

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNDE
BOYUTLANDIRMA**

ONUR DEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ELEKTRİK TESİSLERİ
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. ASLAN İNAN**

İSTANBUL, 2012

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNDE
BOYUTLANDIRMA**

ONUR DEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ELEKTRİK TESİSLERİ
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. ASLAN İNAN**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNDE
BOYUTLANDIRMA

Onur DEMİR tarafından hazırlanan tez çalışması 15.03.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aslan İNAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Aslan İNAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Savaş SELAMOĞULLARI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Zehra YUMURTACI
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada; şebekeden bağımsız yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip küçük güçlü hibrit (rüzgar-güneş-dizel-batarya) enerji sistemlerinin boyutlandırılması amaçlanmıştır. Ayrıca boyutlandırma yapılırken dizel jeneratörlerin bazı standartları göz önüne alınacaktır.

Enerji maliyetlerinin artması ve günümüzde ki yaygın enerji kaynaklarının çevre için ciddi bir tehlike oluşturması sebebiyle yenilenebilir enerjiye yönelmemiz gerekmektedir. Bu gelişmeler ışığında yapmış olduğum çalışmanın ülkemizdeki araştırmalara ışık tutmasını temenni ederim.

Tez çalışmalarım sırasında desteklerini benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Aslan İNAN'a ve sabır ve anlayışlarını hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Mart, 2012

Onur DEMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	4
2.1 Dünya'da Yenilenebilir Enerji	5
2.2 Türkiye'de Yenilebilir Enerji	11
2.3 Dünya'da Rüzgar Enerjisi	12
2.4 Türkiye'de Rüzgar Enerjisi	13
2.5 Dünya'da Güneş Enerjisi	15
2.6 Türkiye'de Güneş Enerjisi	16
BÖLÜM 3	
RÜZGAR ENERJİSİ	18
3.1 Rüzgar Enerjisinin Tarihçesi	18
3.2 Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	19
3.3 Rüzgar Türbinleri.....	20

3.3.1	Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması.....	20
3.3.1.1	Pervane Ekseninin Konumuna Göre Sınıflandırma.....	20
3.3.1.1.1	Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri.....	21
3.3.1.1.2	Düşey Eksenli Rüzga Türbinleri.....	22
3.4	Yatay Eksenli Türbinlerin Bileşenleri.....	23
3.4.1	Anemometre	23
3.4.2	Kanatlar	23
3.4.3	Frenler	24
3.3.4	Kontrol Sistemleri.....	24
3.3.5	Dişli Kutusu	24
3.3.6	Yüksek ve Düşük Hız Milleri	24
3.3.7	Generatör	24
3.3.8	Kule	25
3.3.9	Yönelme Sürücüsü ve Motoru	25
3.5	Rüzgar Türbinlerinde Enerji Dönüşümü ve Üretimi.....	25

BÖLÜM 4

GÜNEŞ ENERJİSİ	28
4.1 Güneş Enerjisinin Tarihçesi	28
4.2 Güneş Panellerinin Yapısı ve Çalışması	29
4.3 Güneş Panellerinin Elektriksel Eşdeğer Devreleri	30
4.3.1 Basitleştirilmiş Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli	30
4.3.2 Tek Diyotlu Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli.....	31
4.3.3 Çift Diyotlu Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli.....	32
4.4 Güneş Panellerinin Elektriksel Karakteristikleri	32
4.5 Güneş Panellerinde Maksimum Güç Noktası ve Değişimi.....	34
4.6 Maksimum Güç Noktası İzleyicileri.....	34
4.6.1 Dolaylı MGNI'ler.....	34
4.6.2 Doğrudan MGNI'ler	35

BÖLÜM 5

DİZEL JENERATÖRLER.....	37
5.1 Alternatörün Çalışma Prensibi	37
5.2 İçten Yanmalı Dizel Jeneratörlerin Sınıflandırılması	38
5.3 Dizel Jeneratörün Elektriksel Gücü ve Buna Etkiyen Temel Unsurlar.....	39

BÖLÜM 6

HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRILMASI	41
6.1 Hibrit Enerji Sistemleri	41

6.2	Boyutlandırmaya Giriş	43
6.3	Güneş Enerjisinin Modellenmesi	45
6.4	Rüzgar Enerjisinin Modellenmesi	53
6.5	Bataryaların Modellenmesi.....	55
6.6	Dizel Jeneratörlerin Modellenmesi.....	56
6.7	Maliyetler	62
6.8	Program Giriş Verileri.....	64
6.8.1	Genel Giriş Verileri.....	65
6.8.2	Solar Panel Grupları Giriş Verileri	66
6.8.3	Rüzgar Türbinleri Giriş Verileri	67
6.8.4	Dizel Jeneratörler Giriş Verileri.....	69
6.8.5	Batarya Grupları Giriş Verileri.....	73

BÖLÜM 7

ÖRNEK HİBRİT BİR SİSTEMİN BOYUTLANDIRILMASI	76
7.1 Rüzgar Türbinleri İle İlgili Girdiler	80
7.2 Solar Panel Grupları İle İlgili Girdiler	84
7.3 Dizel Jeneratörler İle İlgili Girdiler	86
7.4 Batarya Grupları İle İlgili Girdiler	91
7.5 İterasyon Sonuçları	93

SONUÇ VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR.....	117

EK-A

RÜZGAR HIZ-GÜÇ EĞRİLERİ.....	121
A-1 20 kW Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi	121
A-2 10 KW Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi	121
A-3 5 kW Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi	122
A-4 3 kW Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi	122
A-5 1 kW Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi	122

EK-B

SOLAR PANELİN KATALOĞU	123
------------------------------	-----

EK-C

IEEE TEST SİSTEMİ İÇİN YÜK PROFİLİ İÇİN MATLAB KODLARI	125
--	-----

EK-D

İTERASYONUN MATLAB KODLARI 129

ÖZGEÇMİŞ..... 175

SİMGE LİSTESİ

P_e	Generatör çıkış gücü
η_e	Generatör verimi
P_t	Dışli kutusunda hızı yükseltlen mekanik güç
η_m	Dışli kutusu verimi
C_p	Türbin güç katsayısı
P_w	Rüzgar gücü
ρ	Havanın özgül ağırlığı
R	Rotor yarıçapı
v	Rüzgar hızı
w	Rotor açısal hızı
I_{ph}	Foton akımı
I_D	Diyot akımı
I	Panelin çıkış akımı
I_s	Diyodun doyma akımı
m	Diyot faktörü
V_T	Termal gerilim
R_s	Seri direnç
R_p	Paralel direnç
V_{ad}	Panelin açık devre gerilimi
P_{max}	Panelin maksimum gücü
V_{max}	Panelin maksimum gerilimi
I_{max}	Panelin maksimum akımı
Y_{pv}	Güneş panelin standart test koşullarındaki çıkış gücü
f_{pv}	Güneş panelin toz ve kablo güç kayıpları vb. yüzünden oluşan güç kaybı
G_T	Güneş panel yüzeyindeki güneş radyasyonu
$G_{T,STC}$	Standart test koşullarında panel yüzeyindeki güneş radyasyonu
α_p	Panelin sıcaklık güç katsayısı
T_C	Hücre sıcaklığı
$T_{C,STC}$	Standart test koşullarında hücrenin sıcaklığı
τ	Panel yüzeyinin güneş radyasyonu geçirgenliği
α	Panelin güneş radyasyonunu absorbe oranı
η_c	Panelin elektriksel dönüşüm verimi
U_L	Panelin ısı transfer katsayısı

T_a	Ortam sıcaklığı
$T_{c,NOCT}$	Nominal çalışma hücre sıcaklığı
$T_{a,NOCT}$	NOCT'daki ortam sıcaklığı
$G_{T,NOCT}$	NOCT'daki güneş radyasyonu
η_{mp}	Maksimum çalışma noktasındaki panel verimi
$\eta_{mp,STC}$	Standart test koşullarındaki maksimum çalışma noktasındaki verimi
δ	Güneş deklinasyon açısı
ω	Saat açısı
t_s	Güneş açısı
t_c	İterasyon adım süresincesi (1 saat) yerel saatin orta noktası
λ	Bölgenin boylam değeri
Z_c	Bölgenin zaman alanı
E	Zaman eşitleme katsayısı
B	Panel ile yeryüzü arasındaki eğim açısı
$\cos\theta$	Güneş radyasyonu ile panelin normali arasındaki açının kosinüsü
γ	Panelin azimut açısı
ϕ	Bölgenin enlem değeri
δ	Güneş deklinasyon açısı
ω	Saat açısı
θ_z	Zenit açısı
G_{on}	Dünya dışı güneş radyasyonu
G_s	Güneş sabiti
G_o	Dünya dışı yatay güneş radyasyonu
ω_1	İterasyon adım başlangıç zamanının saat açısı
ω_2	İterasyon adım sonu zamanının saat açısı
G	Yeryüzündeki yatay ortalama (1 saatlik) güneş rad.
k_T	Bulutsuzluk indeksi
G_d	Direk radyasyon
G_b	Difüz radyasyon
A_i	Atmosferin direk radyasyonu geçirgenliği
f	Ufuk parlaklığı
ρ_g	Yüzey yansıtma oranı
V_h	Hub yüksekliğindeki rüzgar hızı
H_h	Hub yüksekliği
V_{ref}	Girilen rüzgar hızı değeri
H_{ref}	Anemometre yüksekliği
α	Sürtünme katsayısı
ρ	Hub yüksekliğindeki hava yoğunluğu
ρ_{std}	Standart koşullardaki hava yoğunluğu
P_{hub}	Hub yüksekliğindeki basınç değeri
P_{std}	Standart koşullardaki basınç değeri
T_{hub}	Hub yüksekliğindeki sıcaklık değeri
T_{std}	Standart koşullardaki sıcaklık değeri
P	Basınç değeri
MA	Hava karışımının molekül ağırlığı
R	İdeal gaz sabiti

T	Mutlak sıcaklık
P_0	Referans basınç değeri
h	Rakım değeri
T_{hub}	Hub yüksekliğindeki sıcaklık
T_{veri}	Veri olarak girilen sıcaklık değeri
h_{veri}	Veri olarak girilen sıcaklık değerinin ölçüm yüksekliği
h	Hub Yüksekliği
$P_{yük}$	Saatlik yük
$P_{rüzgar}$	Saatlik rüzgar gücü
$P_{güneş}$	Saatlik solar panel gücü
n_{bat}	Batarya sayısı
V_{bat}	Batarya gerilimi
$n_{doğ}$	Doğrultucu verimi
$n_{şarjkont}$	Batarya şarj kontrollörünün verimi
n_{inv}	İnverter verimi
C_{bat}	Sıcaklığa göre oluşan batarya kapasitesi
C'_{bat}	Nominal batarya kapasitesi
δ_c	Sıcaklık katsayısı
T_{bat}	Saatlik batarya sıcaklığı
SOC	Son andaki batarya şarj durumu
SOC_0	İlk andaki batarya doluluk oranı
σ	Bataryanın özgül kaybı
η_{bat}	Batarya şarj ve deşarj verimi
$p1max$	1.jeneratörün maksimum gücü
$p2max$	2. Jeneratörün maksimum gücü
$d1pow$	1. Jeneratörün verdiği güç
$d2pow$	2. Jeneratörün verdiği güç
f	İndirgeme işleminde kullanılan faktör (discount factor)
i	Faiz oranı
i_g	Gerçek faiz oranı
e	Enflasyon

KISALTMA LİSTESİ

EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
PV	Photovoltaic
MGNİ	Maksimum güç noktası izleyicisi
AVR	Otomatik voltaj regülâtörü
ISO	Uluslararası Standart Teşkilatı
FF	Doldurma faktörü (fill factor)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Dünya enerji üretimi	6
Şekil 2. 2	Dünya karbondioksit emisyonları	6
Şekil 2. 3	Dünyada elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı	7
Şekil 2. 4	Yenilenebilir güç kapasiteleri (hidrolik güç dahil değil)	7
Şekil 2. 5	Kaynağına göre yenilenebilir enerji güç kapasiteleri	8
Şekil 2. 6	Jeotermal enerji dünya toplam kurulu gücünün son 10 yılda değişimi	9
Şekil 2. 7	Hidroelektrik güç tüketiminin yıllara göre değişimi	9
Şekil 2. 8	Dünya yenilenebilir enerji yatırımları	10
Şekil 2. 9	2010 yılı elektrik üretiminde kaynakların dağılımı	11
Şekil 2. 10	Türkiye’de jeotermal elektrik enerjisi kurulu gücünün zamanla değişimi ...	12
Şekil 2. 11	Türkiye’deki hidroelektrik güç tüketiminin zamanla değişimi	12
Şekil 2. 12	Dünya kurulu rüzgar gücü kapasitelerinin yıllara göre değişimi	13
Şekil 2. 13	Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli atlası	14
Şekil 2. 14	Türkiye rüzgar gücü kapasite artışının yıllara göre dağılımı	15
Şekil 2. 15	Dünya kurulu güneş gücü kapasitelerinin yıllara göre değişimi	15
Şekil 2. 16	Türkiye fotovoltaik kurulu güç kapasitelerinin yıllara göre değişimi	16
Şekil 2. 17	Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası	17
Şekil 3. 1	Yatay eksenli rüzgar türbini	21
Şekil 3.2	Darrieus tipi düşey eksenli rüzgar türbini	22
Şekil 3. 3	Rüzgar türbin bileşenleri	23
Şekil 3. 4	Tipik bir türbin için C_p/λ değişimi	27
Şekil 4. 1	Güneş panellerinde ışığın elektrik enerjisine dönüşümü	30
Şekil 4. 2	Basitleştirilmiş model	31
Şekil 4. 3	Tek diyotlu elektriksel eşdeğer devre modeli	32
Şekil 4. 4	Çift diyotlu elektriksel eşdeğer devre modeli	32
Şekil 4. 5	Güneş panellerinin tipik akım-gerilim karakteristiği	33
Şekil 4. 6	Maksimum güç noktasının ısınım miktarı ve sıcaklıkla değişimi	34
Şekil 4. 7	Maksimum güç noktasının tespit edilmesi	36
Şekil 5. 1	Alternatör çalışma şekli gösterimi	38
Şekil 6. 1	Örnek bir hibrit rüzgar-güneş-batarya enerji sistemi mimarisi	42
Şekil 6. 2	Dünya’dan bir hibrit enerji sistemi örneği	43
Şekil 6. 3	Hibrit enerji sistemi	43
Şekil 6. 4	Program akışı	44

Şekil 6. 5	Örnek jeneratör güç-dizel sarfiyatı eğrisi.....	57
Şekil 6. 6	Stanby, prime ve sürekli güç için ortalama gücün bulunması	61
Şekil 7. 1	Uygulamada kullanılan yüke ait yıllık yük eğrisi.....	76
Şekil 7. 2	Uygulamada kullanılan rüzgar hızının saatlik değişimi	77
Şekil 7. 3	Uygulamadan kullanılan solar radyasyonun saatlik değişimi	78
Şekil 7. 4	Uygulamada kullanılan sıcaklığın saatlik değişimi	78
Şekil 7. 5	İterasyondaki türbinlerin sayıları	82
Şekil 7. 6	İterasyondaki türbinlerin kurulum maliyetleri.....	83
Şekil 7. 7	İterasyondaki solar panellerin verimleri	85
Şekil 7. 8	İterasyondaki solar panellerin nominal güçleri.....	86
Şekil 7. 9	İterasyondaki 15.5, 11.5 ve 5 kVA'lık jeneratörlerin sarfiyatları	90
Şekil 7. 10	İterasyondaki 6, 7 ve 20 kVA'lık jeneratörlerin yakıt depoları.....	90
Şekil 7. 11	Bataryanın deşarj derinliği-ömür grafiği	92
Şekil 7. 12	İterasyondaki 12V 200 Ah ve 2V 1050 Ah bataryaların gruplarının kurulum maliyetleri	93
Şekil 7. 13	İterasyon sonrası örnek matlab çalışma alanının durumu.....	96
Şekil 7. 14	Türbin-batarya-dizel sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı grafiği.....	99
Şekil 7. 15	Türbin-batarya-dizel sistemde fazla gücün yıllık değişimi	101
Şekil 7. 16	Türbin-batarya-dizel sistem için şarj ağırlıklı güç akışı grafiği.....	102
Şekil 7. 17	20 kW'lık türbinin yıllık güç üretimi	102
Şekil 7. 18	Bataryaların yıllık şarj durumu	103
Şekil 7. 19	7kVA jeneratörün yıllık enerjisi	103
Şekil 7. 20	6kVA jeneratörün yıllık enerjisi.....	104
Şekil 7. 21	Türbin-batarya sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı grafiği	107
Şekil 7. 22	Türbin-batarya sistemde fazla gücün yıllık değişimi	108
Şekil 7. 23	Türbin-batarya sistem için şarj ağırlıklı güç akışı grafiği	109
Şekil 7. 24	Bataryaların şarj durumu (rüzgar-batarya durumunda).....	109
Şekil 7. 25	11.5 kVA dizel jeneratörün yıllık enerjisi (dizel-dizel sistem)	110
Şekil 7. 26	20kVA dizel jeneratörün yıllık enerjisi	112
Şekil 7. 27	11.5 kVA dizel jeneratörün enerjisi.....	112

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 7. 1	Uygulamadaki rüzgar türbinlerinin verileri (1.türbin grubu) 80
Çizelge 7. 2	Uygulamadaki rüzgar türbinlerinin verileri (2.türbin grubu) 81
Çizelge 7. 3	Uygulamadaki solar panel gruplarının verileri 84
Çizelge 7. 4	Uygulamadaki 1. grup jeneratörlerin verileri..... 87
Çizelge 7. 5	Uygulamadaki 2. grup jeneratörlerin verileri..... 88
Çizelge 7. 6	Uygulamadaki bataryaların verileri 91
Çizelge 7. 7	Türbin-batarya-dizel sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı 99
Çizelge 7. 8	Türbin-batarya-dizel sistem için şarj ağırlıklı güç akışı 100
Çizelge 7. 9	Türbin-batarya sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı..... 106
Çizelge 7. 10	Türbin-batarya sistem için şarj ağırlıklı güç akışı..... 107

HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNDE BOYUTLANDIRMA

Onur DEMİR

Elektrik Mühendisliği Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aslan İNAN

Bu çalışmanın amacı yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip küçük güçlü hibrit enerji sistemlerinin ekonomik boyutlandırılmasıdır. Çalışmada hibrit enerji sistemi rüzgar türbinleri, solar panel grupları, batarya grupları ve dizel jeneratörlerden oluşmaktadır. Gerekli enerjiyi sağlayabilmek için hangi şekillenmenin ekonomik olduğu incelenmiştir. Boyutlandırmak amacıyla geliştirilen algoritma Matlab’da kodlanmıştır. Örnek uygulamada Çanakkale bölgesinin rüzgar hız, solar radyasyon ve sıcaklık verisi kullanılmıştır. Çalışmada rüzgar enerjisinin mi yoksa solar enerjinin mi daha ekonomik olacağı veya sistemde dizel jeneratörün ekonomik olup olmayacağı gibi durumlar göz önüne alınmıştır.

Boyutlandırma da iteratif yaklaşım düşünülmüştür ve gerekli veriler algoritmaya dahil edilmiştir. Sisteme rüzgar türbinleri, solar panel grupları, batarya grupları ve jeneratörler girilmiş ve algoritma çalıştırıldıktan sonra hangi şekillenmenin daha ekonomik olduğu görülmüştür. Ayrıca algoritma dizel jeneratörlerin yüklenme standartlarını sağlayıp sağlamadığını kontrol etmektedir. Standart dışı yüklenme gösteren jeneratör algoritma tarafından seçilmemektedir.

Proje boyunca tüm maliyetler şimdiki değere indirgenmiştir ve her sistemin bugünkü toplam net maliyetleri uygulama içinde hesaplanmaktadır.

Ayrıca farklı şekillenmeler de denenmiştir ve aralarında ki birim enerji başına düşen maliyet farkları ortaya konulmuştur.

Giriş bölümünde yenilenebilir enerji kaynakları tanıtılmıştır.

Gelişme bölümünde ise rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, dizel jeneratörler, bataryalar ve hibrid enerji sistemleri tanıtılmıştır.

Algoritmanın kısıtları, giriş verileri, nasıl çalıştığı, nasıl bir yaklaşımla ekonomik sistemi seçtiği ve verilerin nasıl bir formatta olması gerektiği 8. bölümde anlatılmıştır. Ayrıca rüzgar türbinlerinin, solar panel gruplarının, batarya gruplarının ve dizel jeneratörlerin nasıl modellendiği de bu bölümde anlatılmaktadır.

Dizel jeneratörlerin yüklenme standartları ve algoritmada bu standartların nasıl yer bulduğu açıklanmıştır.

Örnek bir uygulama düşünülmüştür ve gerekli sistem türbin, panel, batarya ve jeneratör verileri girildikten sonra talep edilen yükü karşılamak için ekonomik şekillenme elde edilmiştir. 9. bölümde detayları açıklanmıştır.

Sonuçlar ve öneriler kısmında ise yapılan analizler yorumlanmış ve yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hibrit enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, hibrit enerjili sistemlerde boyutlandırma

SIZING OF HYBRID ENERGY SYSTEMS

Onur DEMİR

Department of Electrical Engineering, Power System Division
MSc. Thesis

The aim of this study is to size small hybrid energy systems which have renewable energy. In this study, hybrid energy system has wind turbines, solar panel groups, battery groups and diesel generators. We will search which configuration is economical to provide necessary load. A Matlab algorithm is developed to size the system. Wind speed data, solar radiation data ve temprature data of Çanakkale are used for sample application. It is searched that if wind energy or solar energy is economical and also if usage of diesel generator is economical.

Iterative approach is used for sizing study. Necessary inputs including data of wind turbines, solar panel groups, battery groups and generators are loaded to the algorithm. After the algorithm is run, it is seen that which configuration would be economical. Algorithm checks standards of loading of diesel generators and eliminates generators that are not operating within standartd limits.

Present value method is used for all costs in project duration. For each system, all costs are calculated as total net present cost.

Also different configurations are tried and differences of the cost per unit of energy are seen.

Renewable energy sources, wind energy energy, solar energy and diesel generators are introduced in the first chapter.

Criteria for the algorithm, input datas, how algorithm works, how to select economical systems with an iterative approach and in which format the datas should be loaded are

introduced and explained in Chapter 6. How the wind turbines, solar panel groups, battery groups and diesel generators are modelled is explained also in Chapter 6

Loading standards of diesel generators and how these standards are considered in the algorithm explained.

Sample application was modelled. After necessary datas of turbines, panel, battery and generators are loaded to the algorithm, economical configuration is obtained for providing necessary load and details are explained in Chapter 7.

Results of analyses are discussed and related studies which can be searched or developed for future are mentioned in Conclusions and Suggestions.

Key words: Hybrid energy, wind energy, solar energy, sizing of hybrid energy systems

1.1 Literatür Özeti

Dünyamızda ve ülkemizde hibrit yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalar son yıllarda hızla artmaktadır. Hibrit enerji sistemlerinin ekonomik optimizasyonu ve güvenilirlik analizi vb. konular araştırma alanlarından bazılarıdır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları olarak rüzgar ve güneş enerjisi üzerinde durulmaktadır. Fakat son yıllarda diğer yenilenebilir enerjilerinde (biyoenerji, jeotermal enerji vb.) üzerinde durulmaktadır.

Hibrid enerji sistemlerinin ekonomik optimizasyonunda birçok optimizasyon yaklaşımı uygulanmıştır. Bir çalışmada genetik algoritma ile optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir (Yang Hongxing, Zhou Wei, Lou Chengzhi, 2009) [1]. Bu çalışmada karar değişkenleri güneş panellerinin eğim açısı, panel sayısı, rüzgar türbin sayısı, türbin yüksekliği ve batarya kapasitesidir. Bu optimizasyonu metodu telekominakasyon röle istasyonu için uygulanmıştır.

Bir diğer çalışmada ise HOMER yenilenebilir enerji sistemleri optimizasyon programı kullanılarak turist barınma tesisi enerji ihtiyacının fizibilite çalışması yapılmıştır (G.J. Dalton, D.A. Lockington, T.E. Baldock, 2009). Ekonomik analiz için yıllık ve saatlik veriler kullanılmıştır [2].

Hidrojen enerjisi ile yenilenebilir enerji kaynaklarının bir araya gelmesiyle oluşan sistemler içinde ekonomik analizler ve çalışmalar yapılmıştır (Belgin Emre Türkay, Ali Yasin Telli, 2011). Yenilenebilir enerji kaynaklarını aşırı boyutlandırmanın güvenilirliği arttırdığı gözlemlenmiştir [3].

Hibrit enerji sistemlerinde çoklu kriteriyalı optimizasyon analizleride gerçekleştirilmiştir. Kriterler salınan karbondioksit oranı, karşılanmamış yük miktarı ve enerji maliyeti olabilmektedir (Rodolfo Dufo-Lo'pez, Jose' L. Bernal-Agustín, 2008) [4].

Yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin şebekeden ne kadar uzakta olursa ekonomik olarak verimli olacağına dair çalışmalarda yapılmıştır (Orhan Ekren, Banu Y. Ekren, Baris Ozerdem, 2009). Enerji iletim hatlarının maliyeti ile yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin maliyetleri karşılaştırılmıştır [5].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı yenilenebilir enerji kaynakları içeren hibrit enerji sistemlerinin boyutlandırılmasıdır. Bu amaçla algoritma geliştirilmiş ve Matlab'da kodlanmıştır. Güneş panelleri, rüzgar türbinleri, dizel jeneratörler ve bataryalar (çıkış elektrik güçleri olarak) modellenmiştir. Algoritmada iteratif bir yaklaşım düşünülmüştür. Algoritmada gerekli kısıtları sağlayan ve bugünkü toplam net maliyeti en düşük olan sistem ekonomik olarak en uygun sistemdir.

Dizel jeneratörlerin seçilmesinde dizel jeneratör yüklenme standartları (standby, prime ve sürekli güç kavramları) da dikkate alınacaktır. Gerekli standartları sağlamayan dizel jeneratöre sahip sistemler elenecektir.

9. bölümde Çanakkale bölgesinin verileri baz alınarak örnek bir sistem boyutlandırılmıştır. Ayrıca farklı sistemlerin birim enerji başına düşen maliyetleri kıyaslanmıştır.

1.3 Hipotez

Hibrit enerji sistemlerin de dizel jeneratör kullanılması birim enerji başına düşen maliyeti azaltmaktadır. Ayrıca hibrit enerji sistemlerinde jeneratörleri boyutlandırırken jeneratörlerin standby, prime ve sürekli güçlerine ve bu güç modları için standartları sağlayıp sağlamadıklarına dikkat etmeliyiz. Çünkü standartları sağlamayan bir yüklenme jeneratörler de kalıcı hasarlar, ömür kısalması vb. durumlar oluşabilmektedir. Jeneratörler için sadece sürekli güçlerini göz önüne alıp modelleme yaparsak standby veya prime güçlerinden yararlanmayabilir. Modellemede sadece standby güçlerini göz önüne alırsak da jeneratör aşırı yüklenebilir veya standardı sağlamayabilir. Sonuç

olarak bu 3 güç değeri göz önüne alıp ve standartları sağlayan jeneratörler ile modelleme yapmak jeneratör sağlığı için faydalı olabilecektir.

BÖLÜM 2

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan üretilen bir enerji formudur. Bu kaynaklar güneş ışığı, rüzgâr, akan su (hidrogüç), biyolojik süreçler ve jeotermal olarak sıralanabilir. Yenilenebilir enerji potansiyeli dünyanın her yerinde bulunabilmektedir. Eğer bir ülke yenilenebilir enerji kaynağının bir çeşidine sahip değilse genellikle diğer bir çeşidine sahip olabilmektedir, örneğin Sahara Çöl'ü hidro-elektrik enerji kaynağına sahip değildir fakat büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir [6].

Yenilenebilir enerji kaynakları şu anki geleneksel enerji kaynaklarının aksine çevreyi kirletmeyen, küresel ısınma ve iklim değişikliğine katkıda bulunmayan çevre dostu kaynaklardır [7].

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarına ve teknolojisine büyük önem verilmektedir. İnsanoğlu verimli, güvenilir ve ucuz olan fosil yakıt kullanımını arttırarak devam etmiştir. 15 Ekim 1973 yılında ABD'nin Yom Kippur Savaş'ında İsrail Ordusu'na yardım etmesi ile Petrol İhraç Eden Arap Ülkeleri Birliği (OAPEC) savaşta İsrail'den yana tavır sergileyen ülkelere petrol ambargosu uygulamıştır [8]. Bu ambargo kısa vadede petrol fiyatlarını 4 katına kadar yükselmiştir. Bu kriz yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilginin artmasına neden olmuştur. Ayrıca son yıllarda fosil yakıtların kullanması sonucunda ortaya çıkan sera gazı salınımları (karbondioksit, metan, nitrozoksit, kloroflorokarbon ve ozon) küresel ısınmaya, çevre kirliliğine, iklim değişikliğine ve kuraklığa neden olarak dünyaya zarar vermektedir. Bu zararların iyice hissedilir olması ise yenilenebilir enerjiye olan ilgiyi iyice arttırmıştır.

Bu enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ekonomi, ekoloji ve verim avantaj ve dezavantaj tartışmalarında göz önüne alınabilecek etmenlerden bazılarıdır [7].

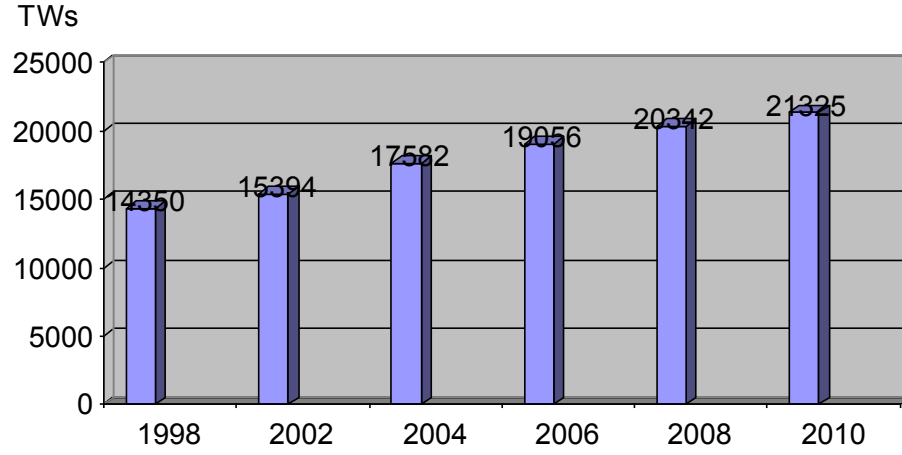
Ekolojik pencereden bakarsak yenilenebilir enerjinin fosil yakıtlara göre büyük bir avantajı vardır. Temiz bir enerjidir ve fosil yakıtlar gibi doğaya karbon salınımları yapmamaktadır. Son yıllardaki ciddi teknolojik gelişmelere rağmen yenilenebilir enerjinin maliyeti ise hala bu kaynakların en büyük dezavantajlarından biridir. Diğer bir dezavantaj ise enerjinin depolanmasıdır. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgar, güneş) sürekli olmamasından dolayı enerji depolama sistemleri enerji dağıtım güvenilirliğini sağlamalıdır [7].

Ülkeler kendi yerel yenilenebilir enerji sektörlerini geliştirerek petrol ithalatını ve petrolde dışa bağımlılıklarını azaltabilirler. Ayrıca bu gelişim yeni çalışma ve iş alanları yaratarak ekonomiye katkıda bulunabilir [7].

Tek bir yenilenebilir enerji kaynağının yeterli enerji üretemeyeceği durumlarda bu kaynaklar yeterli enerjiyi sağlayabilmek için beraber kullanılabilir. Bu sistemlere hibrit enerji sistemleri denilmektedir. Hibrit enerji sistemleri enterkonnekte sisteme bağlı olabilir ve bir elektrik enerji santrali gibi çalışabilir. Enterkonnekte sisteme bağlı olmayarak da çalışabilirler ve gerekli enerjiyi sağlayabilirler. Hidro-rüzgar-dizel, rüzgar-solar-dizel, rüzgar-güneş, güneş-dizel ve güneş-hidrojen enerji sistemleri vb. olarak bir çok hibrit enerji sistemi kombinasyonları bulunmaktadır. İleriki bölümlerde hibrit enerji sistemlerinin çalışma şekillerine, mimarisine, ekonomisine, avantaj ve dezavantajlarına değinilecektir.

2.1 Dünya’da Yenilenebilir Enerji

Son 12 yılda dünya elektrik üretimi 33 % oranında artmıştır [9]. Dünya elektrik ihtiyaç artımını Şekil 2.1’de görebiliriz.

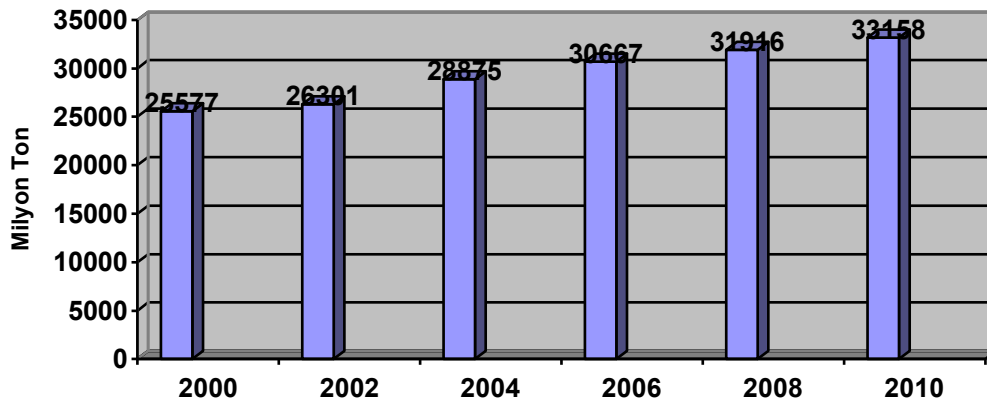


Şekil 2.1 Dünya enerji üretimi [9]

Elektrik üretiminin 51,1 %'ine Türkiye'nin de üye olduğu OECD ülkeleri, 20,3 %'üne tek başına Amerika, 15,6 %'sine Avrupa Birliği ülkeleri ve 38,5 %'ine Asya Pasifik Ülkeleri sahiptir [9].

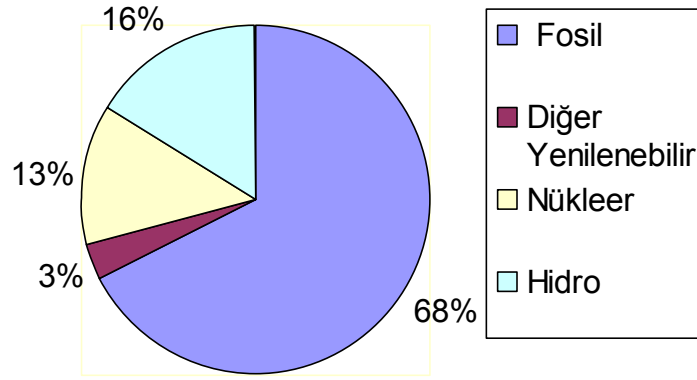
Dünya elektrik üretim artışı karbondioksit salınım miktarlarının da arttırmaktadır ve bu artışa neden olan en büyük etmen ise enerji üretiminde fosil yakıtların kullanılmasıdır. Karbondioksit emisyon oranı son 10 yılda 23 % oranında artmıştır ve Şekil 2.2 son 10 yıllık emisyon değerlerini göstermektedir [9]. Bu artış bu hızla devam ederse ileride yenilenebilir enerjinin önemi çok daha iyi anlaşılacaktır.

Dünya karbondioksit salınımında OECD ülkeleri 42,6 %, Amerika 18,5 %, Avrupa Birliği ülkeleri 12,5 % ve Asya Pasifik Ülkeleri 43,8 %'lik bir etkiye sahiptirler [9].



Şekil 2.2 Dünya karbondioksit emisyonları [9]

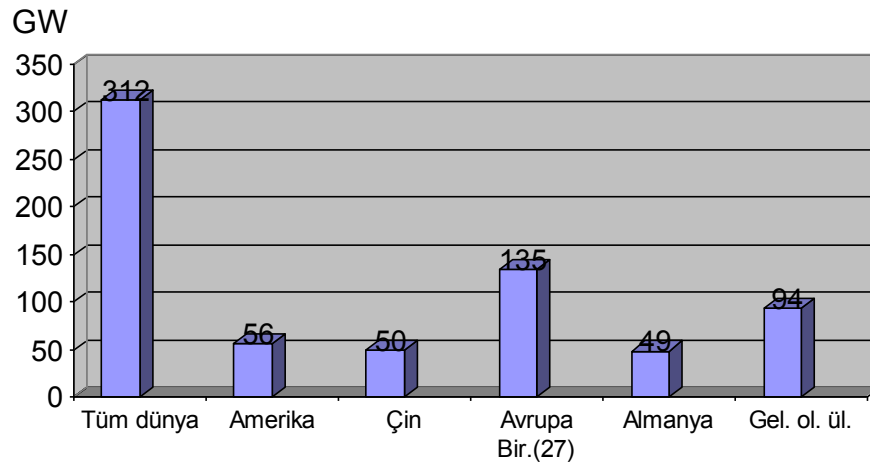
Dünya elektrik tüketiminin ve karbondioksit salınım miktarlarının artması ayrıca bir gün fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi gerçeği dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerji katkısını önemli kılmıştır. Dünyadaki elektrik üretiminin 20 %'si yenilenebilir kaynaklardan sağlanmaktadır [10].



Şekil 2.3 Dünyada elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı [10]

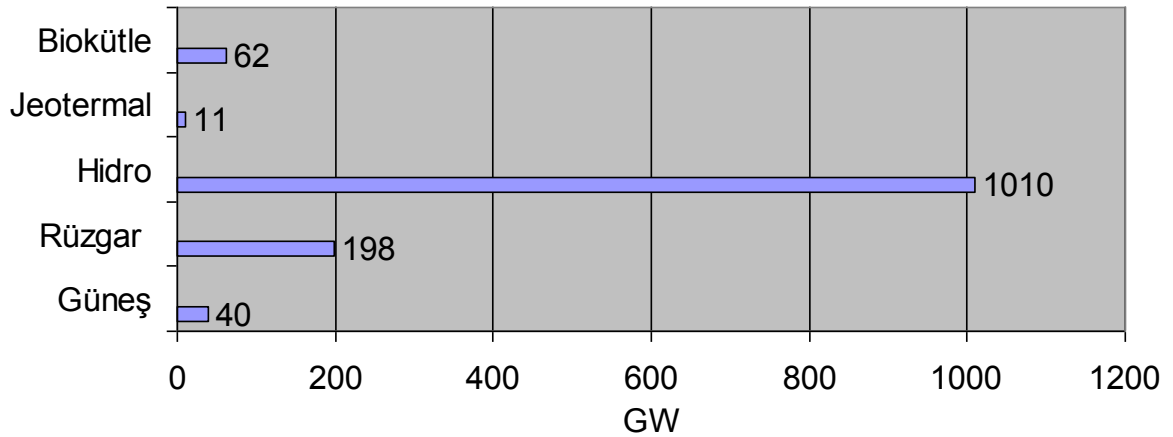
Hidrolik kaynak içermeyen yenilenebilir kaynaklarından enerji üretiminde Amerika, Çin, Almanya, İspanya ve Hindistan önde gelmektedirler. Hidrolik güç dahil edilirse 2010 yılı sonunda yenilenebilir enerji kuruluca gücü bakımından ilk 5'teki ülkeler ise; Çin, Amerika, Kanada, Brezilya ve Hindistan'dır [10].

Dünyada yenilenebilir güç kapasitesi (hidrolik güç dahil değil) 2010 yılı itibari ile 312 GW'tır [10]. Dünyadaki yenilenebilir güç kapasiteleri Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4 Yenilenebilir güç kapasiteleri (hidrolik güç dahil deil) [10]

2010 sonu dünya yenilenebilir güç kapasitelerinin yenilenebilir enerji çeşidine göre dağılımı ise Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



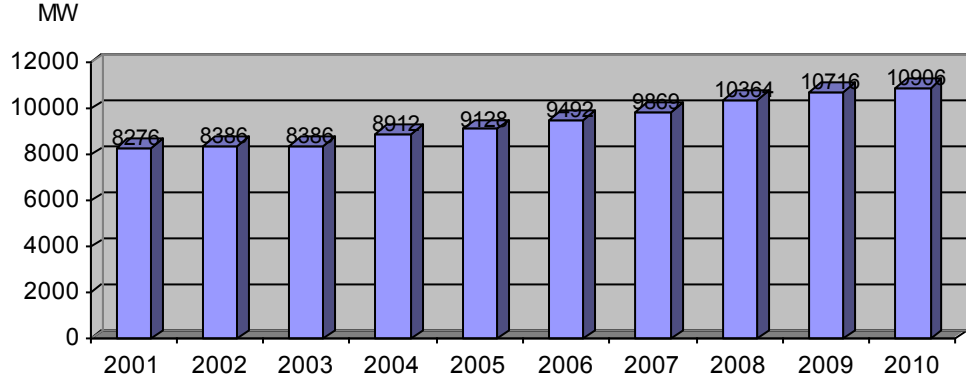
Şekil 2.5 Kaynağına göre yenilenebilir enerji güç kapasiteleri [10]

Jeotermal enerji son yıllarda gelişme gösteren yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. 2001'de 8275,7 MW olan jeotermal enerji dünya toplam kurulu güç kapasitesi 2010'da 10906,2 MW seviyesine ulaşmıştır ve son 10 yılda 24%'lik bir büyüme göstermiştir (Şekil 2.6). 2005'ten sonra İzlanda, Endonezya, Yeni Zellenda, Amerika ve Türkiye'de yüksek oranda jeotermal güç kapasite artışları gözlenmiştir [10].

Amerika 2010 yılı itibari ile 3101,6 MW'lık jeotermal kurulu güç seviyesiyle dünyadaki toplam kurulu gücün 28,4% 'üne sahiptir. Aynı şekilde Filipinler 1996 MW'lık güç ile 18%'ine, Endonezya 1189 MW'lık güç ile 10%'una, Meksika 958 MW ile 8,8%'ine, İtalya 863 MW ile 7,9%'una ve İzlanda 575 MW'lık güç ile 5,3%'üne sahiptir [9].

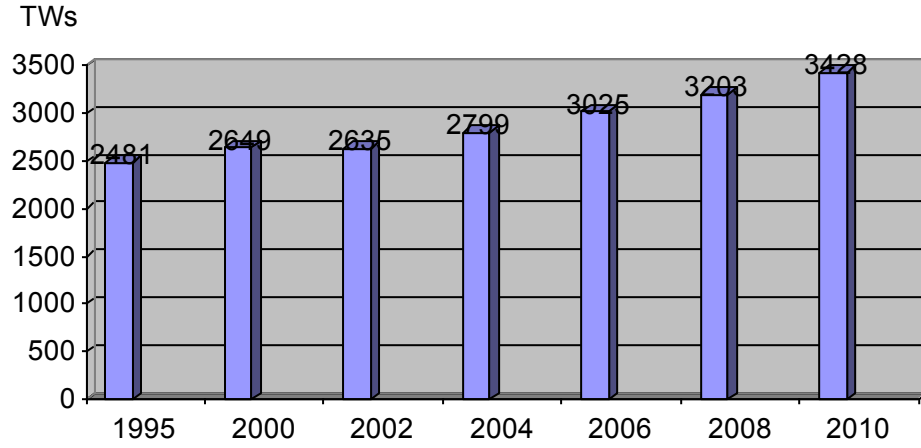
İzlanda elektrik enerjisi ihtiyacının 26 %'sını jeotermal enerji ile sağlamaktadır. 1-100

MW güç kapasitesine sahip bir jeotermal elektrik enerjisi üretiminin birim maliyeti ise 4-7 cent /kWh'tir [10].



Şekil 2.6 Jeotermal enerji dünya toplam kurulu gücünün son 10 yılda değişimi [9]

Hidroelektrik güç santralleri 150 ülkede bulunmaktadır ve 2010 yılında 5.3 %'lik bir kapasite artımı ile 1010 GW'lık bir kurulu güce sahiptir [8].



Şekil 2.7 Hidroelektrik güç tüketiminin yıllara göre değişimi [9]

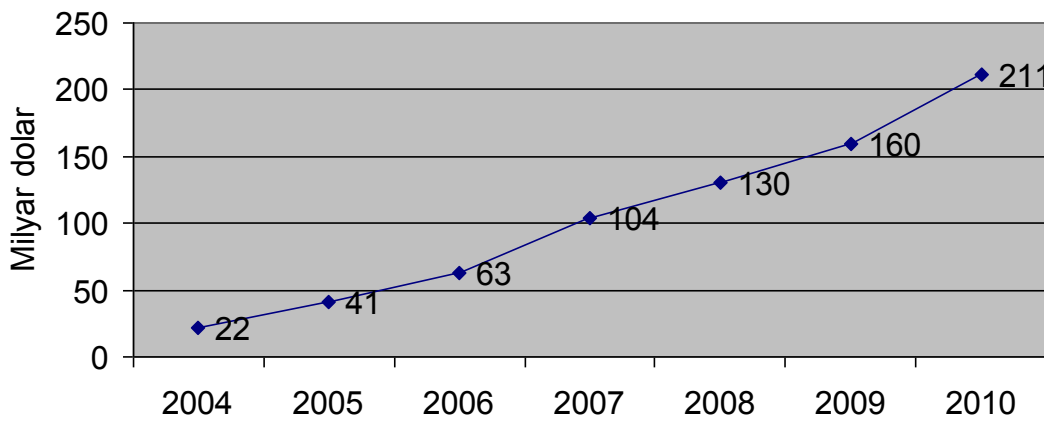
Son 10 yılda hidroelektrik güç tüketimi 22 % oranında artmıştır (Şekil 2.7). Hidroelektrik güç üretiminde Çin 1. sırayı almaktadır. Kanada, Brezilya, Amerika ve Rusya güç üretim kapasiteleri ile Çin'i takip etmektedirler. Kanada kendi elektrik ihtiyacının 61%'sini Brezilya 80%'ini ve Norveç ise yaklaşık 100%'ünü hidroelektrik güç ile sağlamaktadır [10].

