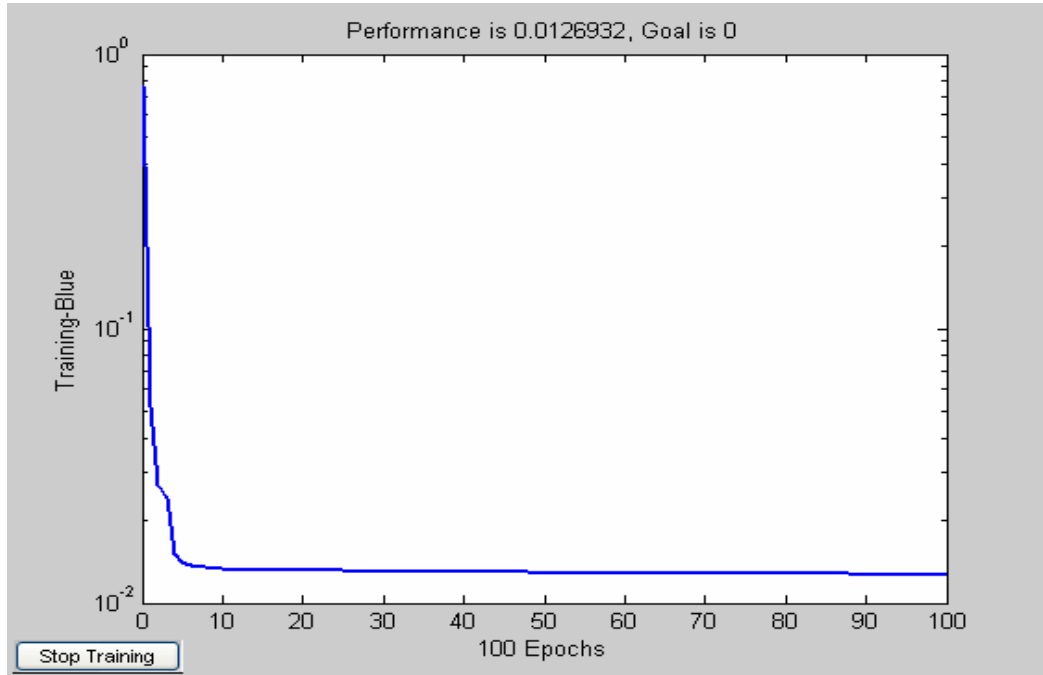
Adı	: n19
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 1,31047E-05
Max Hata	: 12,34
Ortalama Hata	: 0,16
Standart Sapma	: 0,58



Şekil Ek 2.19 Ysa Modeli 19 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 20

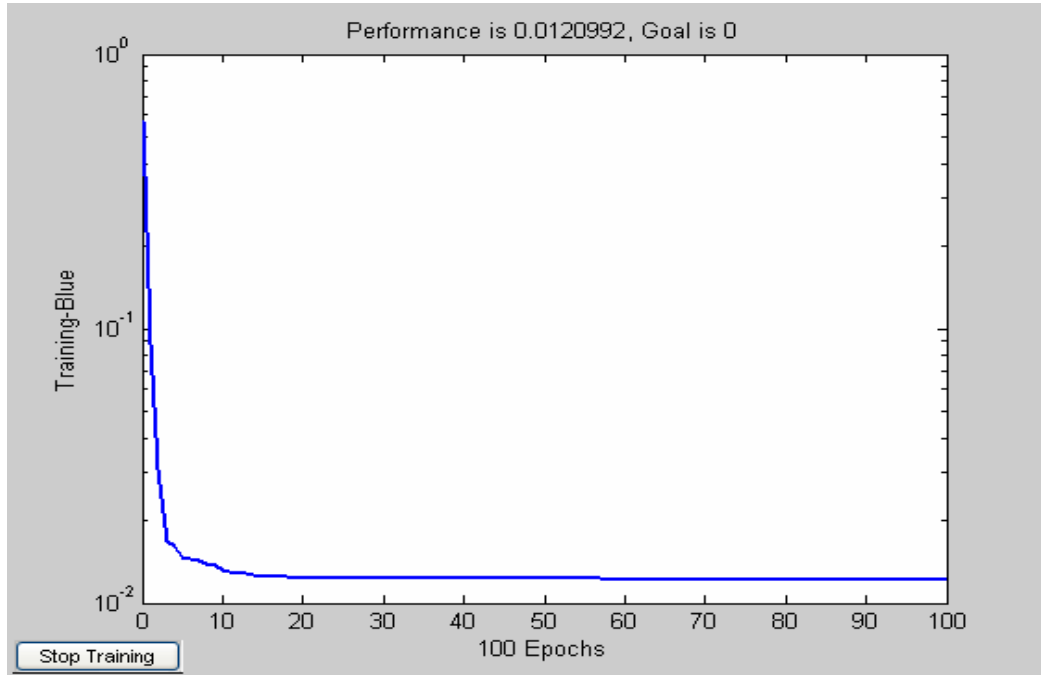
Adı	: n20
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayımlım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 0,000132921
Max Hata	: 13,60
Ortalama Hata	: 0,16
Standart Sapma	: 0,63



Şekil Ek 2.20 Ysa Modeli 20 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 21

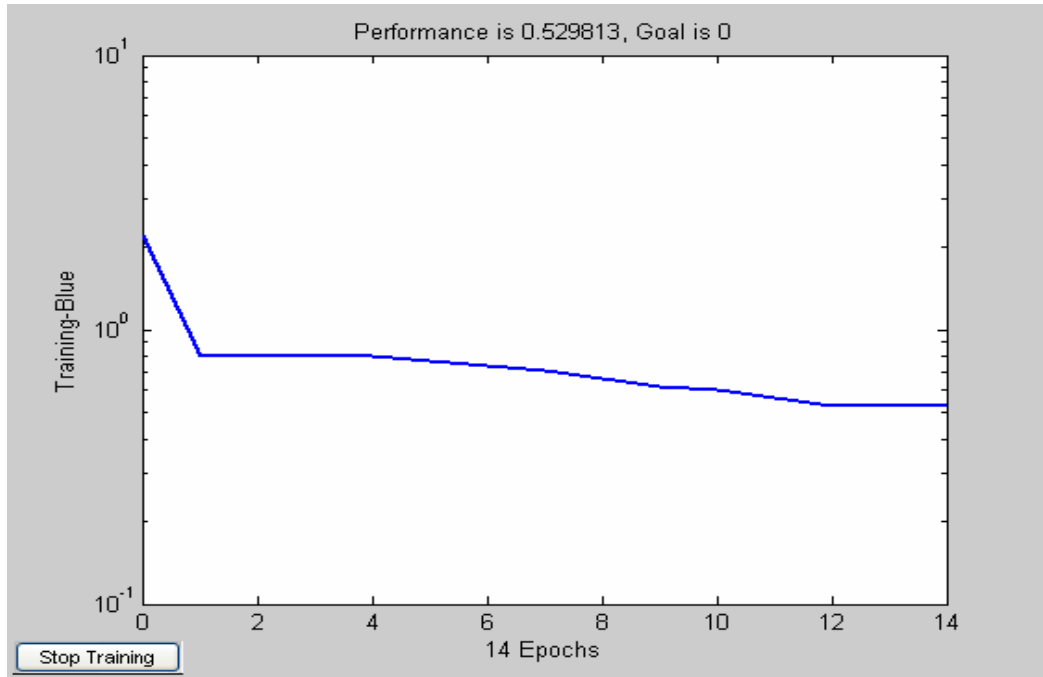
Adı	: n21
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGD
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 1,10516E-05
Max Hata	: 12,21
Ortalama Hata	: 0,15
Standart Sapma	: 0,52