2010 yılında dünya hidrolik elektrik gücü tüketimini 39.9 % ile OECD ülkeleri, 10,7 % ile Avrupa Birliği Ülkeleri, 21 % ile Çin, 10.7 % ile Kanada, 11.6 ile Brezilya, 7.6 ile Amerika ve 4,9 ile Rusya gerçekleştirmiştir [9].

Geniş ölçekli (10-18,000 MW) hidroelektrik güç santralleri 3-5 cent/kWh ve küçük ölçekli olanları ise 5-12 cent /kWh birim enerji maliyetlerine sahiptir [10].

Son 10 yılda özellikle Brezilya ve Amerika'da biyoyakıtlar sabit bir büyüme göstermişlerdir. Son yıllarda bu enerji alanında Avrupa Birliği ülkeleri ve Güneydoğu Asya Ülkeleri gelişme göstermişlerdir. 2000 yılında 16 milyon litre olan biyoyakıt üretimi 2010 yılına gelindiğinde ise 100 milyon litre ve üzerine çıkmıştır. 2010'da dünya karayolu ulaşım yakıt tüketiminin 3 %'ü biyoyakıtlar ile sağlanmıştır [5]. Biodizelin litresi 40-80 cent, etanol yakıtının ise 30-50 cent(şeker) ve 60-80 cent(mısır) aralığında değişmektedir [10].

Yenilenebilir enerji yatırımları son 6 yılda yaklaşık 9 kat kadar artmıştır (Şekil 2.8).



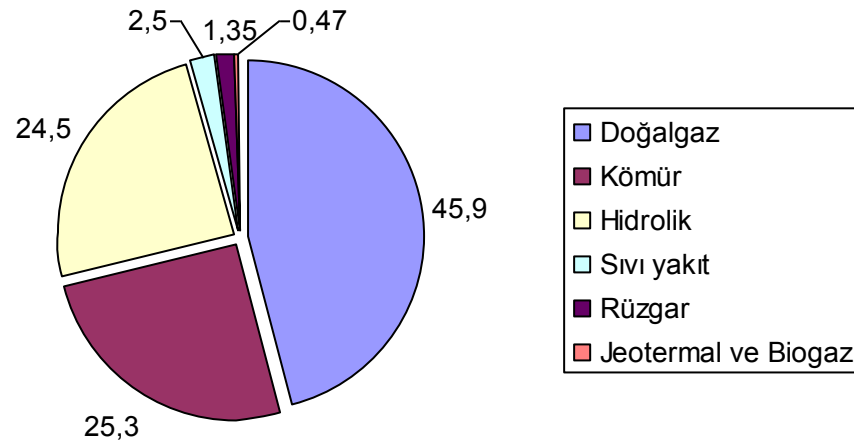
Şekil 2.8 Dünya yenilenebilir enerji yatırımları [10]

2010 yılında yenilenebilir enerjiye en çok yatırım yapan ülkeler ise Çin, Almanya Amerika, İtalya ve Brezilyadır. 2010 yılında yapılan toplam yatırımın 60%'ını (128 milyon dolar) rüzgar çiftlikleri, solar enerji parkları, biyoyakıt, solar termal enerji sistemleri oluşturmaktadır ve bu 60%'lık yatırımın yarısından fazlasını Çin ve Amerika yapmıştır.

2010 yılında rüzgar gücüne 90 milyar dolar, geniş çaplı güneş enerji sistemlerine 19 milyar dolar, biyokütle enerjiye 10.2 milyar dolar, biyoyakıt sektörüne 4.7 milyar dolar, küçük ölçekli hidroelektrik santrallerine 2 milyar dolar ve okyanus enerjisine 40 milyon dolar yatırım yapılmıştır [10].

2.2 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji

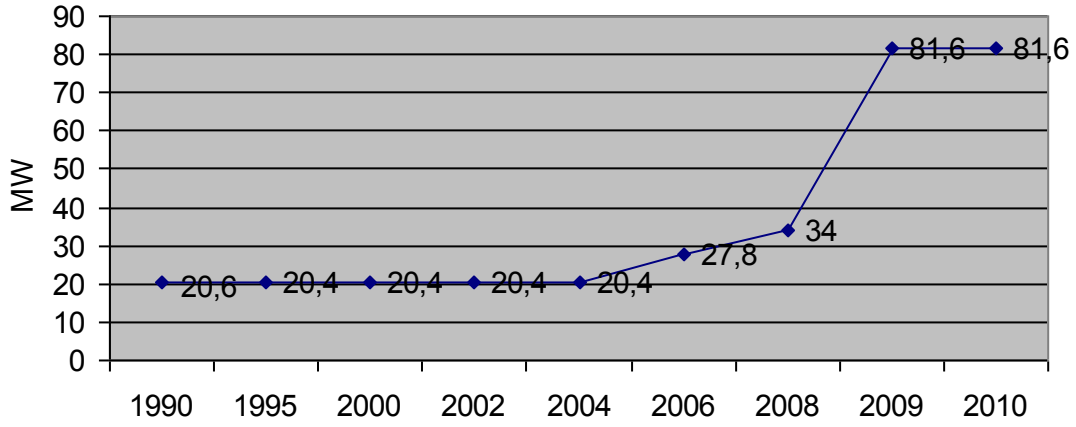
Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir ülkedir. Özellikle hidrolik enerji ve rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından dünyada başlıca ülkelere biridir. Ayrıca coğrafi konumu gereği yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye dünyadaki jeotermal enerji potansiyelinin 8 %’ine tek başına sahiptir. Bu enerji kaynaklarının kullanımı ise istenilen seviyelerde değildir fakat umut verici gelişmeler yaşanmaktadır. 2010 yılı itibarıyla toplam elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı ise Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9 2010 yılı elektrik üretiminde kaynakların dağılımı [11]

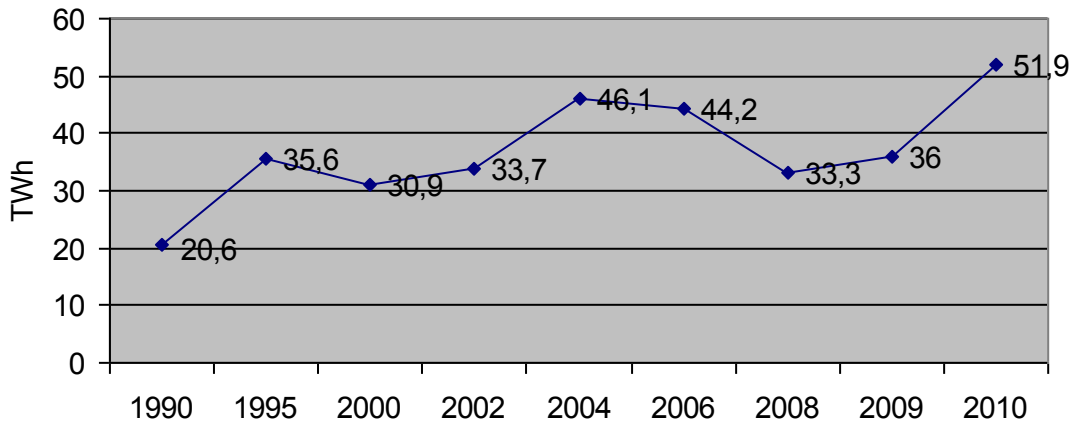
Türkiye’de son yıllarda biyoyakıt üretimi üzerine çalışmalar ve petrol fiyatlarındaki artışla beraber özellikle tarımda biyodizel kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. Ülkemizdeki biyoyakıt kullanımı çok yenidir ve yetersiz seviyededir. Bir biyoyakıt çeşidi olan etanol üretimi, yüksek kapasiteli yatırımlar bulunmasına rağmen, talep yetersizliği yüzünden henüz düşük seviyededir [12].

Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli ile dünyada ilk 10’da ve Avrupada ise 1. ülkedir [13]. Son 10 yılda kurulu gücümüz 75 % oranında artmıştır. Son yıllardaki kurulu güç artış değerlerimiz Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Türkiye’de jeotermal elektrik enerjisi kurulu gücünün zamanla değişimi [9]

Türkiye hidroelektrik potansiyeli ile Dünya ve Avrupa’da ilk sıralarda yer almaktadır. Elektrik üretimimizin yaklaşık 25 %’sini 2010 sonu ile hidroelektrik güç santralleri ile temin ettik. Son yıllardaki hidroelektrik güç tüketim değerlerimiz Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



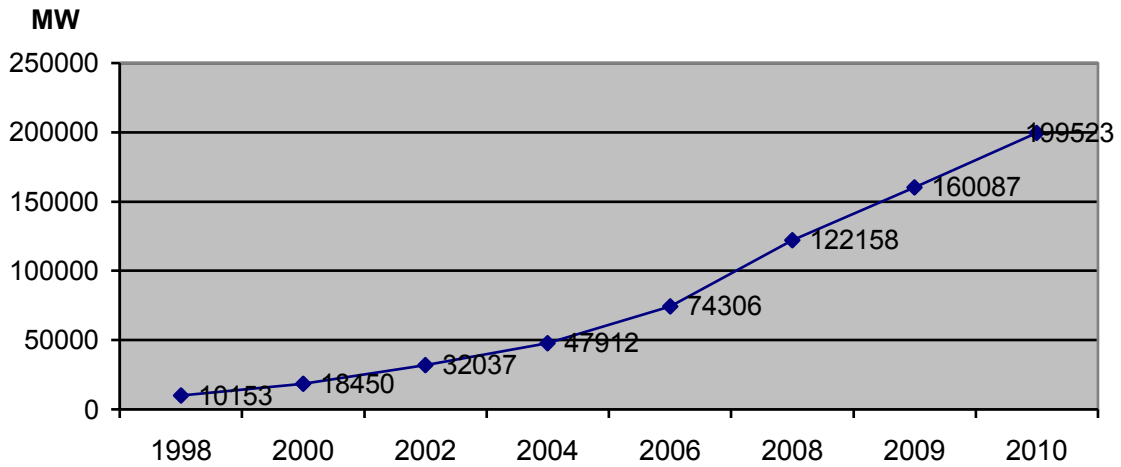
2.11 Türkiye’deki hidroelektrik güç tüketiminin zamanla değişimi [9]

Ülkemizin rüzgar ve güneş enerjisi durumu sonraki bölümlerde detaylı inceleyeceğiz.

2.3 Dünya’da Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklardan olan rüzgar enerjisi kullanımı son yıllarda tüm Dünya genelinde artmaktadır. Rüzgar enerjisi güç kapasitesi en yüksek olan ülke Çin’dir (22,4 %) ve 2010 Dünya kapasite güç artışının % 50’sini gerçekleştirmiştir. Çin’i rüzgar güç

kapasiteleri ile Amerika(20,2%), Almanya(13,7%), İspanya(10,2%), Hindistan(6,5%) ve İtalya(2,9%) takip etmektedir [9].



Şekil 2.12 Dünya kurulu rüzgar gücü kapasitelerinin yıllara göre değişimi [9]

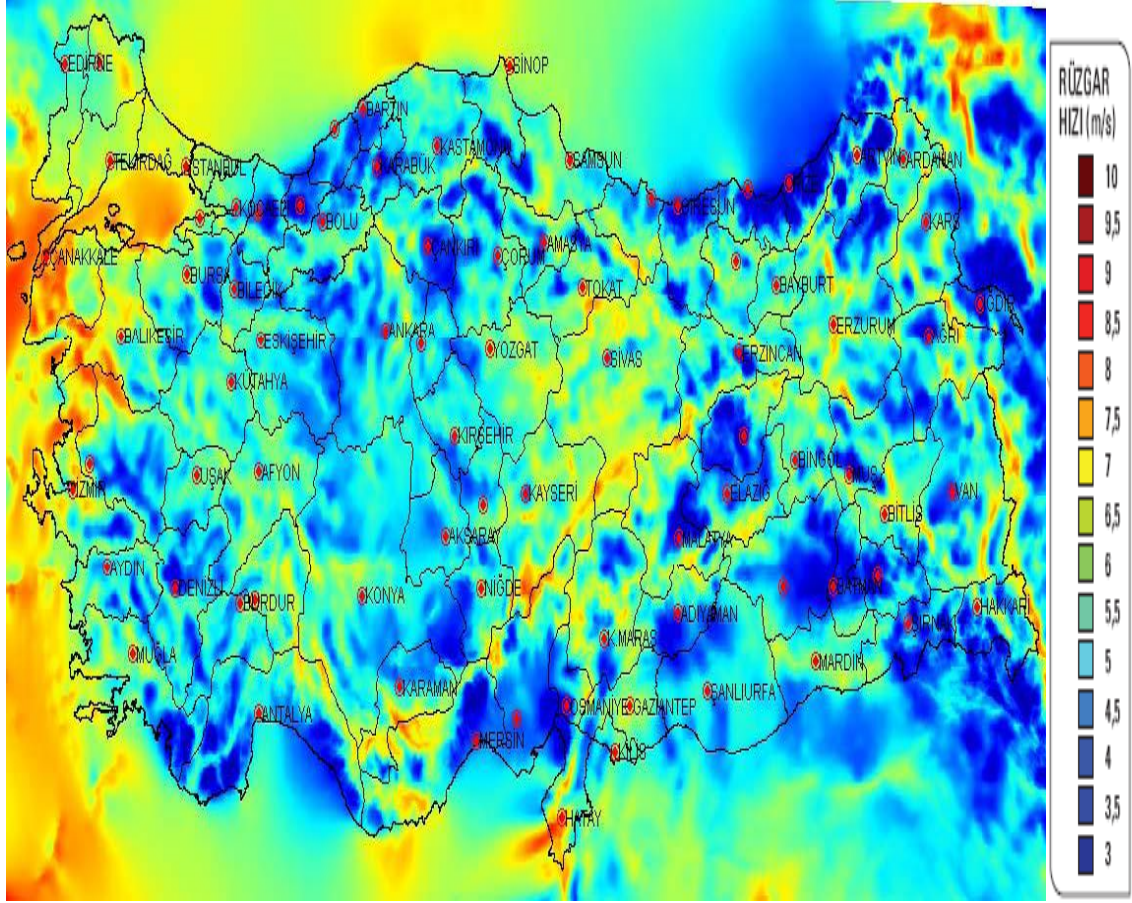
Son 10 yılda dünya rüzgar kurulu güç kapasitesi yaklaşık 8 kat oranında artmıştır ve 2010 yılına gelindiğinde kapasitesi bir önceki yıla göre 24,6 % oranında artmıştır (Şekil 2.12).

Rüzgar türbin üretim ve teknolojisi sektöründe Dünya’da öncü ülkeler ise Çin, Amerika, Almanya, Danimarka, Hindistan ve İspanya’dır. Dünya türbin üretim marketinde söz sahibi firmalara örnek olarak Vestas (Danimarka), Sinovel (Çin), GE Wind (Amerika), Goldwind (Çin), Enercon (Almanya), Suzlon (Hindistan) ve Gamesa (İspanya) gösterilebilir [10].

1.5-3.5 MW arası nominal güce sahip ve rotor çapı 60-100 arasında değişen bir türbininin birim enerji maliyeti dünya ortalaması 5-9 cent/kWh’tir [10].

2.4 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

Türkiye Avrupa’da rüzgar potansiyeli iyi olan ülkelerden biridir. Rüzgar enerjisi potansiyelimiz teorik olarak tüm elektrik ihtiyacımızı karşılayacak düzeydedir ve enerji potansiyeli bakımından zengin olan bölgeler Kuzey Batı Ege, Doğu Akdeniz, Batı Karadeniz bölgeleri ile Güneydoğu Anadolu bölgesinin iç kısmı ve Marmara bölgesinin büyük bir kısmıdır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 2007 yılında hazırlanan rüzgar enerjisi potansiyeli atlası Şekil 2.13’te gösterilmiştir [14] .

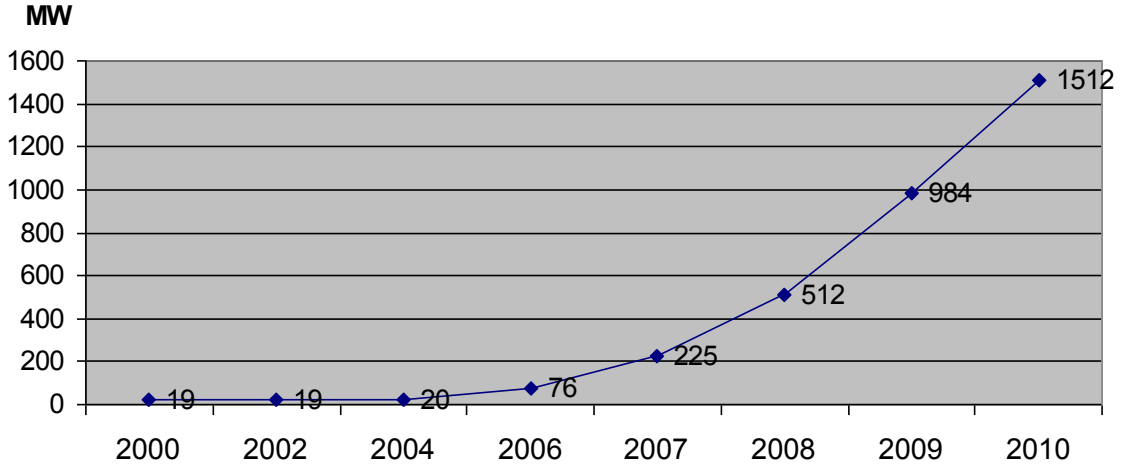


Şekil 2.13 Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli atlası [14]

Yukarıdaki rüzgar atlasına göre 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz kıyılarında 6-7 m/s, Batı Akdeniz kıyılarında 5-6 m/s ve Kuzey-Batı Ege kıyılarında ise 7-8.5 m/s'dir.

Rüzgar gücü kurulu kapasitemiz 2010 yılında 1515 MW değerindedir ve dünya toplam kurulu güç değerinin 0.8 %'sini oluşturmaktadır. Son yıllarda rüzgar enerjisi üzerine ciddi yatırımlar olmuştur ve ülkemizde özel sektör enerji üreticisi firmalar diğer enerji santrallerinde olduğu gibi rüzgar santralleri inşa edebilmeleri için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'ndan üretim lisansı almak zorundadırlar [14].

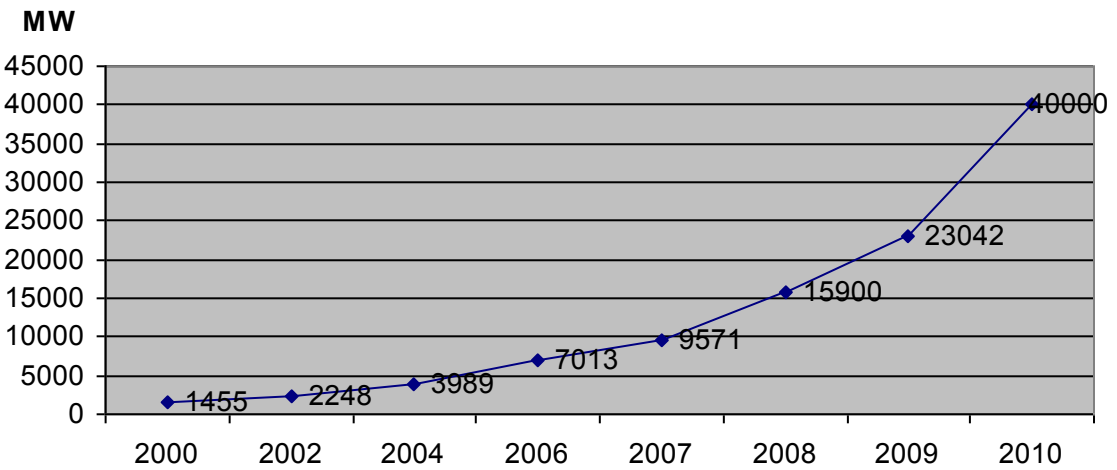
Son 10 yılda rüzgar kurulu güç kapasitemiz yaklaşık 80 kat kadar artmıştır ve özellikle son 5 yılda ciddi kapasite artışları gözlenmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Türkiye rüzgar gücü kapasite artışının yıllara göre dağılımı [9]

2.5 Dünya’da Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi son yıllarda artmaktadır ve teknolojisi ise en çok gelişim gösteren yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi kurulu gücü 40 GW’tır ve 43,5%’ine tek başına Almanya sahiptir. Dünya ölçeğinde sahip oldukları kurulu güç kapasiteleri ile Almanya’yı 9.8% ile İspanya, 9.1% ile Japonya, 8.8% ile İtalya, 6.3% ile Amerika, 4.9% ile Çek Cumhuriyeti, 2.6% ile Fransa takip etmektedir. Avrupa kıtası ülkeleri toplam kurulu gücün 74,5% ine sahiptirler. Son 10 yılda dünya güneş enerjisi elektrik gücü kapasitesi 23 kat kadar 2010 yılına gelindiğinde ise kapasitesi bir önceki yıla göre 24,6 % oranında artmıştır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Dünya kurulu güneş gücü kapasitelerinin yıllara göre değişimi [9]

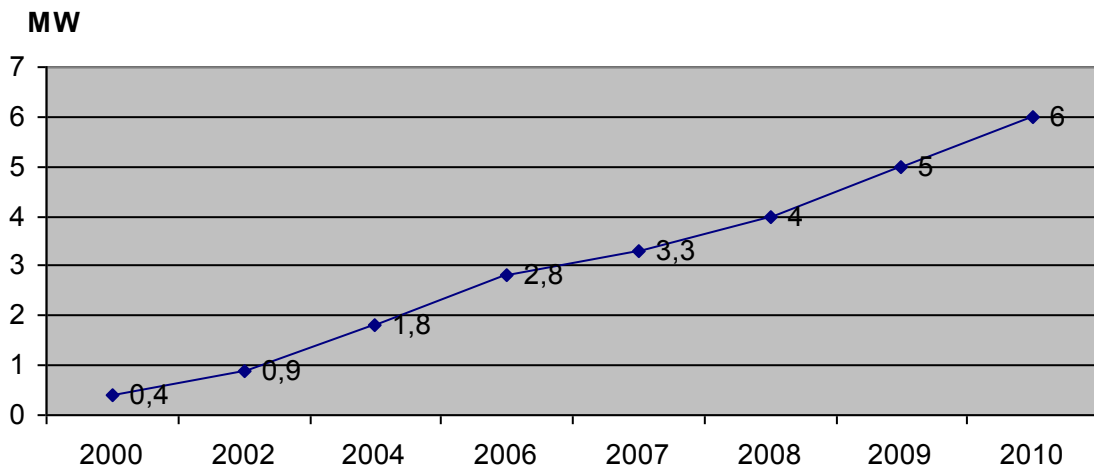
Güneş fotovoltaik hücre üretiminde söz sahibi ülkelere Çin, Almanya, Amerika, Japonya Tayvan ve firmalara ise Suntech Power (Çin), JA Solar (Çin), First Solar (Amerika), Yingli Green Energy (Çin), Trina Solar (Çin), Q-Cells (Almanya), Gintech (Tayvan), Sharp (Japonya), Motech (Tayvan), Kyocera (Japonya) ve Sunpower (Amerika) örnek gösterilebilir [10].

200 kW-100 MW arasında değişen bir fotovoltaik elektrik enerjisi güç sistemi için birim enerji maliyeti dünya ortalaması 15-30 cent/kWh'tir [10].

2.6 Türkiye’de Güneş Enerjisi

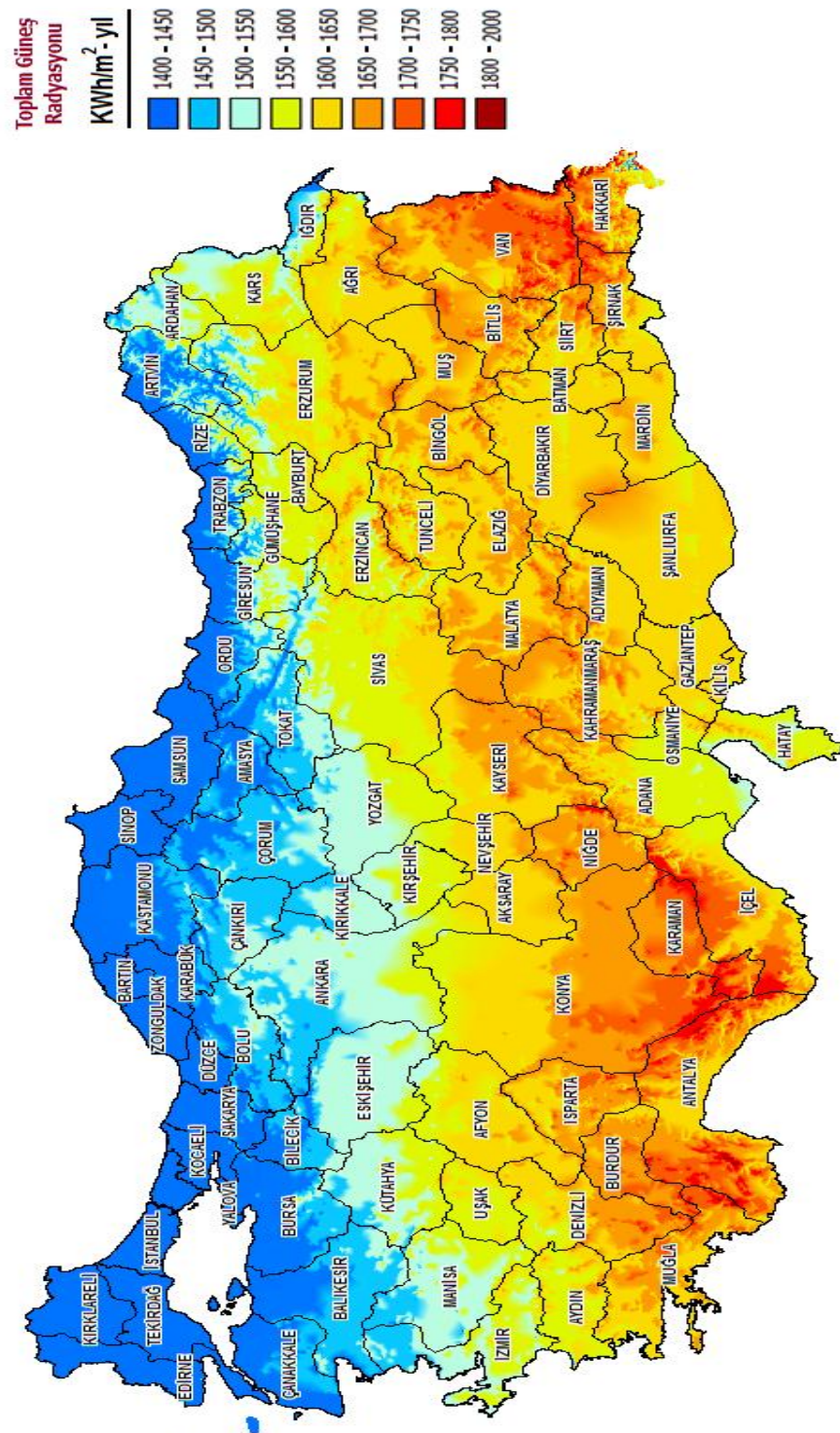
Türkiye coğrafi konumu nedeniyle güneş enerji potansiyeli yüksek bir ülkedir. Türkiye’nin en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgesi Güneydoğu Anadolu bölgesi olup bunu sırasıyla Akdeniz, Doğu Anadolu, İç Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz bölgeleri izlemektedir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nde bulunan 1966-1982 yılları arasında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınlam şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye’nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat) ve ortalama toplam ışınlam şiddetinin 1.311 kWh/m²/yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [15].

Ülkemizin güneş enerjisi kurulu gücü 6 MW’tır ve son 10 yılda yaklaşık 8 kat kadar artmıştır (şekil 2.16).



Şekil 2.16 Türkiye fotovoltaik kurulu güç kapasitelerinin yıllara göre değişimi [9]

EİE tarafından hazırlanan Türkiye güneş potansiyeli atlası aşağıdadır.



Şekil 2.17 Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası [15]

BÖLÜM 3

RÜZGAR ENERJİSİ

Toplumların gelişmeye başlamasıyla birlikte farklı enerji formlarının kullanılması zorunluluğu baş göstermiştir. İnsanoğlunun kullanmaya başladığı ilk enerji formlarından olan rüzgar enerjisi günümüzde de en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak gösterilmektedir.

3.1 Rüzgar Enerjisinin Tarihçesi

Rüzgar enerjisi ilk kullanımı M.Ö. 2800 yıllarına kadar uzanmaktadır. Rüzgar enerjisi ilk olarak Orta Doğu'da kullanılmıştır. M.Ö. 17. Yüzyılda Babil kralı Hammurabi döneminde Mezopotamya'da sulama amacıyla kullanılan rüzgar enerjisinin, aynı dönemde Çin'de de kullanıldığı belirtilmektedir. Persler M.S. 7. yüzyıl ortalarında dikey eksenli rüzgar değirmenleri yaygın olarak kullanmaktaydılar.

Yel değirmenleri, ilk olarak İskenderiye yakınlarında kurulmuştur. Türklerin ve İranlıların ilk yel değirmenlerini M.S. 7. yüzyılda kullanmaya başlamalarına karşın, Avrupalılar yel değirmenlerini ilk olarak Haçlı seferleri sırasında görmüşlerdir. Fransa ve İngiltere'de yel değirmenlerin kullanılmaya başlanması 12.yüzyılda olmuştur [16].

18.Yüzyılın sonunda yalnızca Hollanda'da 10.000 yel değirmeni bulunmaktaydı. 19. yüzyıla gelindiğinde rüzgar enerjinin en önemli kullanım alanı su pompalarıydı. Buhar makinesinin yapılması ve odun, kömür gibi yakıtlardan kesintisiz enerji üretimine başlanması ile rüzgar enerjisi önemini yitirmeye başlamıştı. Bununla beraber, rüzgar türbini denilen ve elektrik üretiminde kullanılan ilk makineler 1890'ların başlarında Danimarka'da yapılmıştır. 23m çapında olan bu rüzgar türbini elektrik üretimi

gerçekleştirilen ilk rüzgar türbini oldu. Aynı dönemde, bu makinelerin geliştirilmesi için Almanya'da da önemli çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Rüzgar kuvvet makineleri yerlerini yakıtlı kuvvet makinelerine bırakırken, rüzgar enerjisi kullanımının sürmesi için yeni bir teknoloji de başlıyordu. Ancak 19.yüzyılda geliştirilen ilk rüzgar türbinlerin verimlerinin düşük olmasına rağmen 1910 yılına gelindiğinde güç değerleri 5 ile 25 kW arasında değişen bir kaç yüz rüzgar ünitesi Danimarka'da enerji üretmekteydi [16].

1961 yılında Roma'da Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen "Enerjinin Yeni Kaynakları Konferansı"nda ele alınan üç kaynaktan biri rüzgar enerjisi idi. Böylece çok eskiden bu yana tanınan rüzgar enerjisi teknolojik gelişmelerle ele alınıyor, yeni ve yenilenebilir kaynaklar arasına sokuluyordu. 1961-1966 yılları arasında Almanya' da rotor çapı 35m olan 100 kW'lık bir modelin geliştirilmesi üzerinde duruluyordu. 1970'lerde Danimarka'daki Gedser türbini, gücü 650 kW olan büyük türbinlerle değiştiriliyordu. Bu dönemde rüzgar generatörleri üzerinde İsviçre, Avusturya ve İtalya'da da teknolojik çalışmalar yapılmaktaydı. Amerika'da 1970'lerde büyük tip yatay eksenli makineler üzerinde yeniden çalışılırken, dikey eksenli Darrieus tipi makineler üzerinde de çalışmalar başlatılmıştır. Ucuz petrol döneminde güncellik kazanamayan rüzgar enerjisi, 1974-1978 yılları arasındaki yapay petrol bunalımlarının ardından, gündeme daha çok girmiştir [16].

Rüzgar enerjisinin gelişimine, 1980'li yıllarda Uluslararası Enerji Ajansı eşgüdümünde yürütülen araştırma geliştirme çalışmalarının büyük etkisi olmuştur. Artık, eski tip rüzgar generatörleri yerine modern ve çağdaş rüzgar enerjisi çevrim sistemleri (WECS) kurulmaktadır. Ayrıca, rüzgar türbini ile beraber, dizel motor ve güneş fotovoltaik generatörü içeren rüzgar-dizel-PV hibrid sistemlerde geliştirilmiştir [16].

3.2 Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgar enerjisinin birçok avantajına karşılık dezavantajları da bulunmaktadır. Avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Çevre dostu bir enerji kaynağıdır, elektrik üretmek için fosil yakıtlar kullanılmaz ve havayı kirletmezler.

- Rüzgar türbinleri ortalama bir elektrik güç santralinden daha az yer kaplamaktadır ve türbin çevresindeki arazinin tarım gibi amaçlara kullanılmasına izin vermektedir.
- Enerji üretimi sırasında hammadde maliyeti yoktur.
- Uzak yerleşim alanları veya yerleşkelerin elektrik üretimi için rüzgar türbinleri harika bir olanaktır.
- Rüzgar enerjisinin kullanması enerjide dışa bağımlılığı azaltabilir [17].

Dezavantajları ise;

- Rüzgar türbini inşaatı yüksek maliyetli olabilir.
- Ticari rüzgar çiftliklerinin ürettikleri sesler problem yaratabilmektedir.
- Rüzgar türbinleri için rüzgar hızının tahmini zordur ve değişkenliği yüksektir. Bu değişkenlik ve tahmin zorluğu güvenilirlik analizini ve enerji planlamasını zorlaştırmaktadır [17].

3.3 Rüzgar Türbinleri

Tahrik edilen kısmı dönme hareketi yapan ve bir akışkanda bulunan enerjiyi milinde mekanik enerjiye dönüştüren makinalar türbin olarak adlandırılmaktadırlar.

3.3.1 Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması

Rüzgar türbinlerinin genel olarak sınıflandırılması aşağıdaki gibi olabilir.

- Yatay ve düşey eksenli türbinler
- Önden ve arkadan rüzgarlı türbinler
- Durdurma veya kanat eğimi denetimli türbinler
- Tek, iki veya üç kanatlı türbinler
- Sabit veya değişken hızlı türbinler [18]

3.3.1.1 Pervane Ekseninin Konumuna Göre Sınıflandırma

Rüzgar türbinleri pervane ekseninin konumuna göre 2 ayrı sınıfa ayrılırlar. Bunlar ;

- Yatay eksenli türbinler
- Düşey eksenli türbinler

3.3.1.1.1 Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Yatay eksenli türbinlerde dönme eksenı rüzgar yönüne paraleldır ve türbin kanatları rüzgar yönüne dıktır. Maksimum enerji alınabilmesi için rotorları rüzgar yönünü takip etmektedirler ve döner bir tabla üzerine yerleştirilirler. Bu tip türbinler rüzgarı önden alacak şekilde tasarlanırlar ve arkadan alcak şekilde tasarlananların pek kullanım alanları yoktur. Rüzgarı önden alan türbinlerin avantajı olarak kulinin oluşturduğu rüzgar gölgelenmesinden etkilenmemesi dezavantajı olarakta, türbin kanatlarının sürekli rüzgara dik olması için kontrol sistemi gerektirmesi söylenebilir [18].

Pervane tipi rüzgar türbinleri yatay eksenli türbinlere örnek olabilir. Bu tip türbinler tek, iki veya üç kanada sahip olabilirler. Günümüzde en çok üç kanada sahip olan yatay eksenli türbinler kullanılmaktadır [18]. Yatay eksenli türbin örneğini Şekil 3.1’de görebiliriz.



Şekil 3.1 Yatay eksenli rüzgar türbini [19]

3.3.1.1.2 Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Düşey eksenli rüzgar türbinlerde dönme eksenini rüzgar yönüne dik ve düşeydir. Savonius ve Darrieus tipleri olarak iki çeşidi vardır. Bu tip türbinlerin ticari olarak kullanımları çok azdır ve genelde deneysel olarak üretilirler. Düşey eksenli türbinlerin dezavantajlarına karşılık avantajları da bulunmaktadır. Düşey eksenli türbin örneğini Şekil 3.2’de görebiliriz.

Avantajları;

- Jeneratör ve dişli kutusu gibi yapılar yere yerleştirildiği için türbini kule üzerine inşa etmek gerekmez buda kule maliyetini azaltır.
- Türbini rüzgarı dik alacak şekilde çevirme mekanizması gerektirmez.
- Türbin mili hariç diğer parçaların bakım ve onarımı kolaydır.

Dezavantajları;

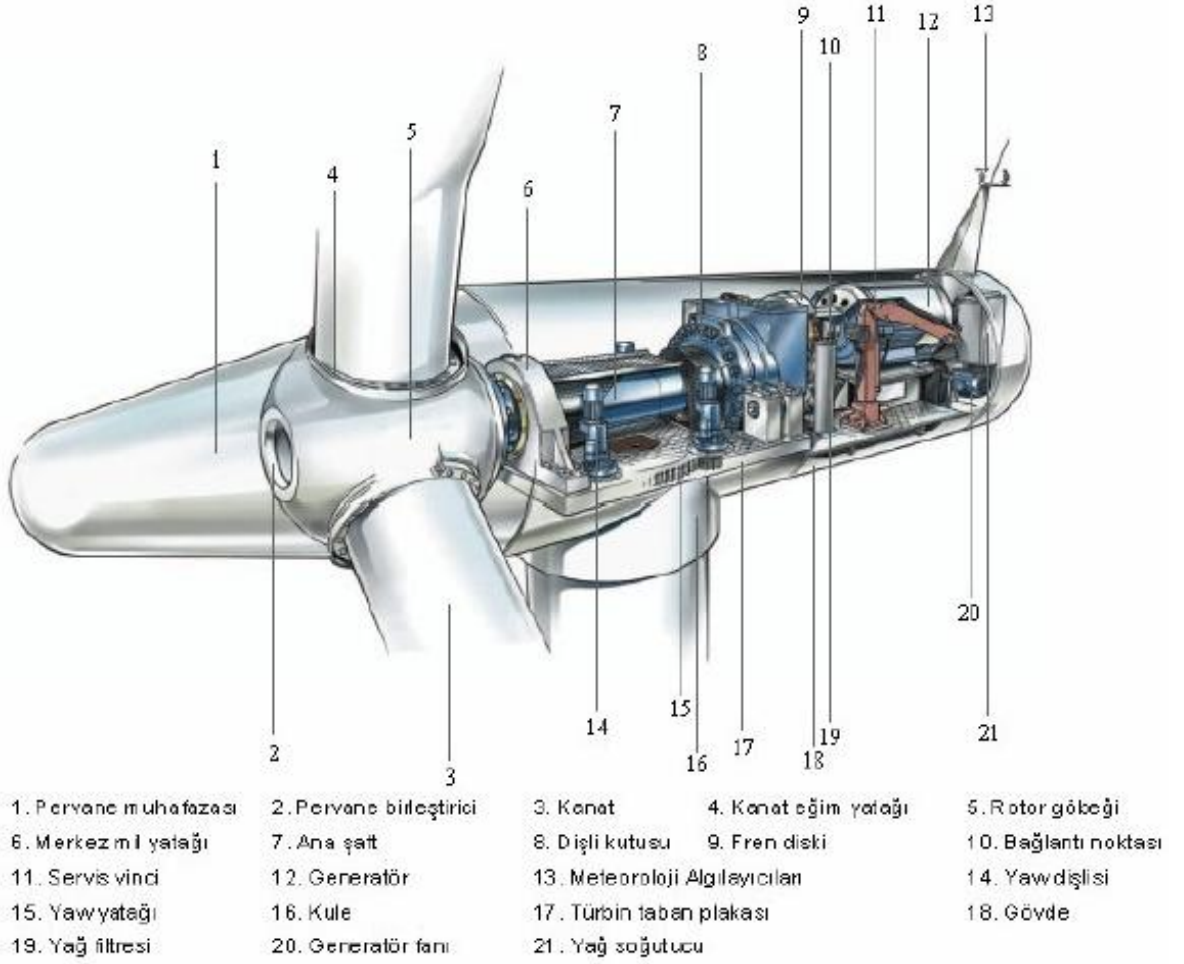
- Yere yakın oldukları için küçük rüzgar hızlarına maruz kalırlar.
- Verimleri düşüktür.
- Çalışmaya başlayabilmeleri için ilk hareket motoruna ihtiyaç vardır.
- Türbin mili yataklarının değişimi için tüm makinenin yere yatması gerekir [18].



Şekil 3.2 Darrieus tipi düşey eksenli rüzgar türbini [19]

3.4 Yatay Eksenli Türbinlerin Bileşenleri

Yatay eksenli rüzgar türbinlerini oluşturan temel elemanlar; anemometre, kanatlar, frenler, kontrol sistemleri, dişli kutusu, generatör, yüksek ve düşük hız milleri, pitch mekanizması, rotor, kule, rüzgar vanası ve yaw mekanizması olarak sıralanabilirler.



3.3 Rüzgar türbin bileşenleri [20]

3.4.1 Anemometre

Rüzgar hızını ölçüp kontrol sistemlerine aktaran bileşendir [20].

3.4.2 Kanatlar

Türbinler genellikle iki veya üç kanatlı olarak üretilirler. Kanatlar rüzgarın mekanik gücünü elde etmektedirler [20]. Kanatlar; alüminyum, titan, çelik, elyaf ile

güçlendirilmiş plastik (cam elyafı, karbon elyafı ve aramid elyafı) ve ağaçtan imal edilebilmektedir [16].

3.4.3 Frenler

Acil durumlarda rotorun hareketinin durdurulmasını sağlayan sistemdir. Bu sistemler hidrolik, mekanik ve elektriksel olarak uygulanabilirler [16].

3.4.4 Kontrol Sistemleri

Türbinleri belirli rüzgar hızlarında dönme hareketine başlatan (örneğin 3-5 m/s) ve belirli yüksek rüzgar hızlarında türbinleri korumak için türbinlerin dönme hareketlerini durduran kritik sistemlerdir.

3.4.5 Dişli Kutusu

Yüksek ve düşük hız millerini barındıran sistemlerdir. Türbinlerdeki jeneratörlerin elektrik üretebilmeleri için dakikada 1200-1500 devir ile dönmeleri gerekmektedir. Dişli kutusu jeneratörlerin sürülebilmesi için düşük hız milinin sahip olduğu dakikadaki 30-60 devir sayısının yüksek hız milinde dakikada 1200-1500 devir sayısına çıkartmaktadır [20].

3.4.6 Yüksek ve Düşük Hız Milleri

Düşük hız mili kanatlara bağlıdır ve dakikada 30-60 devir ile dönebilmektedirler. Yüksek hız mili ise jeneratöre bağlıdır eğer dişli kutusu mevcut ise dişli kutusu ile jeneratör arasındadırlar [20].

3.4.7 Generatör

Türbinlerde senkron, indüksiyon ve doğru akım olmak üzere 3 farklı generatör kullanılabilir. Küçük güçlerde doğru akım orta ve büyük güçlerde ise senkron ve indüksiyon generatörler kullanılmaktadır. Senkron generatörlerin doğru akım generatörüne göre avantajları ise veriminin yüksek olması ve daha düşük hızlarda enerji verebilmesi söylenebilir. Senkron generatörlerin indüksiyon generatörlerine göre

avantajı ise kendi mıknatıslanma akımlarını sağlamalarıdır, fakat pahalıdırlar ve kontrol sistemleri daha karmaşıktır. İndüksiyon generatörler en ekonomik ve güvenilir generatör olarak ortaya çıkmaktadırlar. Avantajları tesisi ucuzdur, şebekeye bağlantısı kolaydır ve şebekeye bağlandığı zamanlar salınımlar oluşturmaz. Dezavantajları ise mıknatıslanma akımını şebekeden çekmesidir ve bu reaktif güç tüketimi oluşturmaktadır. Generatör uçlarına kapasiteler bağlanarak şebekeden çekilen reaktif güç azaltılabilir [20].

Rüzgar türbinleri için çok kutuplu ve düşük devir sayılı generatörlerde üretilmektedir. Generatörlerde kutup sayısı arttıkça devir sayıları da düşmektedir. Bu üretimlerdeki amaç dişli kutusunu ortadan kaldırmak ve verimi arttırmaktır. Fakat çok kutuplu generatörler daha ağır olmaktadır ve türbin dinamiğini etkilemektedir.

Generatörlerin frekansları 50 ve 60Hz olarak üretilmektedir. Büyük güçlü rüzgar türbinlerinde generatör genellikle 3 fazlı 690 V'luk gerilim üretirler [20].

3.4.8 Kule

Yatak ve rotoru taşımaktadırlar. Genellikle çelikten imal edilirler. Tüp şeklindeki kuleler en çok tercih edilen kule tipidir. Kule yüksekliği arttıkça üretilen enerjide artmaktadır.

3.4.9 Yönelme Sürücüsü ve Motoru

Rüzgar türbinlerinde rotorun rüzgarın esme yönüne göre hareketini belirleyen ekipman yönelme sürücüsüdür. Yönelme motoru ise sürücüden aldığı komutlar doğrultusunda rotorun hareketini sağlar [16].