Şekil Ek 2.21 Ysa Modeli 21 Test Sonuçları

Güneş Enerjisi Potansiyeli YSA Modeli 22

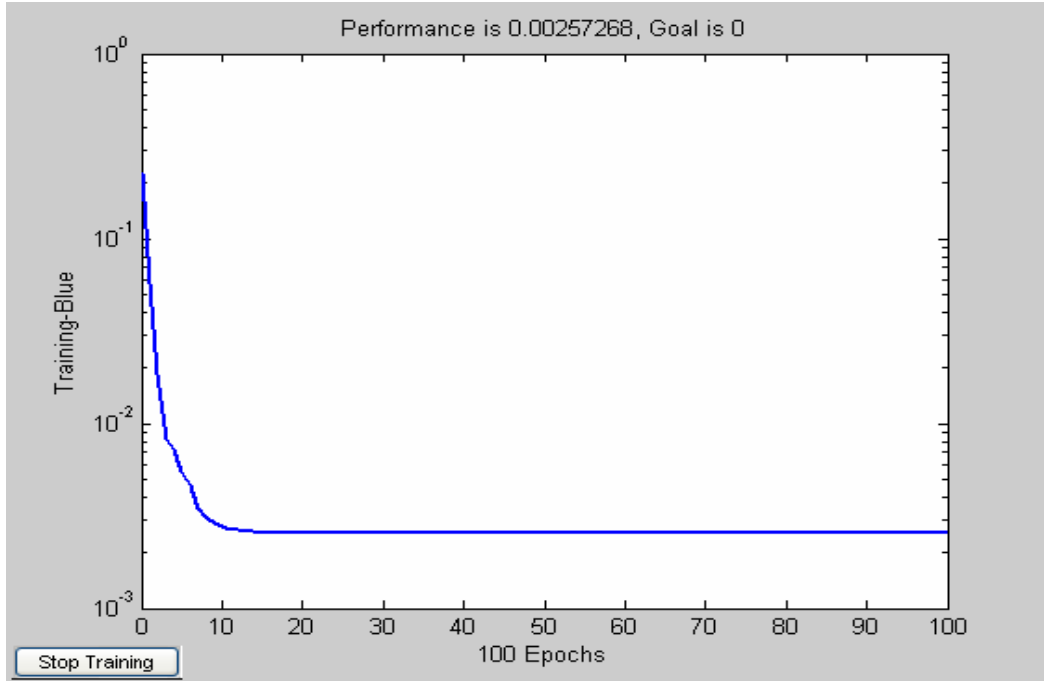
Adı	: n22
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSEREG
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 1,66545E-06
Max Hata	: 14,25
Ortalama Hata	: 0,19
Standart Sapma	: 0,72



Şekil Ek 2.22 Ysa Modeli 22 Test Sonuçları

Ek 3 Hidroelektrik Enerjisi Tahmininde Yapay Sinir Ağı Modelleri Test Sonuçları**Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 1**

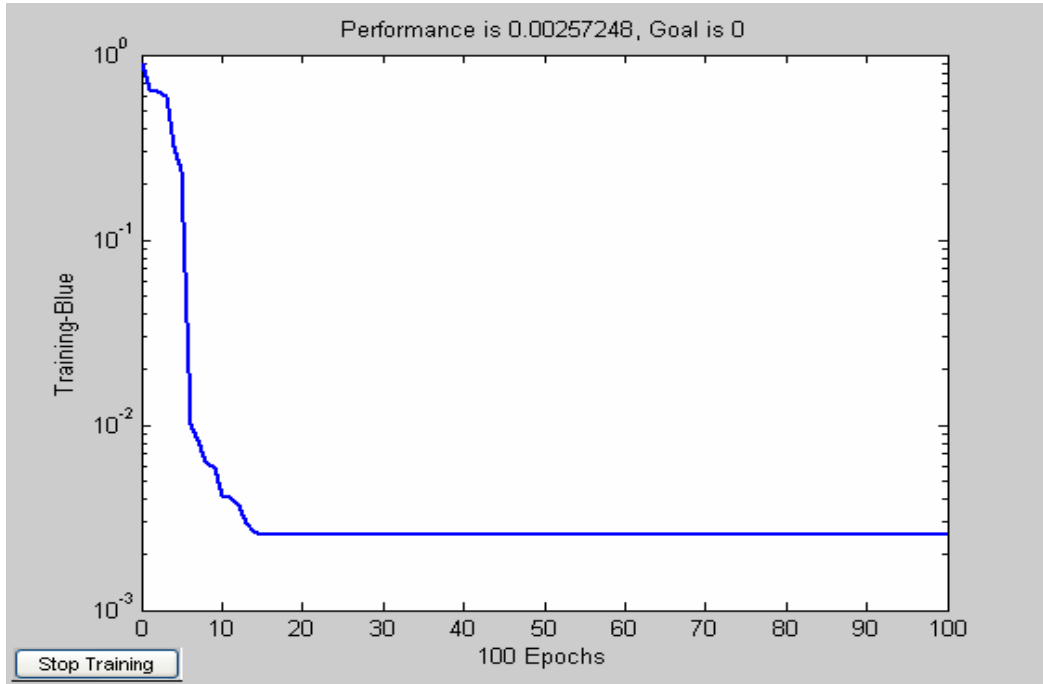
Test Adı	: n1
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 1.70E-05
Max Hata	: 5.55
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.23



Şekil Ek 3.1 Ysa Modeli 1 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 2

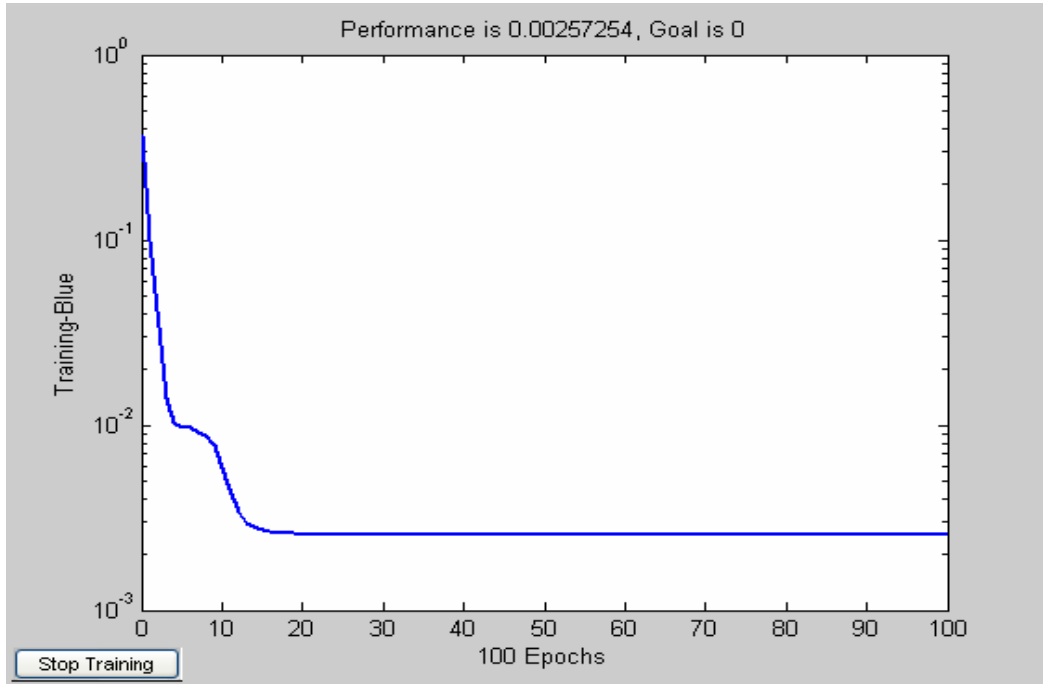
Test Adı	: n2
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 3.37E-04
Max Hata	: 5.24
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.22



Şekil Ek 3.2 Ysa Modeli 2 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 3