3.5 Rüzgar Türbinlerinde Enerji Dönüşümü ve Üretimi

Türbin rotoru aerodinamik olarak modellenmiş kanatları ile rüzgar dalga enerjisinin bir kısmını yakalayarak mekanik enerjiye çevirir. Bu mekanik enerjinin hızı düşüktür ve dişli kutuları yardımı ile hızı generatör seviyesine çıkarılır. Generatörün yüksek kutuplu olması durumunda ise dişli kutusuna ihtiyaç duyulmayabilir. Yüksek dönüş hızına sahip mekanik enerjiye çevrilmiş bu enerji generatörler vasıtasıyla elektrik enerjisine

dönüştürülür [21]. Denklem 3.1’de generatör çıkış gücü P_e , generatör verimi η_g ve dişli kutusunda hızı yükseltile mekanik güç ise P_t ’dir.

$$P_e = \eta_g P_t \quad (3.1)$$

Eğer dişli kutusunun verimini (η_m) ve türbin güç katsayısını hesaba katarak (C_p) yukarıdaki formülü rüzgar gücü (P_w) cinsinden yazmak istersek Denklem 3.1 Denklem 3.2 gibi genişleyebilir [16].

$$P_e = C_p \eta_m \eta_g P_w \quad (3.2)$$

Rüzgar türbinlerinde maximum güç Denklem 3.3 ile elde edilebilir [16].

$$P_e = 0.5 \rho \pi R^2 v^3 C_p \quad (3.3)$$

Bu formülde,

ρ : Havanın özgül ağırlığını (kg/m^3)

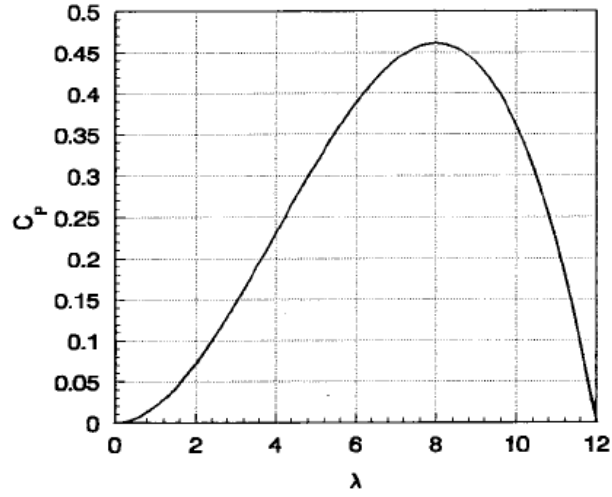
R : Türbin yarı çapını (m)

v : Rüzgar hızını (m/s) ifade etmektedir.

Rüzgar enerji sistemlerinde C_p katsayısının maximum değeri 0.59’dur (Betz Limiti) . C_p katsayısı λ kanat uç hız oranına bağlı bir büyüklüktür ve her rüzgar hızı için, belirli mil hızında bir maksimum değere sahiptir. C_p katsayısı eğer sistemde mevcutsa dişli kutusunun, generatörün ve güç elektroniği elemanlarından oluşan dönüştürücülerin verimlerini içerir. Kanat hız uç oranı Denklem 3.4’te ifade edilmiştir [16].

$$\lambda = R.w/v \quad (3.4)$$

İfade 3.4’te R rotor yarıçapı (m), w kanadın açısal hızını (rad/s) ve ise rüzgar hızını (m/s) ifade etmektedir. Kanat hız uç oranı ile güç katsayısı arasındaki ilişkiye örnek olarak tipik bir rüzgar türbininin C_p/λ değişimi Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Tipik bir türbin için C_p/λ değişimi [24]

Farklı yapıda rotor ve kanat tipleri için yukarıdaki eğri farklılaşabilir. Ampirik bir ifade olarak veya tecrübelerle dayanılarak maksimum güç için kanat hız uç oranının $\lambda = 4.\pi/k$ değerinde olduğu gözlemlenmiştir. Burada k kanat sayısıdır [21].

Herhangi bir rüzgar hızı için kanat uç hız oranının C_p 'yi maksimum yaptığı nokta, mevcut rüzgardan en yüksek güç alınabilecek çalışma noktasıdır. Değişken hızda rüzgar türbininden optimum güç elde edilebilmesi için bu kanat hız uç oranı değeri kullanılır ve C_p 'nin hangi kanat uç hız oranı değerinde maksimum olacağı ise türbinin aerodinamik yapısına bağlıdır [21].

GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimini sağlayan sistemlere “Fotovoltaik Sistemler” adı verilir. Fotovoltaik kelimesi “photo” ve “volta” kelimelerinin bileşiminden ortaya çıkmıştır. Photo kelimesi Latince ışıık anlamında kullanılmaktaydı. Volta (Count Volta: 1745 – 1827 İtalyan fizikçi) ise elektriksel bir büyüklük olan gerilimin birimi olarak kullanılmaktadır.

4.1 Güneş Enerjisinin Tarihçesi

Güneş ışıınımı asırlardan beri yeryüzüne geldiği halde, bilinçli faydalanmaya başlanması oldukça yenidir. Kaynaklara göre, ilk defa Sokrat (M.Ö.400), evlerin güney yönüne fazla pencere koyarak güneş ışığının içeri girmesini ve kuzey tarafını yüksek yaparak rüzgarın önlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Archimedes’in (M.Ö.250) iç bükük aynalarla güneş ışığını odaklayarak Sirakuzayı kuşatan gemileri yaktığı iddia edilmektedir [16].

Güneş enerji sistemlerinin geçmişı 1839 yılına uzanmaktadır. Bu tarihte Becquerel tarafından ışık etkisi keşfedilmişti, fakat bu yüzyılın teknoloji düzeyi PV sistemlerinin keşfedilmesi için yetersizdi. Yarı iletken malzemeler bu keşiften 100 yıl sonra kullanılmaya başlandı. Böylelikle PV sistemlerine ulaşmak için ilk adım atılmış oldu. Shockley’in p - n jonksiyon modelini geliştirmesinin ardından Bell Laboratuvarları’nda 1954 yılında ilk güneş hücresini geliştirildi. Bu hücrenin verimi yaklaşık %5 civarlarındaydı. İlk geliştirilen güneş hücreleri uzay araştırmaları kapsamında değerlendirildiklerinden bu dönemler için maliyetleri kaygı verici bir durum oluşturmamaktaydı [16].

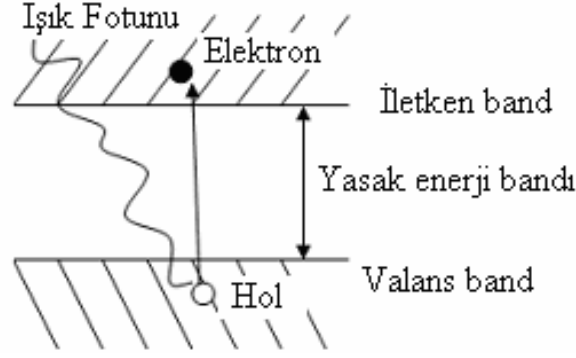
1970'ler baş gösteren yakıt sıkıntısı ve dünya üzerinde uygulanan ambargolar yenilenebilir enerji kaynaklarını ön plana çıkardı. Bu gelişme ile birlikte güneş enerji sistemleri de enerji piyasasında kendine önemli bir yer edinme şansını yakaladı.

4.2 Güneş Panellerinin Yapısı ve Çalışması

Güneş panelleri güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmektedirler ve yarı iletken malzemelerden oluşmaktadırlar. Yarı iletken elemanlar son yörüngelerinde dört adet elektron bulunmaktadırlar. Son yörüngede bulunan bu elektronlara valans elektronları adı verilmektedir. Yarı iletken elementler periyodik cetvelin IV. grubunda bulunurlar (Silisyum, Germanyum vb.). Güneş panellerinde en çok kullanılan yarı iletken malzeme ise silikondur [16].

Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmeleri için n ya da p tipi katkılanmaları gereklidir. Yarı iletken malzemelerin n tipi malzemeye dönüştürülmesi için V. grup elementlerinden biri ile etkileşime girmesi gerekir. V. grup elementinin son yörüngesinde yarı iletken malzemeye göre bir fazla elektron olduğundan, bu fazla elektronu yarı iletken malzemeye verir. Bu nedenle V. grup elementlerine "verici" ya da "n tipi" katkı maddesi adı verilir. Böylelikle oluşmuş olan n tipi malzemede negatif yüklü bir karakteristiğe kavuşmuş olur. P tipi yarı iletken malzeme elde etmek için ise, elementin III. grup elementlerinden (alüminyum, indiyum, bor vb.) biri ile etkileşime girmesi sağlanır. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için, yeni oluşan bileşikte bir elektron eksikliği oluşur, bu elektron yokluğuna hol ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de "p tipi" ya da "alıcı" katkı maddeleri denir. P ya da n tipi ana malzemenin içerisine gerekli katkı maddelerinin katılması ile yarıiletken eklemler oluşturulur. N tipi yarıiletkende elektronlar, p tipi yarıiletkende holler, çoğunluğu oluştururlar. P ve n tipi yarıiletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötrdür. Yani p tipinde negatif enerji seviyeleri ile hol sayıları eşit, n tipinde pozitif enerji seviyeleri ile elektron sayıları eşittir. P - n yapısı oluştuğunda, n tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, p tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder. P - n tipi maddenin ara yüzeyinde, yani eklem bölgesinde, p bölgesi tarafında negatif, n bölgesi tarafında pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine "geçiş bölgesi" ya da "yükten

arındırılmış bölge" denir. Bu bölgede oluşan elektrik alan "yapısal elektrik alan" olarak adlandırılır. Yarıiletken eklemın güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaiik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürölerek elektron - hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır [16].



Şekil 4.1 Güneş panellerinde ışığın elektrik enerjisine dönüşümü [22]

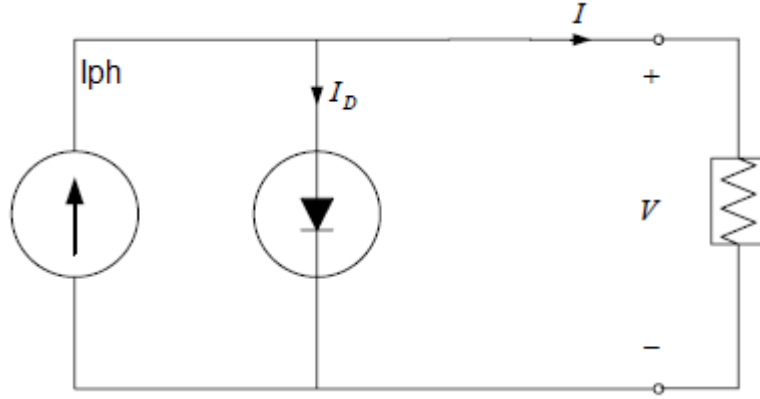
Yarıiletkenler, bir gizli enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur [Şekil 4.1]. Bu bandlar, valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu gizli enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banddaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Böylece, elektron-hol çifti oluşur. Bu olay, p - n eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise elektron - hol çiftleri buradaki elektrik alan tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder [16].

4.3 Güneş Panellerinin Elektriksel Eşdeğer Devreleri

Güneş panellerinin elektriksel modelleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

4.3.1 Basitleştirilmiş Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli

Güneş panellerinin basitleştirilmiş elektrisel eşdeğer modeli bir diyot ve bir akım kaynağından oluşmaktadır [Şekil 4.2].



Şekil 4.2 Basitleştirilmiş model [21]

Yukarıdaki modelde I_{ph} foton akımını temsil etmektedir ve güneş ışınımı ile doğru orantılıdır. Güneş ışınımının birimi ise W/m^2 'dir. Diyot ise güneş panelini oluşturan yarı iletken elemanı ifade etmektedir.

Eğer I akımını bulmak istersek [23],

$$I = I_{ph} - I_D \quad (4.1)$$

ifadesi elde edilir. I_D , diyot akımını, I_{ph} , foton akımını ve I , panelin çıkış akımını temsil etmektedir. Eğer diyot akımını bulmak istersek [23],

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V}{m \cdot V_T}} - 1 \right) \quad (4.2)$$

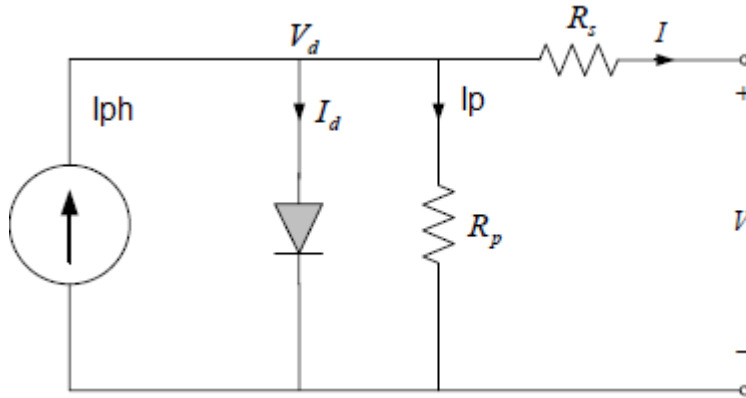
ifadesi elde edilir. Bu denklemde I_S diyotun doyma akımını, m diyot faktörünü, V_T termal gerilimi (25° sıcaklıkta 25,7 mV değerindedir) ve V panelin çıkış gerilimini ifade etmektedir [23].

4.3.2 Tek Diyotlu Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli

Gerçekte panel üzerinde gerilim düşümleri ve kaçaklar meydana gelmektedir. Basitleştirilmiş modele güneş paneli üzerinde oluşabilecek gerilim düşümlerini hesaba katmak için seri bir direnç (R_s) ayrıca kaçak akımları hesaba katmak içinde diyoda paralel bir direnç (R_p) ilave edilmiştir [Şekil 4.3]. Tek diyotlu bu eşdeğer modelde Kirchhoff akım yasasını uygularsak Denklem 4.3'ü elde edebiliriz [23].

$$I_{ph} - I_D - I_P - I = 0 \quad (4.3)$$

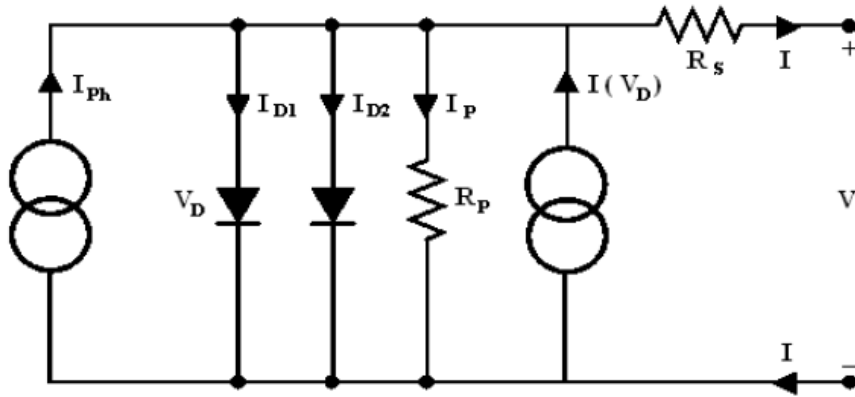
$$I_{Ph} - I_S \left(e^{\frac{V + I.R_S}{m.V_T}} - 1 \right) - \frac{V + I.R_S}{R_P} - I = 0 \quad (4.4)$$



Şekil 4.3 Tek diyotlu elektriksel eşdeğer devre modeli [21]

4.3.3 Çift Diyotlu Elektriksel Eşdeğer Devre Modeli

Çift diyotlu model güneş panellerinin arıza durumundaki modelidir. Bu arızayı modelleyebilmek için panel elektriksel eşdeğer modeline negatif gerilim uygulanmıştır [Şekil 4.4]. Aşağıdaki devrede ikinci akım kaynağı negatif gerilimi temsil etmektedir [23].



Şekil 4.4 Çift diyotlu elektriksel eşdeğer devre modeli [16]

4.4 Güneş Panellerinin Elektriksel Karakteristikleri

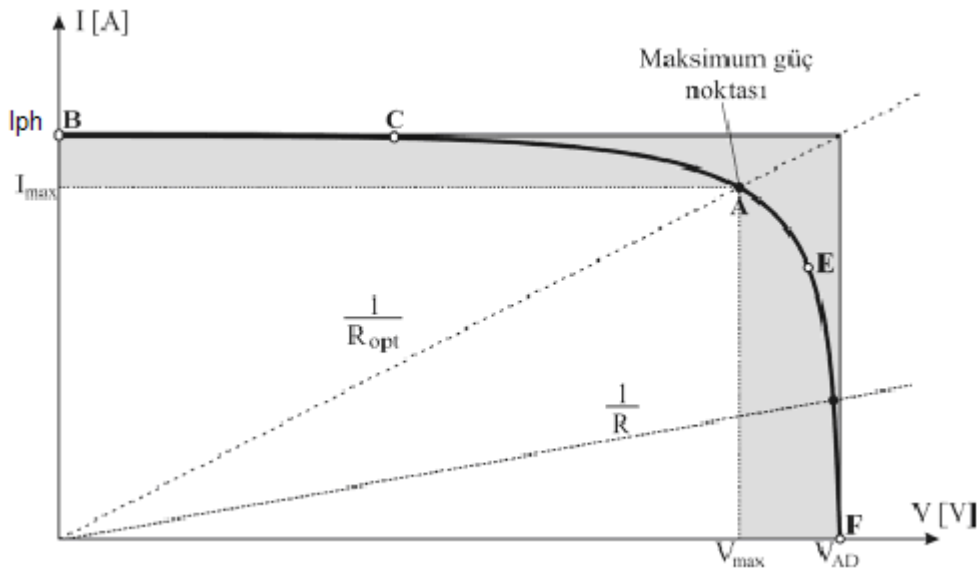
Güneş panellerinin akım-gerilim karakteristiğini oluşturmadan önce panellerin açık devre gerilimi (V_{ad}) ve kısa devre akımı (I_{ph}) hesaplanmalıdır. Güneş paneli güneş radyasyonuna maruz kaldığında panel uçlarında pozitif potansiyel fark meydana gelir

ve dış devreye pozitif bir akım verebilir. Panel uçlarına eğer değişken bir direnç yük bağlar isek (direnç değeri R olan), bu yükün çalışma noktası karakteristik eğrinin üzerinde bir değerdir. Direnç yükü için yük karakteristik eğrisi eğimi I/V veya $1/R$ olan bir doğrudur. Bu nedenle yüke aktarılan güç miktarı sadece yükün direncine bağlıdır. Eğer R yük direnci küçük değerlerde ise, güneş paneli B-C noktaları arasında sabit bir akım kaynağı gibi davranır. Eğer R direnci yüksek ise, bu sefer panel E-F noktaları arasında sabit bir gerilim kaynağı gibi çalışır [Şekil 4.5].

Panel için en verimli çalışma noktası A noktasıdır ve bu noktaya 'maksimum güç noktası' denir. Bu noktada panelden maximum güç çekilir ve dolayısıyla verimde maximum olacaktır [Şekil 4.5].

Paneller için bir diğer karakteristikte doldurma faktörüdür ve FF (fill factor) olarak bilinir. Doldurma faktörü panelin kalitesinde belirler ve iyi bir panel için bu değer 0.7 üstü olmalıdır. Şekil 4.5'teki taralı bölgenin kısa devre akımı ve açık devre geriliminin oluşturduğu dikdörtgenin alanından çıkarılması ile doldurma faktörü elde edilir ve ifadesi Denklem 4.5'te belirtilmiştir [22].

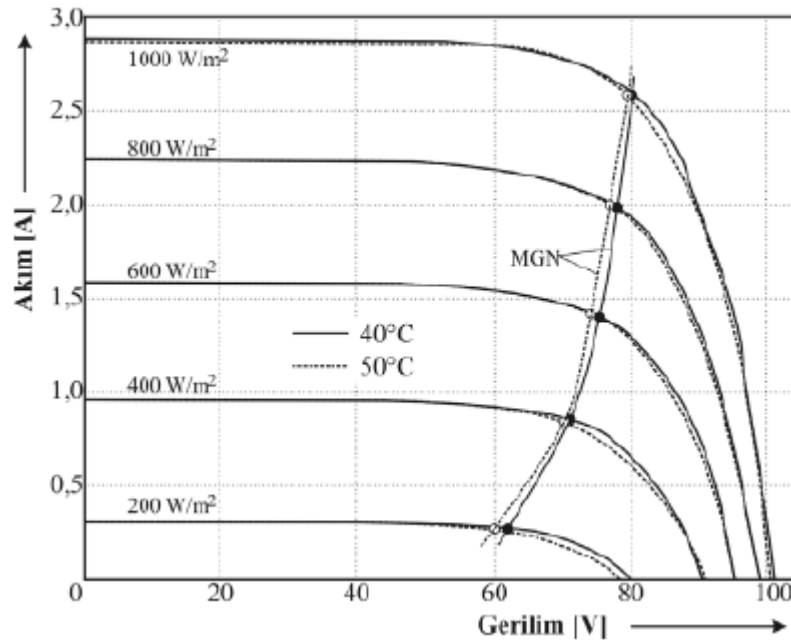
$$FF = \frac{P_{\max}}{V_{ad} \cdot I_{ph}} = \frac{V_{\max} \cdot I_{\max}}{V_{ad} I_{ph}} \quad (4.5)$$



Şekil 4.5 Güneş panellerinin tipik akım-gerilim karakteristiği [22]

4.5 Güneş Panellerinde Maksimum Güç Noktası ve Değişimi

Güneş panellerinin maksimum verim ve çıkış gücüyle çalıştığı güç noktası güneş ışınlarının panel yüzeyine yaptığı açıya ve panel sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Panellerin maksimum güç noktasında çalışabilmesi için maksimum güç noktası izleyicisi (MGNI) olarak adlandırılan anahtarlamalı güç dönüştürücüleri kullanılmaktadır. MGNI güneş panelinin akım ve gerilimini yükten bağımsız kontrol ederek bu işlemi gerçekleştirmektedir. Maksimum güç noktasının güneş ışınlamı ve sıcaklıkla değişimi Şekil 4.6’da gösterilmiştir [22].



Şekil 4.6 Maksimum güç noktasının ışınlam miktarı ve sıcaklıkla değişimi [22]

4.6 Maksimum Güç Noktası İzleyiciler

Maksimum güç noktasını bulmak ve takip etmek için çok sayıda strateji bulunmaktadır. Bu stratejiler genel anlamda iki başlıkta incelenebilirler.

4.6.1 Dolaylı MGNI'ler

Bu tarz izleyiciler güç noktasını basit kabuller, ölçümler aracılığı ve bu noktadaki panel geriliminin hesaplanması ile çalışırlar. Çeşitli uygulama örnekleri mevcuttur ve bazı örnekleri aşağıya sıralanmıştır [22].

- Güneş panel çalışma gerilimi mevsimlik olarak ayarlanabilir.
- Çalışma gerilimi modül sıcaklığına göre ayarlanabilir.
- Güneş panelinin ani açık devre gerilimi belirli bir sabit sayıyla çarparak MGN gerilimi hesaplanabilir. Panelin açık devre gerilimi sürekli periyodlarla ölçülür.
- Güneşin azimut ve yükseklik açılarına göre tasarım yapılabilir. Güneş panellerinin kurulacağı bölgenin coğrafi konumuna göre güneş açılarının değişimi bir veri tabanına aktararak izleyicinin hareketi bu veri tabanındaki bilgilere göre şekillenebilir [22].

Yukarıdaki yöntemlerin avantajı çok basit yapıda olmalarıdır.

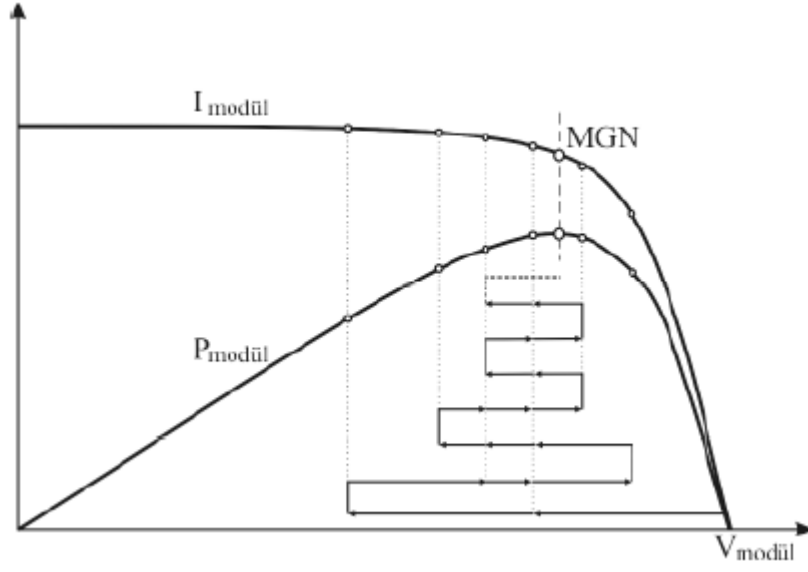
4.6.2 Doğrudan MGNİ'ler

Bu izleyicilerde optimum çalışma noktası panelden alınan akım, gerilim veya güç ölçümlerinden elde edilir ve bu nedenle daha doğru bir izleme yapabilirler. Bu izleyicilerde aşağıdaki prensibler kullanılabilmektedir [22].

- I-V karakteristik eğrisinin bir bölümünün periyodik olarak gözlemlenmesi prensibi ile çalışan izleyici sistemlerinde, panelin çalışma gerilimi DC/DC dönüştürücü tarafından verilen bir gerilim çerçevesi içerisindeydir. Maksimum panel gücü elde edilir ve çalışma noktası bu güce karşılık gelen gerilime ayarlanır.
- Bir diğer prensipte dilimize dağa tırmanma algoritması olarak çevrilmiş bir prensiptir. Bu prensip Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Burada çalışma gerilimi küçük adımlarla periyodik olarak değiştirilerek panel gücü ölçülür. Böylece artışın durduğu veya azalmaya başladığı nokta tespit edilerek ani çalışma noktası olarak kabul edilir. Eğer güç veya akım, gerilimin her bir adım artışında artıyorsa, araştırma yönü ileriye, aksi halde geriye doğru sürdürülür. Bu yolla maksimum güç noktası bulunur ve çalışma noktası gerçek MGN civarında bir salınım yapar [Şekil 4.7].

MGNİ kullanılmadan tasarlanan panel sistemleri için enerji kayıpları doğrudan MGN izleyici sistemlerin kurulması ile çok küçük oranlarda tutulabilir. Örneğin tipik bir güneş evi sisteminde batarya grubu öğleden önce tamamen şarj edilerek, fazla enerji miktarı çeşitli yüklere dağıtılabilecektir [22].

MNG izleyiciler kullanarak büyük bir enerji kazancı sağlayabiliriz.



Şekil 4.7 Maksimum güç noktasının tespit edilmesi [22]

MNGİ sistemleri için geliştirilmiş birçok algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmalarından en sık kullanılanları ise [22];

- Hata ve gözlem algoritması
- Sabit gerilim ve akım algoritması
- Artan iletkenlik algoritması
- Parazit kapasite algoritması

DİZEL JENERATÖRLER

Dizel jeneratör mekanik enerjinin elektrik enerjisine çevriminde, AC veya DC alternatör süren herhangi bir ilk hareketli makinedir. Alternatör 1831 yılında Michael Faraday tarafından bulunmuştur ve temel mantığı ise bir telin içinden geçen manyetik alan değiştiğinde, bu değişimin o tel üzerinde bir akım oluşturmaktır. Bu tel eğer dışarıdan bir güç ile çevrilirse bu çevirmeyi sağlayan enerji, elektrik enerjine dönüştürülmüş olur. Faraday bu buluştan sonra elle çalıştırılan basit jeneratörler geliştirmiştir ve gelişim günümüzdeki dizel jeneratörlerin temelini oluşturmaktadır. Bir dizel jeneratörün ana parçaları; motor, alternatör, radyatör, şasi, akü, kontrol panosu ve transfer panosudur [25].

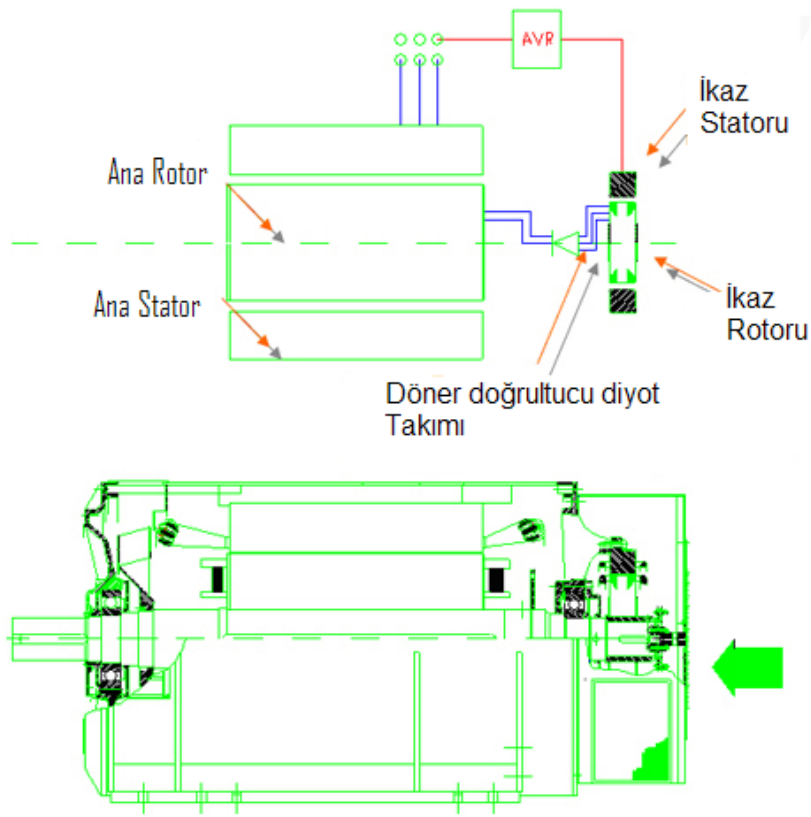
5.1 Alternatörün Çalışma Prensibi

Alternatörler elektromanyetik endüksiyon prensibi ile çalışırlar. Elektromanyetik endüksiyon bir telin içinden geçen manyetik alan değiştiğinde o tel üzerinde bir akım oluşmasıdır. Bu tel eğer dışarıdan bir güç ile çevrilirse bu çevirmeyi sağlayan enerji elektrik enerjisine dönüştürülmüş olur [25].

Mekanik enerjinin rotorları döndürmesiyle iletkenler etrafındaki manyetik alan değişir ve elektrik akımı üretilmiş olur. Fırçasız alternatörlerde alternatör, çalışma prensibine göre ana ve ikaz sistemi olarak ikiye ayrılabilir. Ana sistemin hareketli kısmı olan ana rotor devir sayısına göre değişen sayıda kutuplardan oluşur. Rotordaki ana kutuplar çevirici makine devrinde döndürülür. Kutuplarda manyetik akımın oluşması için doğru akım gereklidir. Ana kutuplara doğru akım ikaz sistemi tarafından verilir. İkaz sisteminin

Çalışma prensibi ana sistemle aynı olmakla beraber kutup ve sargılar ters çevrilmiştir. Yani, ikaz sisteminde kutuplar hareketsiz olan ikaz statoru üzerinde, sargılar ise dönen ikaz rotoru üzerinde bulunur [şekil 5.1].

Ana statordaki bağımsız yardımcı sargılardan geçen akım voltaj regltrnde doğrultularak, ikaz statorundaki kutup sargılarına verilir. Kutuplardan çıkan manyetik akımı kesen ikaz rotoru üzerindeki bobinlerde üç faz alternatif akım oluşur. Alternatif akım, rotordaki döner köprü diyotlarda doğrultularak ana rotora (ana kutuplara) doğru akım olarak aktarılır [şekil 5.1].



şekil 5.1 Alternatör alıřma şekli gösterimi [25]

Fırçasız alternatrlere yük uygulandığında, voltaj düşümü önlemek ve voltajı istenilen seviyede tutmak için otomatik voltaj regülâtörü (AVR) kullanılır.

5.2 İçten Yanmalı Dizel Jeneratörlerin Sınıflandırılması

Jeneratörleri kullanımına, hızına, tasarımına ve ölüsüne göre sınıflandırabiliriz.

Kullanımına göre [25];

- Gemilerde kullanılmak üzere marine tip
- Jeneratör, kompresör ve pompalarda kullanılan endüstriyel tip
- Karayolu taşıtlarında kullanılan otomotiv tip
- Lokomotif ve trenlerde kullanılan traksiyon tip

Hızına göre [25];

- Yüksek Hız - 1000 devir/dak. üzerinde
- Orta Hız - 400 devir/dak. - 1000 devir/min arası
- Düşük Hız - 400 devir/dak.'ya kadar

Tasarımına göre [25];

- Çalışma devri (4 piston - 2 piston)
- Piston hareketi veya piston bağlantısı
- Silindir düzenlemesi
- Kullanılan yakıt tipi
- Havanın silindirleri besleme durumu (Ortam basıncı ve ya yüksek basınç gibi)

Ölçüsüne göre [25];

- Küçük tip: 25 hp/silindir altında
- Orta tip: 25 - 200 hp/silindir arasında
- Büyük tip: 200 hp/silindir üstünde

5.3 Dizel Jeneratörün Elektriksel Gücü ve Buna Etkiyen Temel Unsurlar

Dizel jeneratörler dizel harcayıp elektrik üretmektedirler. Eğer jeneratörler düşük yükte çalıştırılırlarsa verimleri düşmektedir. Eğer yüksek veya tam yükte çalıştırılırlar ise verimleri yükselmektedir. Bu şu anlama gelmektedir; düşük yükteki Tl/kWh maliyeti yüksek çıkış yükündekinden daha yüksektir. Jeneratörlerin katalog bilgilerinde yarı yükte, 75 % yükte ve tam yükte harcadığı dizel miktarı yer almaktadır. Jeneratörlerin minimum yükü nominal güçlerinin 30 %'un altına düşmemelidir çünkü bu durum

jeneratörde kalıcı hasarlara yol açabilmektedir. Ayrıca böyle bir çalışma jeneratörün ömrünü de kısaltabilmektedir. Ayrıca aynı nedenlerden ötürü jeneratörler aşırıda yüklenmemelidir[26] .

Dizel jeneratörlerin kurulacağı yerin deniz seviyesine göre yüksekliği önemlidir. Yükseklik arttıkça ortamdaki oksijenin düşmesi nedeni ile yanma odasındaki oksijen azalacak ve jeneratörde güç kaybına neden olacaktır. Yükseklik arttıkça bu güç düşüm oranıda artacaktır [26].

Sıcaklıkta aynı şekilde etkimektedir. Eğer radyatörler yeterli soğutmayı yapamazlar ise ortamala 40 derece makine sıcaklığı alternatörün sıcaklığını arttıracaktır. Alternatörün sıcaklığının artması dizel jeneratörün verimini azaltacak ve güç kaybına neden olacaktır. Sıcaklık yükseldikçe güç düşüm oranıda artacaktır [26].

Ayrıca dizel jeneratörlerin katalog bilgilerinde jeneratörün nominal gücü olarak brüt gücüde yazabilmektedir. Brüt güç jeneratör yan güçlerini (fan ve şarz alternatörü vb.) içerebilmektedir. Dizel jeneratör net çıkış gücününün anlaşılmasında bu yan güçlerde hesaba katılmalıdır [26].

Jeneratör katalog bilgilerinde prime, sürekli ve standby güçler yer almaktadır. Bu kavramlar uluslar arası ISO8528 standardında detaylı olarak açıklanmıştır. Bu standart Türkiye’de TS ISO 8528 olarak kabul edilmiştir. Jeneratörlerin bu standartların (veya bu modların) dışında kullanılması jeneratörün ömrünün ksalmasına neden olabilmektedir [27].

HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRILMASI

İteratif yöntemle hibrit rüzgar-solar-dizel jeneratör ve batarya enerji sistemlerinin boyutlandırılması üzerine Matlab’da boyutlandırma programı hazırlanmıştır. Aşağıdaki bölümlerde bu çalışma anlatılacaktır. Matlab kodları EK-D’dir.

6.1 Hibrit Enerji Sistemleri

Hibrit enerji sistemleri bir çok güç sisteminin bir arada kullanılmasıdır. Bir çok güç sisteminin bir arada kullanılmasının nedenleri ise yenilebilir enerji kaynaklarının sürekli olmaması ve tek başlarına yükü besleyememeleridir. Ayrıca enerji sisteminde bataryalar mevcut ise üretilen enerjinin fazlasını depolayabilirler ve gerekli durumlarda yükü besleyebilirler. Bataryanın bulunması sisteme fayda getirebilir. Yenilenebilir enerjinin yükü besleyemediği durumlarda batarya gibi dizel jeneratörler de gerekli durumlarda yükü besleyebilir. Hibrit sistemlerin bir diğer avantajıda rüzgarın yeterli olmadığı zamanlarda güneş enerjisi, güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda ise rüzgar enerjisi yükü besleyebilmektedir. Bir çok hibrit enerji mimarisi mevcuttur ve bu sistemler şebeke ile bağımlı ve bağımsız olarak çalışabilmektedirler.

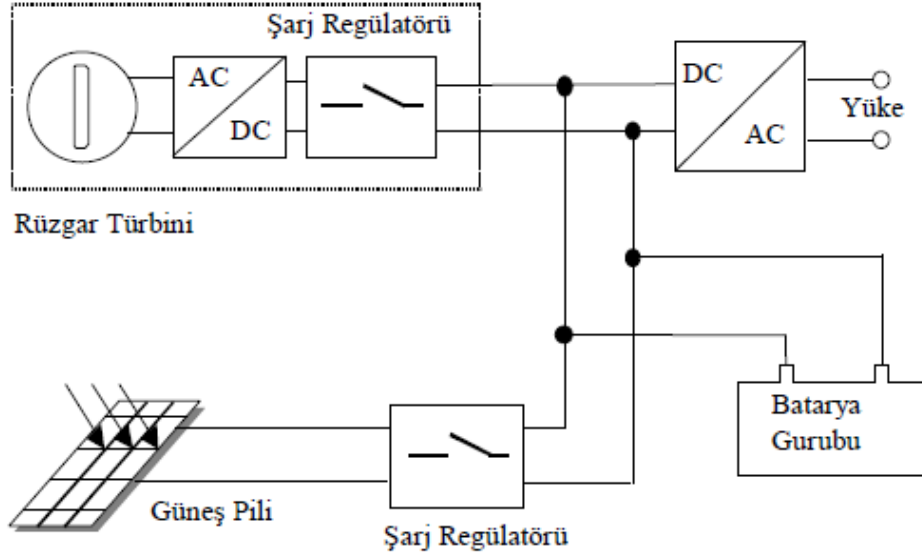
Bir çok güç sisteminin beraber çalışması sistem güvenilirliğini arttırdığı gözlenmektedir. Hibrit enerji sistemleri mimari yapıları gereği kompleks sistemlerdir [30].

Temel hibrit sistem güç bileşenleri ise aşağıda sıralanmıştır.

- Solar paneller, rüzgar türbinleri, dizel jeneratörler

- Batarya grupları, ayırıcılar, batarya şarj ediciler, inverterler, maksimum güç noktası izleyicileri

Şekil 6.1 örnek bir hibrit rüzgar-güneş-batarya enerji sisteminin muhtemel bir mimarisini göstermektedir.



Şekil 6.1 Örnek bir hibrit rüzgar-güneş-batarya enerji sistemi mimarisi [30]

Hibrit enerji sistemlerinde batarya kullanmak ilk kurulum maliyetini arttırmaktadır. Bunun yanında dizel jeneratör kullanımı ise işletme maliyetlerini arttırmaktadır. Hangisinin eksik yükü tamamlamada daha etkin ve ekonomik olacağı ise optimizasyon yapılarak bulunabilmektedir.

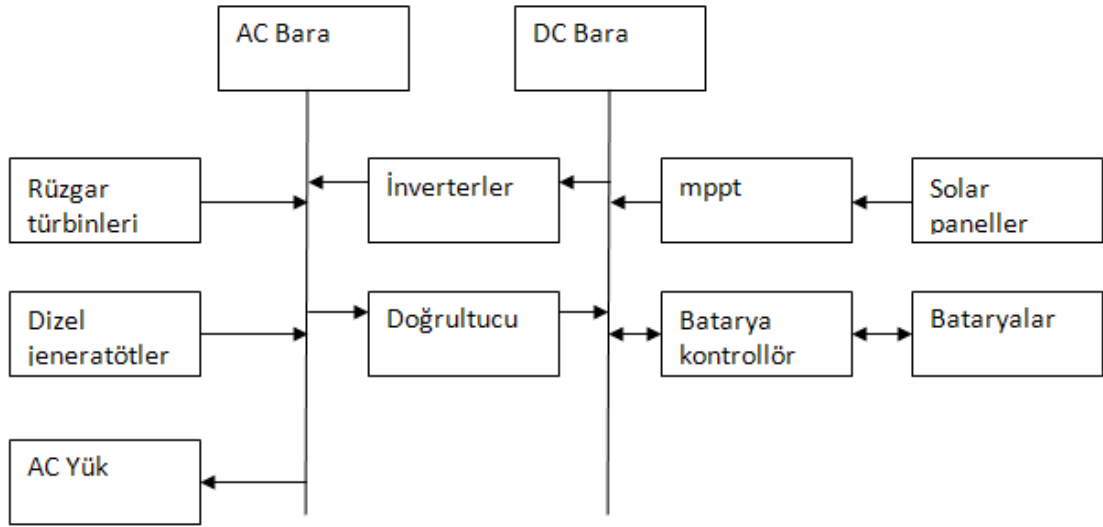
Dünyada birçok hibrit yenilenebilir enerji sistemleri örneği bulunmaktadır. Meksika San Juanico'daki 400 kişilik turizm işletmesi için bulunan hibrit enerji sistemi Dünya'daki örneklerden biridir [Şekil 6.2]. Sistemde 17kW'lık solar panel, 70kW'lık türbin, 80 kW'lık dizel jeneratör ve 100 kW'lık dönüştürücü bulunmaktadır [29].



Şekil 6.2 Dünya’dan bir hibrit enerji sistemi örneği [29]

6.2 Boyutlandırmaya Giriş

Şekil 6.3’te verilen yapıya sahip düşük güçlü bir hibrit enerji sistemleri için program hazırlanmıştır.

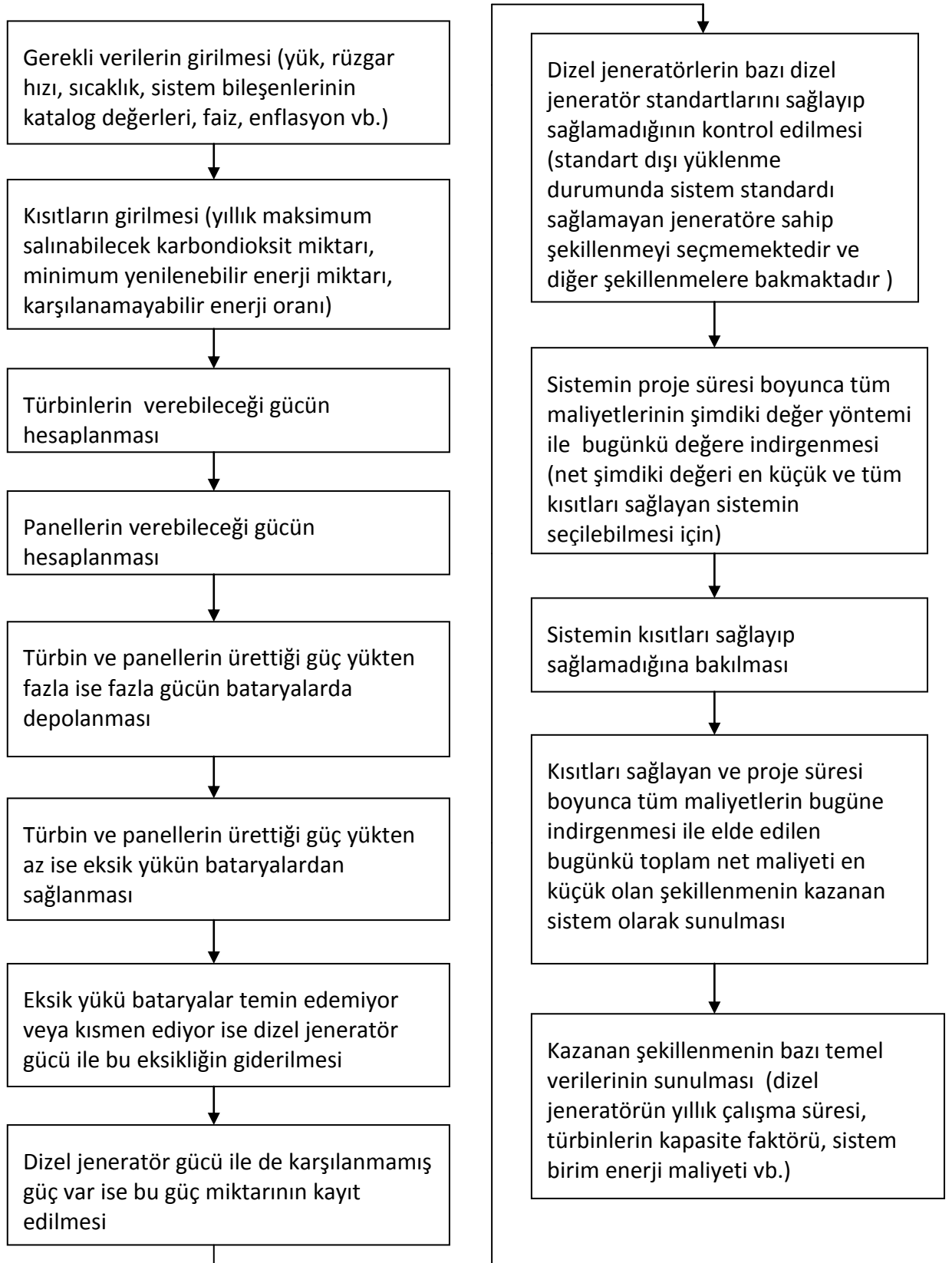


Şekil 6.3 Hibrit enerji sistemi

Programda iteratif yöntem kullanılmaktadır ve saatlik bazda (8760 saat) yıllık hesaplamalar yapılmaktadır. Program algoritması dahilinde muhtemel tüm sistemleri denemektedir. Proje boyunca tüm maliyetler şimdiki değer yöntemi ile bugüne indirgenmektedir ve her olası sistemin bugünkü net maliyeti hesaplanmaktadır.