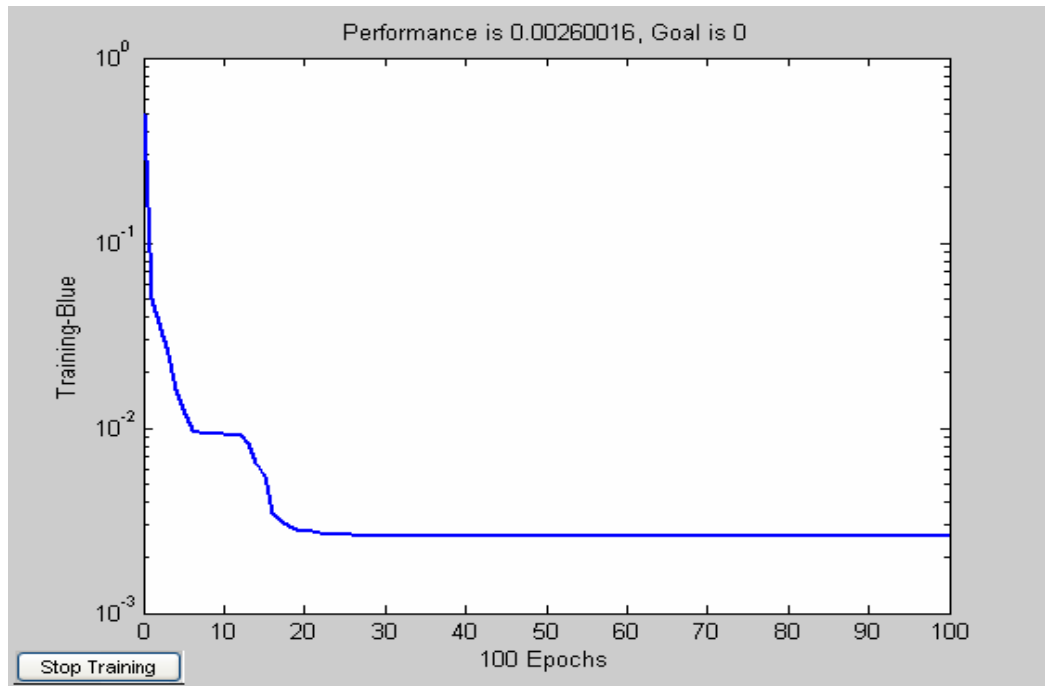
Test Adı	: n3
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 4.17E-04
Max Hata	: 5.35
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.23



Şekil Ek 3.3 Ysa Modeli 3 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 4

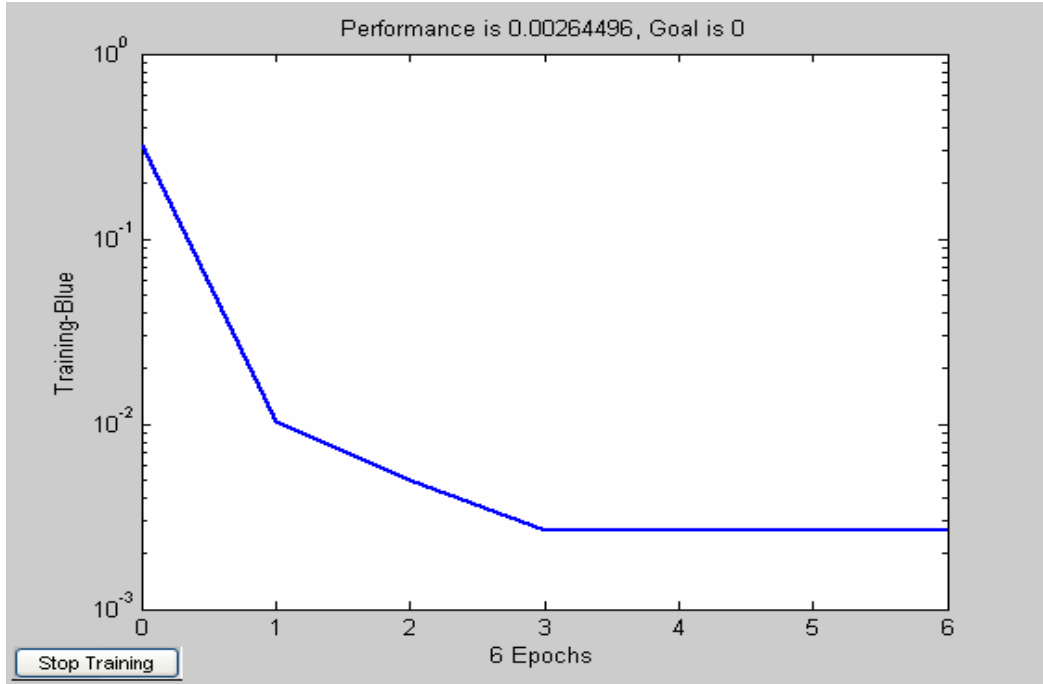
Test Adı	: n4
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 7.50E-05
Max Hata	: 13.20
Ortalama Hata	: 0.17
Standart Sapma	: 0.49



Şekil Ek 3.4 Ysa Modeli 4 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 5

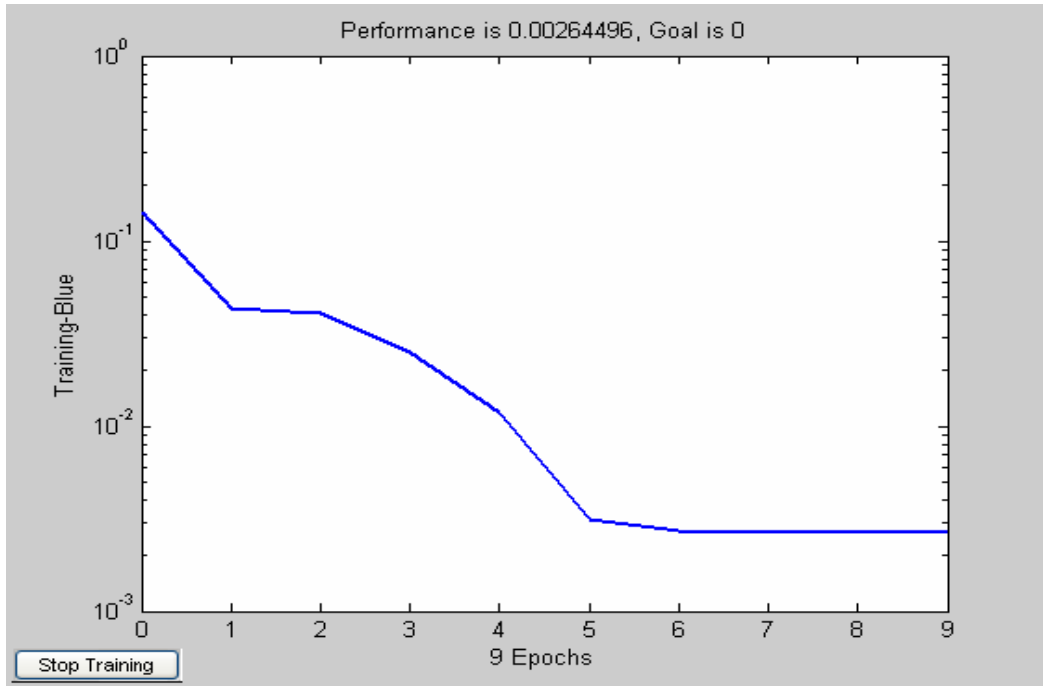
Test Adı	: n5
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 1.85E-04
Max Hata	: 9.95
Ortalama Hata	: 0.17
Standart Sapma	: 0.38



Şekil Ek 3.5 Ysa Modeli 5 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 6

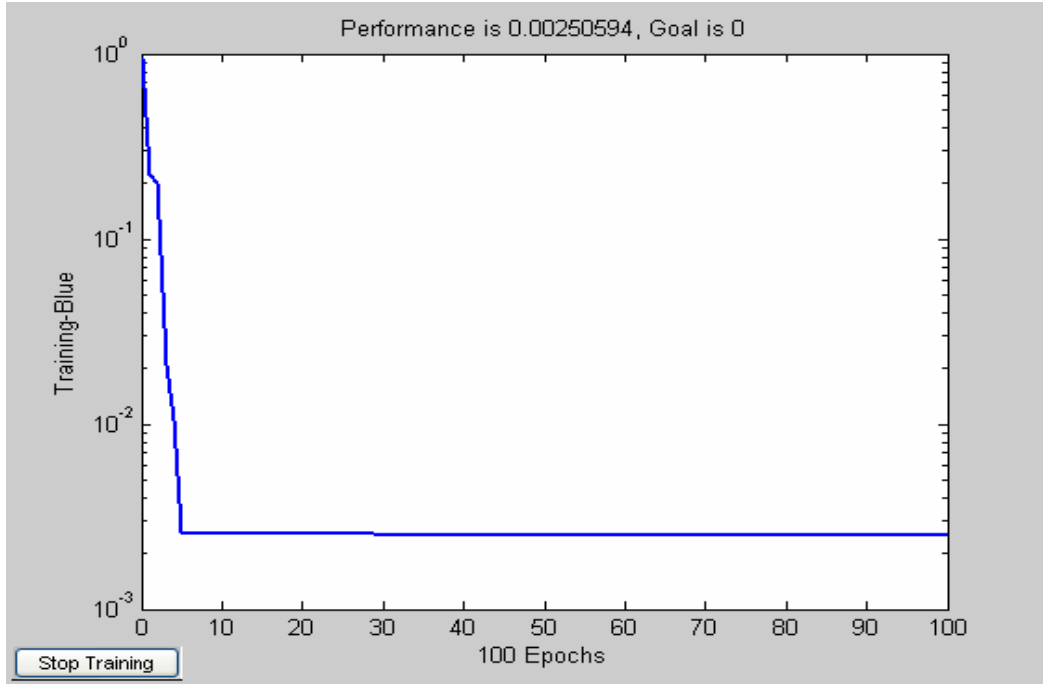
Test Adı	: n6
YSA Modeli	: İleri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	: PURELIN
Min Hata	: 1.85E-04
Max Hata	: 9.95
Ortalama Hata	: 0.17
Standart Sapma	: 0.38



Şekil Ek 3.6 Ysa Modeli 6 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 7

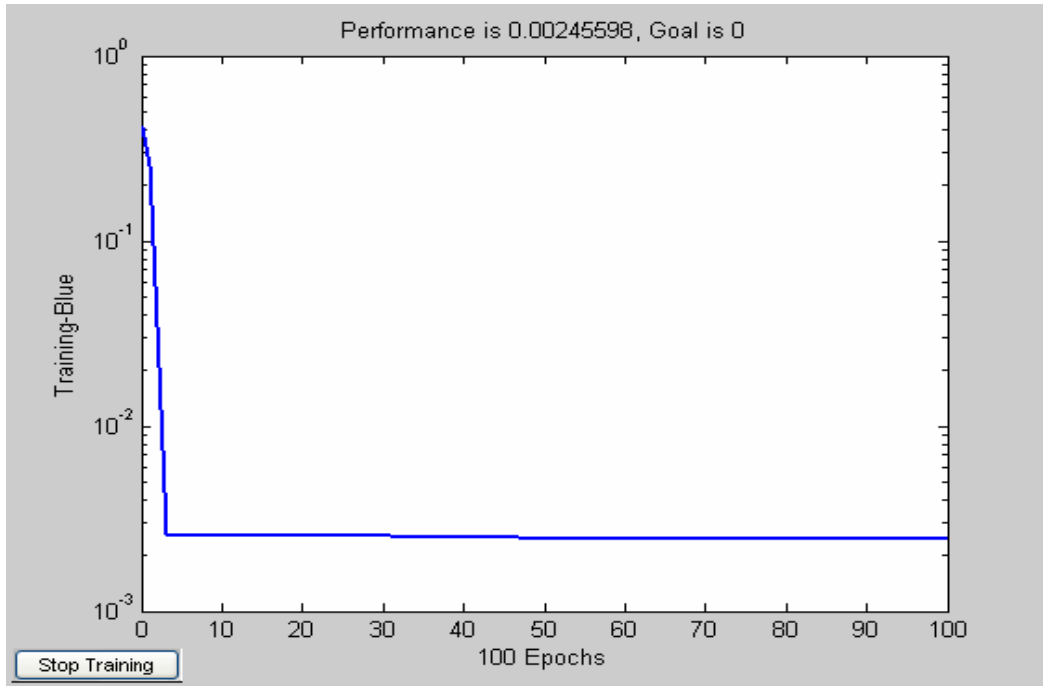
Test Adı	: n7
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 6.97E-04
Max Hata	: 4.84
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.21



Şekil Ek 3.7 Ysa Modeli 7 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 8

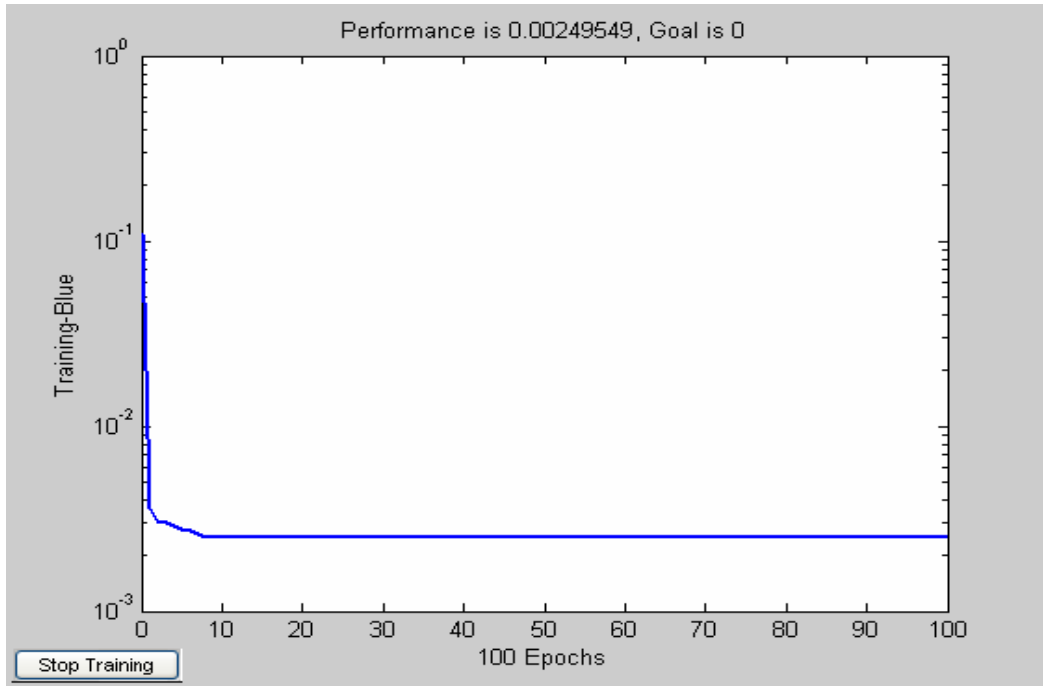
Test Adı	: n8
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 6.60E-05
Max Hata	: 4.53
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.20



Şekil Ek 3.8 Ysa Modeli 8 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 9

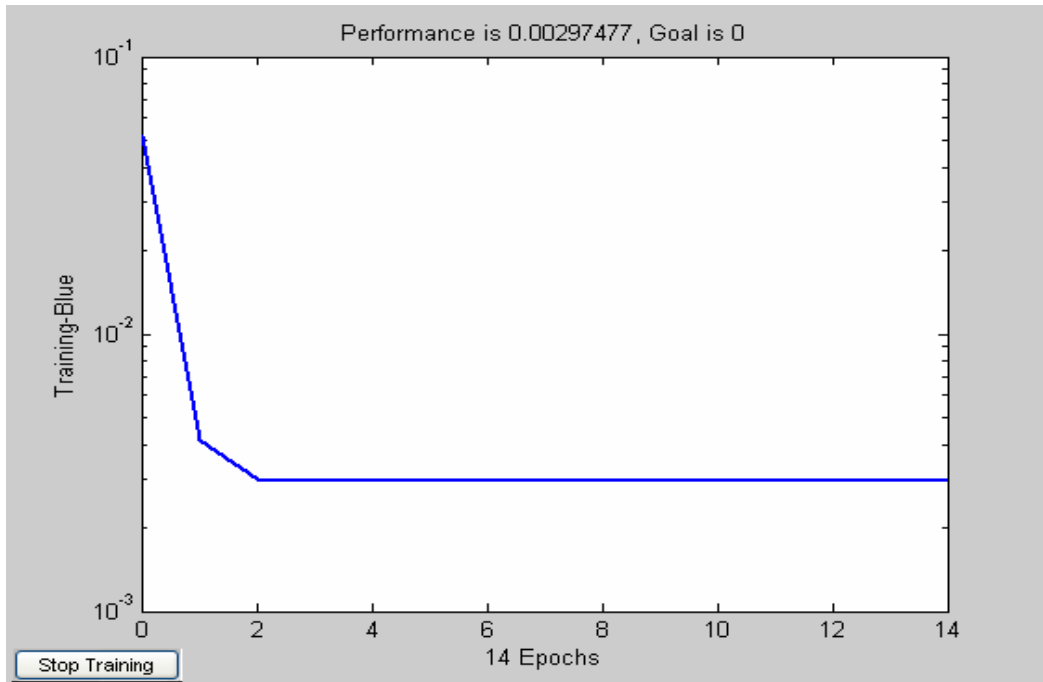
Test Adı	: n9
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 1.40E-04
Max Hata	: 4.02
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.19