Gerekli şartları sağlayan ve bugünkü net maliyeti en küçük olan sistem ekonomik olarak en uygun sistem olarak seçilmektedir.

Temel olarak programın işleyişi Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4 Program akışı

Yukarıdaki akış mantığı ile tüm olası sistemler algoritma dahilinde simule edilmektedirler.

Örneğin bir bölgeyi yenilebilir enerji ile beslemek istiyoruz veya yenilebilir enerjinin ekonomik olup olmadığını araştırmak istiyoruz. Yüke uygun olarak örneğin rüzgar türbinleri olarak 1 adet 3kW türbin, 2 adet 3kW türbin ve 1 adet 10kW türbinini simülasyona katmak için seçelim. Solar paneller olarak 1 adet 10kW panel grubu ve 1 adet 15kW panel grubu seçelim. Bataryalar olarak 10 adet 12V 50Ah, 20 adet 12V 50Ah ve 30 adet 12V 50Ah seçelim. 5kVA ve 10 kVA'lık dizel jeneratörler seçelim. Böylece 3 farkı türbin grubu, 2 farklı panel grubu, 3 farkı batarya grubu ve 2 farklı jeneratör elde edilmiştir. 36 farklı şekillenme elde edilmektedir ($3 \times 2 \times 3 \times 2 = 36$) ve program bu 36 ayrı şekillenmeyi yıllık bazda (8760 saat) saatlik olarak simülasyon yapmaktadır. Bu 36 şekillenme içinde yıllık yükü karşılayan, gerekli şartları sağlayan (kısıtlara takılmayan) ve bugünkü net maliyeti en küçük olan sistem ekonomik olarak en uygun sistem olarak önerilmektedir.

Programda rüzgar-dizel, rüzgar-batarya, rüzgar-dizel-batarya, solar-dizel, solar-batarya, solar-dizel-batarya ve sadece dizel jeneratörlerden oluşan sistemlerinde boyutlandırılması yapılabilmektedir.

Yıl boyunca her saat için türbinlerin ve solar panellerin verebileceği güçler hesaplanmaktadır. Ayrıca bataryaların ve jeneratörlerinde verdikleri güçler hesaplanmaktadır. Proje boyunca her yıl aynı kabul edilmiştir yani her yıl için yük, rüzgar hızı, sıcaklık vb. verileri sabit kalmaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde rüzgar türbinlerinin, solar panel gruplarının, bataryaların ve dizel jeneratörlerin matematiksel olarak nasıl modellendiği incelenecektir. Ayrıca sistem giriş verilerinin neler olduğu ve hangi formatta programa dahil olacağı detaylıca açıklanacaktır. Sistem bileşenlerinin maliyetlerinin neler olabileceği ve şimdiki değer metodu da aşağıdaki bölümlerde incelenecektir.

6.3 Güneş Enerjisinin Modellenmesi

Güneş panelleri birçok güneş hücresinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır ve güneş radyasyonunu elektrik enerjisine çevirmektedir.

Bir güneş panelinin elektriksel çıkış gücünün matematiksel Eşitlik 6.1 ile ifadesi edilmiştir [31].

$$P_{pv} = Y_{pv} \cdot f_{pv} \cdot \left(\frac{\overline{G_T}}{G_{T,STC}} \right) \cdot [1 + \alpha_p (T_c - T_{c,STC})] \quad (6.1)$$

Burada;

Y_{pv} = Güneş panelin standart test koşullarındaki çıkış gücü (nominal gücü) [kW],

f_{pv} = Güneş panelin toz ve kablo güç kayıpları vb. yüzünden oluşan güç kaybı oranı [%],

G_T = Güneş panel yüzeyindeki güneş radyasyonu [kW/ m²],

$G_{T,STC}$ = Standart test koşullarında panel yüzeyindeki güneş radyasyonu (değeri 1 kW/ m²dir),

α_p = Panelin sıcaklık güç katsayısı [%/°C],

T_c = Hücre sıcaklığı [°C],

$T_{c,STC}$ = Standart test koşullarında hücrenin sıcaklığıdır ve değeri 25 °C'tır.

Yukarıdaki formülde görüldüğü üzere çıkış gücü hücre sıcaklığına ve panel yüzeyindeki güneş radyasyonuna bağlıdır [31]. Hücre sıcaklığının hesaplanması Eşitlik 6.2 ile açıklanmıştır [31].

Eşitlik 6.2 paneldeki enerji dengesini tanımlamaktadır [31].

$$\tau \cdot \alpha \cdot G_T = \eta_c \cdot G_T + U_L \cdot (T_c - T_a) \quad (6.2)$$

Burada;

τ = Panel yüzeyinin güneş radyasyonu geçirgenliği [%],

α = Panelin güneş radyasyonunu absorbe oranı [%],

G_T = Panel yüzeyine gelen güneş radyasyonu [kW/ m²],

η_c = Panelin elektriksel dönüşüm verimi [%],

U_L = Panelin ısı transfer katsayısı [kW/ m²°C],

T_c = Hücre sıcaklığı [°C] ,

T_a = Ortam sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$].

Panelin absorbe ettiği güneş enerjisi panelin elektriksel çıkış gücüne ve paneldeki ısı transferinin toplamına eşittir. Bu enerji eşitliğinden yararlanılarak iterasyon adım süresi boyunca hücre sıcaklığı hesabının matematiksel ifadesini bulunmaktadır [31]. Eşitlik 6.2'deki ifadeyi hücre sıcaklığını (T_c) denklemin bir tarafında bırakacak şekilde Eşitlik 6.3 gibi formüle edebiliriz [31].

$$T_c = T_a + G_T \cdot \left(\frac{\tau \cdot \alpha}{U_L} \right) \cdot \left(1 - \frac{\eta_c}{\tau \cdot \alpha} \right) \quad (6.3)$$

Eşitlik 6.3'teki $\tau \cdot \alpha / U_L$ değerini bulmak için Eşitlik 6.4 yazılabilir. Panellerin katalog bilgilerinde nominal çalışma sıcaklığı yer almaktadır (NOCT). Bu çalışma sıcaklığı 20°C 'lik ortam sıcaklığı, 1 m/s 'lik rüzgar hızı, 0.8 kW/m^2 'lik güneş radyasyonunun olduğu ve elektriğin üretilmediği bir durumda meydana gelmektedir [31].

$$\frac{\tau \cdot \alpha}{U_L} = \frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{G_{T,NOCT}} \quad (6.4)$$

Burada;

$T_{c,NOCT}$ = Nominal çalışma hücre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$] ,

$T_{a,NOCT}$ = NOCT'ndaki ortam sıcaklığı [20°C],

$G_{T,NOCT}$ = NOCT'ndaki güneş radyasyonudur [0.8 kW/m^2].

$\tau \cdot \alpha / U_L$ ifadesinin sabit olduğunu varsayıp Eşitlik 6.3'te yerine yazarsak Eşitlik 6.5 elde edilir [31].

$$T_c = T_a + G_T \cdot \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{G_{T,NOCT}} \right) \cdot \left(1 - \frac{\eta_c}{\tau \cdot \alpha} \right) \quad (6.5)$$

$\tau \cdot \alpha$ 'nın 0.9 olduğu varsayılmıştır (Duffie ve Beckman,1991) [31].

Güneş panellerinin damia maksimum güç noktasında çalıştığı varsayılmıştır. Hücre verimi ise maksimum güç noktasındaki çalışma verimine eşittir [31].

$$\eta_c = \eta_{mp} \quad (6.6)$$

Burada;

η_{mp} = Maksimum çalışma noktasındaki panel verimidir [%].

$\eta_c = \eta_{mp}$ ifadesini Eşitlik 6.5'te yerine yazarsak Eşitlik 6.7'yi elde ederiz.

$$T_c = T_a + G_T \cdot \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{G_{T,NOCT}} \right) \cdot \left(1 - \frac{\eta_{mp}}{\tau \cdot \alpha} \right) \quad (6.7)$$

η_{mp} hücre sıcaklığına göre lineer olarak değişmektedir. Eşitlik 8.8 hücre sıcaklığına göre verimin değişimini ifade etmektedir [31].

$$\eta_{mp} = \eta_{mp,STC} \cdot [1 + \alpha_p \cdot (T_c - T_{c,STC})] \quad (6.8)$$

Burada;

$\eta_{mp,STC}$ = Standart test koşullarındaki maksimum çalışma noktasındaki verimi [%],

α_p = Panelin sıcaklık güç katsayısı [%/°C],

$T_{c,STC}$ = Standart test koşullarında hücrenin sıcaklığıdır ve değeri 25 °C'tır.

Eşitlik 6.8'deki η_{mp} 'i eşitlik 6.7'de yerine yazıp T_c 'ni denklemde yalnız bırakırsak aşağıdaki ifadeye ulaşmış oluruz [31].

$$T_c = \frac{T_a + (T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}) \cdot \left(\frac{G_T}{G_{T,NOCT}} \right) \cdot \left[1 - \frac{\eta_{mp,STC} \cdot (1 - \alpha_p \cdot T_{c,STC})}{\tau \cdot \alpha} \right]}{1 + (T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}) \cdot \left(\frac{G_T}{G_{T,NOCT}} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_p \cdot \eta_{mp,STC}}{\tau \cdot \alpha} \right)} \quad (6.9)$$

Eşitlik 6.9 hücre sıcaklığını ifade etmektedir. Denklemden de görüldüğü üzere hücre sıcaklığının hesabı için panel yüzeyine gelen güneş radyasyonunda (G_T) bilinmesi gerekmektedir [31].

Programının girdisi olan yıllık (8760 saat) güneş radyasyonu verisi global yatay güneş radyasyonudur. Fakat güneş panelleri her zaman yatay değildir ve çıkış gücüne etki eden radyasyon panelin yüzeyine gelen radyasyondur. Panelin yüzeyine gelecek global güneş radyasyonunu (G_T) hesaplamamız gerekmektedir [31].

Panelin yüzeyine gelecek global güneş radyasyonunun hesabı için bir çok faktör etki etmektedir. Öncelikle panelin eğim ve azimut açılarını bilmemiz gerekmektedir. Eğim açısı panel ile yeryüzü arasındaki açıdır. Eğer eğim açısı 90 ° ise panel dik durumdadır

diyebiliriz. Azimut açısı ise panel yüzeyinin yerel boylama göre sapmasını göstermektedir. Kuzey yarım küredeki paneller yüzeylerini güneye doğru çevirmeliler ve güneye bakan yüzeylerde bu açı 0^0 'dır [31].

Hesaplanması gereken bir diğer açı güneş deklinasyon açısıdır (δ). Dünya-güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi yaptığı açıdır ve yılın günlerine göre değişmektedir. Deklinasyon açısı $-23,45^0$ (21 Aralık kış gündönümünde) ile $+23,45^0$ (21 Haziran yaz gündönümünde) arasında değişir. İlkbahar ekinoksunda (21 Mart) ve sonbahar ekinoksunda (21 Eylül) deklinasyon açısı sıfır olur. Eşitlik 6.10'da n yılın günleridir ve 1 ile 365 arasında değişmektedir [31].

$$\delta = 23.45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284+n}{365}\right) \quad (6.10)$$

Saat açı hesaplamamız gerekmektedir. Saat açısı (ω) zamanın açısal ölçüsüdür ve güneşin gökyüzünde en tepede olduğu zaman 0^0 değerini almaktadır. Güneşin tepe yaptıktan sonraki zamanlar için pozitif önceki zamanlar için negatif değerler almaktadır. Örneğin öğleden sonra 16.00 için pozitif öğleden önce 09.30 için negatif değer almaktadır [31].

$$\omega = (t_s - 12) \cdot 15 \quad (6.11)$$

Yukarıdaki formülde t_s güneş açısıdır ve ifadesi Eşitlik 6.12'de gösterilmiştir [31].

$$t_s = t_c + \frac{\lambda}{15} - Z_c + E \quad (6.12)$$

Burada;

t_c = İterasyon adım süresincesi (1 saat) yerel saatin orta noktasıdır. 22.30 (22.00-23.00 iterasyon aralığı için) veya 15.30 (15.00-16.00 iterasyon aralığı) gibi değerler almaktadır [s] [31].

λ = Bölgenin boylam değeridir [0] [31].

Z_c = Bölgenin zaman alanıdır [s]. Negatif boylama sahip bölgelerde bu değer negatif pozitif boylama sahip bölgelerde ise pozitiftir [31]. Türkiye +2.00 zaman alanı içindedir.

E = Zaman eşitleme katsayısıdır [s]. Dünyanın elips şeklinin güneş saati hesabında etkisini göstermesi için kullanılır [31].

$$E = 3.82.(0.000075 + 0.001868 .\cos B - 0.032077 .\sin B - 0.014615 .\cos 2B - 0.04089 .\sin 2B) \quad (6.13)$$

Yukarıdaki denklemdeki B ise aşağıdaki Eşitlik 6.13 ile bulunur ve n yılın günleridir [31].

$$B = 360^\circ . \frac{(n-1)}{365} \quad (6.14)$$

Güneş radyasyonu ile panelin normali arasındaki açının kosinüs ($\cos\theta$) değerinin ifadesi aşağıdadır. Bu kosinüs değeri ($\cos\theta$) panel yüzeyine gelen global güneş radyasyonu hesabında kullanılacaktır [31].

$$\cos\theta = \sin\delta.\sin\phi.\cos\beta - \sin\delta.\cos\phi.\sin\beta.\cos\gamma + \cos\delta.\cos\phi.\cos\beta.\cos\omega + \cos\delta.\sin\phi.\sin\beta.\cos\gamma.\cos\omega + \cos\delta.\sin\beta.\sin\gamma.\sin\omega \quad (6.15)$$

Burada;

B= Panel ile yeryüzü arasındaki eğim açısı [$^\circ$],

Y= Panelin azimut açısı [$^\circ$],

ϕ = Bölgenin enlem değeri [$^\circ$],

δ = Güneş deklinasyon açısı [$^\circ$],

ω = Saat açısıdır [$^\circ$].

Güneş ışınlamı ile yeryüzünün normali arasındaki açı bize zenit açısını (θ_z) vermektedir. Güneş en tepede olduğu zaman bu açının değeri sıfır, yatay konumda olduğu zaman ise 90° olmaktadır. Zenit açısı kosinüs değeri Eşitlik 6.16 ile ifade edilmiştir [31].

$$\cos\theta_z = \cos\phi.\cos\delta.\cos\omega + \sin\phi.\sin\delta \quad (6.16)$$

Dünya dışı güneş radyasyonu (G_{on}) Şekil 6.17 ile elde edilebilir [31].

$$G_{on} = G_s.(1 + 0.033.\cos(\frac{360.n}{365})) \text{ [kW/m}^2\text{]} \quad (6.17)$$

Bu ifadede G_s güneş sabitidir ve değeri 1.367 kW/m^2 'dir [31].

Dünya dışı yatay güneş radyasyonunu (G_o) hesaplamak içinde Eşitlik 6.17'den yararlanılır [31].

$$G_o = G_{on}.\cos\theta_z \text{ [kW/m}^2\text{]} \quad (6.17)$$

İterasyon adım süresi boyunca (1 saat) ortalama G_o değerin hesaplanması ise Eşitlik 6.18 ile ifade edilmiştir [31].

$$\overline{G_o} = \frac{12}{\pi} \cdot G_{on} \cdot [\cos\phi \cdot \cos\delta \cdot (\sin\omega_2 - \sin\omega_1) + \frac{\pi \cdot (\omega_2 - \omega_1)}{180^\circ} \cdot \sin\phi \cdot \sin\delta] \text{ [kW/m}^2\text{]} \quad (6.18)$$

ω_1 = İterasyon adım başlangıç zamanının saat açısıdır $[\circ]$. Örneğin 13.00-14.00 iterasyonunda saat 13.00'ün saat açısı değeridir [31].

ω_2 = İterasyon adım sonu zamanının saat açısıdır $[\circ]$. Örneğin 13.00-14.00 iterasyonunda saat 14.00'un saat açısı değeridir [31].

Yukarı ifadedeki ortalama (1 saatlik) dünya dışı yatay güneş radyasyon (G_o) değeri atmosferin en tepesindeki değerdir. İterasyona başlamadan önce girdi olarak kullanacağımız güneş radyasyon değerleri ise atmosferin en altındaki yeryüzündeki yatay ortalama (1 saatlik) güneş rad. (G) değeridir ve güneşten doğrudan gelen direkt ışınım ile gökyüzünün farklı bölümlerinden gelen dağınık ışınımın toplamıdır [31].

Yukarıda bahsedilen dünya dışı radyasyon (G_o) ile yeryüzündeki radyasyon (G) değerinin oranı bulutsuzluk indeksini vermektedir [31].

$$k_T = \frac{\overline{G}}{G_o} \quad (6.19)$$

Dünya yüzeyindeki global güneş radyasyonu (G) direk radyasyon ve difüz radyasyonun toplamıdır. Direk radyasyon (G_d) güneşten direk yeryüzüne gelen radyasyondur difüz radyasyon (G_b) ise yönü atmosfer tarafından değiştirilmiş radyasyondur [31].

$$G = G_b + G_d \text{ [kW/m}^2\text{]} \quad (6.20)$$

İterasyon öncesi girdimiz olan güneş radyasyon değerleri global güneş radyasyon (G) değerleridir. Direk ve difüz radyasyon değerlerini hesaplamak için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır [31].

$$\text{Eğer } k_T \leq 0.22 \text{ ise } \frac{G_d}{G} = 1 - 0.09 \cdot k_T \quad (6.21)$$

$$\text{Eğer } 0.22 < k_T \leq 0.8 \text{ ise } \frac{G_d}{G} = 0.9511 - 0.1604.k_T + 4.388.k_T^2 - 16.638.k_T^3 + 12.336.k_T^4 \quad (6.22)$$

$$\text{Eğer } k_T > 0.8 \text{ ise } \frac{G_d}{G} = 0.165' \text{ dir.} \quad (6.23)$$

Eşitlik 8.19'da bulutsuzluk indeksi (k_T) değeri ifade edilmiştir ve bu ifade yardımıyla direk radyasyon (G_d) değeri bulunmaktadır [31].

Panel yüzeyindeki toplam güneş radyasyonunun hesabı için aşağıdaki 3 faktörde bilinmelidir [31]. R_b güneş radyasyonu ile panelin normali arasındaki açının kosinüs değerinin, güneş ışınlamı ile yeryüzünün normali arasındaki açının kosinüsüne oranıdır [31].

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (6.24)$$

Eşitlik 6.25 difüz radyasyonun atmosfer dışı güneş radyasyona oranını ifade etmektedir [31].

$$A_i = \frac{G_b}{G_o} \quad (6.25)$$

En son faktör ise Eşitlik 6.26'da belirtilmiştir ve ufuk parlaklığını hesaplamak için kullanılır [31].

$$f = \sqrt{\frac{G_b}{G}} \quad (6.26)$$

Son olarak güneş panelinin yüzeyine gelen toplam global güneş radyasyonu Eşitlik 6.27 ile ifade edilmiştir [31].

$$\overline{G_T} = (\overline{G_b} + \overline{G_d} . A_i) . R_b + \overline{G_d} . (1 - A_i) . \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) . [1 + f . \sin^3 \left(\frac{\beta}{2} \right)] + \overline{G} . \rho_g . \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (6.27)$$

Yukarıdaki ifadede ρ_g [%] yüzey yansıtma oranı ve β ise panelin yeryüzü ile yaptığı açıdır [31]. Panellerinin maksimum güç noktası takip (mppt) edicilere sahip olduğu ve bu yüzden maksimum güç noktasın da çalıştığı kabul edilmiştir.

6.4 Rüzgar Enerjisinin Modellenmesi

Rüzgar türbinlerinden elde edilebilecek gücü hesaplamak için türbinlerin hız-güç eğrisinden faydaniılmaktadır. Bu eğri hangi rüzgar hızında türbinin ne kadar güç verebileceğini göstermektedir. Fakat bu eğrideki rüzgar hız değerleri türbin hub yüksekliğindeki hız değerleridir ve giriş verisi olarak girdiğimiz rüzgar hızlarının yükseklik değerleri bu hub yükseklik değerinden farklı olabilmektedir.

Hub yüksekliğindeki rüzgar hızının bulunması için Eşitlik 6.28 kullanılmaktadır [21].

$$V_h = V_{ref} \cdot \left(\frac{H_h}{H_{ref}} \right)^\alpha \quad [m] \quad (6.28)$$

Burada;

V_h = Hub yüksekliğindeki rüzgar hızı [m/s],

H_h = Hub yüksekliği [m],

V_{ref} = Girilen rüzgar hızı değeri [m/s],

H_{ref} = Anemometre yüksekliği [m],

α = Sürtünme katsayısıdır ve rüzgara maruz kalan yer yüzeyinin topolojisine bağlıdır [21].

Türbin hız-güç eğrisindeki güç değerleri standart hava koşulları altındaki (15° (C) sıcaklık ve 1 atm basınç) değerlerdir yani $1,225 \text{ kg/m}^3$ hava yoğunluğu altındaki değerlerdir [31]. Hub yüksekliğinde ise farklı bir hava yoğunluğu olabilmektedir yani hub yüksekliğinde farklı sıcaklık ve basınç değerleri görülebilmektedir.

Hub yüksekliğindeki hava yoğunluğu ile standart hava koşullarındaki hava yoğunluğunun ($1,225 \text{ kg/m}^3$) oranının hesaplanması gerekmektedir. Eşitlik 6.29'da yoğunluk oranının hesaplanması gösterilmiştir [31].

$$\frac{\rho}{\rho_{std}} = \frac{P_{hub}}{P_{std}} \cdot \frac{T_{std}}{T_{hub}} \quad (6.29)$$

Burada;

ρ = Hub yüksekliğindeki hava yoğunluğu [kg/m^3],

ρ_{std} = Standart koşullardaki hava yoğunluğu ($1,225 \text{ kg/m}^3$),

P_{hub} =Hub yüksekliğindeki basınç değeri [atm],

P_{std} = Standart koşullardaki basınç değeri (1atm),

T_{hub} = Hub yüksekliğindeki sıcaklık değeri [$^{\circ}$ (C)],

T_{std} = Standart koşullardaki sıcaklık değeridir (15°).

Hava yoğunluğu formülü Eşitlik 6.30'da ifade edilmiştir [21].

$$\rho = \frac{P.MA.10^{-3}}{RT} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (6.30)$$

Burada;

P = Basınç değeri [atm],

MA = Hava karışımının molekül ağırlığı (28.97 g/mol),

R = İdeal gaz sabiti ($8.2056.10^{-5} \left[\frac{\text{m}^3.\text{atm}}{\text{Kelvin.mol}} \right]$),

T = Mutlak sıcaklıktır [Kelvin].

Hub yüksekliğindeki basınç değeri Eşitlik 6.31 ile bulunur [21].

$$P_{hub} = P_0.e^{-1,18575.10^{-4}.h} \quad (6.31)$$

Burada;

P_0 = Referans basınç değeri (1atm),

h = Rakım değeridir [m].

Hub yüksekliğindeki sıcaklık değeri ise Eşitlik 6.31 ile bulunur. Her 100 metrede sıcaklık 0.5° kadar düşmektedir [32].

$$T_{hub} = T_{veri} - 0.5.\frac{(h - h_{veri})}{100} \quad (6.32)$$

Burada;

T_{veri} = Veri olarak girilen sıcaklık değeri [$^{\circ}$ (C)],

h_{veri} = Veri olarak girilen sıcaklık değerinin ölçüm yüksekliği [m],

h = Hub yüksekliğidir [m].

Örneğin sıcaklığı ölçen aletin yüksekliği 2 metre ve hub yüksekliği 52 metre olsun. Girilen sıcaklık değeri herhangi bir iterasyon adım süresi boyunca 20° ise hub yüksekliğinde sıcaklık 19.75° olacaktır.

Denklem 6.31 ve 6.32'deki ifadeleri denklem 6.29'da yerine koyarsak hub yüksekliğindeki hava yoğunluğu ile standart koşullardaki hava yoğunluğunun oranını bulabiliriz [31].

Örneğin her hangi bir iterasyon adım süresi için hava yoğunluk oranı 0,9 ise türbin hız-güç grafiğindeki çıkış gücü 0.9 ile çarpılmalıdır, çünkü grafikteki çıkış güç değerleri standart şartlar altındaki değerlerdir [31].

Modellemede rüzgar türbinleri belli bir rüzgar hızında (2, 3, 4 m/s vb.) enerji üretimine başlayabilmekte ve belli bir rüzgar hızında (20, 23, 25, 30 m/s vb.) ise enerji üretimini kesmektedirler [21]. Ayrıca modelde rüzgar çıkış gücü belli bir katsayı ile çarpılmaktadır ve ara hızlar (örn 5.5m/s) lineer artmaktadır [31]. Türbinler birbirlerinin rüzgarlarını kesebilmekte veya zayıflatabilmektedir ayrıca türbülans durumlarında oluşabilmektedir, bu katsayı ile bu etkilerin toplamı basitçe de olsa gözününe alınmıştır [21].

6.5 Bataryaların Modellenmesi

Batarya şarj akımının bulunması Eşitlik 6.33'de ifade edilmiştir (Şekil 6.1'deki mimari için) [33].

$$I_{bat} = \frac{((P_{yük} - P_{rüzgar})\eta_{doğ} + P_{güneş})\eta_{şarjkont}}{n_{bat} \cdot V_{bat}} \quad (6.33)$$

Bu ifade de $P_{yük}$ saatlik yükü, $P_{rüzgar}$ saatlik rüzgar gücünü, $P_{güneş}$ saatlik solar panel gücünü, n_{bat} batarya sayısını, V_{bat} batarya gerilimini, $\eta_{doğ}$ doğrultucu verimini ve $\eta_{şarjkont}$ batarya şarj kontrollörünün verimini belirtmektedir [33].

Doğrultucu verimi ve şarj kontrolör verimleri 0.95 kabul edilmiştir.

Batarya deşarj akımının bulunması ise Eşitlik 6.34'de ifade edilmiştir (Şekil 6.1'deki mimari için) [33].

$$I_{bat} = \frac{(P_{yük} - P_{rüzgar} - P_{güneş})}{\eta_{inv} \cdot n_{şarjkont} \cdot V_{bat} \cdot n_{bat}} \quad (6.34)$$

Formülde n_{inv} inverter verimini ifade etmektedir ve 0.95 kabul edilmiştir.

Eşitlik 6.35 ise batarya kapasitesi (ah) ile ilgilidir [33].

$$C_{bat} = C'_{bat}(1 + \delta_c(T_{bat} - 298.15)) \quad [\text{Ah}] \quad (6.35)$$

Burada, C_{bat} sıcaklığa göre oluşan batarya kapasitesini, C'_{bat} nominal batarya kapasitesini (Ah), δ_c sıcaklık katsayısını ve T_{bat} ise saatlik batarya sıcaklığını gösterir. Bataryaların açık ortamda bulunduğu, ortam sıcaklığından etkilendiği fakat bu sayede ısıtma soğutma maliyetinin ortadan kaldırıldığı düşünülmüştür [33].

Batarya şarj durumu Eşitlik 6.36 ile ifade edilmiştir [33].

$$SOC = SOC_0 \left[1 - \frac{\sigma}{24} \cdot \Delta t \right] + \frac{I_{bat} \cdot n_{bat}}{C_{bat}} \quad [\%] \quad (6.36)$$

Burada, SOC son andaki batarya şarj durumunu, SOC_0 ilk andaki batarya doluluk oranını, σ bataryanın özgül kaybını (self deşarj oranı), n_{bat} batarya şarj ve deşarj verimini, C_{bat} batarya kapasitesini ve I_{bat} batarya akımını ifade etmektedir. Batarya akımı pozitif ise batarya şarj olmakta, negatif ise de deşarj olmaktadır [33].

Bu çalışmada batarya şarj ve deşarj verimleri birbirine eşit kabul edilmiştir [33].

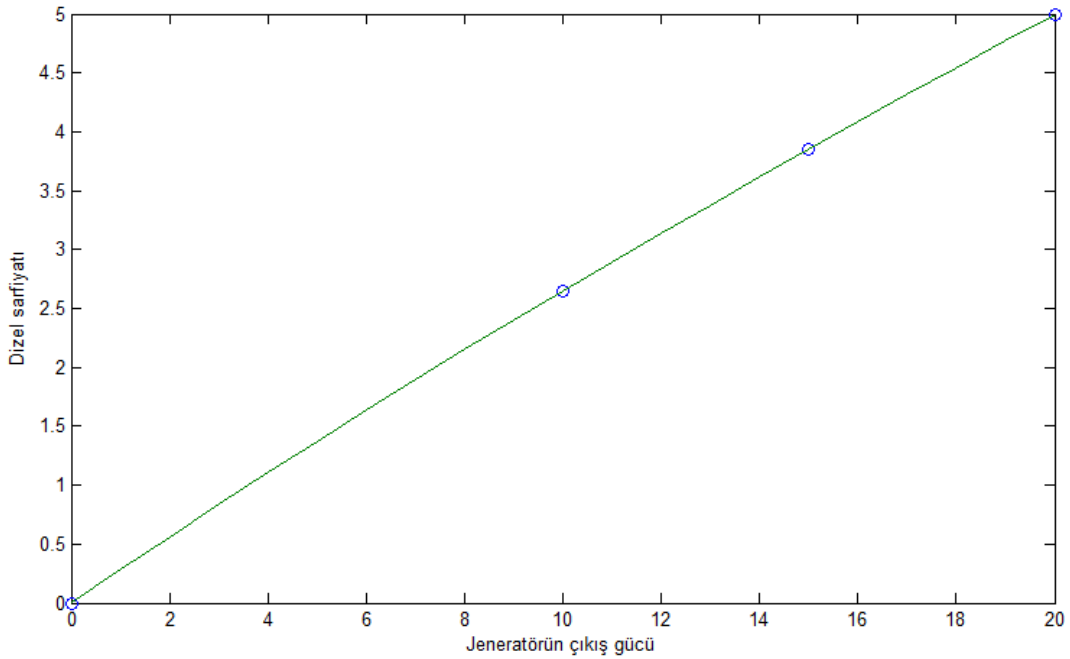
6.6 Dizel Jeneratörlerin Modellenmesi

Dizel jeneratörler mekanik enerjiyi elektrisel enerjiye çevirmektedirler ve dizel yakıt kullanmaktadırlar. Dizel jeneratörlerin güç-dizel sarfiyat bilgisi kataloglarında bulunmaktadır. Bu katalog bilgisinde genelde yarı güç, 75% güç ve tam güç yakıt sarfiyatları gösterilmektedir.

Program yakıt sarfiyatını hesaplarken yarı güç, 75% güç ve tam güç değerlerindeki yakıt sarfiyat değerlerinden yararlanarak güç-yakıt sarfiyat eğrisi uydurmaktadır. Bu eğri yardımı ile dizelin saatlik yakıt sarfiyatları hesaplanmaktadır.

Eğri uydurma polinomal olarak yapılmaktadır. Matlab'da 'polyfit' (polinomal eğri uydurma) komutu kullanmıştır. Örneğin bir jeneratörün 20kW olan tam yük değerindeki dizel sarfiyatı 5 litre, 15kW olan 75% yük değerindeki dizel sarfiyatı 3.85

litre ve 10kW olan yarı güçteki dizel sarfiyatı ise 2.65 litre olsun. Bu durumda jeneratörün güç-dizel sarfiyat eğrisi Şekil 6.5' teki gibidir.



Şekil 6.5 Örnek jeneratör güç-dizel sarfiyat eğrisi

Dizel jeneratörlerde iç ihtiyaç güçleride bulunmaktadır ve bu güçler (fan, motor vb.) dizel çıkış gücünün 2%'si olarak kabul edilmiştir. Yükseklikten ve sıcaklıktan dolayı kaynaklanabilecek dizel jeneratör güç kayıpları ise ihmal edilmiştir.

Jeneratörler maksimum çıkış gücünün üzerinde güç vermemektedirler. Jeneratörlerin küçük güçler vermesi jeneratör ömrü için sakıncalı olabileceği düşünülmüştür [27] ve jeneratörler minimum olarak sürekli gücünün 30%'unu verebildikleri kabul edilmiştir.

Program maksimum 2 dizel jeneratörün beraber çalışabilmesine izin vermektedir. Bu iki dizel jeneratörün güç paylaşımı öncesi ortalama olarak dizel jeneratörlerin birim enerji başına yaktıkları dizel sarfiyatları hesaplanmaktadır.

$$Dizel1verim = \frac{diz1tamgüç + \%75güç + \%50güç}{tamgüçsarfiyatı + \%75güçsarfiyatı + \%50güçsarfiyatı} \quad (6.37)$$

$$Dizel2verim = \frac{diz2tamgüç + \%75güç + \%50güç}{tamgüçsarfiyatı + \%75güçsarfiyatı + \%50güçsarfiyatı} \quad (6.38)$$

Güç paylaşımında birim enerji başına yakıt sarfiyatı daha az olan jeneratörün önceliği vardır.

1. dizel jeneratörün daha verimli olduğunu düşünürsek dizel jeneratörlerin yüklenmesi aşağıdaki gibidir. 1.jeneratörün maksimum gücünü p_{1max} , 2. Jeneratörün maksimum gücünü p_{2max} , yükü $pyük$, 1. Jeneratörün verdiği gücü $d1pow$ ve 2. Jeneratörün verdiği gücü ise $d2pow$ ifade etmektedir. p_{1max} ve p_{2max} 0,7 [34] ile çarpılarak jeneratörlerin sürekli güçleri bulunmuştur ve 0,3 ile de çarpılarak jeneratörlerin verebileceği minimum güçler bulunmuştur.

$p_{1max} \geq pyük \geq (p_{1max} \cdot 0,7 \cdot 0,3)$ olması durumunda,

$d1pow = pyük$

$d2pow = 0$ 'dır.

$pyük > p_{1max}$ olması durumunda,

Eğer $p_{2max} \geq (pyük - p_{1max}) \geq (p_{2max} \cdot 0,7 \cdot 0,3)$ ise,

$d1pow = p_{1max}$

$d2pow = pyük - p_{1max}$ 'tır.

Eğer $(pyük - p_{1max}) > p_{2max}$ ise,

$d1pow = p_{1max}$

$d2pow = p_{2max}$ 'tır.

Eğer $(pyük - p_{1max}) < (p_{2max} \cdot 0,7 \cdot 0,3)$ ise,

$d1pow = p_{1max}$

$d2pow = 0$ 'dır.

$pyük < (p_{1max} \cdot 0,7 \cdot 0,3)$ olması durumunda,

Eğer $p_{2max} \geq pyük \geq (p_{2max} \cdot 0,7 \cdot 0,3)$ ise;

$d1pow = 0$;

$d2pow = pyük$ 'tür.

Eğer $pyük > p_{2max}$ ise,

$d1pow = 0$;

$d2pow = p_{2max}$ 'tır.

Eğer $p_{yük} < (p_{2max.0,7.0,3})$ ise,

$d1_{pow}=0$

$d2_{pow}=0$ 'dır.

Dizel jeneratörlerden salınan karbondioksit miktarının hesabı ise Eşitlik 6.38'de ifade edilmiştir.

$$co_2\text{miktarı}=\text{dizelsarfiyatı.yoğunluk.karboniçeriği}.3,66.0,99 \quad [kg] \quad (6.38)$$

Denklem 8.38'de 'yoğunluk' kullanılan dizelin yoğunluğunu (kg/lt) ve 'karboniçeriği' ise dizelin karbon içeriğini (%) ifade etmektedir. Her co_2 molekülü bir karbon atomunun 3,66 katı ağırlığa sahiptir ve formüldeki 3,66 çarpanı bu yüzdendir. 0,99 çarpanı ise %99 oranında dizelin oksidize olabileceği varsayıldığı içindir [35]. Dizelsarfiyatının birimi ise litredir.

Jeneratörlerin katalog bilgilerinde standby, prime ve sürekli güç değerleri bulunmaktadır.

Bu kavramlar uluslararası ISO8528 standardında detaylı olarak açıklanmıştır. Bu standart Türkiye'de TS ISO 8528 olarak kabul edilmiştir. Tüm motor ve alternatör üreticileri buradaki değerleri sağlayacak şekilde üretim yapmaktadırlar. Bu kavramlar jeneratörün hangi kategoride çalışacağını da tanımlar [27].

Standby güç: Değişken yük altında sınırlı sürede çalışma gücüdür. Bu güç jeneratörün maksimum gücüne eşittir. Ortalama yük değeri tipik olarak %70 olmalıdır ve yılda belli bir süre boyunca çalışmalıdır (örn 500 saat) [27]. Örneğin jeneratörün standby güç değeri 20kW olsun (etiketinde yazılı olan), jeneratörün 24 saatlik çıkış gücü ortalaması (çıkış gücünün 0 olduğu anlar dahil değil) standby güç değerinin %70'ini yani 14kW değerini aşmamalıdır. Ayrıca jeneratörün yıllık çalışma süresi tipik olarak 500 saati aşmamalıdır [34].

Prime güç: Değişken yük altında sürekli çalışma gücüdür. Ortalama yük değeri tipik olarak %70 olmalıdır. 12 saatte 1 saat %10 aşırı yüklenebilir [27]. Örneğin jeneratörün prime güç değeri (etiketinde yazılı olan) 30kW olsun, jeneratörün 24 saatlik çıkış gücü ortalaması (çıkış gücünün 0 olduğu anlar dahil değil) prime güç değerinin tipik olarak

%70'ini yani 21kW değerini aşmamalıdır. Ayrıca 12 saatte 1 saat %10 aşırı yüklenerek 33kW güç verebilir, diğer saatlerde jeneratör gücü 30kW'ı aşmamalıdır [34].

Sürekli güç: Sabit yük altında sürekli çalışma gücüdür. Ortalama yük değeri %100 olabilir. Aşırı yüklenemez (Teksan) [27]. Örneğin jeneratörün sürekli güç değeri (etiketinde yazılı olan) 25kW olsun, jeneratörün 24 saatlik çıkış gücü ortalaması (çıkış gücünün 0 olduğu anlar dahil değil) sürekli güç değerinin %100'ü yani 25kW olabilir. Jeneratörün maksimum gücü 25kW olan sürekli güç değerinin aşmamalıdır [34].

Eğer jeneratörler yukarıdaki kategoriler dışında çalışır ise ekonomik ve işletme verimlilikleri düşücek, ömürleri kısılacaktır ve kalıcı hasarlar meydana gelebilecektir [27].

Genellikle jeneratörlerin prime güçleri maksimum gücün %90'ına ve sürekli güçleri ise %70'ine eşittir. Programda prime gücün maksimum gücün %90'nına ve sürekli gücün ise %70'ine eşit olduğu kabul edilmiştir [34].

Program bu standartları sağlayan jeneratörü seçmektedir. Eğer yüklenen jeneratör bu standartları sağlamıyor ise bu standardı sağlayabilecek diğer jeneratör veya jeneratörleri seçmektedir.

Program girilen dizel jeneratörler aşağıdaki kısıtlardan en az 1'ini sağlamalıdır. Bu kısıtlar ise aşağıdadır.

Standby mod için,

- Jeneratörün 24 saatlik güç ortalaması standby gücün %70'ini (bu oran %75, %80, %85 vb. de olabilmektedir ve giriş verisidir) geçmemelidir [34].
- Jeneratörün yıllık (8760 saat) güç ortalaması standby gücün %70'ini (bu oran %75, %80, %85 vb. de olabilmektedir ve giriş verisidir) geçmemelidir.
- Jeneratörün gücü değişken olmalıdır [34]. (varyasyonu 0.05'in (%5) üstü olmalıdır).
- Jeneratörün yıllık çalışma süresi belli bir saatin üstünde olmamalıdır [34] (bu saat değeri 200, 400 ve 500 saat vb. olabilmektedir ve giriş verisidir).

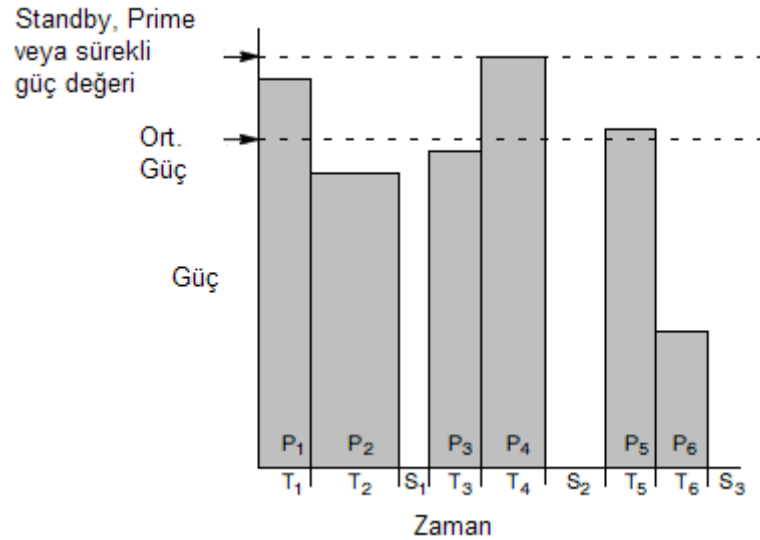
Prime mod için,

- Jeneratörün 24 saatlik güç ortalaması prime gücün %70'ini (bu oran %75, %80, %85 vb. de olabilmektedir ve giriş verisidir) geçmemelidir [34].
- Jeneratörün yıllık (8760 saat) güç ortalaması prime gücün %70'ini (bu oran %75, %80, %85 vb. de olabilmektedir ve giriş verisidir) geçmemelidir.
- Jeneratörün gücü değişken olmalıdır [34]. (varyasyonu 0.05'in (%5) üstü olmalıdır).
- Jeneratörün yıllık çalışma süresi 8760 saat (tüm yıl) olabilmektedir [34] fakat yinede giriş verisi ile bu çalışma süresi ayarlanabilir.
- Jeneratörün maksimum gücü prime gücü geçmemelidir [34]. 12 saatte 1 saat %10 aşırı yüklenebilme özelliği ihmal edilmiştir.

Sürekli mod için,

- Jeneratörün 24 saatlik [34] ve yıllık güç ortalaması sürekli gücün %100'ü olabilir.
- Jeneratörün gücü sabit olmalıdır [34]. (varyasyonu 0.05'in (%5) altında olmalıdır).
- Jeneratörün maksimum gücü sürekli gücü geçmemelidir (34).

Şekil 6.6 24 saatlik ve yıllık ortalama güç değerlerinin nasıl hesaplandığı izah etmektedir.



Şekil 6.6 Standby, prime ve sürekli güç için ortalama gücün bulunması

Şekilde'ki P'ler dizel gücünü ve T'ler ise bu gücün verildiği zamanı (saat olarak) ifade etmektedir. Ortalama hesabına jeneratörün güç vermediği zamanlar (S'ler) katılmamaktadır ve hesap ifadesi Eşitlik 6.39'da gösterilmiştir[36].

$$\text{Ort.Güç} = \frac{(P_1 \times T_1) + (P_2 \times T_2) + (P_3 \times T_3) + (P_4 \times T_4) + (P_5 \times T_5) + \dots (P_n \times T_n)}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + \dots T_n} \quad (6.39)$$

Yıllık dizel gücünün (güç vermediği zamanlar dahil değil) standart sapmasının ortalamasına (güç vermediği zamanlar dahil değil) bölünmesi ile dizel güç varyasyon değeri elde edilmektedir.

2 jeneratörün beraber çalışması durumunda yine bu kısıtlar her iki jeneratör için aranmaktadır. Bu modlardan hiçbirini sağlamayan jeneratörler program tarafından seçilmemektedir.

6.7 Maliyetler

Proje süresince meydana gelen maliyetler bugünkü maliyete indirgenmektedir. Her sistem için bugünkü maliyetler toplanmakta ve bugünkü net maliyet hesaplanmaktadır. İndirgeme işleminde kullanılan faktör (discount factor) Eşitlik 6.40 ile ifade edilmektedir [31].

$$f = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (6.40)$$

Formülde 'n' kaçınıcı yıl olduğunu ve 'i' ise faiz oranı ifade etmektedir [31].

'i' görünen faiz oranıdır yani gerçek faiz oranı (i_g) ile enflasyonun (e) bir fonksiyonudur. Görünen faiz oranının bulunması Eşitlik 6.41'de ifade edilmiştir [31].

$$i = \frac{1-i_g}{1+e} - 1 \quad (6.41)$$

Proje boyunca enflasyon ve faiz oranının sabit kaldığı kabul edilmiştir. Proje süresince yıl boyunca tüm maliyetler indirgeme faktörü ile bugünkü değere indirgenmektedir [31]. İlk yıl 1. yıl sayılmaktadır [31], örneğin 13. yılda o yılın tüm maliyetlerini bugünkü değere indirgenirken formülde n değeri 13 olmaktadır. Sistem elemanlarının ilk kurulum maliyetleri için n değeri 0 olmaktadır yani indirgeme faktörü 1 olmaktadır.

Sistem elemanlarının bazı maliyetleri aşağıda belirtilmiştir.

Rüzgar türbinleri için maliyetler;

- Kurulum maliyeti: Türbin, kule vb. maliyetleri ve montaj, işçilik, mühendislik, nakliyat vb. maliyetlerinin toplamıdır [31].
- Yenilenme maliyeti: Türbinlerin ömürleri bittiği zaman yenilenme maliyetidir. Örneğin türbin ömrü 20 yıl ve proje ömrü ise 30 yıl olursa yenilenme maliyeti ortaya çıkmaktadır [31].
- Yıllık bakım ve onarım maliyeti: Türbinlerin yıllık bakım onarım maliyetidir. Proje boyunca bu maliyetlerin sabit olduğu kabul edilmektedir [31].