Şekil Ek 3.9 Ysa Modeli 9 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 10

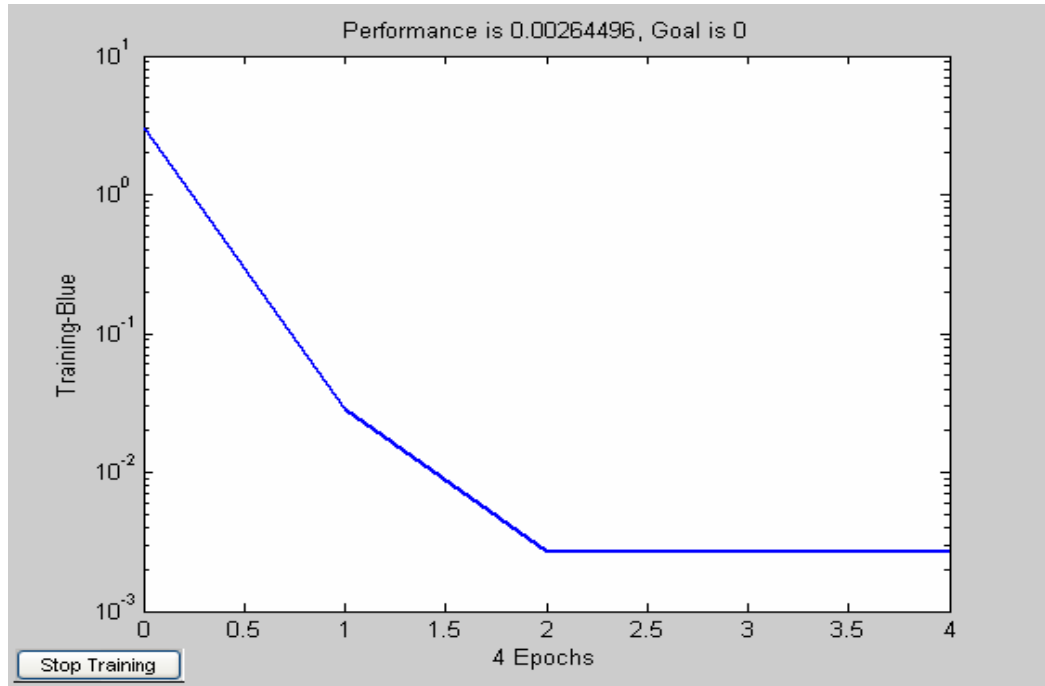
Test Adı	: n10
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 1.13E-04
Max Hata	: 10.70
Ortalama Hata	: 0.16
Standart Sapma	: 0.41



Şekil Ek 3.10 Ysa Modeli 10 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 11

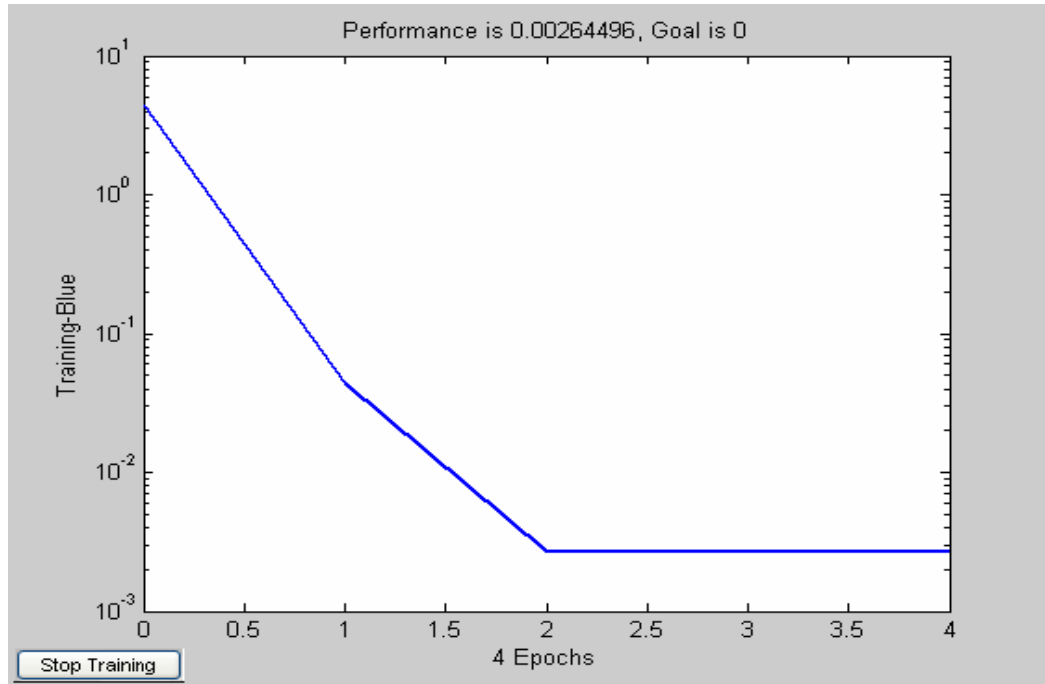
Test Adı	: n11
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 2.88E-05
Max Hata	: 21.67
Ortalama Hata	: 0.23
Standart Sapma	: 0.80



Şekil Ek 3.11 Ysa Modeli 11 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 12

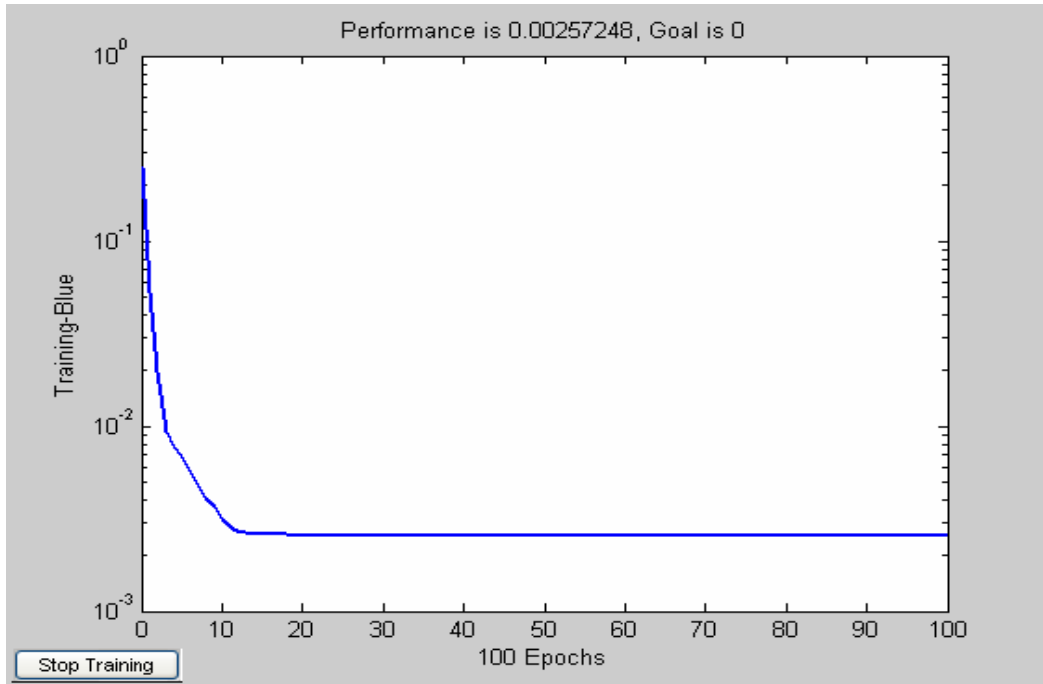
Test Adı	: n12
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	: PURELIN
Min Hata	: 1.85E-04
Max Hata	: 9.95
Ortalama Hata	: 0.17
Standart Sapma	: 0.38



Şekil Ek 3.12 Ysa Modeli 12 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 13

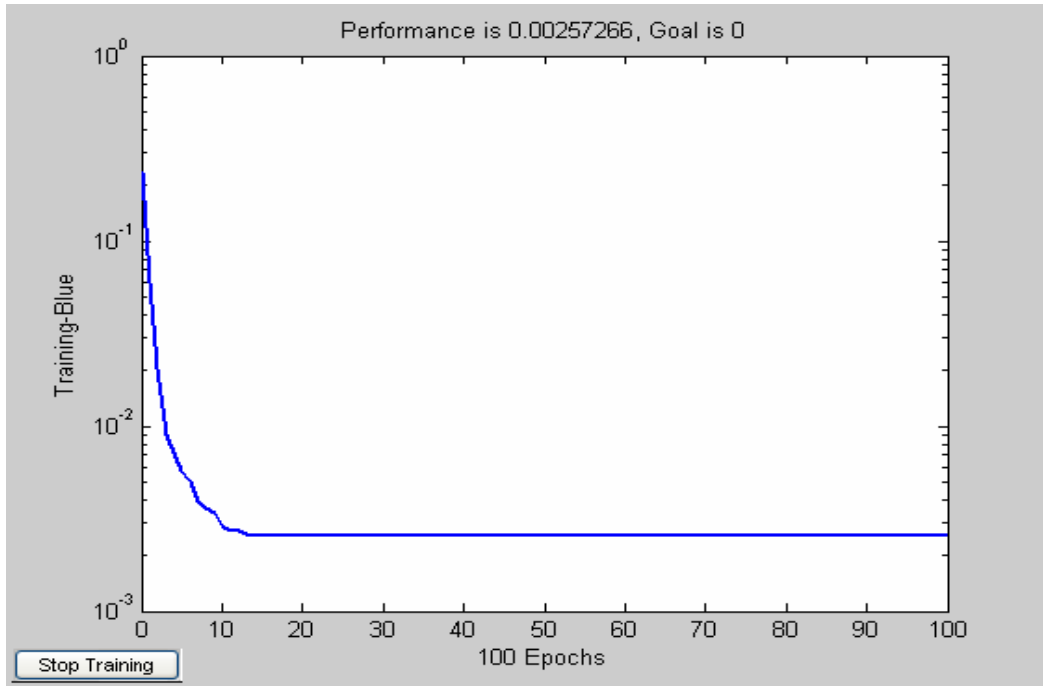
Test Adı	: n13
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 1
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	:
Min Hata	: 3.74E-04
Max Hata	: 5.25
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.22



Şekil Ek 3.13 Ysa Modeli 13 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 14

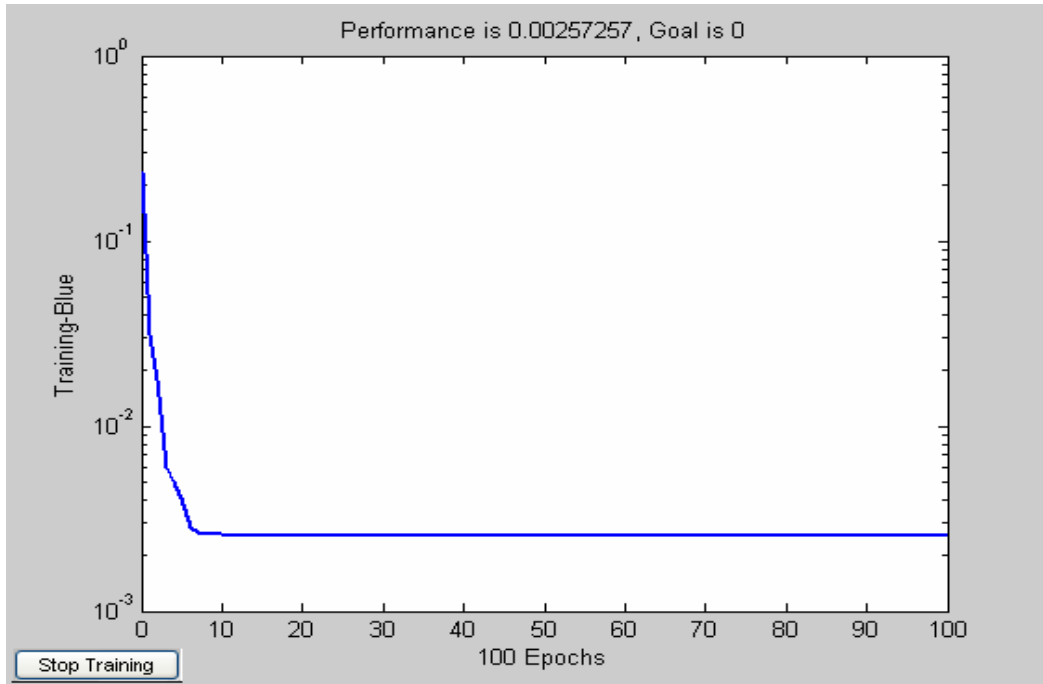
Test Adı	: n14
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearngDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 1.12E-04
Max Hata	: 5.54
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.23



Şekil Ek 3.14 Ysa Modeli 14 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 15

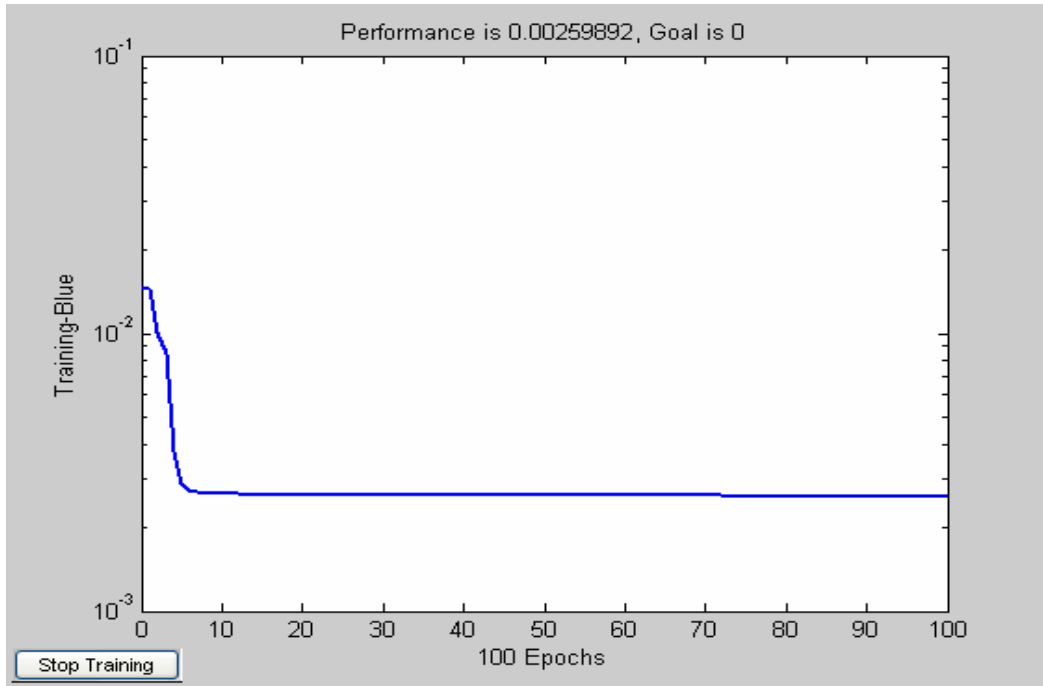
Test Adı : n15
YSA Modeli : Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : PURELIN
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 4.04E-04
Max Hata : 5.39
Ortalama Hata : 0.15
Standart Sapma : 0.23



Şekil Ek 3.15 Ysa Modeli 15 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 16