Solar panel grupları için maliyetler;

- Kurulum maliyeti: Solar panellerin ve yardımcı elemanların maliyetleri ve montaj, işçilik, mühendislik, nakliyat vb. maliyetlerinin toplamıdır [31].
- Yenilenme maliyeti: Solar panellerin ömrü bittiği zaman yenilenme maliyeti ortaya çıkmaktadır [31].
- Yıllık bakım ve onarım maliyeti: Solar panellerin yıllık bakım onarım maliyetidir. Proje boyunca bu maliyetlerin sabit olduğu kabul edilmektedir [31].

Dizel jeneratörler için maliyetler;

- Kurulum maliyeti: Dizel jeneratörlerin kurulum maliyetidir [31].
- Yenilenme maliyeti: Dizel jeneratörlerin çalışma saatleri bulunmaktadır ve bu toplam çalışma saatlerini doldurduklarında yenilenmeleri gerekmektedir [31]. Örneğin çalışma saat ömrü 10 000 saat ise bu jeneratör 10 000 saat çalıştıktan sonra yenilenmesi gerekmektedir.
- Saatlik çalışma maliyeti: Dizel jeneratörlerin saat başına ortalama çalışma maliyetini ifade etmektedir [31]. Bakım, onarım ve parça değişim vb. maliyetler bu saatlik çalışma maliyeti ile göz önüne alınmıştır.
- Dizel depolama maliyeti: Jeneratörlere dizel sağlanması ile ilgili maliyettir, ileriki sistem verileri ile ilgili bölüm de açıklanacaktır.

Bataryalar için maliyetler;

- Kurulum maliyeti: Bataryaların kurulum maliyetidir [31].
- Yenilenme maliyeti: Yenilenme maliyetidir [31]. Kurulum maliyetinin yenilenme maliyetine eşit olduğu kabul edilmiştir. Yenilenme maliyetinin nasıl ortaya çıktığı detaylıca bir sonraki bölümde açıklanacaktır.
- Yıllık bakım ve onarım maliyeti: Bataryaların yıllık bakım ve onarım giderleridir [31].

Sistem elemanlarının hurda değerlerinin nasıl elde edildiği ileriki bölümler de açıklanmaktadır.

6.8 Program Giriş Verileri

Programda iki farklı rüzgar türbini (veya türbinleri) beraber çalışabilmektedir. 1. Türbin için en fazla 8 adet ve 2. türbin içinde en fazla 8 adet türbin grup şekillenmesi girilebilmektedir. Program bu 2 ayrı türbin gruplarını ayrı ayrı ve beraber olarak iterasyona dahil etmektedir.

Programda 2 farklı dizel jeneratör beraber çalışabilmektedir. 1. Jeneratör için en fazla 3 adet ve 2. Jeneratör içinde en fazla 3 adet farklı jeneratör veri olarak girilmektedir. Program bu 2 farklı jeneratör gruplarını ayrı ayrı ve beraber olarak iterasyona dahil etmektedir.

Ayrıca program 10 farklı solar panel grubunu ve 20 farklı batarya grubunu iterasyona katmaktadır. Solar panel grupları ve batarya grupları kendi içinde iterasyona girmemektedirler yani örneğin 1. Solar panel grubu ile 2. Solar panel grubu beraber iterasyona dahil olmamaktadırlar. Buradaki amaç zaten kompleks olan sistemi dahada kompleks hale getirmemek ve uzun olabilecek program çalışma süresini (run süresini) daha da uzatmamaktır.

Programa veriler Matlab'a komut penceresinden ve çalışma alanından girilmelidir ve program çağırıldıktan sonra çalıştırılmalıdır.

6.8.1 Genel Giriş Verileri

Komut penceresine aşağıdaki veriler girilmelidir.

- prj: proje süresi (örn 20 yıl) [yıl]

- calisrez: çalışma rezerv oranı (örn %10 için 1.1) [%] [31]

1.1 (%10) girersek yükü %10 oranında arttırıp modelleyecektir.

- unmetyük: karşılanmayabilir yük oranı (örn %5 için 0.05) [%] [31]

0.05 (%5) girersek %5'in üstünde yıllık karşılanmamış yük oranına sahip sistemleri program seçmemektedir.

- yenmin: minimum yenilenebilir enerji oranı (örn %40 için 0.4) [%] [31]

0.4 (%40) girersek yenilenebilir enerji oranı %40'ın altında olan sistemleri program seçmemektedir.

- karbonlimit: maksimum yıllık salınacak karbondioksit miktarı [kg] [31]

Örneğin 10 000 kg girersek yıllık karbondioksit salınım miktarı 10 000 kg'ı geçen sistemleri program seçmemektedir.

- yakfiyat: dizelin litresi fiyatı [TL]

- enflasyon: yıllık enflasyon oranı (örn %8 için 0.08)

- faizorani: yıllık faiz oranı (örn % 10 için 0.1)

- durum: programın seçtiği sistemi bulmak için başta 1, daha sonra elde edilen sistemin bazı verileri için 2

Program aşağıdaki verileri kendi bünyesinde matrisler olarak çalıştıracaktır. Girilecek verilerin satır ve sütun sayıları da belirtilmiştir.

Çalışma alanına excell dosyaları aşağıdaki isimler ve belirtilen satır-sütun sayıları ile girilmelidir.

- yük: yıllık yük serisi 8760 saatlik, (8760,1 lik matris) [kWh]

- ruzhiz: yıllık saatlik ortalama rüzgar hızı serisi, (8760,1 lik matris) [m/s]

- radys: yıllık saatlik ortalama solar radyasyon serisi, (8760,1 lik matris) [kWh/m²]
- sıcaklik: yıllık saatlik ortalama sıcaklık serisi, (8760,1 lik matris) [°C]

6.8.2 Solar Panel Grupları Giriş Verileri

Çalışma alanına solar paneller için girilecek excell verileri ve excell dosya isimleri aşağıdadır.

- nomgucler: solar panellerin nominal (rated) güçleri , (10,1 lik matris) [kW] [31]
- verimler: solar panel gruplarının verimleri, (10,1 lik matris) [%] [31]

Örneğin verim %13 ise 0.13 girilmelidir.

- noct: solar panel gruplarının nominal çalışma hücre sıcaklıkları, (10,1 lik matris) [°C]
[31]

- guckat: panel gruplarının sıcaklık güç katsayıları, (10,1 lik matris) [%/C] [31]

Örneğin bu katsayı -0.5%/C ise -0.05 girilmelidir.

- solkural: panel gruplarının ilk kurulum maliyetleri, (10,1 lik matris) [TL]
- soldeger: panel gruplarının panel ve yan malzeme maliyetleri toplamı, (10,1 lik matris) [TL]

Bu maliyet hurda değeri hesaplamada kullanılır. Hurda değerleri kalan ömürler ile doğru orantılıdır [31]. Örneğin proje ömrü 15 yıl ve solar panel grubunun ömrü 20 yıl ise hurda değeri panel değerinin %25'i ($1-15/20=5/20$) kadardır.

- solyilmals: yıllık panel gruplarının bakım onarım maliyetleri, (10,1 lik matris) [TL]
- solyenmals: panel gruplarının yenilenme maliyetleri, (10,1 lik matris) [TL]
- solomurs: panellerin çalışma ömürleri, (10,1 lik matris) [yıl]

Komut satırına solar paneller için girilecek veriler aşağıdadır.

- egim1: panellerin kış için eğim açıları [°] (21 Ağustos sonrası)

Elde edilebilecek gücü arttırabilmek için eğer kışın panel açısını değiştirebilme imkanı var ise kış ve yaz için panel açıları ayrı ayrı girilebilmektedir. Eğer böyle bir imkan yok ise her iki açı eşit girilebilir.

- egim2: panellerin yaz için eğim açıları [$^{\circ}$] (21 Mart sonrası)

- azimu: panellerin azimut açısı [$^{\circ}$] [31]

Kuzey yarım kürede olan sistemler için 0° girilmelidir ve bu program kuzey yarım kürede olan sistemler için kullanılabilir [31].

- zaalan: sistem kurulacak yerin zaman alanı [31]

Örneğin türkiye için +2.00'dir (Grenwichten 2 saat uzak alan).

- radyan: lokasyonun radyasyon yansıtma yüzdesi [%] [31]

Örneğin %20 için 0.2 girilmelidir.

- enlem: lokasyonun enlemi [$^{\circ}$] [31]

- boylam: lokasyonun boylamı [$^{\circ}$] [31]

- kapazal: panellerin güç azalım faktörü (toz, kir, kablo kaybı vb) [%] [31]

Örneğin %10'luk bir azalma ön görüyorsak 0.90 girilmelidir.

- mppt: panellerdeki mppt'nin verimi [%]

Örneğin bu verim değerini %90 olarak ön görüyorsak 0.90 olarak girilmelidir.

6.8.3 Rüzgar Türbinleri Giriş Verileri

Çalışma alanına rüzgar türbinleri için girilecek excell verileri ve excell dosya isimleri aşağıdadır.

- turbinnom: türbinlerin nominal (rated) güçleri, (16,1 lik matris) [kW]

1.türbin veya türbinler için ilk 8 satır 2. Türbin veya türbinler için ise ikinci 8 satır kullanılmalıdır.

- turbingucler: türbinlerin rüzgar güç eğrileri, (16,30 lik matris) [kW]

İlk 8 sütuna 1. türbinlerin ve ikinci 8 sütuna ise 2. türbinlerin rüzgar-güç değerleri girilmelidir. Sütunlar boyunca ilk satıra 1 m/s, 2. satıra 2m/s ve bu sırayla 30. satıra ise 30m/s için türbinlerin ürettikleri güçler girilmelidir. Program türbinlerin 30 m/s'den daha yüksek hızlarda rüzgar gücü üretmediklerini kabul etmiştir (türbinlerin mekanik yapısının korunabilmesi için genelde 25 m/s'den daha yüksek hızlarda türbinler enerji üretimini kesmektedirler).

- turbomurs: türbinlerin ömürleri, (16,1 lik matris) [yıl]

Yine 1. türbin (veya türbinler) için ilk 8 ve 2. türbin (veya türbinler) ikinci 8 satır kullanılmalıdır, bu veri yaklaşımı aşağıdaki verilerde de devam etmektedir ve tekrarlanmayacaktır.

- turbsay: türbinlerin sayıları (16,1 lik matris)

Örneğin 6.veri olarak 3 adet 50kW'lık türbin kullanılacak ise 6. satıra 3 yazılmalıdır.

- turbkurmal: türbin veya türbinlerin toplam ilk kurulum maliyetleri, (16,1 lik matris)[TL]
- turbyenmals: türbin veya türbinlerin toplam yenilenme maliyetleri, (16,1 lik matris) [TL]

- turbyillikmals: türbin veya türbinlerin toplam yıllık maliyetleri, (16,1 lik matris) [TL]

- turbomurs: türbinlerin ömürleri, (16,1 lik matris) [yıl]

- turbhubs: türbinlerin hub yükseklikleri, (16,1 lik matris) [m]

- turdeg: türbinlerin toplam türbin, kule vb maliyetleri, (16,1 lik matris) [TL]

Bu maliyet hurda değeri hesaplamada kullanılır. Hurda değerleri kalan ömürler ile doğru orantılıdır [31]. Örneğin proje ömrü 15 yıl ve türbinin ömrü 20 yıl ise hurda değeri türbin değerinin %25'i ($1-15/20=5/20$) kadardır.

- cut: türbinlerin güç kesme hız (cut speed) değerleri, (16,1 lik matris) [m/s]
- start: türbinlerin güç vermeye başlama hız (start speed) değerleri, (16,1 lik matris.) [m/s]

Komut satırına türbinler için girilecek veriler aşağıdadır.

- parketkisi= türbinlerin güç azaltım faktörü [%]

Eğer %95 gibi bir değer girecek ise bu veri değeri 0.95 olmalıdır.

- h: bölgenin rakımı [m]
- z: rüzgar güç katsayısı [21]

Hubdaki rüzgar hızının hesaplanması için kullanılır [21]. Alanın durumuna göre 0.25, 0.30, 0.35 vb. değerler alabilmektedir.

- h_{sic}: sıcaklığı ölçen aletin yüksekliği [m]

6.8.4 Dizel Jeneratörler Giriş Verileri

Çalışma alanına dizel jeneratörler için girilecek excell verileri ve excell dosya isimleri aşağıdadır.

- dizguc1: 1.dizel serisi için 3 dizelin standby, prime ve sürekli güçleri, (3,3 lük matris)
[kW]

1. sütun 1. dizel, 2.sütun 2.dizel ve 3. sütun ise 3.dizelin güçleridir. 1. Satıra standby güçler, 2. satıra prime güçler ve 3. satıra ise sürekli güçler girilmelidir.

- dizguc2: 2.dizel serisi için 3 dizelin standby, prime ve sürekli güçleri, (3,3 lük matris)
[kW]

1. sütun 1. dizel, 2.sütun 2.dizel ve 3. sütun ise 3.dizelin güçleridir. 1. Satıra standby güçler, 2. satıra prime güçler ve 3. satıra ise sürekli güçler girilmelidir.

Aşağıdaki 3,3'lük matrislerde yine 1. sütun 1. dizel, 2.sütun 2.dizel ve 3. sütun ise 3.dizelin verileridir.

- sarfiyatlar1: 1.dizel serisi için 3 dizelin %100,75 ve 50 güç için dizel sarfiyatları,
(3,3 lük matris) [lt/s]

1. satıra tam güç için, 2. satıra %75 güç için ve 3. satıra ise yarı güç için dizel sarfiyatları girilmelidir.

- Sarfiyatlar2: 2.dizel serisi için 3 dizelin %100,75 ve 50 güç için dizel sarfiyatları,

(3,3 lük matris) [lt/s]

1. satıra tam güç için, 2. satıra %75 güç için ve 3. satıra ise yarı güç için dizel sarfiyatları girilmelidir.

- diz1ortyil: 1. dizel serisi için 3 dizelin yıllık ortalama güç sınırları, (standby, prime ve sürekli güç için), (3,3 lük matris) [%]

Program bu veriler yardımı ile dizel jeneratör seçecektir. Eğer yıllık yük ortalaması (güç vermediği zamanlar dahil değildir) standby gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 1. Satıra 0.7, prime gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 2. Satıra 0.7 ve sürekli gücün %50 altına düşmesini (jeneratörü sürekli modda düşük güçte çalıştırmak istemiyorsak) istemiyorsak 0.5 girilmelidir.

- diz2ortyil: 2. dizel serisi için 3 dizelin yıllık ortalama güç sınırları (standby, prime ve sürekli güç için), (3,3 lük matris) [%]

Jeneratör seçimi içindir. Örneğin eğer yıllık yük ortalaması (güç vermediği zamanlar dahil değildir) standby gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 1. Satıra 0.7, prime gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 2. Satıra 0.7 ve sürekli gücün %50 altına düşmesini (jeneratörü sürekli modda düşük güçte çalıştırmak istemiyorsak) istemiyorsak 0.5 girilmelidir.

- diz1ortgun: 1. dizel serisi için 3 dizelin 24 saatlik ortalama güç sınırları, (standby, prime ve sürekli güç için), (3,3 lük matris) [%]

Jeneratör seçimi içindir. Eğer günlük (24 saatlik) yük ortalaması (güç vermediği zamanlar dahil değildir) standby gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 1. Satıra 0.7, prime gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 2. Satıra 0.7 ve sürekli gücün %50 altına düşmesini (jeneratörü sürekli modda düşük güçte çalıştırmak istemiyorsak) istemiyorsak 0.5 girilmelidir.

- diz2ortgun: 2. dizel serisi için 3 dizelin 24 saatlik ortalama güç sınırları, (standby, prime ve sürekli güç için), (3,3 lük matris) [%]

Jeneratör seçimi içindir. Örneğin eğer günlük (24 saatlik) yük ortalaması (güç vermediği zamanlar dahil değildir) standby gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 1. Satıra 0.7, prime gücün %70'ini geçmesini istemiyorsak 2. Satıra 0.7 ve sürekli gücün %50 altına düşmesini (jeneratörü sürekli modda düşük güçte çalıştırmak istemiyorsak) istemiyorsak 0.5 girilmelidir.

- diz1hyil: 1.dizel serisi için 3 dizelin standby, prime ve sürekli modlar için yıllık maksimum çalışma süreleri, (3,3 lük matris)

Örneğin standby güçte yılda maksimum 400 saat çalışmasını istiyorsak 1 satıra 400, prime ve sürekli güçte yıl boyunca çalışmasına izin veriyorsak 2. ve 3. satıra 8760 girilmelidir.

- diz2hyil: 2.dizel serisi için 3 dizelin standby, prime ve sürekli modlar için yıllık maksimum çalışma süreleri, (3,3 lük matris)

Örneğin standby güçte yılda maksimum 400 saat çalışmasını istiyorsak 1 satıra 400, prime ve sürekli güçte yıl boyunca çalışmasına izin veriyorsak 2. ve 3. satıra 8760 girilmelidir.

- diz1saat: 1. dizel serisi için 3 dizelin çalışma ömür saatleri, (3,1 lik matris)

[saat] [31]

1.satıra 1. dizelin, 2. satıra 2. dizelin ve 3. satıra 3. dizelin çalışma ömür saati girilmelidir.

Bu veri hurda değerinin hesabında da kullanılmaktadır. Hurda değeri proje sonunda kalan çalışma saati ile doğru orantılıdır. Örneğin dizel jeneratörün çalışma ömrü 20 000 saat, proje ömrü sonunda 5 000 saat çalışma ömrü kalsın ve fiyatı ise 30 000 TL olsun, böyle bir durumda hurda değeri 7 500 TL'dir ($30\ 000 \cdot (5\ 000 / 20\ 000) = 7\ 500$). Hurda değeri hesabında jeneratörün kurulum maliyeti kullanılmaktadır. Kurulum maliyeti jeneratör fiyatlarına çok yakın olabileceği için ciddi bir hata oluşturmamaktadır.

- diz2saat: 2. dizel serisi için 3 dizelin çalışma ömür saatleri, (3,1 lik matris)

[saat] [31]

1.satıra 1. dizelin, 2. satıra 2. dizelin ve 3. satıra 3. dizelin çalışma ömür saati girilmelidir.

- diz1kurmal: 1.dizel serisi için 3 dizelin kurulum maliyetleri, (3,1 lik matris) [TL][31]

1. satıra 1. dizelin, 2. satıra 2. dizelin ve 3. satıra 3. dizelin kurulum maliyetleri girilmelidir.

Aşağıdaki 3,1'lik matrislerde 1. satırlar 1. dizel, 2. satırlar 2. dizel ve 3. satırlar 3. dizel içindir.

- diz2kurmal: 2.dizel serisi için 3 dizelin kurulum maliyetleri, (3,1 lik matris) [TL][31]

- diz1yenmal: 1.dizel serisi için 3 dizelin yenilenme maliyetleri, (3,1 lik matris)[TL][31]

- diz2yenmal: 2.dizel serisi için 3 dizelin yenilenme maliyetleri, (3,1 lik matris) [TL][31]

- diz1depkap: 1.dizel serisi için 3 dizel jeneratörün dizel depolama kapasiteleri, (3,1 lik matris) [lt]

- diz2depkap: 2.dizel serisi için 3 dizel jeneratörün dizel depolama kapasiteleri, (3,1 lik matris) [lt]

- diz1depmal: 1.dizel serisi için 3 dizel jeneratörün dizel nakliyat maliyeti, (3,1 lik matris) [TL]

Dizel jeneratörlerin dizel depoları boşaldığında yerine dizel temini için gerekli maliyettir.

- diz2depmal: 2.dizel serisi için 3 dizel jeneratörün dizel nakliyat maliyeti, (3,1 lik matris) [TL]

- diz1camal: 1.dizel serisi için 3 dizel jeneratörün saatlik çalışma maliyetleri, (3,1 lik matris) [TL/s] [31]

- diz2camal: 2.dizel serisi için 3 dizel jeneratörün saatlik çalışma maliyetleri, (3,1 lik matris) [TL/s] [31]

Komut satırına dizel jeneratörler için girilecek veriler aşağıdadır.

- dizyog: kullanılabilecek dizelin yoğunluğu (örn 0.820 kg/lt) [kg/lt]

Salınacak karbondioksit miktarının hesabında kullanılır [31].

- dizkab: kullanılabilecek dizelin karbon içeriği [%]

%88 değeri için 0.88 girilmelidir ve CO₂ salınım hesabında kullanılır [31].

- depodurum: dizel sevkiyatının hangi şekilde olması durumu

1 girilirse; ekstra büyük kapsamlı yakıt deposu olmayacak, jeneratörlerin depolarındaki yakıt bittikçe depolarına yakıt sağlanacak ve sevkiyat maliyeti bu şekilde hesaplanacak.

2 girilirse; yakıt deposu olacak, jeneratör depoları boşaldıkça dizel yakıt depolarından sağlanacak.

- depokap: ayrı yakıt deposunun kapasitesi [lt]

Yakıt deposu olması durumunda, yakıt deposunun dizel depolama kapasitesidir.

- depmal: ayrı yakıt deposuna dizel nakliyat maliyeti, [TL]

Depolama maliyeti hesabında kullanılır.

6.8.5 Batarya Grupları Giriş Verileri

Çalışma alanına bataryalar için girilecek excell verileri ve excell dosya isimleri aşağıdadır.

- batkap=batarya gruplarının kapasiteleri (20,1lik matris) [kAh] [33]

1. satıra 1. batarya grubunun, 2. satıra 2. batarya grubunun ve bu sırayla 20. satıra ise 20. batarya grubunun kapasiteleri girilmelidir.

Aşağıdaki 20,1 lik matrislerde yine aynı şekilde 1. satıra 1. batarya grubunun, 2. satıra 2. batarya grubunun ve bu sırayla 20. satıra ise 20. batarya grubunun verileri girilmelidir.

- nbat: batarya gruplarının sayıları (20,1lik matris) [33]

- vbat: batarya gruplarının nominal gerilimleri (20,1lik matris) [Volt] [33]

- batver: batarya gruplarının verimleri (20,1lik matris) [%] [33]

Örneğin batarya verimi %70 ise 0.7 girilmelidir.

- batkural: batarya gruplarının toplam kurulum maliyetleri (20,1lik matris) [TL]

Yenilenme maliyeti kurulum maliyetine eşit kabul edilmiştir.

- batyilmals: batarya gruplarının yıllık bakım ve onarım maliyetleri (20,1lik matris) [TL]

- batomur: batarya gruplarının raf ömürleri (20,1lik matris) [yıl] [31]

Bataryalar ömürlerini doldurdıklarında yenileme maliyetleri ortaya çıkmaktadır [31].

- batdol: bataryaların toplam enerji dolaşım miktarı (20,1lik matris) [kWh] [31]

Batarya gruplarına giren ve çıkan enerji toplamı toplam enerji dolaşım miktarına ulaştığında batarya gruplarının ömürleri bittiği kabul edilmektedir ve yenileme maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Örneğin raf ömrü 15 yıl olsun ve 10. yılda bataryalara giren ve çıkan enerji toplamı toplam enerji dolaşım miktarına erişti ise 10. yılda yenilenme maliyeti ortaya çıkmaktadır, eğer 20. yılda ulaştı ise bu sefer 15. yılda (raf ömrü) yenilenme maliyeti ortaya çıkmaktadır.7. bölümde örnek hibrid sistem boyutlandırılması batarya girdileri bölümünde bu dolaşım kapasitesinin nasıl hesaplanabileceği açıklanmıştır.

Ayrıca bu dolaşım miktarı hurda değeri hesabında da kullanılmaktadır. Algoritmada hurda değerinin kalan toplam enerji dolaşım miktarı ile doğru orantılı olduğu varsayılmıştır ve bataryaların kurulum maliyeti ile hesaplanmaktadır.

- maksakim: batarya gruplarının maksimum şarj akımı (20,1lik matris) [kA] [31]
- maksdakim: batarya gruplarının maksimum deşarj akımı (20,1lik matris) [kA] [31]
- socmin: batarya gruplarının izin verilen minimum şarj durumu (SOC) değeri (20,1lik matris) [%] [33]

Örneğin minimum şarj durumlarının %30 olmasını istiyorsak 0.3 girmeliyiz.

- self: batarya gruplarının özgül kayıp oranları (self discharge) (20,1lik matris) [%] [33]

Ortalama günlük özgül kayıp oranı girilmelidir eğer aylık orana sahipsek 30’a bölmeliyiz.
Örneğin zgl kayıp oranı %1 ise 0.01 girilmelidir.

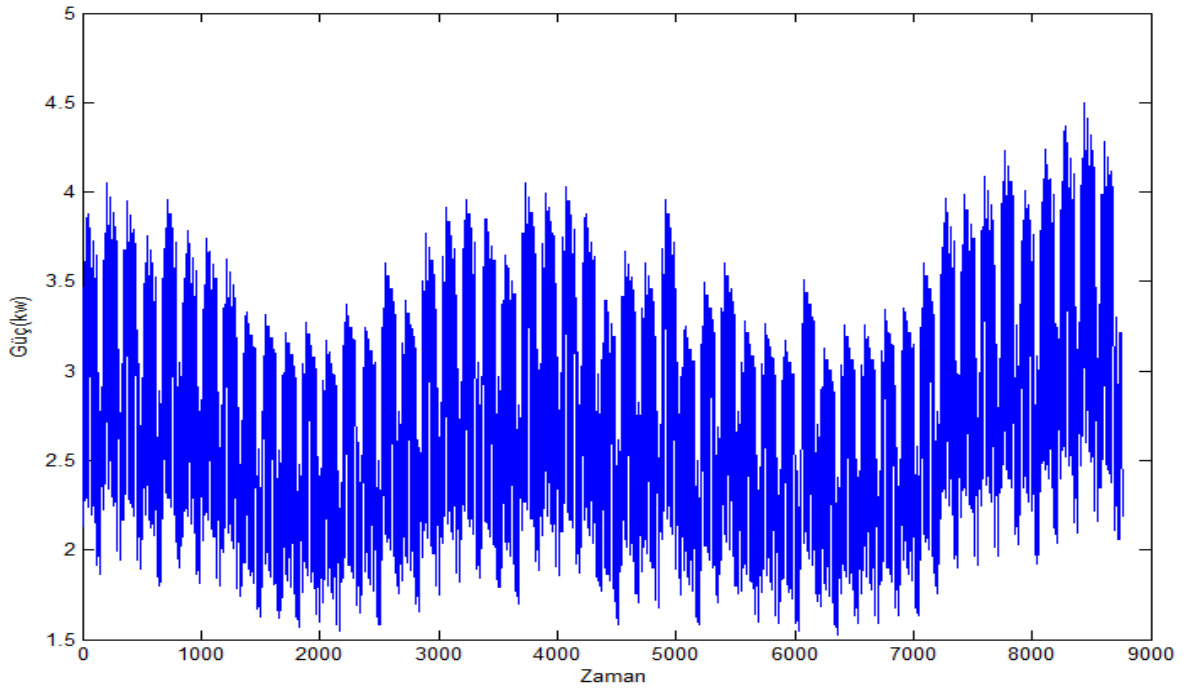
- bsickat: batarya gruplarının sıcaklık-kapasite değişimi (20,1lik matris) [%] [33]

Örneğin bu oran %1 ise 0.01 girilmelidir.

ÖRNEK HİBRİT BİR SİSTEMİN BOYUTLANDIRILMASI

Bu bölümde örnek bir sistem ele alınıp boyutlandırma yapılacaktır. Bölge olarak Çanakkale seçilmiştir. Yıllık enerjinin karşılanması için rüzgar türbinleri, solar panel grupları, dizel jeneratörler ve batarya grupları iterasyona dahildir.

Sistem üzerinde bulunan yüke ait saatlik değişim eğrileri IEEE yük profili [16] (kodlar ekte, EK-C) kullanılarak elde edilmiştir. Kullanılan yükün saatlik değişimi Şekil 7.1’de gösterilmiştir.

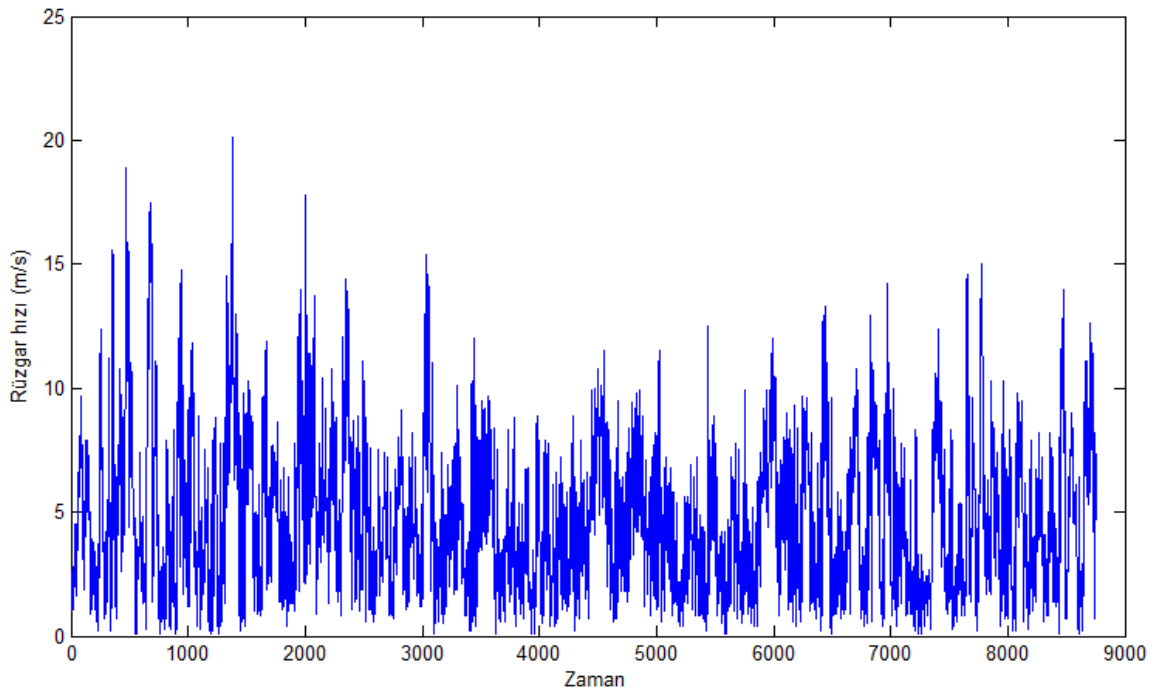


Şekil 7.1 Uygulamada kullanılan yüke ait yıllık yük eğrisi

Eğer ortalama bir evin günde 5kWh enerji harcadığı düşünülürse, bu saatlik yük değerinin yıllık toplam enerji değeri 13-14 evin toplam yıllık enerji değerine eşit olabilmektedir.

Yükün maksimum güç değeri 4.5kW, ortalama güç değeri 2.76kW ve minimum güç değeri ise 1.52kW değerindedir.

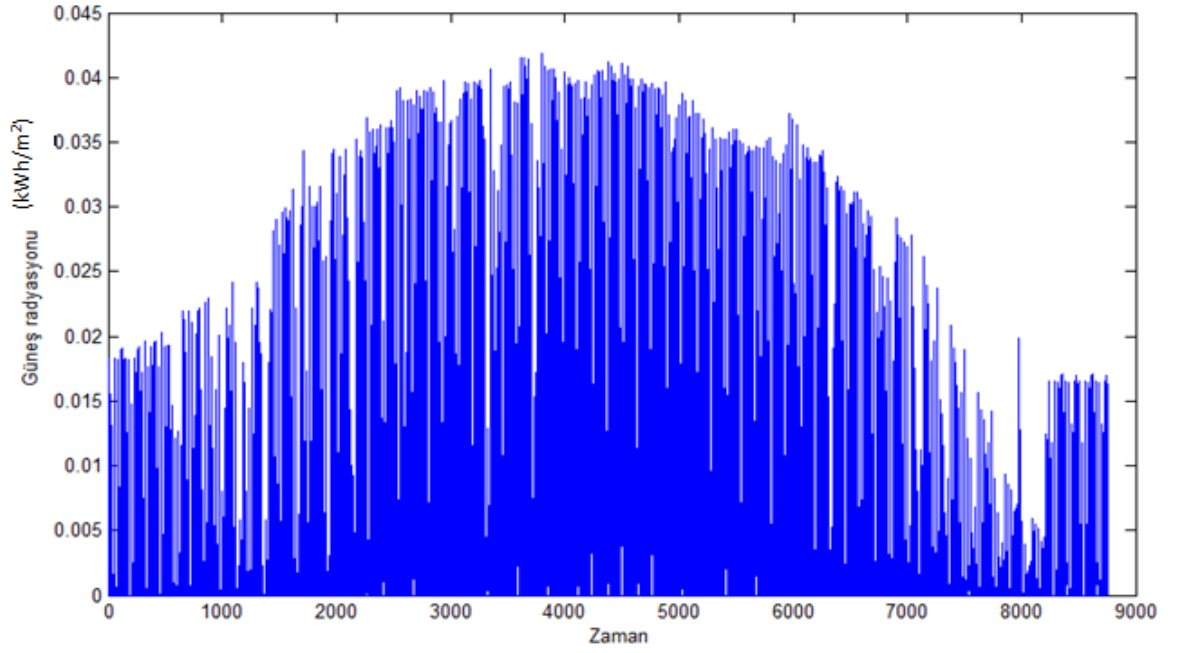
Saatlik rüzgar hız verisi olarak ise Çanakkale bölgesinin rüzgar hız verisi kullanılmıştır. Rüzgar hız verisinin saatlik değişimi Şekil 7.2’de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Uygulamada kullanılan rüzgar hızının saatlik değişimi

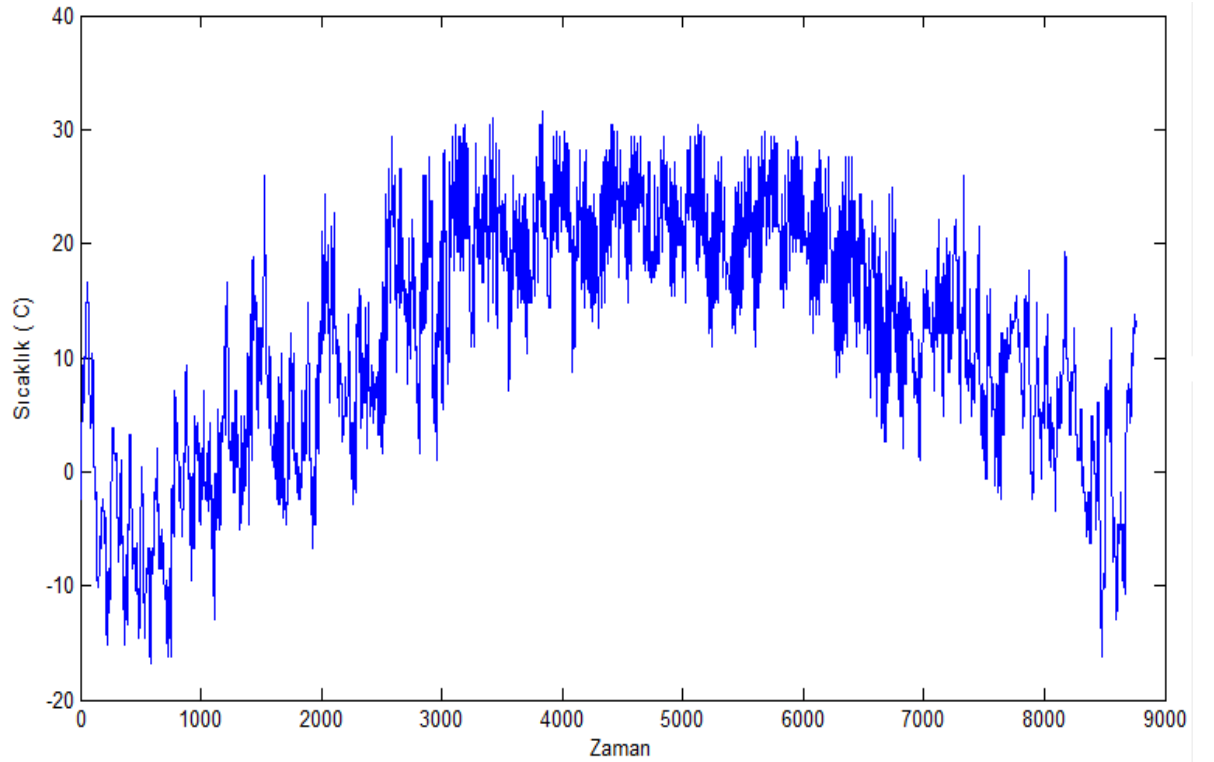
Rüzgar hızının maksimum değeri 20.1, ortalama değeri 4.75 ve minimum değeri ise 0.1 m/s’dir.

Saatlik güneş radyasyon verisi olarak ise Çanakkale bölgesinin güneşlenme verisi kullanılmıştır. Güneşlenme verisinin saatlik değişimi aşağıdadır. Güneş radyasyonunun maksimum değeri 0.042 kWh/m², ortalama değeri 0.008 kWh/m² ve minimum değeri ise 0 kWh/m²’dir. Şekil 7.3’te uygulamada kullanılan güneş radyasyonunun saatlik değişimi görülmektedir.



Şekil 7.3 Uygulamada kullanılan güneş radyasyonunun saatlik değişimi

Saatlik sıcaklık verisi olarak Çanakkale bölgesinin saatlik verisi kullanılmıştır ve değişimi Şekil 7.4’te gösterilmiştir.



Şekil 7.4 Uygulamada kullanılan sıcaklığın saatlik değişimi

Sıcaklığın maksimum değeri 31 °C, ortalama değeri 12 °C ve minimum değeri ise -16 °C’dir.

Boyutlandırılacak sistemin mimarisi 6. bölümde bulunan Şekil 6.1’de ki mimariye benzemektedir, zaten program bu mimariye uygun sistemler için tasarlanmıştır.

İterasyon öncesi verilerimizi girmemiz gerekmektedir ve bu verilerin nasıl girileceği 8. bölümde detaylıca anlatılmıştır.

Proje ömrü 20 yıl, çalışma rezerv oranı %10, karşılanmayabilir maksimum yük oranı %1, minimum yenilebilir enerji oranı %20, maksimum yıllık salınabilecek karbondioksit miktarı 10 000 kg seçilmiştir. Euro 2.5 TL, dolar ise 1.88 TL kabul edilmiştir [38].

Dizelin litresinin maliyeti 3.84 TL [37] , enflasyon oranı %7.6 [39] ve faiz oranı %9’dır [40].

İterasyonda rüzgar türbinleri olarak Altema, solar panel grupları olarak Schott, dizel jeneratörler olarak Aksa, Kama ve Genpower, batarya grupları olarak Surrette marka ürünler kullanılmaktadır.

7.1 Rüzgar Türbinleri İle ilgili Girdiler

İterasyona dahil edilmiş 1. türbin gruplarıyla ilgili veriler Tablo 7.1’de görülmektedir.

Çizelge 7.1 Uygulamadaki rüzgar türbinlerinin verileri (1.türbin grubu)[41]

Türbinler	1*20kW	2*20kW	1*10kW	2*10kW	3*10kW	2*5kW	4*5kW	6*5kW
Nominal Güç (kW)	20	20	10	10	10	5	5	5
Ömür (yıl)	20	20	20	20	20	20	20	20
Türbin Sayısı	1	2	1	2	3	2	4	6
Kurulum Maliyeti(TL)	122375	244750	56375	112750	1269125	71500	143000	214500
Yenilenme Maliyeti(TL)	122375	244750	56375	112750	1269125	71500	143000	214500
Yıllık Bakım Maliyeti(TL)	1112	2225	512	1025	1537	650	1300	1950
Hub Yüksekliği(m)	36	36	36	36	36	36	36	36
Türbin Fiyatı (TL)	111250	222500	51250	102500	1153750	65000	130000	195000
Güç Üretimine Başlama Hızı(m/s)	3	3	3	3	3	3	3	3
Güç Üretimini Kesme Hızı(m/s)	25	25	25	25	25	25	25	25

İterasyona dahil edilmiş 2. türbin gruplarıyla ilgili veriler Tablo 7.2’de görülmektedir.

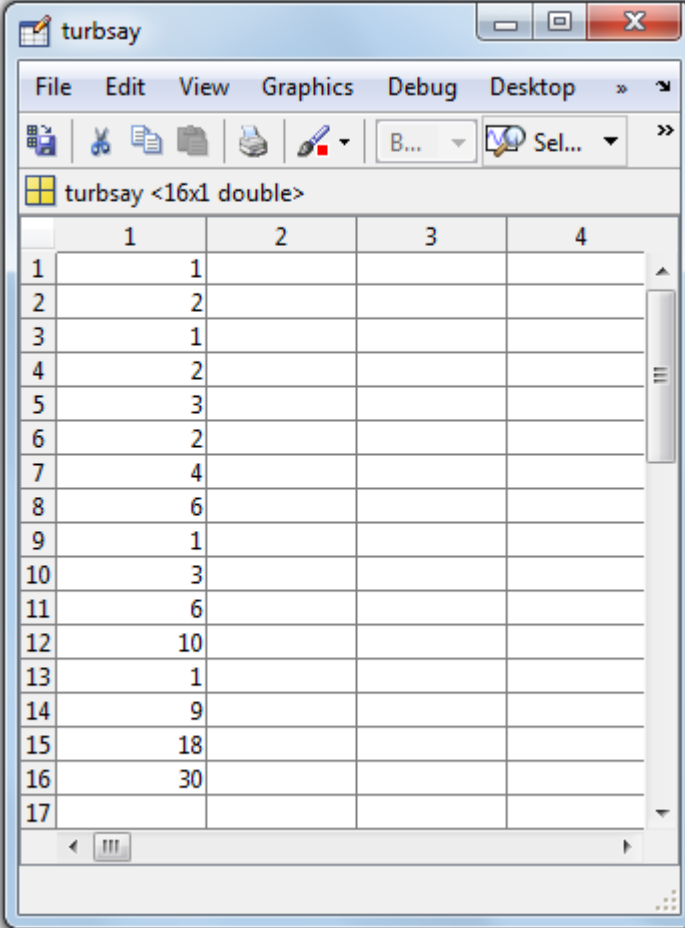
Çizelge 7.2 Uygulamadaki rüzgar türbinlerinin verileri (2.türbin grubu)[41]

Türbinler	1*3kW	3*3kW	6*3kW	10*3kW	1*1kW	9*1kW	18*1kW	30*1kW
Nominal Güç (kW)	3	3	3	3	1	1	1	1
Ömür (yıl)	20	20	20	20	20	20	20	20
Türbin Sayısı	1	3	6	10	1	9	18	30
Kurulum Maliyeti(TL)	33000	99000	198000	330000	11000	99000	198000	330000
Yenilenme Maliyeti(TL)	33000	99000	198000	330000	11000	99000	198000	330000
Yıllık Bakım Maliyeti(TL)	300	900	1800	3000	100	900	1800	3000
Hub Yüksekliği(m)	36	36	36	36	15	15	15	15
Türbin Fiyatı (TL)	30000	90000	180000	300000	10000	90000	180000	300000
Güç Üretimine Başlama Hızı(m/s)	3	3	3	3	3	3	3	3
Güç Üretimini Kesme Hızı(m/s)	25	25	25	25	25	25	25	25

İterasyonda yukarıdaki tablolarda görüldüğü üzere 1-3-5-10-20 kW'lık [41] türbinler kullanılacaktır. Türbinlerin fiyatları ise Altema firmasının internet sitesinden edinilmiştir.

Türbinlerin ömürleri 20 yıl kabul edilmiştir. Kurulum, inşaat, nakliyat, işçilik vb. maliyetler türbin fiyatının %10'u kabul edilmiştir. Kurulum maliyetinin yenilenme maliyetine eşit olduğu varsayılmıştır. Türbinlerin yıllık bakım ve onarım maliyetlerinin türbin maliyetinin %1'ine eşit olduğu varsayılmıştır. 1kW'lık türbinin hub yüksekliğinin 15 metre ve diğerlerinin 36 metre olduğu kabul edilmiştir [42] . Anemometre yüksekliği 10m kabul edilmiştir [44].

Türbinlerin hız-güç eğrileri Ek-A'dadır. Hız-güç eğrileri de veri olarak girilmiştir [41]. Şekil 7.5'te Matlab çalışma alanına girilmiş bazı excel verileri görülmektedir.

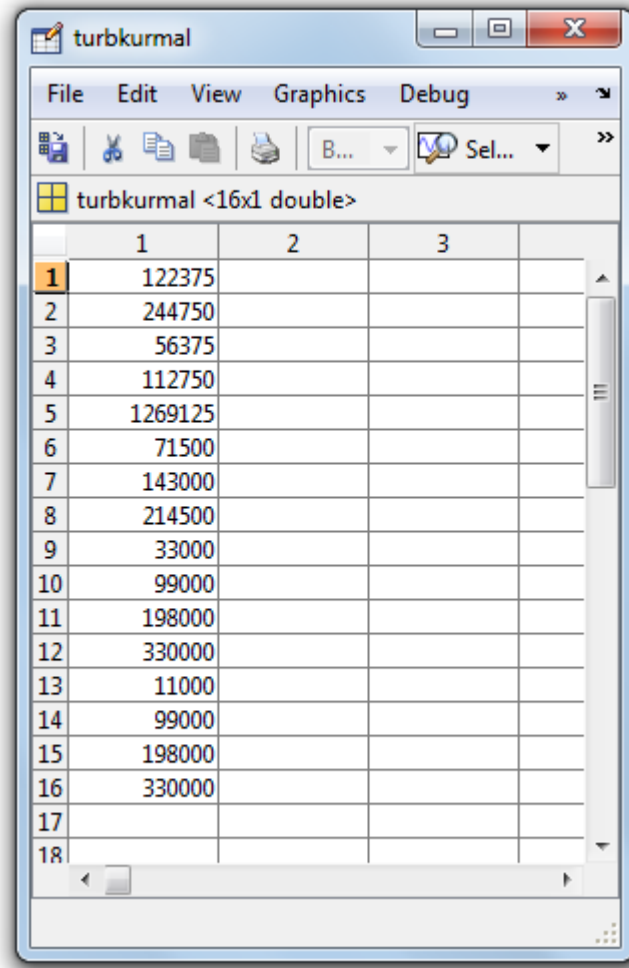


The screenshot shows a Matlab workspace window titled 'turbsay'. The workspace contains a variable 'turbsay' of type '<16x1 double>'. The data is displayed in a table with 17 rows and 4 columns. The first column contains row numbers 1 to 17. The second column contains the values 1, 2, 1, 2, 3, 2, 4, 6, 1, 3, 6, 10, 1, 9, 18, 30, and an empty cell for row 17. The third and fourth columns are empty.