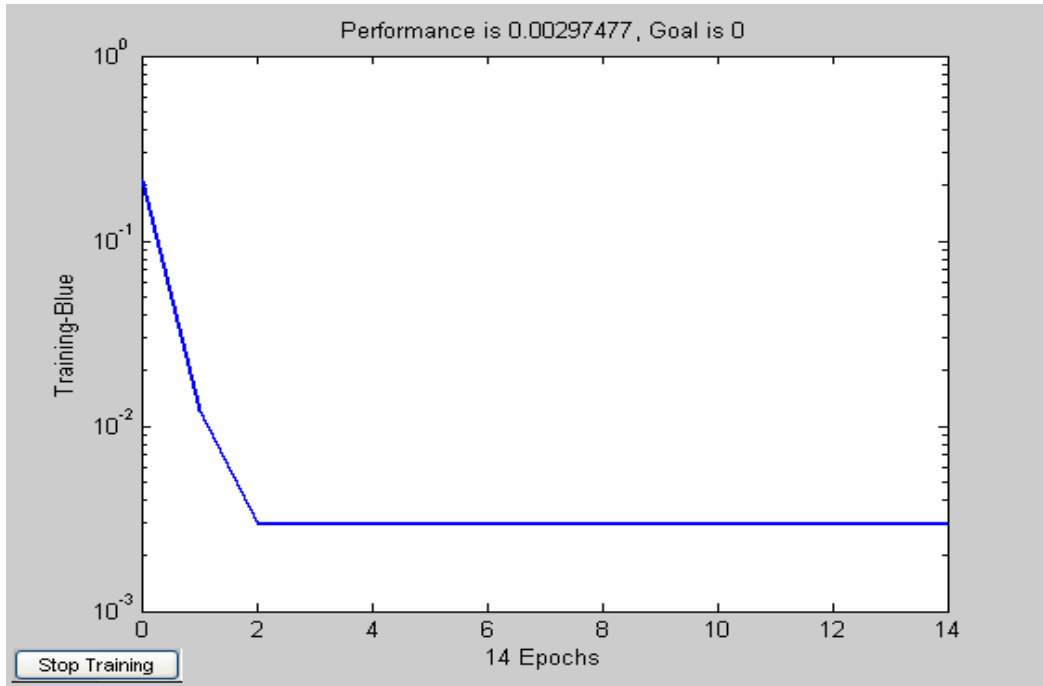
Test Adı	: n16
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: PURELIN
Katman 2 Fonksiyon	: PURELIN
Min Hata	: 1.94E-05
Max Hata	: 13.09
Ortalama Hata	: 0.17
Standart Sapma	: 0.49



Şekil Ek 3.16 Ysa Modeli 16 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 17

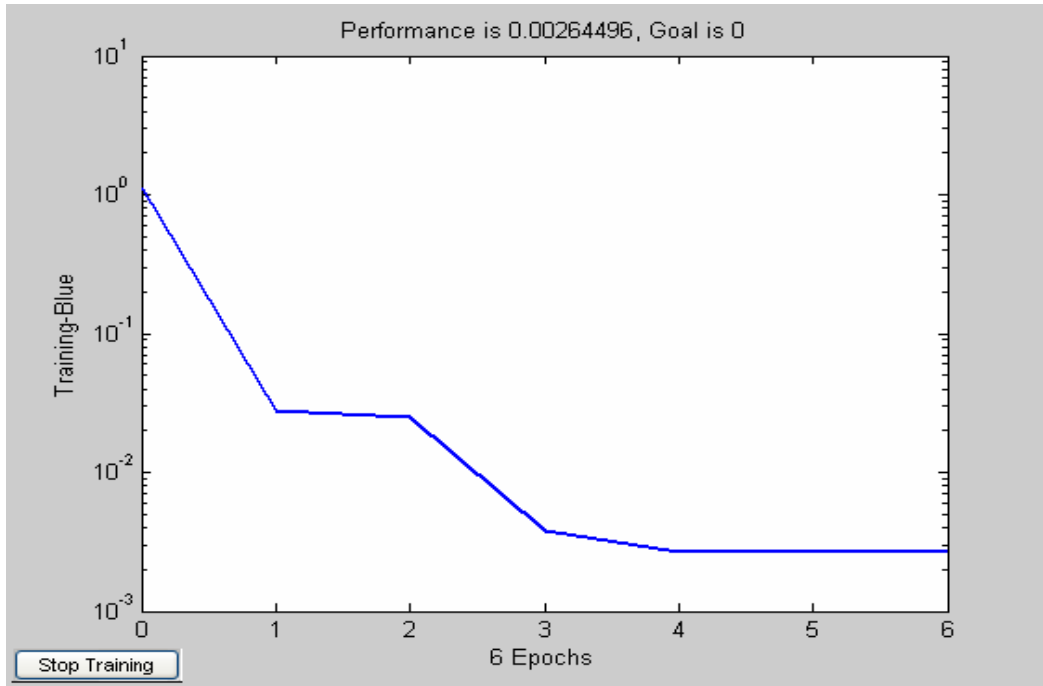
Test Adı : n17
YSA Modeli : Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu : Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu : LearnDM
Performans Fonksiyonu : MSE
Ara Neron : 1
Katman Sayısı : 1
Katman 1 Fonksiyon : LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon :
Min Hata : 2.88E-05
Max Hata : 21.67
Ortalama Hata : 0.23
Standart Sapma : 0.80



Şekil Ek 3.17 Ysa Modeli 17 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 18

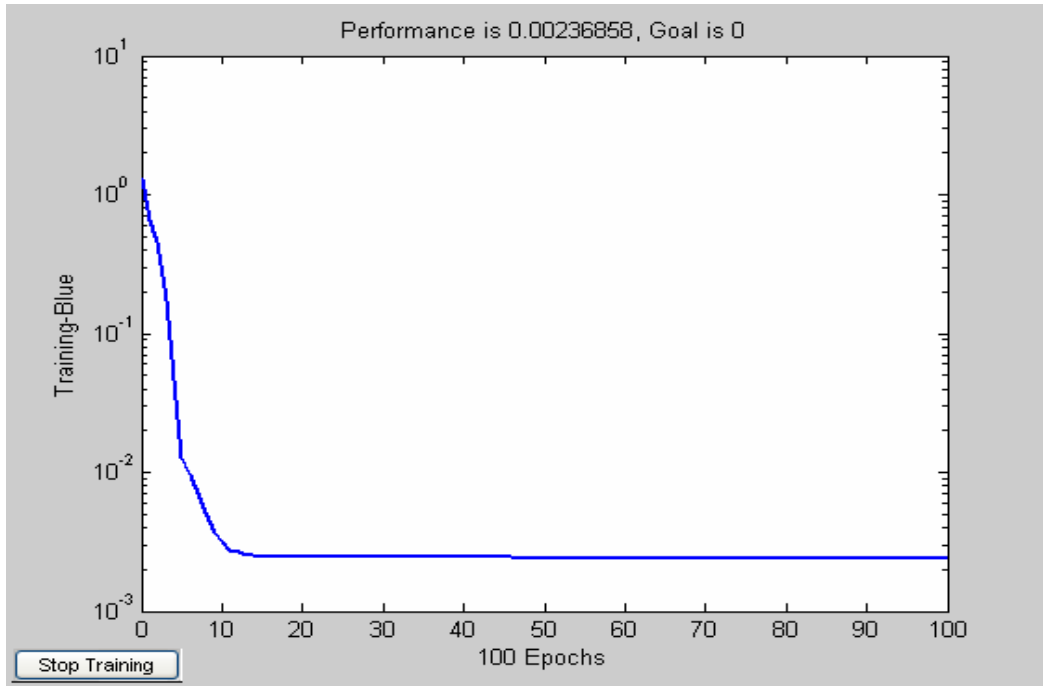
Test Adı	: n18
YSA Modeli	: Elman Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 1
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: LOGSIG
Katman 2 Fonksiyon	: LOGSIG
Min Hata	: 1.85E-04
Max Hata	: 9.95
Ortalama Hata	: 0.17
Standart Sapma	: 0.38



Şekil Ek 3.18 Ysa Modeli 18 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 19

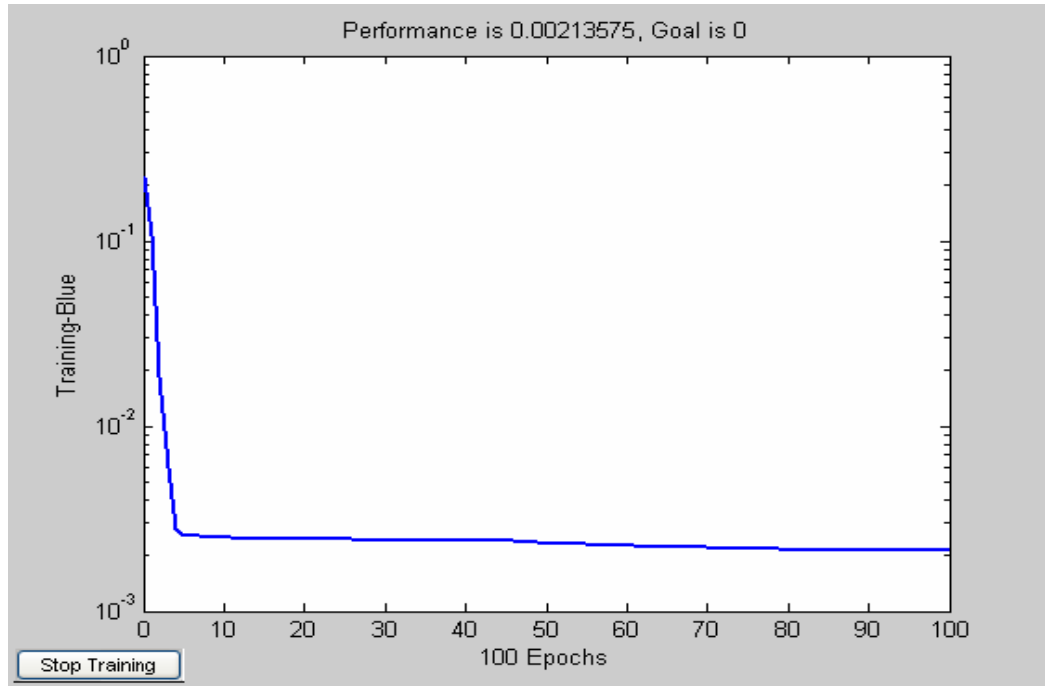
Test Adı	: n19
YSA Modeli	: ileri Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 2.48E-05
Max Hata	: 2.54
Ortalama Hata	: 0.14
Standart Sapma	: 0.16



Şekil Ek 3.19 Ysa Modeli 19 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 20

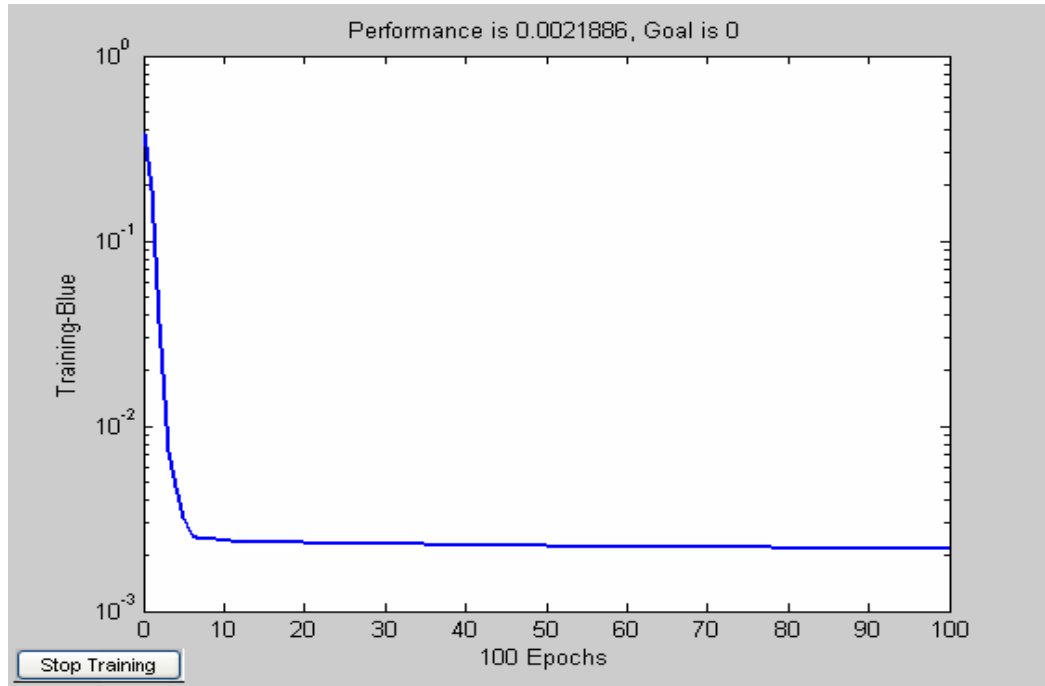
Test Adı	: n20
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 1.79E-05
Max Hata	: 5.59
Ortalama Hata	: 0.14
Standart Sapma	: 0.22



Şekil Ek 3.20 Ysa Modeli 20 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 21

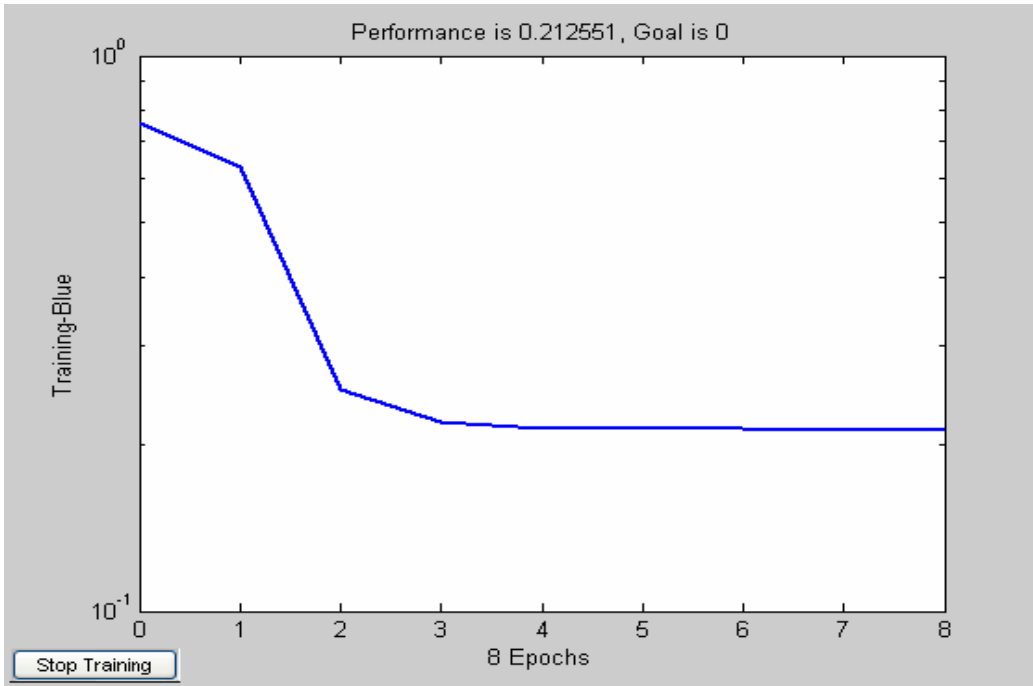
Test Adı	: n21
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnGD
Performans Fonksiyonu	: MSE
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 7.71E-05
Max Hata	: 4.12
Ortalama Hata	: 0.14
Standart Sapma	: 0.19



Şekil Ek 3.21 Ysa Modeli 21 Test Sonuçları

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli YSA Modeli 22

Test Adı	: n22
YSA Modeli	: Ardışık Beslemeli Geri Yayılım Ağı
Öğrenme Fonksiyonu	: Trainlm
Adaptif Öğrenme Fonksiyonu	: LearnDM
Performans Fonksiyonu	: MSEREG
Ara Neron	: 6
Katman Sayısı	: 2
Katman 1 Fonksiyon	: TANSIG
Katman 2 Fonksiyon	: TANSIG
Min Hata	: 7.68E-05
Max Hata	: 3.75
Ortalama Hata	: 0.15
Standart Sapma	: 0.19



Şekil Ek 3.22 Ysa Modeli 22 Test Sonuçları

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	06.06.1974	
Doğum yeri	Isparta	
Lise	1989-1992	İstanbul Atatürk Fen Lisesi
Lisans	1992-1997	Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fak. Kimya Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1997-2000	Yeditepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sistem Müh. Programı
Doktora	2001-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

	1997-2005	Yeditepe	Üniversitesi	Mühendislik	Mimarlık
Fakültesi Araştırma Görevlisi					
	2005-Devam ediyor	Yeditepe	Üniversitesi	Mühendislik	Mimarlık
Fakültesi Öğretim Görevlisi					