	1	2	3	4
1	1			
2	2			
3	1			
4	2			
5	3			
6	2			
7	4			
8	6			
9	1			
10	3			
11	6			
12	10			
13	1			
14	9			
15	18			
16	30			
17				

Şekil 7.5 İterasyondaki türbinlerin sayıları

Görüldüğü gibi ismi 'turbkural' olarak kaydedilmiştir. İlk 8 sıra 1. türbin gruplarının 2. 8'lik sıra ise 2. türbin gruplarının verileridir.



	1	2	3
1	122375		
2	244750		
3	56375		
4	112750		
5	1269125		
6	71500		
7	143000		
8	214500		
9	33000		
10	99000		
11	198000		
12	330000		
13	11000		
14	99000		
15	198000		
16	330000		
17			
18			

Şekil 7.6 İterasyondaki türbinlerin kurulum maliyetleri

Bölgenin rakımı 73 metredir [43] . Sıcaklığı ölçen aletin yerden yüksekliği 2m kabul edilmiştir [44]. Bölgenin kırsal orman alanı olduğu düşünülüp, rüzgar güç katsayısı 0.25 kabul edilmiştir [21]. Türbinlerin birbirine yakın kurulması gölgeleme etkisine neden olur. Yani rüzgarı karşıdan ilk alan türbinler arkadakilerinin verimini düşürür. Çünkü rüzgarın bir miktar enerjisi alınınca hızı yavaşlar [21]. Algoritmada türbinlerin çıkış güçleri gölgeleme etkisi ve türbülans vb. durumlar oluşabileceği için %5 oranında azaltılarak simülasyona dahil olmaktadır.

Yük çok yüksek olmadığı için 20 kW'ın üstündeki türbinler iterasyona katılmamıştır.

7.2 Solar Panel Grupları İle ilgili Girdiler

5 adet farklı güçlerde Schott marka [45] solar panel grupları iterasyon için düşünülmüştür. İlgili veriler Tablo 7.3'te verilmiştir.

Çizelge 7.3 Uygulamadaki solar panel gruplarının verileri [45]

Panel Grubunun Nominal Gücü (kW)	28.2	56.4	94	141	188
Verimi (%)	14	14	14	14	14
Nominal Çalışma Hücre Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	47.2	47.2	47.2	47.2	47.2
Sıcaklık Güç Katsayısı (%)	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Kurulum Maliyeti (TL)	129646	259290	432150	648230	864310
Panel, Kasa Vb. Maliyeti (TL)	117860	235720	392868	589304	785740
Yıllık Bakım ve Onarım Maliyeti (TL)	1178.6	2357.2	3928.6	5893	7857.4
Yenilenme Maliyeti (TL)	129646	259290	432150	648230	864310
Ömür (yıl)	25	25	25	25	25

Panel verimleri olarak maksimum durum verimi [45] (peak efficiency) girilmiştir. Nominal güçler panellerin maksimum güçleri ile bulunmuştur. 1 panel'in maksimum gücü 235W'dır [45]. Daha ekonomik olabileceği için yüksek güçlü panel seçilmiştir. 1. panel grubu için 120, 2. panel grubu için 240, 3. panel grubu için 360, 4. panel grubu

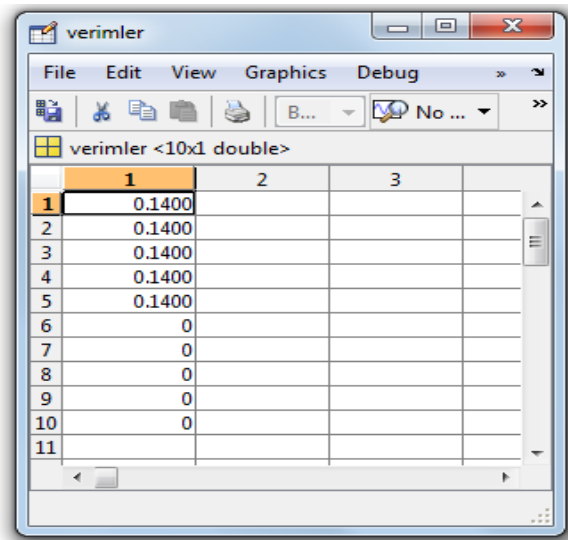
için 540 ve 5. panel grubu için 720 tane panel kullanılmıştır. Böylece 1. panel grubunun nominal gücü 28.2kW (120*235W), 2. panel grubunun nominal gücü 56.4kW (240*235W), 3. panel grubunun nominal gücü 94kW (360*235W), 4. panel grubunun nominal gücü 141kW (540*235W) ve 5. panel grubunun nominal gücü 188kW (720*235W)'dır. Bölgedeki güneş radyasyonu zayıf görüldüğü için panel güçleri yüksek seçilmiştir.

Solar panellerin kurulum, işçilik ve nakliyat vb. maliyetleri panel grubu (mppt vb. elemanlar dahil) maliyetinin [46] %10'u olduğu kabul edilmiştir. Panellerin yıllık bakım ve onarım giderleri panel grubu maliyetinin %1'i olduğu kabul edilmiştir. Yenilenme maliyeti kurulum maliyetine eşittir.

Solar panelin katalog bilgileri Ek-B'dedir.

Mppt'nin verimi %95 kabul edilmiştir. Panellerin güç azalım faktörü (toz, kir vb. nedenlerden dolayı) %5 düşünülmüştür. Bölgenin enlemi 40° (40:09 K) ve boylamı 26° (26:24 D)'dir [47]. Zaman alanı ise +2.00'dir [48]. Kuzey yarım kürede olan panel yüzeyleri güneşe bakmalıdır ve bu yüzden sistem verisi olarak azimut açımız 0° 'dir [31]. Solar radyasyon yansıtma yüzdesi ise %18 düşünüldü [50].

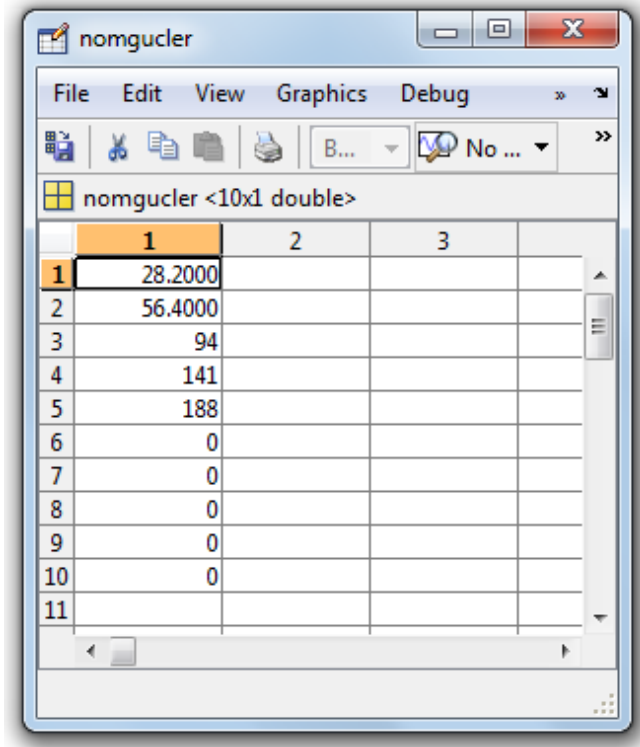
Paneller için kış eğim açısı 55° (40 (enlem)+15) ve yaz için 25° (40 (enlem)-15) girilmiştir [51]. Şekil 7.7 ve 7.8 Matlab çalışma alanına girilen verileri bazı verileri göstermektedir.



	1	2	3
1	0.1400		
2	0.1400		
3	0.1400		
4	0.1400		
5	0.1400		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11			

Şekil 7.7 İterasyondaki solar panellerin verimleri

Kış ve yaz dönemleri için panellerin farklı eğim açılarında olması küçükte olsa üretilebilecek enerjiyi arttırmaktadır [51].



	1	2	3
1	28.2000		
2	56.4000		
3	94		
4	141		
5	188		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11			

Şekil 7.8 İterasyondaki solar panellerin nominal güçleri

7.3 Dizel Jeneratörler İle İlgili Girdiler

1. grupta ve 2. grupta 3'er jeneratör iterasyona dahil olacaktır. Program 2 dizel jeneratörün beraber çalışmasına da izin vermektedir. Böylece her gruptaki jeneratörler ikili kombinasyonlar oluşturarak da iterasyona dahil olacaktır.

2 dizel jeneratörün beraber çalışması bazı durumlarda avantajlı olabilmektedir, örneğin bir jeneratör temel yükü karşılarken diğer jeneratör de tepe veya maksimum (peak) yükleri karşılayabilmektedir.

Dizel jeneratörlerin çalışma maliyeti 0.014 TL'dir [51].

Tablo 7.4'te 1. grupta yer alan ve iterasyona dahil olacak jeneratörlerin verileri görülmektedir.

Çizelge 7.4 Uygulamadaki 1. grup jeneratörlerin verileri

Jeneratör tipi	6kVA	7kVA	20kVA
Stanby Gücü (kW)	4.8	5.6	16
Prime Gücü (kW)	4.32	5.04	14.4
Sürekli Gücü (kW)	3.36	3.96	11.2
Tam Güç Sarfiyatı (lt/s)	1.32	1.34	5
%75 Güç Sarfiyatı (lt/s)	0.99	1	3.85
% 50 Güç Sarfiyatı (lt/s)	0.66	0.67	2.65
Çalışma Ömrü (saat)	10000	10000	10000
Kurulum Maliyeti (TL)	2996	3055	12280
Yenilenme Maliyeti (TL)	2996	3055	12280
Yakıt Deposu Kapasitesi (lt)	15	24	95

Tablo 7.5'te 2. grupta yer alan ve iterasyona dahil olacak jeneratörlerin verileri görülmektedir.

Çizelge 7.5 Uygulamadaki 2. grup jeneratörlerin verileri

Jeneratör tipi	15.5kVA	11.5kVA	5kVA
Stanby Gücü (kW)	12.5	9.2	4
Prime Gücü (kW)	11.6	8.5	3.6
Sürekli Gücü (kW)	8.75	6.5	2.8
Tam Güç Sarfiyatı (lt/s)	4	3.5	1.5
%75 Güç Sarfiyatı (lt/s)	3.08	2.7	1.125
% 50 Güç Sarfiyatı (lt/s)	2.12	1.85	0.75
Çalışma Ömrü (saat)	10000	10000	10000
Kurulum Maliyeti (TL)	9968	9673	2928
Yenilenme Maliyeti (TL)	9968	9673	2928
Yakıt Deposu Kapasitesi (lt)	50	35	13.5

20, 15.5 ve 11.5kVA'lık jeneratörler Aksa[52], 5kVA[56] ve 6kVA'lık jeneratörler Kama[53] ve 7kVA jeneratör Genpower[54] firmasıdır. Jeneratörlerde güç faktörü 0.8 kabul edilmiştir. Jeneratörler için maksimum güçlerin stanby güce, prime güçlerin maksimum güçlerin %90'ına ve sürekli güçlerin stanby gücün %70'ine eşit olduğu kabul edilmiştir [34].

Standby ve prime güçler için yıllık ve günlük güç ortalama sınırları %70 seçilmiştir [25]. Prime mod için yıllık ve günlük dizel güç ortalaması prime gücün %70'ini ve aynı şekilde standby mod için yıllık ve günlük dizel güç ortalaması standby gücün %70'ini geçmemelidir [25]. Sürekli mod için yıllık ve günlük ortalaması sürekli gücün %30'u altına düşmemelidir (%30 seçilmiştir). Zaten jeneratörler sürekli gücün %30 altında güç vermemektedirler.

Jeneratörlerin standby mod maksimum yıllık çalışma süresi 500 saat düşünülmüştür [57], prime ve sürekli mod için bu süre 8760 saat (tüm yıl aralıksız enerji verebilir) düşünülmüştür [34].

Jeneratörlerin yenilenme maliyetleri kurulum maliyetine eşit varsayılmıştır. Jeneratörlerin nakliyat, işçilik ve kurulum vb. maliyetleri her bir jeneratör için 1000 TL düşünülmüştür.

Eksta yakıt deposunun kapasitesi 1000 lt ve depo boşaldıkça dizel nakliyat maliyeti 500 TL düşünülmüştür.

Dizel yoğunluğu 0.820kg/lt ve karbon içeriği %88 kabul edilmiştir [31].

6 kVA, 7kVA ve 5kVA jeneratörler için tam güç, %75 güç ve yarı güçteki birim enerji başına düşen dizel sarfiyatı eşit kabul edilmiştir.

20kVA, 15.5kVA ve 11.5kVA jeneratörlerin %75 ve yarı güçteki dizel sarfiyatının bulunmasında 44kVA'lık Aksa [52] dizel jeneratörün dizel sarfiyat verisi baz alınmıştır. %75 güçte tam güçte yaktığının %77'sini ve yarı güçte ise %53'ünü yakmaktadır, bu %77 ve %53 oranları sözü edilen jeneratörler için kullanılmıştır.

Jeneratörlerin çalışma ömürleri 10000 saat [55] kabul edilmiştir. Şekil 7.9 ve 7.10 Matlab çalışma alanına girilen jeneratörlerle ilgili verileri bazı verileri göstermektedir.

	1	2	3
1	4	3.5000	1.5000
2	3.0800	2.7000	1.1200
3	2.1200	1.8500	0.7500
4			
5			
6			
7			

Şekil 7.9 İterasyondaki 15.5, 11,5 ve 5kVA'lık jeneratörlerin tam, %75 ve %50 güçteki dizel sarfiyatları

	1	2	3
1	15		
2	15		
3	95		
4			
5			
6			

Şekil 7.10 İterasyondaki 6, 7 ve 20kVA'lık jeneratörlerin yakıt depoları

7.4 Bataryalar İle ilgili Girdiler

Tablo 7.6’da iterasyona dahil olacak kurşun asit batarya verileri [58] görülmektedir.

Çizelge 7.6 Uygulamadaki bataryaların verileri [58]

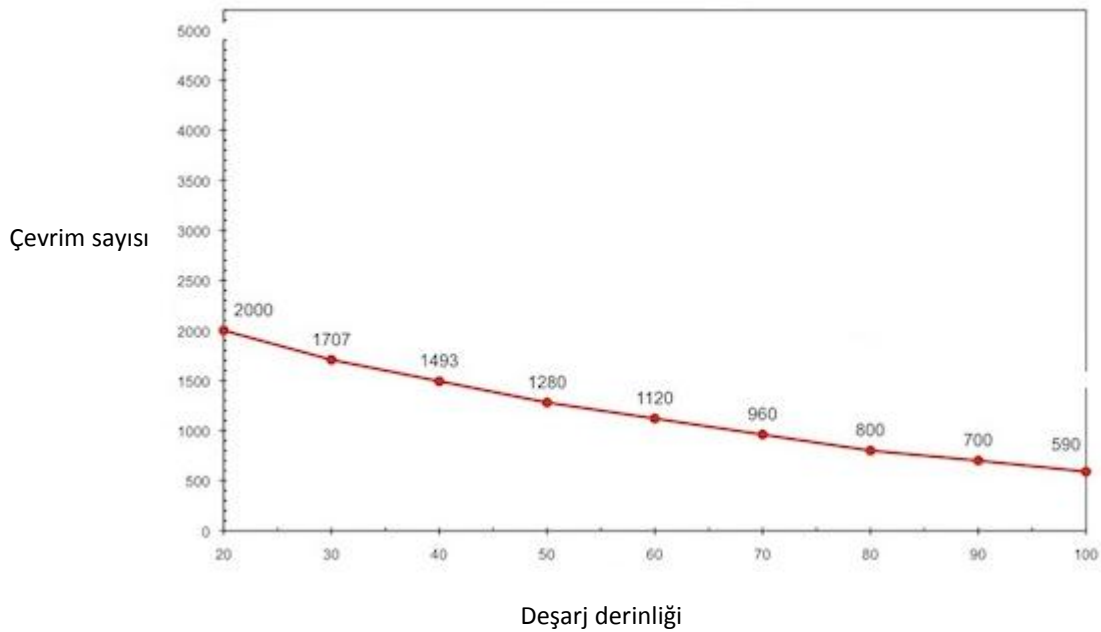
Bataryalar	2 V 1050 Ah	6V 350 Ah	6V 450 Ah	12 V 80 Ah	12 V 105 Ah	12 V 200 Ah
Gerilimi (V)	2	6	6	12	12	12
Kapasitesi (kAh)	1.05	0.35	0.45	0.08	0.105	0.2
Kurulum Maliyeti (TL)	785	722	865	397	652	957
Minimum SOC oranı	%40	%40	%40	%40	%40	%40
Yıllık Bakım Maliyeti (TL)	3.9	3.61	4.32	1.98	3.26	4.78
Maksimum Şarj Akımı (kA)	0.0525	0.0175	0.0225	0.004	0.005	0.01
Maksimum Deşarj Akımı (kA)	0.0525	0.0175	0.0225	0.004	0.005	0.01
Enerji Dolaşım Miktarı (kWh)	1411	1411	1814	645	846	1612

Tablo 7.6’da tek bataryaların verileri gösterilmiştir. İterasyona bu 6 çeşit batarya 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 200, 250 ve 300 adet batarya grupları halinde dahil olacaktır. Böylece veri olarak kurulum maliyetleri ve yıllık bakım-onarım maliyetleri toplam

batarya grup maliyetleri olarak girilmiştir. Kurulum maliyetleri batarya fiyatına [60] eşit kabul edilmiştir. Yıllık bakım ve onarım maliyeti kurulum maliyetinin %0.5'i varsayılmıştır.

Maksimum şarj ve deşarj akım akımları birbirine eşit kabul edilmiştir. Batarya ömrü 12 yıl [31], minimum şarj oranı %40 [31] ve batarya verimi %90'dır [59]. Batarya şarj ve deşarj verimi eşit kabul edilmiştir [33]. Bataryanın özgül kaybını (self deşarj oranı) aylık % 10 [59] ve sıcaklık ile kapasite değişim oranı % 0.6 [33] kabul edilmiştir.

Bataryalar %60'lık deşarj oranında 1120 kez dolup boşalabilmektedir [58]. 2V 1050 Ah'lık bataryanın enerji dolaşım kapasitesi batarya gerilimi (2), kapasitesi (1.050), deşarj derinliği (0.6) ve 1120'nin çarpımıyla elde edilmiştir ($1411=2*1,05*0,6*1120$). Diğer kapasiteler de bu yolla hesaplanmıştır. Veri olarak yine batarya grup toplam enerji dolaşım kapasiteleri girilmiştir. İterasyonda kullanılan bataryaların deşarj derinliği-çevrim sayısı grafiği Şekil 7.11'de gösterilmiştir.



Şekil 7.11 Bataryanın deşarj derinliği-ömür grafiği [58]

	1	2	3
1	9570		
2	28710		
3	47850		
4	66990		
5	86130		
6	105270		
7	124410		
8	191400		
9	239250		
10	287100		
11	7850		
12	23550		
13	39250		
14	54950		
15	70650		
16	86350		
17	102050		
18	157000		
19	196250		
20	235500		
21			

Şekil 7.12 İterasyondaki 12V 200Ah ve 2V 1050 Ah bataryaların gruplarının kurulum maliyetleri

Görüldüğü gibi ilk 10 veri 12V 200Ah'lık ve 2. onluk veri ise 2V 1050Ah'lık batarya gruplarının toplam kurulum maliyetleridir.

7.5 İterasyon Sonuçları

İterasyona sokulan türbinlerin, panellerin, jeneratörlerin ve batarya gruplarının özeti aşağıdadır. Aşağıdaki sıra ile iterasyona dahil olmaktadır. For ise iterasyon mantığını hatırlatmak için konulmuştur. Yakıt deposu sistemde dahildir.

Türbin1 for 0:8

0) türbin yok

1) 1*20kW

2) 2*20kW

3) 1*10kW

4)2*10kW

5)3*10kW

6)2*5kW

7)4*5kW

8)6*5kW

Türbin2 for 0:8

0)türbin yok

1) 1*3kW

2)3*3kW

3)6*3kW

4)10*3kW

5)1*1kW

6)9*1kW

7)18*1kW

8)30*1kW

Solar panel for 0:5

0)panel yok

1) 28.2kW

2) 56.4kW

3) 94kW

4) 141kW

5)188kW

Batarya for 0:20

0)bataryasız

1) 10 adet 6V 350Ah

30 adet 6V 350Ah

50 adet 6V 350Ah

70 adet 6V 350Ah

90 adet 6V 350Ah

110 adet 6V 350Ah

130 adet 6V 350Ah

200 adet 6V 350Ah

250 adet 6V 350Ah

300 adet 6V 350Ah

10) 300 adet 6V 450Ah

10 adet 6V 450Ah

30 adet 6V 450Ah

50 adet 6V 450Ah

70 adet 6V 450Ah

90 adet 6V 450Ah

110 adet 6V 450Ah

130 adet 6V 450Ah

200 adet 6V 450Ah

250 adet 6V 450Ah

300 adet 6V 450Ah

Dizel jeneratör 1 for 0:3

0) jeneratörsüz

1) 6kVA

2)7kVA

3) 20kVA

Dizel jeneratör 2 for 0:3

0) jeneratörsüz

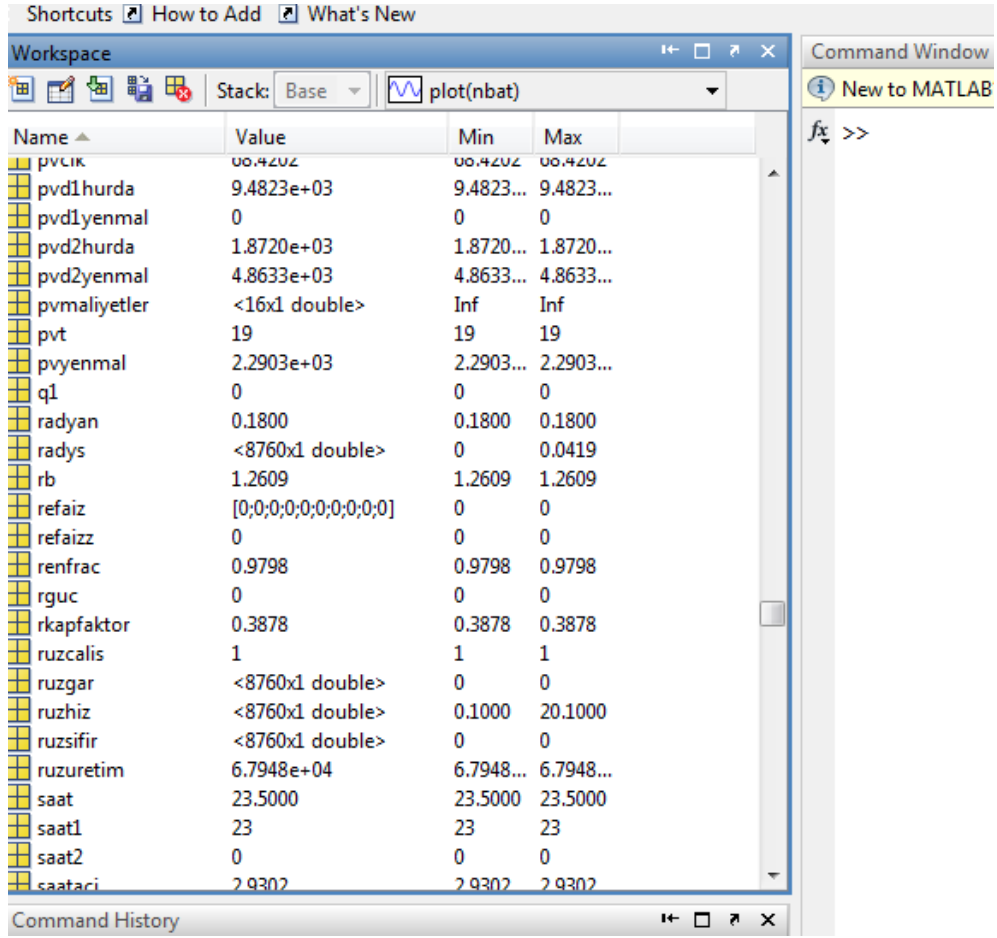
1) 15.5kVA

2) 11.5kVA

3) 5kVA

Not: 2V 1050Ah, 12V 80Ah, 12V 105Ah ve 12V 200Ah batarya grupları içinde aynı iterasyonlar yapılmıştır.

Yakıt deposu sistemde dahildir. Şekil 7.13'te tüm verileri girdikten ve programı çalıştırdıktan sonra çalışma alanındaki görüntü yer almaktadır.



Şekil 7.13 İterasyon sonrası örnek matlab çalışma alanının durumu

Kazanan sistem ise aşağıdadır.

- 1 adet 20kW türbin
- 50 adet 6V 350Ah batarya
- 1 adet 7kVA dizel jeneratör

Yükün %10'luk çalışma rezervi ile ortalama gücü 3kW'tır. 20kW'lık türbinin kapasite faktörü %41'dir. 5kW'lık türbinin kapasite faktörü ortalama %40 ve yıllık ortalama gücü 2kW'tır ($2kW = 5kW \cdot 0.4$). Ortalama 2kW değeri yükün ortalama değerinin altında kaldığı için 5kW'lık türbin yükü karşılamadı ve program tarafından seçilemedi.

10kW'lık türbinin kapasite faktörü ortalama %40 ve yıllık ortalama gücü 4kW'tır ($4kW = 10kW \cdot 0.4$). Türbinlerin çıkış güçleri %5 oranında azalmaktadır. AC baradaki 10 birim enerji bataryalara gidip tekrar yükü beslemek için AC baraya döndüğünde yaklaşık 7 birim olmaktadır. Çünkü 10 birim enerji doğrultucudan geçtikten (doğrultucu

verimi 0.95) sonra 9.5 birime, batarya şarj ediciden geçtikten sonra 9 birime (şarj edici verimi 0.95) ve batarya şarj verimi de %90 olduğu için 8.1 birime düşmektedir. Deşarj durumunda bu 8.1 birim enerji deşarj verimi %90 olduğu için 7.3 birime ve inverterden geçtikten sonra yaklaşık 7 birime düşmektedir. Bataryalar her ay enerjisinin %10'unu kaybetmektedir (self discharge). Ayrıca bataryaların şarj-deşarj akımları sınırlıdır. Seçilen 6V 350Ah batarya için maksimum şarj ve deşarj akımı 17.5A'dır. Bu nedenlerden ötürü 10kW'lık türbin yeterli yükü karşılayamadı ve program tarafından seçilemedi.

Aynı veriler ile HOMER'de de simulasyon yapılmıştır. HOMER için simulasyon sonrası kazanan sistem aşağıdadır.

- 1 adet 20kW türbin
- 50 adet 6V 450Ah batarya
- 1 adet 7kVA dizel jeneratör

HOMER simulasyonu sonrası sistem birim enerji maliyeti 0.67 TL/kWh, yenilenebilir enerji oranı %91, jeneratörün yıllık çalışma süresi 804 saat, jeneratörün yıllık dizel sarfiyatı 678 litredir.

Programın simulasyonu sonrası kazanan sistemin bazı çıkış verileri ise aşağıdadır.

sistem karşılanmamış yük oranı : 0.00

sistem birim enerji maliyeti : 0.57 TL/kWh

sistemin yenilenebilir enerji oranı : 0.90

sistemin yenilenebilir olmayan enerji oranı : 0.10

sistem emisyon miktarı : 2104.43 kg/yıl

yıllık rüzgar enerjisi : 72285.55 kWh

yıllık ortalama rüzgar gücü : 8.25kW

türbin veya türbinlerin kapasite faktörü : 0.41

yıllık türbin veya türbinlerin çalışma süresi : 6716.00 saat

yıllık 1. dizelin enerji üretimi : 2526.21kWh

1.dizelin minimum gücü : 0.00

1.dizelin maximum gücü : 4.75kW

yıllık 1. dizelin çalışma süresi : 884.00 saat

yıllık 1. dizelin dizel sarfiyatı : 997.23 lt

bataryalardan ac baraya gelen yıllık toplam güç : 5081.44 kWh

bataryaya giren yıllık enerji : 6275.24 kWh

bataryadan çıkan yıllık enerji : 5630.40 kWh

İnvertere gelen maksimum güç : 4.73 kW

İnvertere gelen ortalama güç : 0.64 kW

Doğrultucuya gelen maksimum güç : 18.78 kW

Doğrultucuya gelen ortalama güç : 6.09 kW

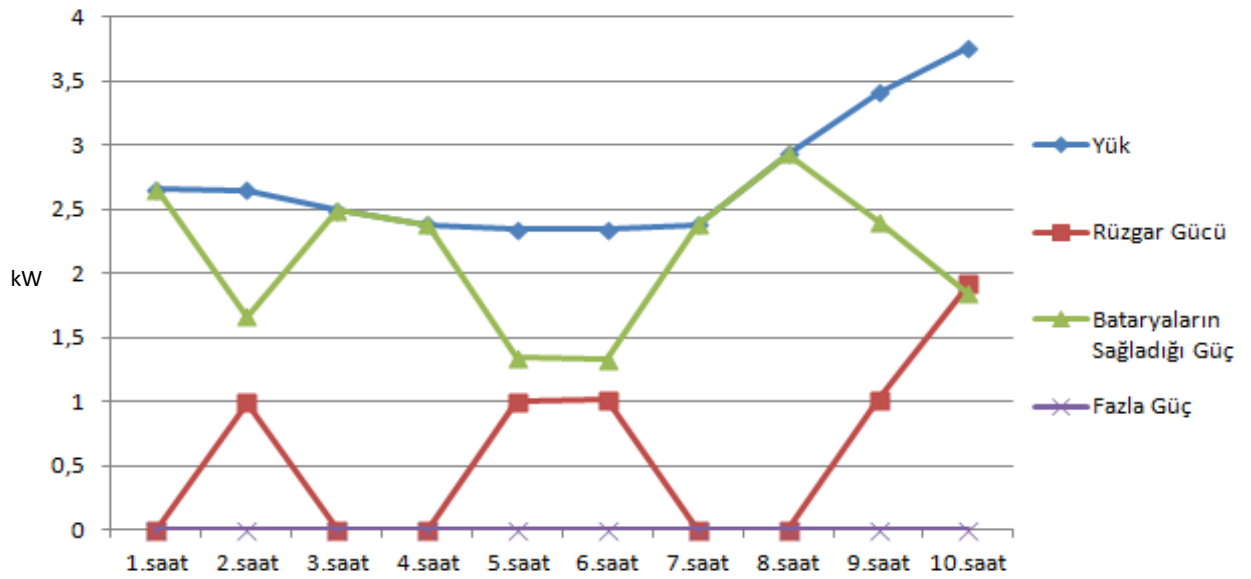
Bataryalara giren ve çıkan enerjinin birbirine eşit olmaması bataryaların özgül kaybı yüzündendir.

Batarya deşarj ağırlıklı 1. ve 10. iterasyon saatleri arasındaki güç akışı Tablo 7.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.7 Türbin-batarya-dizel sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı

	Yük (kW)	Türbin Gücü(kW)	Jeneratör Gücü(kW)	Bataryaların Sağladığı Güç(kW)	Bataryaları Şarj Eden Güç(kW)	Fazla Güç(kW)	Batarya SOC (%)
1.saat	2,66	0	0	2,66	0	0	0,97
2.saat	2,65	0,99	0	1,66	0	0	0,95
3.saat	2,49	0	0	2,49	0	0	0,92
4.saat	2,38	0	0	2,38	0	0	0,90
5.saat	2,34	1,00	0	1,34	0	0	0,89
6.saat	2,34	1,01	0	1,33	0	0	0,87
7.saat	2,38	0	0	2,38	0	0	0,85
8.saat	2,93	0	0	2,93	0	0	0,82
9.saat	3,41	1,01	0	2,40	0	0	0,79
10.saat	3,76	1,92	0	1,84	0	0	0,78

Tablo 7.7'deki güç akışının grafik hali Şekil 7.14'de gösterilmiştir.



Şekil 7.14 Türbin-batarya-dizel sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı grafiği

Türbinin gerekli gücü sağlayamadığı saatlerde bataryalar gerekli gücü sağlamışlardır. Bataryaların gerekli gücü verebilmesinden dolayı da dizel jeneratör bu saat dilimi içinde çalışmamıştır. Ayrıca fazla güçte oluşmamıştır [Şekil 7.14].

Batarya şarj ağırlıklı 4680. ve 4689. iterasyon saatleri arasındaki güç akışı Tablo 7.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8 Türbin-batarya-dizel sistem için şarj ağırlıklı güç akışı

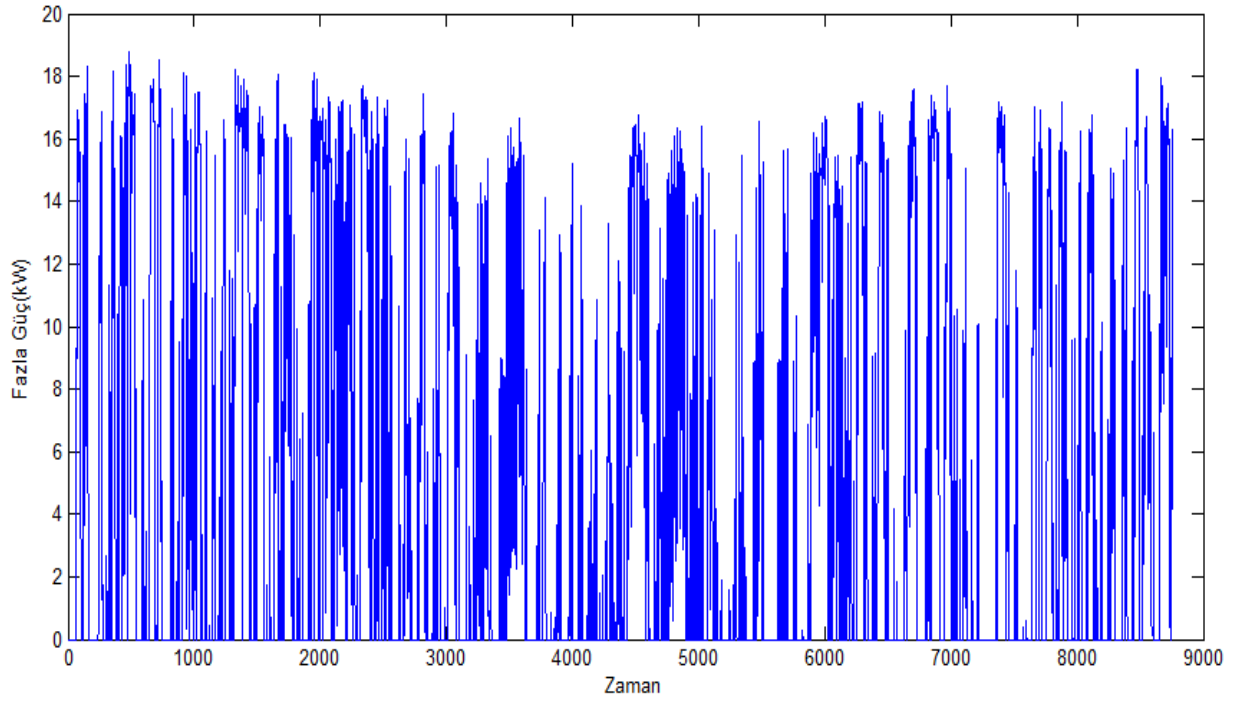
	Yük (kW)	Türbin Gücü(kW)	Jeneratör Gücü(kW)	Bataryaların Sağladığı Güç(kW)	Bataryaları Şarj Eden Güç(kW)	Fazla Güç(kW)	Batarya SOC (%)
4680.saat	2,73	4,57	0	0	1,84	0	0,87
4681.saat	2,48	3,72	0	0	1,24	0	0,88
4682.saat	2,24	4,13	0	0	1,89	0	0,89
4683.saat	2,12	4,56	0	0	2,44	0	0,91
4684.saat	1,99	3,07	0	0	1,08	0	0,92
4685.saat	1,96	6,66	0	0	4,70	0	0,95
4686.saat	1,93	7,70	0	0	5,77	0	0,99
4687.saat	1,87	9,27	0	0	0,35	7,05	1
4688.saat	1,87	14,98	0	0	0	13,11	1
4689.saat	1,99	12,85	0	0	0	10,86	1

4685. saatte yük 1.96kW ve türbinin sağladığı güç 6.66kW olduğu için geriye kalan 4.7kW’lık güç bataryaları şarj etmiştir. Batarya şarjı %92’den %95’e çıkmıştır ve fazla güç oluşmamıştır [Çizelge 7.8].

4686. saatte batarya şarjı %99 olduğu için 4687. saatte 0.35kW’lık güç bataryaları şarj etmiştir ve batarya şarjı %100 olmuştur. Batarya şarjı %100 olduğu ve daha fazla şarj edilemeyeceği için 7.05kW’lık fazla güç meydana gelmiştir [Çizelge 7.8].

4687. saatte batarya şarjı %100 olduğu için 4688. saatteki türbinlerin ürettiği 13.11kW’lık fazla güç bataryaları şarj edememiştir [Çizelge 7.8].

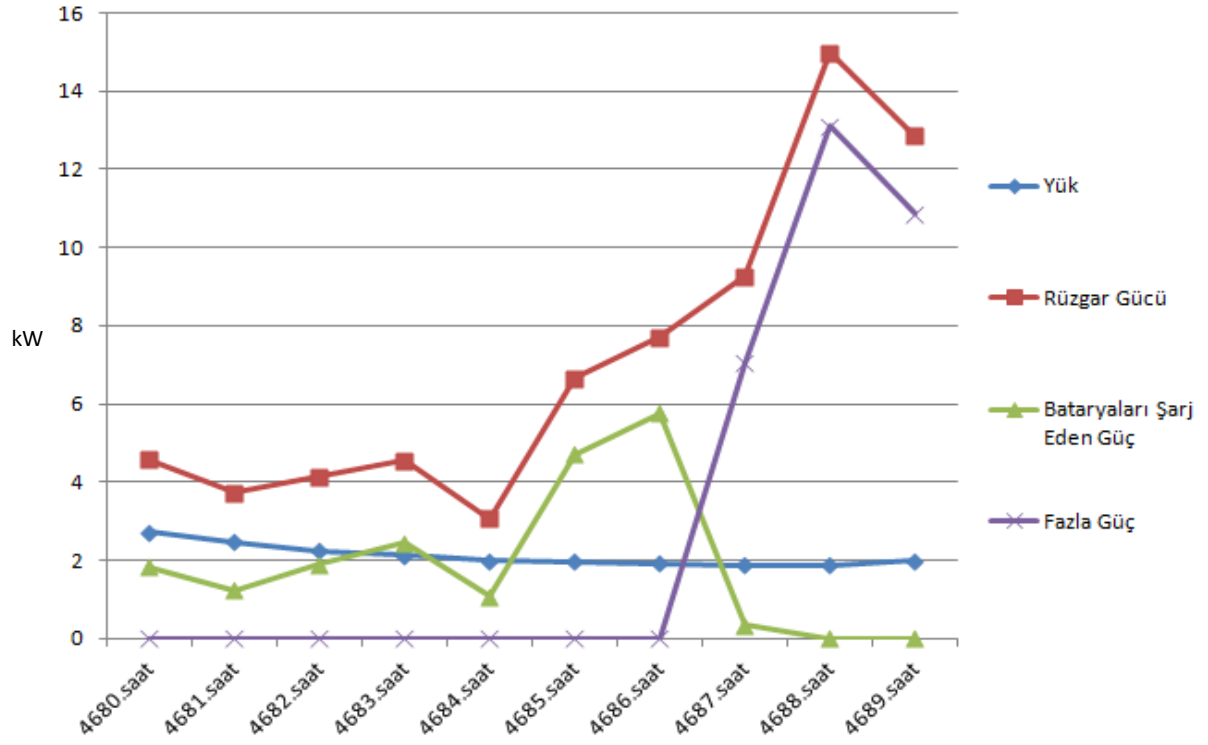
Görüldüğü üzere sistemde bataryaları şarj edemeyen fazla güç mevcuttur. Fazla gücün yıllık değişimi Şekil 7.15’da gösterilmiştir.



Şekil 7.15 Türbin-batarya-dizel sistemde fazla gücün yıllık değişimi

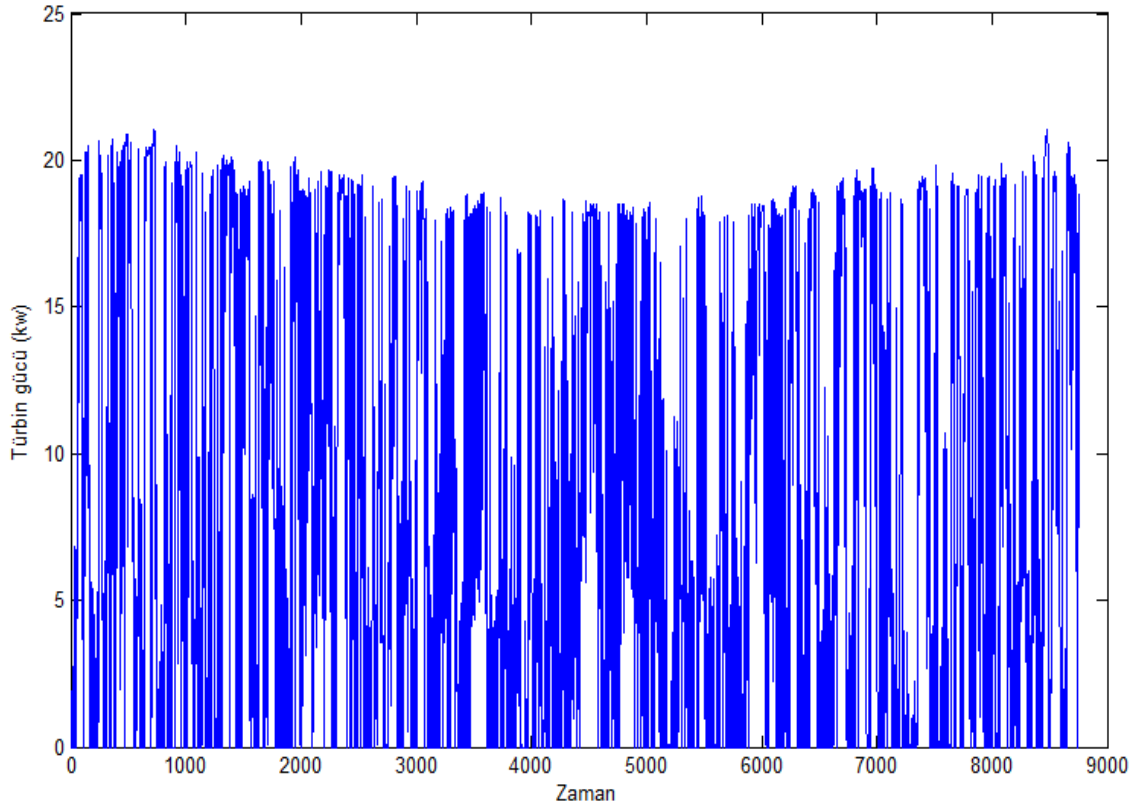
Yılda 45600 kWh fazla güç oluşmaktadır ve bu yüksek bir değerdir. Eğer fazla gücü şebekeye 0.2 TL/kWh’ten satarsak birim enerji maliyeti 0.27TL/kWh’e düşmektedir.

Tablo 7.8’deki güç akışının grafik hali Şekil 7.16’de gösterilmiştir.



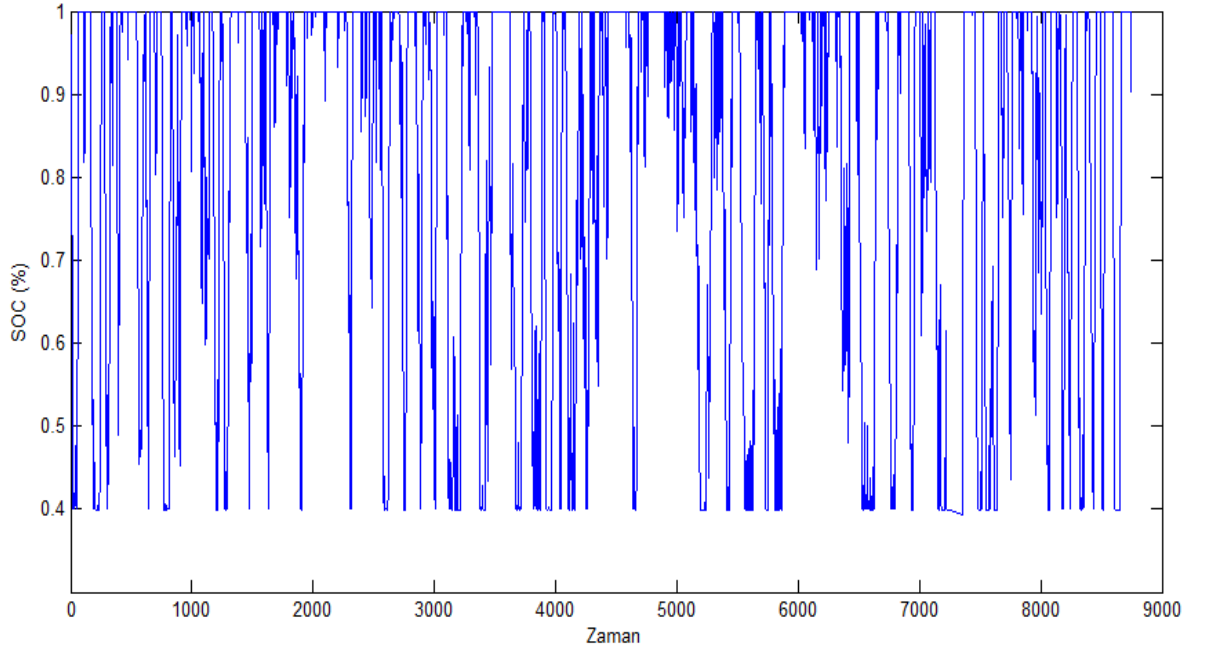
Şekil 7.16 Türbin-batarya-dizel sistem için şarj ağırlıklı güç akışı grafiği

20kW'lık türbinin güç üretiminin yıllık değişimi Şekil 7.17'de gösterilmiştir.



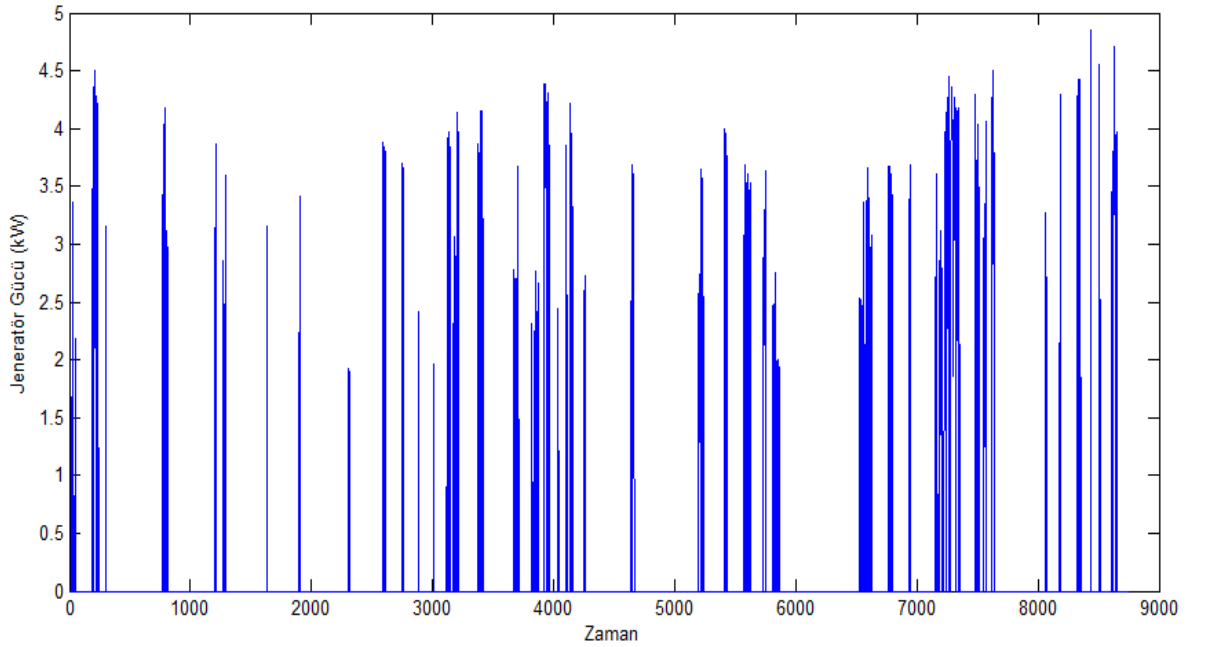
Şekil 7.17 20kW'lık türbinin yıllık güç üretimi

Bataryaların yıllık şarj durumu Şekil 7.18’de gösterilmiştir.



Şekil 7.18 Bataryaların yıllık şarj durumu

Yukarıdaki grafikte zaman zaman şarj durumunun %40’ın altına inmesi bataryaların özgül kaybı yüzündendir.

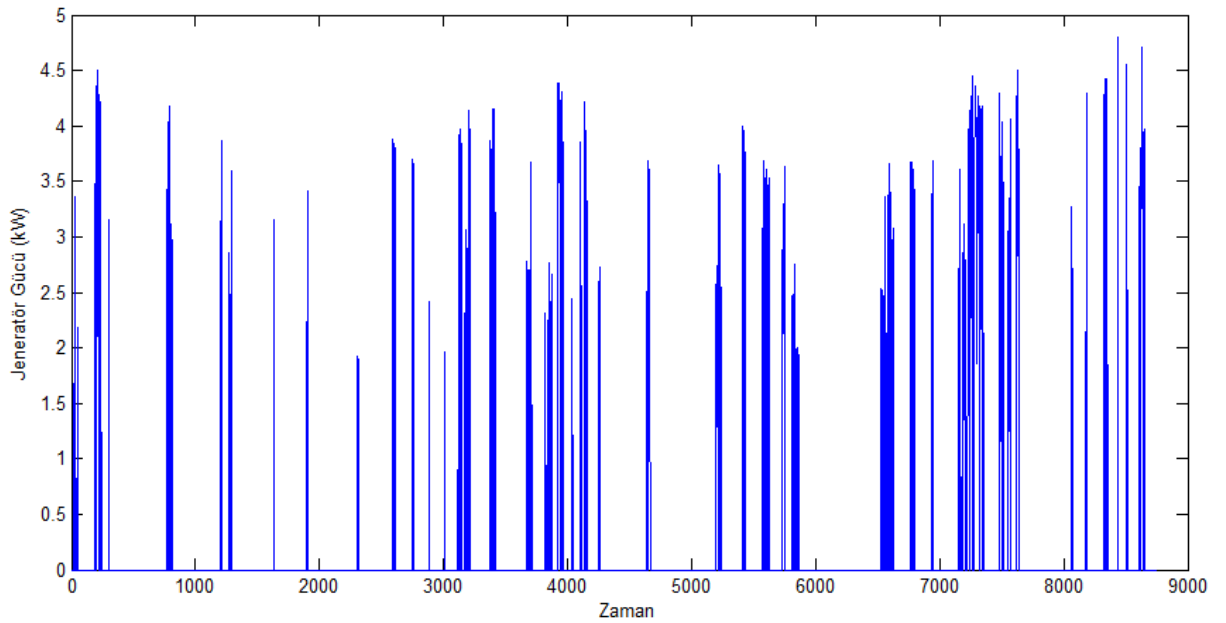


Şekil 7.19 7kVA jeneratörün yıllık enerjisi

Şekil 7.19’da görüldüğü üzere jeneratör prime modda çalışmıştır ve gerekli standartları sağlamıştır. Değişken bir yüklenme görülmektedir ayrıca günlük ve yıllık (2.91 kW) güç

ortalaması prime gücün (5.04) %70'i altındadır. Jeneratörün sürekli güç değeri 3.92 kW ve yıl içinde verdiği maksimum güç ise 4.75 kW'tır. Sürekli çalışma mod standartını sağlayamamasına rağmen prime mod standartlarını sağlamıştır. Sürekli mod standartında dizel gücü sürekli güç değerinin üstünde olmamalıdır.

Şekil 7.20'de algoritmanın neden 6 kVA'lık jeneratörü seçmediği görülmektedir. 20kW'lık türbin, 50 adet aynı tip batarya ve 6kVA'lık jeneratör olması durumunda jeneratörün yıllık güç değişimi Şekil 7.20'de gösterilmiştir.



Şekil 7.20 6kVA jeneratörün yıllık enerjisi

Şekil 7.20'de maksimum güç 4.8 kW'tır ve bu yük değeri jeneratör prime ve sürekli güç değerlerini aştığı için o mod standartlarını sağlayamamaktadır. Jeneratörün yılda 884 saat çalışmasında standby mod standartından elenmesine yetmiştir (maksimum yılda 500 saat çalışabilir). Bu 3 mod standartından hiçbirini sağlamadığı için algoritma 7kVA'lık jeneratörü seçmiştir.

Jeneratörün olmadığı rüzgar türbini-batarya durumunda aynı veriler ile iterasyon yaparsak kazanan sistem aşağıdadır.

- 1 adet 20kW türbin
- 110 adet 6V 450Ah batarya

6V 450Ah bataryanın maksimum deşarj oranı %60, maksimum şarj ve deşarj akımları sınırlı ve düşük (17.5A), şarj ve deşarj verimleri %90 ve aylık enerjisinin %10'unu kaybettiği için 110 adet seçilmiştir. Maksimum şarj ve deşarj akımı yüksek, şarj ve deşarj verimi yüksek, özgül kaybı düşük (self discharge) ve maksimum deşarj oranı yüksek bir batarya seçilseydi daha az sayıda batarya kullanılırdı. Fakat bu özelliklere sahip bataryaların maliyeti ise kullandığımız kurşun asit bataryalardan çok daha fazladır.

Aynı veriler ile HOMER'de de simulasyon yapılmıştır. HOMER için simulasyon sonrası kazanan sistem aşağıdadır.

- 1 adet 20kW türbin
- 110 adet 6V 450 Ah batarya

Programın simulasyonu sonrası kazanan sistemin bazı çıkış verileri ise aşağıdadır.

sistem karşılanmamış yük oranı : 0.02

sistem birim enerji maliyeti : 0.68 TL/kWh

sistemin yenilenebilir enerji oranı : 1.00

sistemin yenilenebilir olmayan enerji oranı : 0.00

sisteme bataryaların sağladığı enerjinin oranı : 0.27

yıllık rüzgar enerjisi : 72285.55 kWh

yıllık ortalama rüzgar gücü : 8.25 kW

türbin veya türbinlerin kapasite faktörü : 0.41

yıllık türbin veya türbinlerin çalışma süresi : 6716.00 saat

bataryalardan ac baraya gelen yıllık toplam güç : 7147.94kWh

bataryaya giren yıllık enerji : 8934.85 kWh

bataryadan çıkan yıllık enerji : 7920.16 kWh

İnvertere gelen maksimum güç : 5.27 kW

İnvertere gelen ortalama güç : 0.90 kW

Doğrultucuya gelen maksimum güç : 18.78 kW

Doğrultucuya gelen ortalama güç : 6.09 Kw

Birin enerji maliyeti yükselmiştir ve 0.68 TL/kWh olmuştur. Bir önceki sistemde bu oran 0.57 TL/kWh'ti. Jeneratörlerin sistemdeki varoluşu birim enerji maliyetini düşürmüştür.

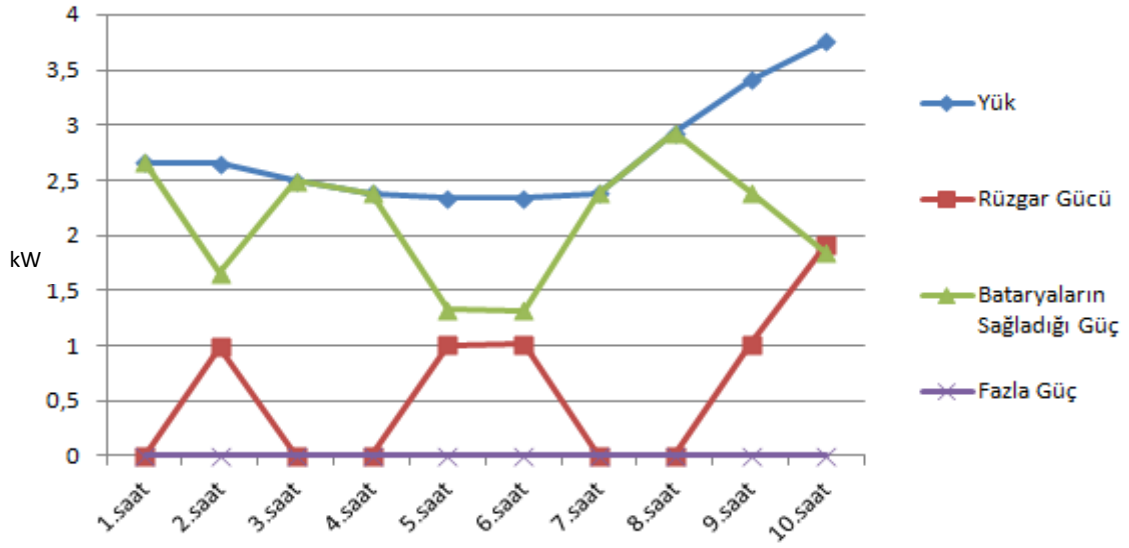
HOMER simülasyonu sonrası sistem birim enerji maliyeti 0.78 TL/kWh'tir.

Batarya deşarj ağırlıklı 1. ve 10. iterasyon saatleri arasındaki güç akışı Tablo 7.9'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.9 Türbin-batarya sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı

	Yük (kW)	Türbin Gücü(kW)	Bataryaların Sağladığı Güç(kW)	Bataryaları Şarj Eden Güç(kW)	Fazla Güç(kW)	Batarya SOC (%)
1.saat	2,66	0	2,66	0	0	0,99
2.saat	2,65	0,99	1,66	0	0	0,98
3.saat	2,49	0	2,49	0	0	0,97
4.saat	2,38	0	2,38	0	0	0,96
5.saat	2,34	1,00	1,34	0	0	0,96
6.saat	2,34	1,01	1,34	0	0	0,95
7.saat	2,38	0	2,38	0	0	0,94
8.saat	2,93	0	2,93	0	0	0,93
9.saat	3,41	1,01	2,40	0	0	0,92
10.saat	3,76	1,92	1,84	0	0	0,92

Tablo 7.9'deki güç akışının grafik hali Şekil 7.21'de gösterilmiştir.



Şekil 7.21 Türbin-batarya sistem için deşarj ağırlıklı güç akışı grafiği

Batarya şarj ağırlıklı 5761. ve 5770. iterasyon saatleri arasındaki güç akışı Tablo 7.10’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.10 Türbin-batarya sistem için şarj ağırlıklı güç akışı

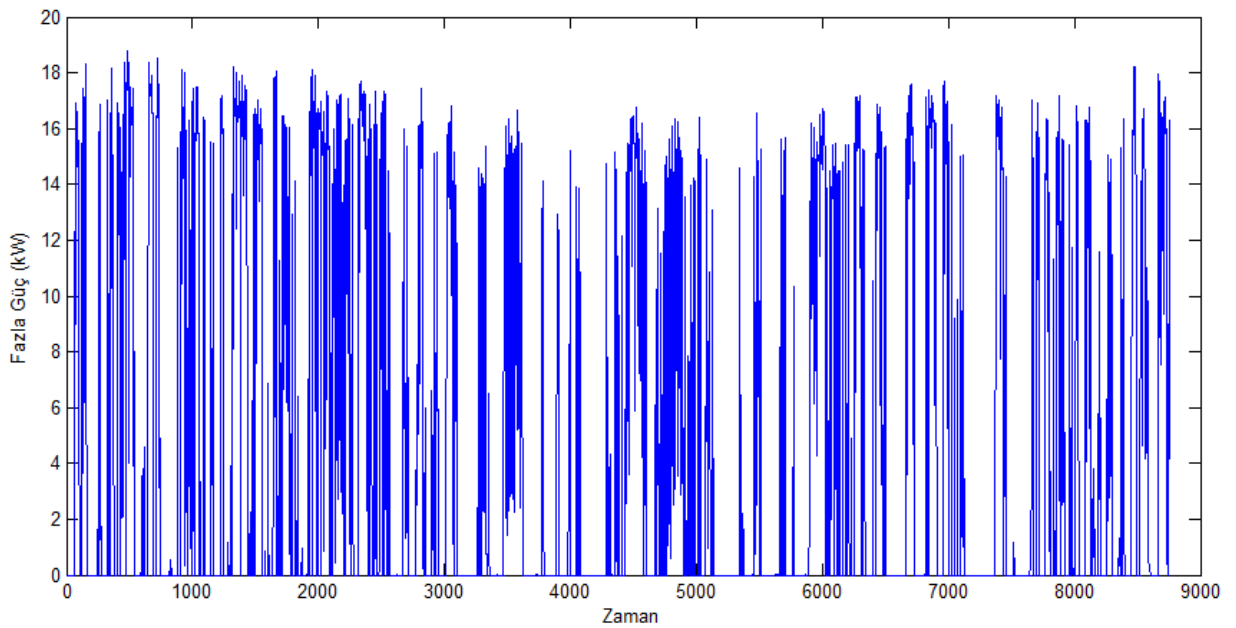
	Yük (kW)	Türbin Gücü(kW)	Bataryaların Sağladığı Güç(kW)	Bataryaları Şarj Eden Güç(kW)	Fazla Güç(kW)	Batarya SOC (%)
5761.saat	2,51	7,57	0	5,06	0	0,94
5762.saat	2,21	5,77	0	3,56	0	0,95
5763.saat	2,18	4,73	0	2,55	0	0,95
5764.saat	2,11	3,88	0	1,77	0	0,96
5765.saat	2,04	2,19	0	0,15	0	0,96
5766.saat	2,07	2,19	0	0,12	0	0,96
5767.saat	2,28	7,25	0	4,97	0	0,97
5768.saat	2,53	10,16	0	7,63	0	0,99
5769.saat	2,99	12,13	0	1,36	7,78	1
5770.saat	3,34	13,66	0	0	10,32	1

5762. saatte yük 2.21kW ve türbinin sağladığı güç 5.77kW olduğu için geriye kalan 3.56kW'lık güç bataryaları şarj etmiştir. Batarya şarjı %94'den %95'e çıkmıştır ve fazla güç oluşmamıştır [Çizelge 7.10].

5768. saatte batarya şarjı %99 olduğu için 5769. saatte 1.36kW'lık güç bataryaları şarj etmiştir ve batarya şarjı %100 olmuştur. Batarya şarjı %100 olduğu ve daha fazla şarj edilemeyeceği için 7.78kW'lık fazla güç meydana gelmiştir [Çizelge 7.10].

5769. saatte batarya şarjı %100 olduğu için 5770. saatteki türbinlerin ürettiği 10.32kW'lık fazla güç bataryaları şarj edememiştir [Çizelge 7.10].

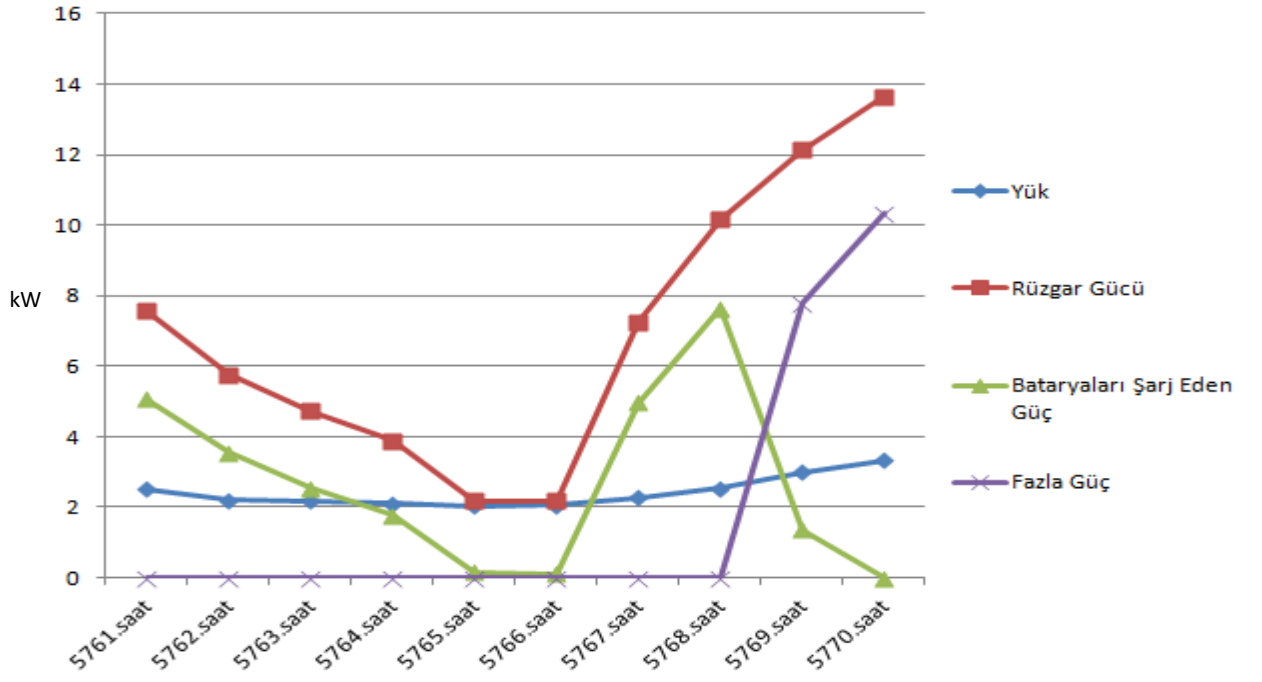
Görüldüğü üzere sistemde türbin-batarya-dizel sistemde olduğu gibi yine bataryaları şarj edemeyen fazla güç mevcuttur. Fazla gücün yıllık değişimi Şekil 7.22'da gösterilmiştir.



Şekil 7.22 Türbin-batarya sistemde fazla gücün yıllık değişimi

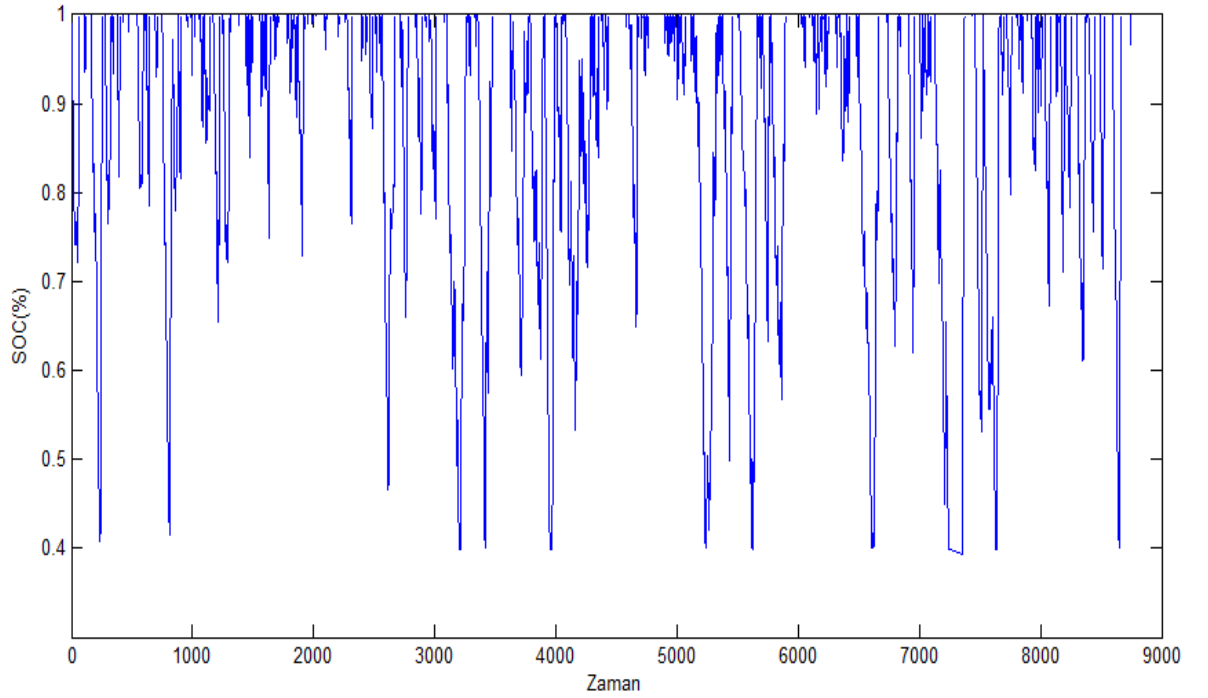
Yılda 40000 kWh fazla enerji oluşmaktadır ve bu yine yüksek bir değerdir. Eğer fazla gücü şebekeye 0.2 TL/kWh'ten satarsak birim enerji maliyeti 0.40TL/kWh'e düşmektedir.

Tablo 7.10'deki güç akışının grafik hali Şekil 7.23'de gösterilmiştir.



Şekil 7.23 Türbin-batarya sistem için şarj ağırlıklı güç akışı grafiği

Bataryaların yıllık şarj durumu Şekil 7.24'te gösterilmiştir.



Şekil 7.24 Bataryaların şarj durumu (rüzgar-batarya durumunda)

Sadece dizel jeneratörlerin olduğu durumdan aynı veriler ile iterasyon yaparsak kazanan sistem aşağıdadır.

- 1 adet 11.5 kVA dizel jeneratör

Kazanan sistemin bazı çıkış verileri ise aşağıdadır.

sistem birim enerji maliyeti : 1.83 TL/kWh

sistem emisyon miktarı : 31566231.18 kg/yıl

yıllık 2. dizelin enerji üretimi : 26329.38 kWh

2.dizelin minimum gücü : 0.00

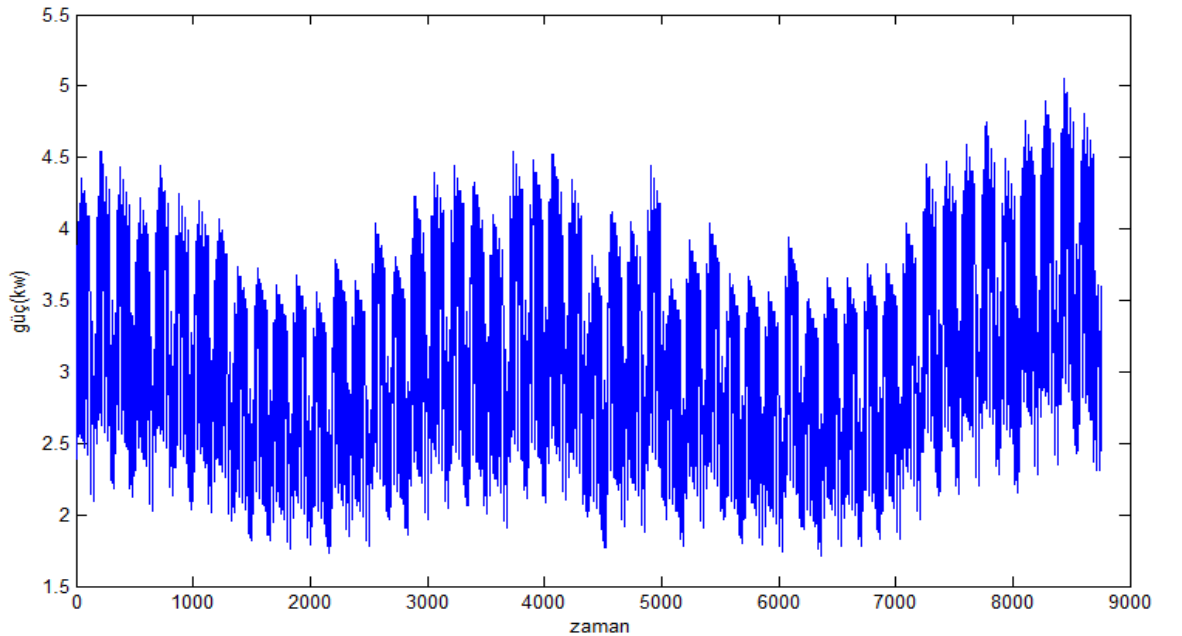
2.dizelin maximum gücü : 5.05 kW

yıllık 2. dizelin çalışma süresi : 8589.00 saat

yıllık 2. dizelin dizel sarfiyatı : 11838.93 lt

Depolama maliyeti göz önüne alınmaz ise birim enerji maliyeti 1.83TL/kWh'ten 1.63TL/kWh'e düşmektedir.

11.5kVA'lık jeneratörün yıllık verdiği güç Şekil 7.25'te gösterilmiştir.



Şekil 7.25 11.5 kVA dizel jeneratörün yıllık enerjisi (dizel-dizel sistem)

Jeneratörün gücü sabit olmayıp değişkendir, 5.5kW olan maksimum gücü prime güç değerini (8.5kW) aşmamıştır ve 3.06kW olan yıllık güç ortalaması prime gücün %70'i altındadır. Bu yüzden jeneratör prime modda çalışmıştır.

Dizel yakıt deposu olmadan yani jeneratörlerin yıl boyu yakıtları kendi yakıt depolarından sağlanır ise ortaya çıkan birim enerji maliyeti 2.3 TL/kWh olmuştur. Yakıt nakliyat maliyeti 70TL düşünülmüştür. Bu durum gerçekçi değildir, fakat yakıt deposuna sahip olmanın ekonomik yaklaşım olacağı gösterilmek istenmiştir.

11.5kVA ve 20kVA dizel jeneratörün beraber enerji sağlaması durumunda;

sistem birim enerji maliyeti : 1.87 TL/kWh

sistem emisyon miktarı : 31778173.65 kg/yıl

yıllık 1. dizelin enerji üretimi : 12121.53 kWh

1.dizelin minimum gücü : 0.00

1.dizelin maximum gücü : 4.95 kW

yıllık 1. dizelin çalışma süresi : 3183.00 saat

yıllık 1. dizelin dizel sarfiyatı : 5334.98 lt

yıllık 2. dizelin enerji üretimi : 14539.14 kWh

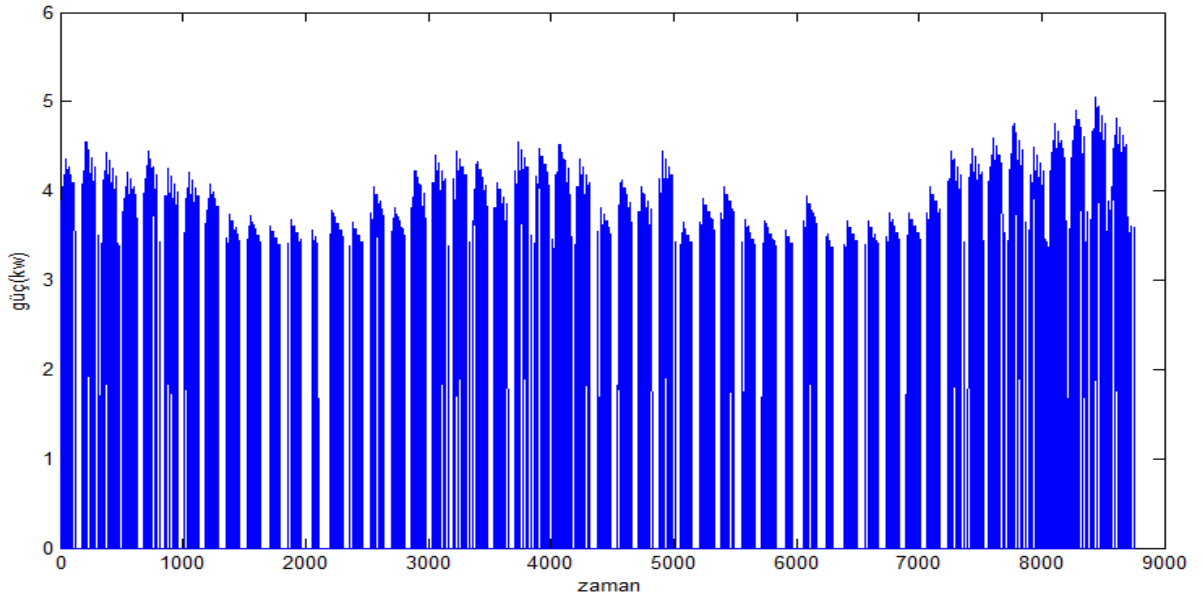
2.dizelin minimum gücü : 0.00

2.dizelin maximum gücü : 3.29 kW

yıllık 2. dizelin çalışma süresi : 5577.00 saat

yıllık 2. dizelin dizel sarfiyatı : 6583.44 lt

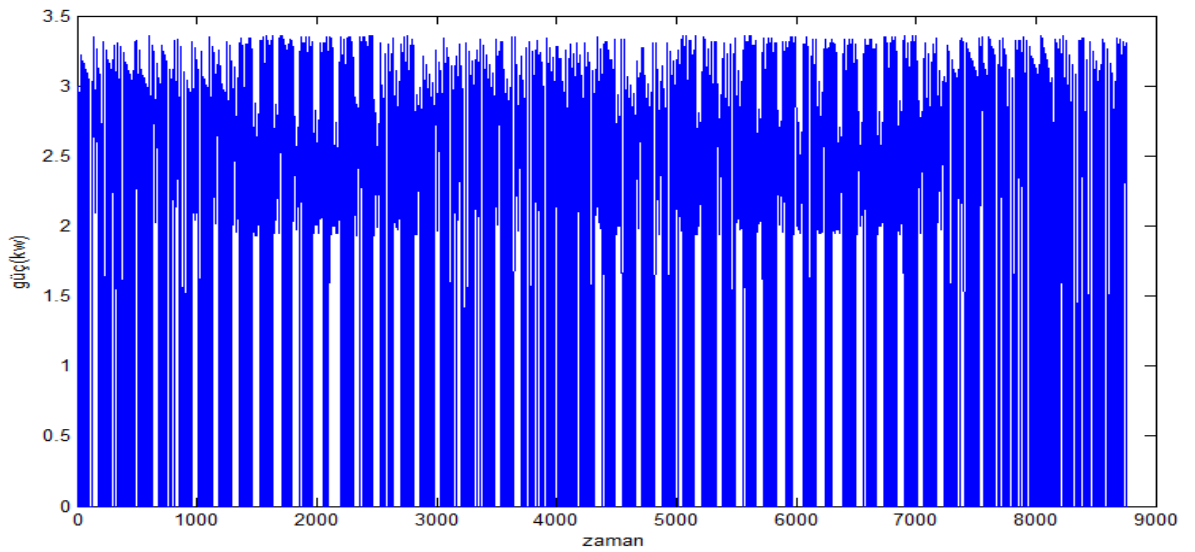
20kVA'lık jeneratörün yıllık verdiği güç Şekil 7.26'da gösterilmiştir.



Şekil 7.26 20kVA dizel jeneratörün yıllık enerjisi

Jeneratörün maksimum gücü 4.95kW ve yıllık güç ortalaması ise 3.88kW'tır. Prime modda çalışmıştır.

11.5kVA'lık jeneratörün yıllık verdiği güç Şekil 7.27'de gösterilmiştir.



Şekil 7.27 11.5kVA dizel jeneratörün yıllık enerjisi

Jeneratörün maksimum gücü 3.29kW ve yıllık güç ortalaması ise 3.66kW'tır. Prime modda çalışmıştır.

Sistem 20kVA jeneratörü dizel sarfiyatı olarak daha ekonomik görmüştür. 20kVA jeneratör minimum gücüne yani 3.36kW'a kadar olan yükleri üstüne almıştır, minimum

gücünden (3.36kW) daha düşük olan yükleri de 11.5kVA jeneratör almıştır. 11.5 kVA jeneratörün yıl içindeki maksimum gücü ise zaten 3.29 kW'tır.

Yükü sadece 11.5kVA'lık jeneratörün beslemesi durumunda birim enerji maliyeti 1.83 kWh/TL'dir. 11.5kVA ve 20KVA'lık jeneratörlerin beraber beslemesi durumunda ise birim enerji maliyeti 1.87kWh/TL'dir. Görüldüğü gibi jeneratörlerin beraber çalışması ciddi bir birim enerji maliyeti artışına sebep olmamıştır. Bu yüzden tek jeneratör yerine çift jeneratörün yükü beslemesi (dizel-dizel durumda) tavsiye edilebilir. Çünkü çift jeneratörlü durumda jeneratörlerden biri arızalanırsa diğeri yükün bir kısmını karşılayabilir.

Programda varyasyonu %5'in altında kalan yüklenmeler sabit yüklenme olduğu kabul edilmiştir. Burada amaç şudur; tüm yıl (8760saat) sabit bir şekilde 100kW güç verip, son 10 saat içinde 110kW güç verdiği takdirde bu yüklenmenin değişken yüklenme olmasını engellemektir. Sürekli ve değişken yüklenme kavramlarına %5 oranı ile tolerans gösterilmiştir.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları içeren hibrit enerji sistemleri boyutlandırılmıştır. Bu amaçla algoritma geliştirilmiş ve Matlab’da kodlanmıştır. Güneş panelleri, rüzgar türbinleri, dizel jeneratörler ve bataryalar elektriksel çıkış güçleri olarak modellenmiştir. Algoritmada iteratif bir yaklaşım düşünülmüştür. Gerekli kısıtları sağlayan ve bugünkü toplam net maliyeti en düşük olan sistem ekonomik olarak en uygun sistemdir. Dizel jeneratörlerin seçilmesinde dizel jeneratör yüklenme standartları (standby, prime ve sürekli güç kavramları) göz önüne alınmıştır.

Çanakkale bölgesinin verileri baz alınarak örnek bir sistem boyutlandırılmıştır. Gerekli enerjiyi sağlayabilmek için hangi şekillenmenin ekonomik olduğu incelenmiştir ve farklı sistemlerin birim enerji başına düşen maliyetleri kıyaslanmıştır.

11.5kVA dizel jeneratörün yükü beslemesi durumunda 1.83TL/kWh olan birim enerji maliyeti, türbin-batarya (20kW Türbin-110 adet 6V 450Ah Batarya) durumunda 0.68 TL/kWh’e ve türbin-batarya-dizel (20kW Türbin-50 adet 6V 350Ah Batarya-7kVA Dizel jeneratör) durumunda 0.57TL/kWh olmuştur.

7kVA jeneratörün yılda 884 saat çalışması ve enerjinin %10’unu karşılaması ile türbin-batarya durumuna göre hem birim enerji maliyeti 0.87TL/kWh’ten 0.57TL/kWh’e düşmüştür hem de batarya sayısı 110’dan 60’a inmiştir (hacim azalmıştır).

Hem türbin-batarya-dizel hemde türbin-batarya durumlarında yüksek kullanılmayan fazla güç vardır. Türbin-batarya-dizel durumunda kullanılmayan fazla enerji şebekeye 0.2TL/kWh ile satılırsa birim enerji maliyeti 0.57TL/kWh’ten 0.27TL/kWh’e

düşmektedir. Türbin-batarya durumunda aynı şekilde fazla enerji şebekeye 0.2TL/kWh ile satılırsa birim enerji maliyeti 0.68TL/kWh'ten 0.40TL/kWh'e düşmektedir.

11.5kVA dizel jeneratörün yükü beslemesi durumunda ilk kurulum maliyeti çok düşük olmasına rağmen işletme maliyeti çok yüksektir ve birim enerji maliyeti 1.83tl/kWh'tir. Ayrıca depolama maliyeti göz önüne alınmaz ise birim enerji maliyeti 1.83TL/kWh'ten 1.63TL/kWh'e düşmektedir. Dizel depolama maliyeti dikkate alınmalıdır.

Türbin-batarya-dizel durumda 6kVA dizel jeneratör %10 katkı ile gerekli enerjisi sağlayabilmesine rağmen maksimum gücü 4.80kW olduğu için prime ve sürekli güç standardını sağlayamamıştır (prime ve sürekli güç için aşırı yüklenme). Ayrıca 884 saat çalışarak standby mod için kısıt olan 500 saat süresini de aşmış bu modu da sağlayamıştır ve program tarafından seçilmemiştir.

Türbin-batarya-dizel durumda seçilen 7kVA dizel jeneratör ise maksimum gücü 4.75 kW olduğu ve sürekli güç (3.92) değerini aştığı için sürekli modu sağlayamamıştır. Ayrıca 884 saat çalıştığı için standby modu da sağlayamamıştır. Fakat maksimum gücü prime güç değerini aşmadığı ve yük faktörü prime mod için %70'in altında olduğu için prime modu sağlayarak en ekonomik ve standartları sağlayan jeneratör seçilmiştir.

Tasarladığımız algoritmada türbinlerin çıkış güçleri belli bir oranda azalmaktadır (gölge etkisi yüzünden) fakat HOMER'de böyle bir azalış bulunmamaktadır. HOMER güneş panellerinin modellemesinde birçok güneşe yönelme sistemine sahiptir, tasarımımda ise paneller sabittir. Fakat panellerin yaz ve kış mevsimleri için ayrı ayrı eğim açıları girilebilmektedir. Amaç ise panellerden elde edilebilecek gücü az da olsa arttırabilmektir.

HOMER batarya modellemesinde hem basit hemde kinetik batarya modellemesine izin verebilmektedir. Tasarımımız kinetik batarya modellemesi ile bataryaları modellememiştir. Batarya kapasiteleri sıcaklık ile değişmektedir ayrıca bataryaların özgül kaybı göz önüne alınmıştır.

HOMER'de jeneratörler için standby güç, prime güç ve sürekli güç kavramları bulunmamaktadır ve jeneratörlerin yüklenme standartlarını göz önüne alınmamaktadır. Tasarımımda bu güç kavramları dikkate alınmıştır ve gerekli standartları sağlayan jeneratörler seçilmektedir. Jeneratörlerin hangi modda yüklendiği

de belirtilmektedir. HOMER dizel depolama maliyetini göz önüne almamıştır fakat tasarımı bu maliyeti dikkate almıştır.

Önümüzdeki yıllarda yapılması gereken çalışmalar şehir merkezine uzak olan bölgelerin enerji ihtiyacının yenilebilir enerji kaynakları çalışılması yönünde olmalıdır.

Bu tezi geliştirmek amacıyla MATLAB programının Simülink arayüzü ile gerçek zamanlı bir simülasyon yapılabilir. Ayrıca batarya modellemesi olarak daha gelişmiş modellemeler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Hongxing Y, Wei Z. ve Chengzhi L.,(2009).” Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid solar–wind power generation system”, Applied Energy, 86 (2009): 163–169.
- [2] Dalton G.J., Lockington D.A. ve Baldock T.E., (2009). “ Feasibility analysis of renewable energy supply options for a grid-connected large hotel”, Renewable Energy, 34 (2009): 955–964.
- [3] Belgin E.T. ve Telli A.Y, (2011). “ Economic analysis of standalone and grid connected hybrid energy systems”, Renewable Energy, 1-13.
- [4] Dufo-Lopez R ve Bernal- Agustin J.L., (2008). “ Multi-objective design of PV– wind– diesel– hydrogen– battery systems”, Renewable Energy, 33 (2008): 2559– 2572.
- [5] Ekran O., Ekren B.Y. ve Özerdem B., (2009).” Break-even analysis and size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage – A case study”, Applied Energy, 86 (2009): 1043–1054.
- [6] renewableenerji101, Yenilenebilir Enerji, <http://www.renewableenergy101.info>, 5 Ekim 2011.
- [7] RENEWABLE ENERGY ARTICLES, Yenilenebilir Enerji, <http://www.renewables-info.com>, 5 Ekim 2011.
- [8] wikipedia, 1973 Petrol Krizi, http://tr.wikipedia.org/wiki/19_73_Petrol_Krizi#Arap_petrol_ambargosu, 5 Ekim 2011.
- [9] British Petrol, Statistical Review of World Energy 2011, http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf, 5 Ekim 2011.
- [10] REN21, RenewableS 2011 GLOBAL STATUS REPORT, http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf, 5 Ekim 2011.

- [11] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Üretim Sektör Raporu (2010), <http://www.enerji.gov.tr/yayinlar/raporlar/SektorRaporuEUAS2010.pdf>, 6 Ekim 2011.
- [12] ZMO, Biyoyakıtların Türkiye Tarım Ürünleri Piyasalarına Olası Etkileri, http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/7aab42e6b85c49c_ek.pdf?dergi=139, 6 Ekim 2011.
- [13] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye’de Jeotermal Enerji, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/jeotermal/13turkiyede_jeotermal_enerji.html, 6 Ekim 2011.
- [14] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Çalışmaları, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_index.html, 6 Ekim 2011.
- [15] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye’de Güneş Enerjisi Çalışmaları, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes_index.html, 6 Ekim 2011.
- [16] Kekezoğlu, B., (2007). Şebekeden Bağımsız Çalışan Hibrik Enerji Sistemlerinde Risk Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] clean energy ideas, Advantages & Disadvantages Of Wind Energy, http://www.clean-energy-ideas.com/articles/_advantages_and_disadvantages_of_wind_energy.html, 6 Ekim 2011.
- [18] EMO, Rüzgardan Enerji Üretimi ve Rüzgar, http://www.emo.org.tr/ekler/86f1c29518c700e_ek.pdf?dergi=5, 7 Ekim 2011.
- [19] wikipedia, Rüzgar Türbini, http://tr.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCzg%C3%A2r_t%C3%BCrbini, 7 Ekim 2011.
- [20] Demirtaş M., (2008). Güneş ve Rüzgar Enerjisini Kullanarak Şebeke İle Paralel Çalışabilen Hbrit Enerji Santrali Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [21] Tanrıven M., (2009). “Rüzgar ve Güneş Enerjili Güç Sistemleri Ders Notu”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [22] EMO, (2009). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, 5.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Haziran 2009, Diyarbakır.
- [23] Özcan M.H., (2009).Bir Hibrid Enerji Sisteminin Modellenmesi ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] Kuik G.V. ve Bierbooms W., (2002).”Introduction to wind turbine desing”, Delft University Wind Energy Research Institute.
- [25] Teksan Jeneratör, Dizel Jeneratörler, http://www.teksanjenerator.com.tr/jenerator_hakkinda_hersey.aspx, 8 Ekim 2011.
- [26] Korkmaz K., (2010).” Dizel Jeneratör Uygulamaları ve Seçim Kriterleri”, EMO İzmir Şubesi, Mayıs 2010, İzmir.
- [27] Teksan Jeneratör, Jeneratörler Hakkında Sıkça Sorulan Sorular, http://www.teksanjenerator.com.tr/sikca_sorulan_sorular.aspx, 11 Ekim 2011.

- [28] Yavuz B., (2011). Enerji Depolama Sistemlerinin Modellenmesi ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] Forex Software Review and Forex Guide, Hibrid Power Systems (Roger Taylor), <http://forexsoftwarebusiness.com/hybrid-power-systems-roger-taylor.html>, 15 Ekim 2011.
- [30] Engin M., (2010).” Bornova için Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sistemi Tasarımı”, Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2:13.
- [31] Lambert T, Lilliental P., HOMER: the micro-power optimisation model, NREL, 2004, www.nrel.gov/HOMER.
- [32] Paragliding Turkey, Meteoroloji Bilgileri, http://www.paraglidingturkey.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1256&Itemid=586, 5 Ocak 2012.
- [33] Yang H., Zhou W., Lu L. ve Fang Z., (2008).” Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar–wind system with LPSP technology by using genetic algorithm”, Solar Energy 82 (2008): 354–367.
- [34] mtu, *Understanding Load Factor and Implications For Specifying Onsite Generators*, http://www.mtu-online.com/fileadmin/fm-dam/mtu-oe/technical-info/white-papers/load_factor_MTU251_092311.pdf, 5 Ocak 2012.
- [35] eHow, How to Calculate Carbon Dioxide Emissions from a Diesel Generator, http://www.ehow.com/how_6023500_calculate-dioxide-emissions-diesel-generator.htm 5 Ocak 2012.
- [36] Taw, *Generator Set Ratings Guidelines*, <http://www.tawinc.com/LinkClick.aspx?fileticket=n1gKCvurS2s%3D&tabid=137>, 6 Ocak 2012.
- [37] Doviz.com, Dizel Yakıtın Fiyatı, <http://benzin.doviz.com/>, 6 Ocak 2012.
- [38] Doviz.com, Döviz, <http://kur.doviz.com/>, 6 Ocak 2012.
- [39] Vergi Portalı, Enflasyon Oranları, <http://www.vergiportalı.com/KContent.aspx?id=519>, 15 Ekim 2011.
- [40] bigpara, Faiz Oranları, <http://bigpara.ekolay.net/faiz/banka-mevduat-faizleri/?bprtme=2564509351>, 6 Ocak 2012.
- [41] Altema, İterasyonda Kullanılan Rüzgar Türbinleri, <http://www.altema-enerji.com/index-tr.php>, 7 Ocak 2012.
- [42] Brian McCaffrey, P.E., (2005).” Wind Turbine Technology Overview”, <https://www.cedengineering.com/upload/Wind%20Turbine%20Technology.pdf>, Continuing Education and Development, Inc., Course No: M01-009, 7 Ocak 2012.
- [43] wikipedia, Çanakkale Rakım, <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87an,%C3%87anakkale>, 7 Ocak 2012.
- [44] DMI, Meteorolojik Aletler, http://www.dmi.gov.tr/genel/meteorolojik_aletler.aspx?a=j, 7 Ocak 2012.
- [45] Solar Desing Tool, Schott Solar Poly 235 (235W) Solar Panel Kataloğu, <http://www.solar-desing-tool.com/components/module-panel-solar/Schott%20Solar/Poly%20235/specification-data-sheet.html;jsessionid=9DE61DC68992C7775038A>

02CEDED3BA, 7 Ocak 2012.

[46] Güneş Enerji Formu, Güneş Panelinin Fiyatı, <http://www.gunessistemleri.com/forum/viewtopic.php?f=5&t=10>, 7 Ocak 2012.

[47] turkeyforum, Çanakkale'nin Enlem ve Boylamı, <http://www.turkeyforum.com/satforum/archive/index.php/t-308449.html>, 7 Ocak 2012.

[48] Greenwich Mean Time (GMT), Türkiye'nin Zaman Alanı, <http://www.greenwichmeantime.com/time-zone/europe/turkey/>, 7 Ocak 2012.

[49] wikipedia, Güneş Radyasyon Yansıtma Yüzdesi, <http://en.wikipedia.org/wiki/Albedo>, 7 Ocak 2012.

[50] Yenilenebilir Enerji Blogu, Panel Eğim Açılı, <http://www.unienerji.com/?p=18>, 7 Ocak 2012.

[51] wikipedia, Diesel Generator, http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_generator, 7 Ocak 2012.

[52] Aksa Jeneratörler, Aksa Dizel Jeneratörler, <http://www.aksajeneratorler.com/>, 7 Ocak 2012.

[53] ikitikla, 6kva Kama Dizel Jeneratör, <http://www.ikitikla.com/urun/kama-kde6700t3-dizel-jenerator-trifaze.aspx>, 7 Ocak 2012.

[54] Barrage Jeneratör, 7kva Genpower Dizel Jeneratör, <http://barra.ge.com.tr/genpower-7-kva-monofaze,-marsli,-kabinli>, 7 Ocak 2012.

[55] All World Diesel Generator, Typical Lifespan Of Diesel Generators, <http://www.allworlddieselgen.com/faq.htm>, 8 Ocak 2012.

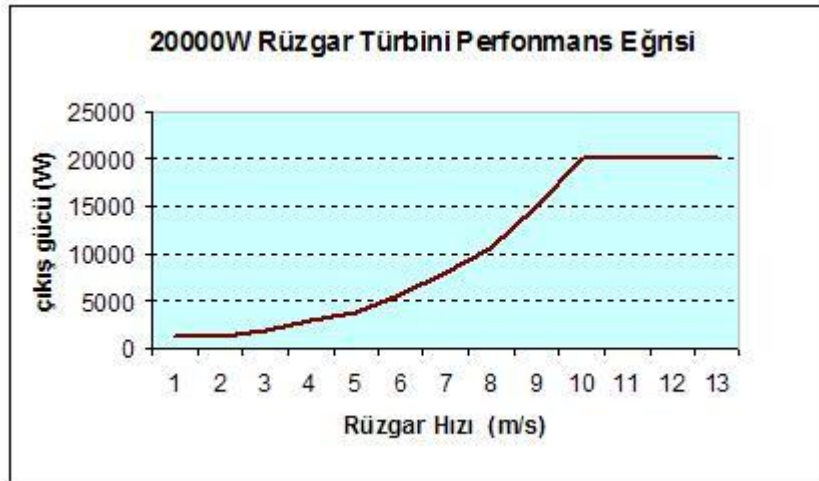
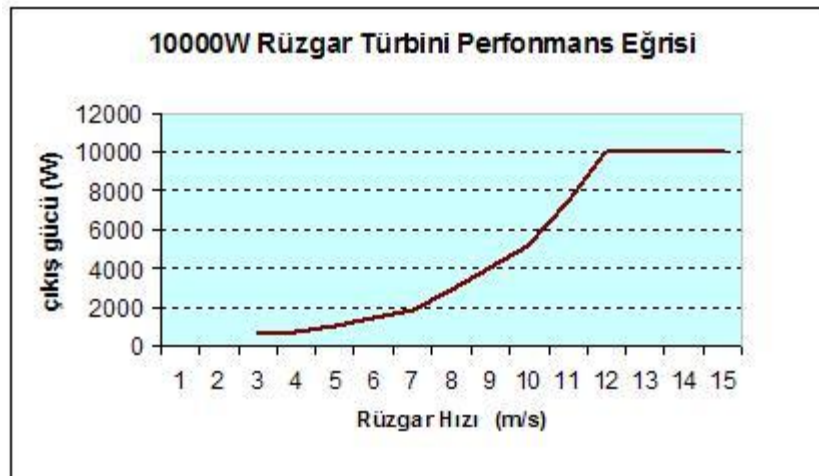
[56] Hirdavatmarketim, 5kva Kama Dizel Jeneratör, <http://www.hirdavatmarketim.com/Dizel-Jenerator-KDE6500E-5-Kva-lpli-Marsli-Monofaze,PR-722.html#>, 8 Ocak 2012.

[57] Teksan Jeneratör, Bir Dizel Jeneratörün Standby Gücü (500 saat), http://www.teksanjenerator.com.tr/Marine_Detay_bak.aspx?code=TTD120PRM5A0510-TR, 8 Ocak 2012.

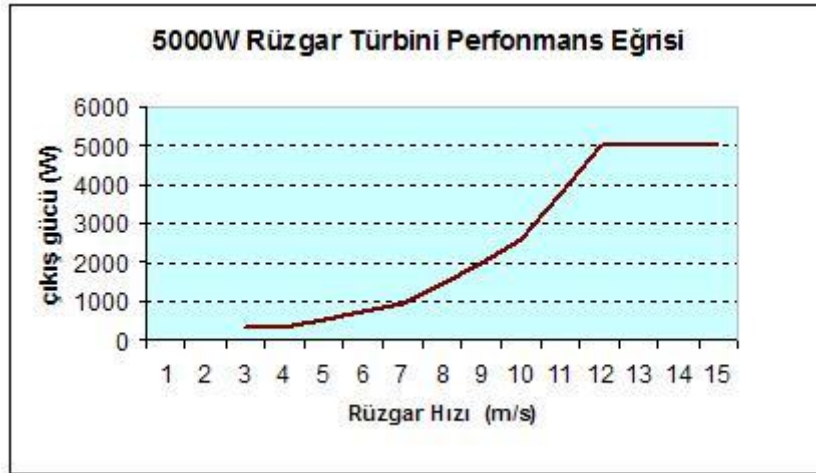
[58] Rolls, Rolls Surette Bataryalar, <http://www.surette.com/content/specifications-renewable#>, 9 Ocak 2012.

[59] wikipedia, Lead Acid Battery, http://en.wikipedia.org/wiki/Lead%E2%80%93acid_battery, 9 Ocak 2012.

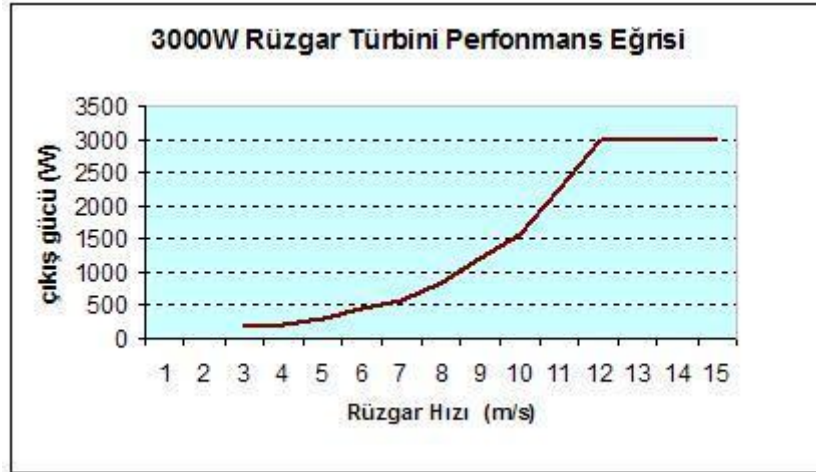
[60] AGD Solar, Rolls Surette Bataryalar Fiyat Listesi, <http://www.kibsolar.com/content/files/rolls/rolls010909.pdf>, 9 Ocak 2012.

RÜZGAR HIZ-GÜÇ EĞRİLERİ**A-1 20 Kw Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi****A-1 10 Kw Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi**

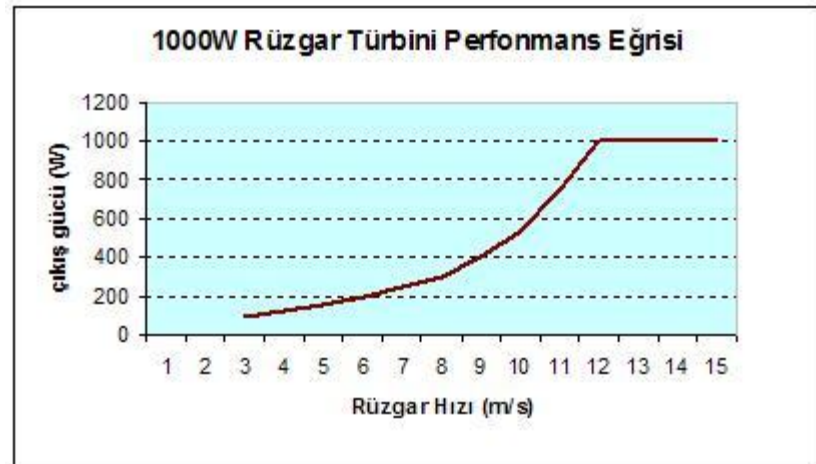
A-1 5 Kw Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi



A-1 3 Kw Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi



A-1 1 Kw Rüzgar Türbininin Rüzgar Güç Eğrisi



SOLAR PANELÍN KATALOŽU**Schott Solar Poly 235 (235W) Solar Panel****Electrical Characteristics**

STC Power Rating	235W
PTC Power Rating	212.4W ¹
STC Power per unit of area	140.4W/m ² (13.0W/ft ²)
Peak Efficiency	14.04%
Power Tolerances	0%/+2%
Number of Cells	60
Nominal Voltage	not applicable
I _{mp}	7.78A
V _{mp}	30.2V
I _{sc}	8.42A

Voc	37.1V
NOCT	47.2°C
Temp. Coefficient of Power	-0.45%/C
Temp. Coefficient of Voltage	-0.122V/C
Series Fuse Rating	15A
Maximum System Voltage	600V

Warranty and Certifications

80% Power Output Warranty Period	25yrs
90% Power Output Warranty Period	10yrs
Workmanship Warranty Period	5yrs
CSI Listed	Yes

IEEE TEST SİSTEMİ YÜK PROFİLİ için MATLAB KODLARI

```

clear all;
PeakLoad = input('Enter your peak load : ');

% weakly peaks %
wpeaks=PeakLoad*[86.2 90 87.8 83.4 88 84.1 83.2 80.6 74 73.7 71.5 72.7 70.4 75 72.1 80
75.4 83.7 87 88 85.6 81.1 90 88.7 89.6 86.1 75.5 81.6 80.1 88 72.2 77.6 80 72.9 72.6 70.5 78
69.5 72.4 72.4 74.3 74.4 80 88.1 88.5 90.9 94.0 89.0 94.2 97.0 100 95.2]/100;
% Dailiy Peaks from Monday to Sunday %
Mondays = 93*wpeaks/100;
Tuesdays=100*wpeaks/100;
Wednesdays=98*wpeaks/100;
Thursdays=96*wpeaks/100;
Fridays=94*wpeaks/100;
Saturdays=77*wpeaks/100;
Sundays=75*wpeaks/100;
%This part forms a zero matix 52 by 7 for dailiy peaks%
for i=1:1:52
    for j=1:1:7
        dpeaks(i,j)=0;
    end
end
%Dailiy peaks%
m=1;
for k=1:1:52;
    dpeak(m,:)= [Mondays(k) Tuesdays(k) Wednesdays(k) Thursdays(k) Fridays(k) Saturdays(k)
    Sundays(k)];
    dpeaks(m,:)=dpeak(m,:); % Each row in [dpeaks] matrix represent the each week and each
    column represents the days of the weeks, starting from monday to saturday
    m=m+1;
end

```

```

%This part forms a zero matrix 364 by 24 for hourly peaks%

for i=1:1:364
    for j=1:1:24
        hpeaks(i,j)=0;
    end
end

%Seasonal hourly load variations in percent of daily peak%

%Winter weeks : 1-8 & 44-52 %
Winter_weekdays = [67    63    60    59    59    60    74    86    95    96
                    96    95    95    95    93    94    99    100    100    96    91    83
                    73    63];
Winter_weekends = [78    72    68    66    64    65    66    70    80    88
                   90    91    90    88    87    87    91    100    99    97    94    92
                   87    81];

% Summer weeks : 18 - 30 %
Summer_weekdays = [64    60    58    56    56    58    64    76    87    95
                    99    100    99    100    100    97    96    96    93    92    92    93
                    87    72];
Summer_weekends = [74    70    66    65    64    62    62    66    81    86
                   91    93    93    92    91    91    92    94    95    95    100    93
                   88    80];

% Spring/Fall weeks : 9-17 & 31-43%
SpringFall_weekdays = [63    62    60    58    59    65    72    85    95    99
                        100    99    93    92    90    88    90    92    96    98    96    90
                        80    70];
SpringFall_weekends = [75    73    69    66    65    65    68    74    83    89
                       92    94    91    90    90    86    85    88    92    100    97    95
                       90    85];

% Each row in hpeaks matrix represent the days of the year (364 day)
% Each column in hpeaks matrix represent the hours of the day, for example
% : 1st column represent 12-1 am, second column represent 1-2 am, while 12th
% column represent 11am-Noon and 13rd column represent Noon-1pm

```

```

mm=1;
for i=1:1:8
    for j=1:1:7
        hpeak_winter(mm,:)=dpeaks(i,j)*Winter_weekdays/100;
        if j == 6 | j==7
            hpeak_winter(mm,:)=dpeaks(i,j)*Winter_weekends/100;
        end
        mm=mm+1;
    end
end

nn=1;
for i=9:1:17
    for j=1:1:7
        hpeak_SpringFall(nn,:)=dpeaks(i,j)*SpringFall_weekdays/100;
        if j == 6 | j==7
            hpeak_SpringFall(nn,:)=dpeaks(i,j)*SpringFall_weekends/100;
        end
        nn=nn+1;
    end
end

pp=1;
for i=18:1:30
    for j=1:1:7
        hpeak_Summer(pp,:)=dpeaks(i,j)*Summer_weekdays/100;
        if j == 6 | j==7
            hpeak_Summer(pp,:)=dpeaks(i,j)*Summer_weekends/100;
        end
        pp=pp+1;
    end
end

rr=1;
for i=31:1:43
    for j=1:1:7
        hpeak_SpringFall_1(rr,:)=dpeaks(i,j)*SpringFall_weekdays/100;
        if j == 6 | j==7
            hpeak_SpringFall_1(rr,:)=dpeaks(i,j)*SpringFall_weekends/100;
        end
        rr=rr+1;
    end
end

```

```

qq=1;
for i=44:1:52
    for j=1:1:7
        hpeak_winter_1(qq,:)=dpeaks(i,j)*Winter_weekdays/100;
        if j == 6 | j==7
            hpeak_winter_1(qq,:)=dpeaks(i,j)*Winter_weekends/100;
        end
        qq=qq+1;
    end
end

hpeaks(1:56,1:24)=hpeak_winter;

hpeaks(57:119,1:24)=hpeak_SpringFall;

hpeaks(120:210,1:24)=hpeak_Summer;

hpeaks(211:301,1:24)=hpeak_SpringFall_1;

hpeaks(302:364,1:24)=hpeak_winter_1;

%This vector shows the hourly load variations from 1st day to 364th day%
hourlyloads=reshape(hpeaks',1,8736);

```

İTERASYONUN MATLAB KODLARI

```
%maliyetleri bugüne indirmek için faktörün hesabı
indirgeme=zeros(prj,1);
faiz=(faizorani-enflasyon)/(1+enflasyon);
for df=1:prj;
    indirgeme(df)=1/((1+faiz)^df);
end
%türbinlerin proje ömürleri boyunca bakım maliyetlerinin
%bugüne indirgenmesi
turbyilmal=ones(16,1);

for t=1:16;
    tyilmal=0;
    for w=1:(prj);
        pv=turbyillikmals(t)*indirgeme(w);
        tyilmal=tyilmal+pv;
    end
    turbyilmal(t,1)=tyilmal;
end

turbyilmalup=zeros(80,1);
for t=1:16;
    turbyilmalup(t)=turbyilmal(t);
end
nb=16;
for t=1:8;
    for pl=9:16
```

```

        nb=nb+1;
        turbyilmalup(nb)=turbyilmal(t)+turbyilmal(pl);
    end
end

%türbinlerin yenileme maliyetlerinin hesabı ve matrislere atan.
turbyenmal=ones(16,1);
for t=1:16;
    if turbomurs(t) >= prj;
        q1=0;
    elseif turbomurs(t) < prj;
        c=turbomurs(t);
        q1=turbyenmals(t)*indirgeme(c);
    end
    turbyenmal(t,1)=q1;
end

turbyenmalup=zeros(80,1);
for t=1:16;
    turbyenmalup(t)=turbyenmal(t);
end
nb=16;
for t=1:8;
    for pl=9:16
        nb=nb+1;
        turbyenmalup(nb)=turbyenmal(t)+turbyenmal(pl);
    end
end

%türbinlerin hurda değerlerinin hesabı ve matrislere atan.
turbhurda=ones(16,1);

for t=1:16;
    if turbomurs(t) == prj;
        h1=0;
    elseif turbomurs(t) > prj;
        hurdeg=turdeg(t,1)*((turbomurs(t)-prj)/turbomurs(t));
        h1=hurdeg*indirgeme(prj);
    else

```

```

        kulyil=prj-turbomurs(t);
        hurdeg=turdeg(t)*((turbomurs(t)-kulyil)/turbomurs(t));
        h1=hurdeg*indirgeme(prj);
    end
    turbhurda(t,1)=h1;
end

turbhurdaup=zeros(80,1);
for t=1:16;
    turbhurdaup(t)=turbhurda(t);
end
nb=16;
for t=1:8;
    for pl=9:16
        nb=nb+1;
        turbhurdaup(nb)=turbhurda(t)+turbhurda(pl);
    end
end

%türbinlerin kurulum maliyetleri için matris oluşumu
turbkurmalup=zeros(80,1);
for t=1:16;
    turbkurmalup(t)=turbkurmal(t);
end
nb=16;
for t=1:8;
    for pl=9:16
        nb=nb+1;
        turbkurmalup(nb)=turbkurmal(t)+turbkurmal(pl);
    end
end

%solar panellerin proje ömürleri boyunca yıllık bakım maliyet.
%bugüne indirgenmesi ve gerekli matris oluşumu
solyilmal=ones(10,1);

for t=1:10;
    styilmal=0;
    for w=1:(prj);

```

```

        pv=solyilmals(t)*indirgeme(w);
        styilmal=styilmal+pv;
end
solyilmal(t,1)=styilmal;
end

%solar panellerin yenileme maliyetlerinin hesabı ve matris oluşumu
solyenmal=ones(10,1);

for t=1:10;
if solomurs(t) >= prj;
    y1=0;
elseif solomurs(t) < prj;
    cc=solomurs(t);
    y1=solyenmals(t)*indirgeme(cc);
end
solyenmal(t,1)=y1;
end

%solar panellerin hurda değerlerinin hesab. ve matris oluşumu
solarhurda=ones(10,1);

for t=1:10;
if solomurs(t) == prj;
    v1=0;
elseif solomurs(t) > prj;
    solhurdeg=soldeger(t,1)*((solomurs(t)-prj)/solomurs(t));
    v1=solhurdeg*indirgeme(prj);
else
    solkul=prj-solomurs(t);
    solhurdeg=soldeger(t)*((solomurs(t)-solkul)/solomurs(t));
    v1=solhurdeg*indirgeme(prj);
end
solarhurda(t,1)=v1;
end

%bataryaların proje ömürleri boyunca yıllık bakım mali.
%bugüne indirgenmesi ve matrislerin oluşumu

```

```
batyilmal=ones(20,1);
```

```
for t=1:20;  
    tyilmal=0;  
    for w=1:(prj);  
        pv=batyilmals(t)*indirgeme(w);  
        tyilmal=tyilmal+pv;  
    end  
    batyilmal(t,1)=tyilmal;  
end
```

```
%türbinler için hava yoğunluk ve sıcaklık katsayısı matrisleri oluşumu
```

```
havayog=ones(16,1);  
sicdus=ones(16,1);  
  
for t=1:16;  
    th=h+turbhubs(t);  
    hyogkat=(exp(-1.18575*10^-4*th));  
    sicdus=0.5*((turbhubs(t)-hsic)/100);  
    havayog(t,1)=hyogkat;  
    sicdus(t,1)=sicdus;  
end
```

```
%türbinlerin hub daki rüzgar hızı için matris oluşumu
```

```
hubhizz=ones(16,1);  
  
for t=1:16;  
    hubhiz=(turbhubs(t)/anemo)^z;  
    hubhizz(t,1)=hubhiz;  
end
```

```
%türbinler için park effect katsayıları matrisi oluşumu
```

```
parkef=ones(16,1);  
parkef=parkef*parketkisi;
```

```
%türbinlerin mevsimlik güç üretimleri
```

```
%türbinlerin ilkbahar mevsimleri için
```

```
ilkbaharlar=ones(2190,16);
```

```
for d=1:16;
    tpc=turbingucler(:,d);
    for t=1460:3649;
        %hubtaki hızın bulunması
        hiz=rzhiz(t)*hubhizz(d);
        %start rüzgar hızı durumu
        if hiz >= start(d);
            if hiz > 30;
                hiz=30;
            end
            k=floor(hiz);
            l=ceil(hiz);
            guc1=tpc(k)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
            sicdus(d)))*parkef(d);
            guc2=tpc(l)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
            sicdus(d)))*parkef(d);
            rguc=guc1+(hiz-k)*(guc2-guc1);
        else
            rguc=0;
        end
        %cut rüzgar hızı durumu
        if hiz >= cut(d);
            rguc=0;
        end
        e=t-1459;
        ilkbaharlar(e,d)=rguc;
    end
end
```

```
%türbinlerin yaz mevsimi için
```

```
yazlar=ones(2190,16);
```

```
for d=1:16;
```

```

        tpc=turbingucler(:,d);
for t=3650:5839;
    hiz=rzhiz(t)*hubhizz(d);

    if hiz >= start(d);
        if hiz > 30;
            hiz=30;
        end
        k=floor(hiz);
        l=ceil(hiz);
        guc1=tpc(k)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
        sicdus(d)))*parkef(d);
        guc2=tpc(l)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
        sicdus(d)))*parkef(d);
        rguc=guc1+(hiz-k)*(guc2-guc1);
    else
        rguc=0;
    end
    if hiz > cut(d);
        rguc=0;
    end
    e=t-3649;
    yazlar(e,d)=rguc;
end
end

%türbinlerin sonbahar mevsimi için
sonbaharlar=ones(2190,16);

for d=1:16;
    tpc=turbingucler(:,d);
for t=5840:8029;
    hiz=rzhiz(t)*hubhizz(d);

    if hiz >= start(d);
        if hiz > 30;
            hiz=30;
        end
        k=floor(hiz);
        l=ceil(hiz);

```

```

    guc1=tpc(k)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
    sicdus(d)))*parkef(d);

    guc2=tpc(l)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
    sicdus(d)))*parkef(d);

    rguc=guc1+(hiz-k)*(guc2-guc1);

else
    rguc=0;
end

if hiz >= cut(d);
    rguc=0;
end

e=t-5839;
sonbaharlar(e,d)=rguc;
end
end

%türbinlerin kış mevsimi için
kis1=ones(731,16);
for d=1:16;
    tpc=turbingucler(:,d);
for t=8030:8760;
    hiz=rzhiz(t)*hubhizz(d);

    if hiz >= start(d);
        if hiz > 30;
            hiz=30;
        end

        k=floor(hiz);
        l=ceil(hiz);

        guc1=tpc(k)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
        sicdus(d)))*parkef(d);

        guc2=tpc(l)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
        sicdus(d)))*parkef(d);

        rguc=guc1+(hiz-k)*(guc2-guc1);
    else
        rguc=0;
    end

    if hiz >= cut(d);
        rguc=0;
    end

    e=t-8029;

```

```

        kis1(e,d)=rguc;
end
end

kis2=ones(1459,16);
for d=1:16;
    tpc=turbingucler(:,d);
    for t=1:1459;
        hiz=rzhiz(t)*hubhizz(d);

        if hiz >= start(d);
            if hiz > 30;
                hiz=30;
            end
            k=floor(hiz);
            l=ceil(hiz);
            gucl=tpc(k)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
            sicdus(d)))*parkef(d);
            guc2=tpc(l)*turbsay(d)*((havayog(d)*288)/(273+sicaklik(t)-
            sicdus(d)))*parkef(d);
            rguc=gucl+(hiz-k)*(guc2-gucl);
        else
            rguc=0;
        end
        if hiz >= cut(d);
            rguc=0;
        end
        e=t-0;
        kis2(e,d)=rguc;
    end
end

kislar=[kis1;kis2];
%türbinlerin yıl boyunca ürettiği güçlerin elde edildiği matris
turbinleryilboyu=[kis2;ilkbaharlar;yazlar;sonbaharlar;kis1];

turbinleryilboyup=zeros(8760,80);
for t=1:16;
    turbinleryilboyup(:,t)=turbinleryilboyu(:,t);
end

```

```

nb=16;
for t=1:8;
    for pl=9:16
        nb=nb+1;

turbinleryilboyup(:,nb)=turbinleryilboyu(:,t)+turbinleryilboyu(:,pl);
    end
end

turbkap=zeros(16,1);
for t=1:16;
    turbkap(t)=turbsay(t)*turbinnom(t);
end

turbkapasite=zeros(80,1);
for t=1:16;
    turbkapasite(t)=turbkap(t);
end
nb=16;
for t=1:8;
    for pl=9:16
        nb=nb+1;
        turbkapasite(nb)=turbkap(t)+turbkap(pl);
    end
end

enlem1=degtorad(enlem);
azimul=degtorad(azimu);

%solar panellerin yıllık ürettikleri güçlerin matrisi oluşumu

%yıllık saat matrisi oluşumu (iterasyon aralığının orta noktasındaki
saat)
yilsaat=ones(8760,1);

kk=0;
for t=1:8760;

    kk=kk+1;

```

```

time=kk-0.5;
yilsaat(t,1)=time;

if kk > 23;
    kk=0;
end

end

%yıllık gün matrisi oluşumu
gunler=ones(8760,1);

g=0;
kk=1;
for t=1:8760;
    gunler(t,1)=kk;
    g=g+1;
    if g >= 24;
        kk=kk+1;
        g=0;
    end
end

%yıllık solar panellerin güçleri hesabı
yilsolgucler=ones(8760,10);

for m=1:10;
    egim=degtorad(egim1);
for t=1:8760;
    %kış ve yaz için panellerin eğim açısı değişimi
    if t==1920;
        egim=degtorad(egim2);
    end

    if t==6240;
        egim=degtorad(egim1);
    end

    gun=gunler(t);

```

```

dec=degtorad(23.45*sin(360*(degtorad((284+gun/365)))));

%solar saat hesabı
ec=degtorad(360*((gun-1)/365));
ecliptic=3.82*(0.000075+(0.001868*cos(ec))-(0.032077*sin(ec))-(0.014615*cos(2*ec))-(0.04089*sin(2*ec)));
saat=yilsaat(t);

solsa=saat+(boylam/15)-zaalan+ecliptic;
saataci=degtorad((solsa-12)*15);

%geliş ve zenit açılarının kosinüslerinin hesapları
kosgelis=abs((sin(dec)*sin(enlem1)*cos(egim))-
(sin(dec)*cos(enlem1)*sin(egim)*cos(azimul))+cos(dec)*cos(enlem1)*cos
(egim)*cos(saataci)+(cos(dec)*sin(enlem1)*sin(egim)*cos(azimul)*cos(s
aataci)+(cos(dec)*sin(egim)*sin(azimul)*cos(saataci)));

koszenit=abs(cos(enlem1)*cos(dec)*cos(saataci)+(sin(enlem1)*sin(dec))
;

gon=1.367*(1+0.033*abs(cos(degtorad(360*gun/365))));

%iterasyonun başlangıç ve bitiş solar saatleri hesapları
saat1=saat-0.5;
solсал=saat1+(boylam/15)-zaalan+ecliptic;
saataci1=degtorad((solсал-12)*15);

saat2=saat+0.5;
if saat2==24;
    saat2=0;
end
solсал2=saat2+(boylam/15)-zaalan+ecliptic;
saataci2=degtorad((solсал2-12)*15);

go=abs((12/pi)*gon*(cos(enlem1)*cos(dec)*(sin(saataci2)-
sin(saataci1))+(pi*(saataci2-saataci1)*sin(enlem1)*sin(dec))/180));

kt=radys(t)/go;

```

```

%difüz ışınlım hesabı
if kt <= 0.22;
    gd=radys(t)*(1-0.09*kt);
elseif 0.22 <= kt <= 0.80
    gd=radys(t)*(0.95-0.16*kt+4.39*kt^2-16.6*kt^3+12.3*kt^4);
else
    gd=radys(t)*0.165;
end

%direkt ışınlım hesabı
gb=(radys(t)-gd);

rb=(kosgelis/koszenit);

akat=(gb/go);

if radys(t)==0;
    f=0;
else
    f=sqrt(gb/radys(t));
end

%yüzeye gelen solar radyasyon hesabı
gt=abs((gb+gd*akat)*rb+gd*(1-akat)*((1+cos(egim))/2)*(1+f*sin(egim/2)^3)+radys(t)*radyan*((1-cos(egim))/2));

%hücre sıcaklığı hesabı

tc=(sicaklik(t)+(noct(m)-20)*(gt/0.8)*(1-(verimler(m)*(1-guckat(m)*25)/0.9)))/(1+(noct(m)-20)*(gt/0.8)*(guckat(m)*verimler(m)/0.9));

%solar panel çıkış gücü hesabı
sicaklikkat=(1+(guckat(m)*(tc-25)));
if sicaklikkat < 0;
    sicaklikkat=0;
end

```

```

solarguc=(nomgucler(m)*mppt*kapazal*0.95*(gt/1))*sicaklikkat;
%0.95 çarpanı inverter verimi içindi

yilsolgucler(t,m)=solarguc;

end
end

yuk=yuk*calisrez;
matx1=ones(3,3);
maty1=ones(3,3);
%dizel jen. dizel sarfiyat eğri uydurmak için
for k=1:3;
    egriguc1=dizguc1(:,k);
    tamguc=egriguc1(2);
    matx1(3,k)=tamguc;
    matx1(2,k)=tamguc*0.75;
    matx1(1,k)=tamguc*0.5;
    egrisarfl=sarfiyatlar1(:,k);
    maty1(1,k)=egrisarf1(3);
    maty1(2,k)=egrisarf1(2);
    maty1(3,k)=egrisarf1(1);
end

matx2=ones(3,3);
maty2=ones(3,3);
for k=1:3;
    egriguc2=dizguc2(:,k);
    tamguc=egriguc2(2);
    matx2(3,k)=tamguc;
    matx2(2,k)=tamguc*0.75;
    matx2(1,k)=tamguc*0.5;
    egrisarf2=sarfiyatlar2(:,k);
    maty2(1,k)=egrisarf2(3);
    maty2(2,k)=egrisarf2(2);
    maty2(3,k)=egrisarf2(1);
end

```

```

end

sistunmetguc=unmetyuk*sum(yuk);
sistyenmin=yenmin*sum(yuk);

solsifir=zeros(8760,1);
ruzsifir=zeros(8760,1);
%rüzgar enerjisi iterasyonu
pvmaliyetler=ones((81)*(11)*(21)*(4)*(1),1);
tpvsayac=0;

for m=0:80;
    if m==0;
        ruzgar=ruzsifir;
    else
        ruzgar=turbinleryilboyup(:,m);
    end
    %solar enerji iterasyonu

    for n=0:10;
        if n==0;
            gunes=solsifir;
        else
            gunes=yilсолgucler(:,n);
        end

        for ak=0:20;

            %dizell iterasyonu

            for d1=0:3;
                duzeltt=0;
                if d1==0;
                    dizlrated=zeros(3,1);
                    %alttaki diziller hata vermemesi için d1=0 olması durumunda
                    d1=d1+1;
                    duzeltt=1;
                    ekat=zeros(1,3);

```

```

        else
            dizlrated=dizguc1(:,d1);
            %sarfiyat güç eğrisi için eğri katsayısı oluşumu
            gucegril=matx1(:,d1);
            sarfegril=maty1(:,d1);
            ekat=polyfit(gucegril,sarfegril,2);
        end

        dizlrated=dizguc1(:,d1);
        dizlyilort=dizlortyil(:,d1);
        dizlsarf=sarfiyatlar1(:,d1);
        dizlgunort=dizlortgun(:,d1);
        dizlsaatyil=dizlhyil(:,d1);
        if duzeltt==1;
            d1=d1-1;
        end

        %dizel2 iterasyonu

        for d2=0:3;
            duzelt=0;
            if d2==0;
                diz2rated=zeros(3,1);
                %alttaki diz2ler hata vermemesi için
                d2=d2+1;
                duzelt=1;
                ekat1=zeros(1,3);
            else
                diz2rated=dizguc2(:,d2);
                %sarfiyat güç eğrisi için eğri katsayısı oluşumu
                gucegri2=matx2(:,d2);
                sarfegri2=maty2(:,d2);
                ekat1=polyfit(gucegri2,sarfegri2,2);
            end

            diz2yilort=diz2ortyil(:,d2);
            diz2sarf=sarfiyatlar2(:,d2);

```

```

diz2gunort=diz2ortgun(:,d2);
diz2saatyil=diz2hyil(:,d2);
if duzelt==1;
    d2=d2-1;
end
%yıllık soc durumu
socsayac=zeros(8760,1);
batin=zeros(8760,1);
batout=zeros(8760,1);
%ac baradaki batarya gücü
batpow=zeros(8760,1);
doggelen=zeros(8760,1);
%yıllık bataryanın şarj durumu giren ve çıkan enerji yıllık
for t=1:8760;
if ak==0;
    batpow(t,1)=0;
else
    %batarya akımının bulunması
    if (yuk(t)-ruzgar(t)-gunes(t)) <= 0;
        if yuk(t) < ruzgar(t);
            ibat=((yuk(t)-ruzgar(t))*0.95-
(gunes(t)/0.95))/(nbat(ak)*vbat(ak));
            doggelen(t)=(yuk(t)-ruzgar(t))*-1;
        end
        if yuk(t) >= ruzgar(t);
            ibat=((yuk(t)-ruzgar(t)-
gunes(t))*0.95)/(nbat(ak)*vbat(ak));
        end
    end
    if (yuk(t)-ruzgar(t)-gunes(t)) > 0;
        ibat=((yuk(t)-ruzgar(t)-
gunes(t))/0.95)/(nbat(ak)*vbat(ak));
    end
    %batarya kapasitesi
    batkap1=batkap(ak)*(1-bsickat(ak)*(sicaklik(t)+273.15-298.15));

    %batarya şarj durumunda
    if ibat <= 0;
        ibat=ibat*-1*0.95;
    end
end
end

```

```

        if ibat > maksakim(ak);
            ibat=maksakim(ak);
        end
    if t==1;
        soc1=1;
        socsayac(t,1)=soc1;
    else
        if socsayac(t-1) < 1;
            soc1=socsayac(t-1)*(1-
(self(ak)*1/24))+(ibat*1*batver(ak))/batkap1);
            if soc1 <=1;
                batin(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak);
                socsayac(t,1)=soc1;
            end
            if soc1 > 1;
                ibat=batkap1*(1-socsayac(t-1)*(1-
(self(ak)*1/24)))/(1*batver(ak));
                batin(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak);
                socsayac(t,1)=1;
            end
        end
    end
    if socsayac(t-1) >=1;
        batin(t,1)=0;
        socsayac(t,1)=1;
    end
end

end
ibat=ibat*-1;
end

%batarya deşarj durumunda
if ibat > 0;
    %batarya verimi sonucu gerekli batarya akımının elde edilmesi
    %için batvere bölündü
    ibat=ibat/(batver(ak)*0.95);

    if ibat > maksdakim(ak);
        ibat=maksdakim(ak);
    end
end

```

```

if t==1;
    soc1=1*(1-(self(ak)*1/24))-((ibat*1)/batkap1);

    if soc1 >= socmin(ak);
        batpow(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak)*0.95*0.95;
        batout(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak);
        socsayac(t,1)=soc1;
    end
    if soc1 < socmin(ak),
        ibat=(batkap1*(socmin(ak)-socsayac(t-1)*(1-
(self(ak)*1/24)))/(1))*-1;
        batpow(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak)*0.95*0.95;
        batout(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak);
        socsayac(t,1)=socmin(ak);
    end
else

    soc1=socsayac(t-1)*(1-(self(ak)*1/24))-((ibat*1)/batkap1);

    if soc1 >= socmin(ak);
        batpow(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak)*0.95*0.95;
        batout(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak);
        socsayac(t,1)=soc1;
    end

    if soc1 < socmin(ak);
        ibat=(batkap1*(socmin(ak)-socsayac(t-1)*(1-
(self(ak)*1/24)))/(1))*-1;
        if ibat <= 0;
            ibat=0;
            soc1=socsayac(t-1)*(1-(self(ak)*1/24))-
((ibat*1)/batkap1);
        else
            soc1=socsayac(t-1)*(1-(self(ak)*1/24))-
((ibat*1)/batkap1);
        end
        %soc1 negatif değer olamaz minimum 0 olur
        if soc1 < 0;
            soc1=0;
        end
    end
end

```

```

        batpow(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak)*0.95*0.95;
        batout(t,1)=ibat*batver(ak)*vbat(ak)*nbat(ak);
        socsayac(t,1)=soc1;
    end
    end
end

end

end

secimgucler1=zeros(8760,9);
secimgucler2=zeros(8760,9);
%stdby continious prime haline bakmak için iterasyon dizel1
a=0;
    for k=1:3;
        p1max=diz1rated(1);
        %stdby continious prime haline bakmak için iterasyon dizel2
        for l=1:3;
            a=a+1;
            p2max=diz2rated(1);
            %jeneratörlerin verimlerinin bulunması

diz1eff=(diz1rated(1)+diz1rated(1)*0.75+diz1rated(1)*0.5)/(diz1sarf(3)
+diz1sarf(2)+diz1sarf(1));

diz2eff=(diz2rated(1)+diz2rated(1)*0.75+diz2rated(1)*0.5)/(diz2sarf(3)
+diz2sarf(2)+diz2sarf(1));

for t=1:8760;
    %jeneratöre kalan güç
    dyuk=yuk(t)-ruzgar(t)-gunes(t)-batpow(t);

    %0.98 dizel yardımcı güçlerin gözönünde bulundurulması içindir
    dyuk=dyuk/0.98;
    if dyuk < 0;
        dyuk=0;
    end
end

```

```

%1. dizelin daha verimli olması durumu
if diz1eff >= diz2eff

if p1max >= dyuk ;
    if dyuk >= (p1max*0.3*0.7);
        d1pow=dyuk;
        d2pow=0;
    end
end
if dyuk > p1max;
    if (dyuk-p1max)< p2max*0.3*0.7;

        d1pow=p1max;
        d2pow=0;

    elseif (dyuk-p1max)> p2max;
        d1pow=p1max;
        d2pow=p2max;

    else
        d1pow=p1max;
        d2pow=dyuk-p1max;
    end
end

if dyuk < (p1max*0.3*0.7);
    if dyuk > p2max;
        d1pow=0;
        d2pow=p2max;

    elseif p2max >= dyuk ;

        if dyuk >= 0.3*p2max*0.7;
            d1pow=0;
            d2pow=dyuk;
        end
    end
end

```

```

        else
            d1pow=0;
            d2pow=0;
        end
    end
end

if diz1eff < diz2eff;

    if p2max > dyuk ;
        if dyuk >= (p2max*0.3*0.7);
            d2pow=dyuk;
            d1pow=0;
        end
    end

    if dyuk > p2max;
        if (dyuk-p2max)< p1max*0.3*0.7;

            d1pow=0;
            d2pow=p2max;

        elseif (dyuk-p2max)> p1max;
            d1pow=p1max;
            d2pow=p2max;

        else
            d2pow=p2max;
            d1pow=dyuk-p2max;
        end
    end

    if dyuk < (p2max*0.3*0.7);
        if dyuk > p1max;
            d2pow=0;
            d1pow=p1max;

        elseif p1max >= dyuk ;
            if dyuk >= 0.3*p1max*0.7;

```

```

        d2pow=0;
        d1pow=dyuk;
    end
else
    d1pow=0;
    d2pow=0;
end
end

end

secimgucler1(t,a)=d1pow;
secimgucler2(t,a)=d2pow;

end

end

end

if d1==0;
    secimgucler1=zeros(8760,9);
end
if d2==0;
    secimgucler2=zeros(8760,9);
end

%yüklenmiş jeneratörlerin stanby, prime ve sürekli güç modları
%kısıtlarına bakılması
durumlar=zeros(9,1);
a=0;
kisitlar=ones(9,1);
for kk=1:3;
    for ll=1:3;
        a=a+1;
    end
end
if d1==0;
    durumbir=1;
else

```

```

gucsay1=0;
toplamguc1=0;
% dizell yıllık güç ortalamalarının bulunması kısıtlarda
kullanılacak
% hesaplar

for sd=1:8760;
cd=secimgucler1(sd,a);
if cd > 0;
toplamguc1=cd+toplamguc1;
gucsay1=gucsay1+1;
end
end
%yıllık güç ortalaması
ort1=(toplamguc1/gucsay1);

% dizell rated güçler için anahtarlama

if kk~=3;

klklkl=1;
if ort1 > dizlyilort(kk)*dizlrated(kk);
durumbir=0;

else
%günlük güç ortalaması
durumbir=1;
ort24=ones(24,1);
ddd=0;
for t=1:8760;
hk=secimgucler1(t,a);
if hk ~= 0;

ddd=ddd+1;
ort24(ddd,1)=hk;
if ddd==24;
ccc=mean(ort24);

```

```

        if ccc > diz1rated(kk)*diz1gunort(kk);
            klklkl=0;

            break
        end
        ddd=0;
    end
else
    ddd=0;
end
end

durumbir=1;
end

if klklkl==0;

durumbir=0;
end
%yıllık maksimum çalışma saati
if gucsay1 > diz1saatyil(kk);

    durumbir=0;

end

%varyasyona bakılması
    bmn=0;
    sapmadiz1=ones(gucsay1,1);
    for xcx=1:8760;
        xcd=secimgucler1(xcx,a);
        if xcd > 0;
            bmn=bmn+1;
            sapmadiz1(bmn,1)=xcd;
        end
    end
end

degoran=std(sapmadiz1)/mean(sapmadiz1);

```

```

if degoran < 0.05;

    durumbir=0;
end
%aşırı yüklenme durumuna bakılması
if kk==2;
    if max(secimgucler1)> dizlrated(kk);
        durumbir=0;
    end
end

%sürekli güç modu için benzer mantık
elseif kk==3

    durumbir=1;

    bmn=0;
    sapmadiz1=ones(gucsay1,1);
    for xcx=1:8760;
        xcd=secimgucler1(xcx,a);
        if xcd > 0;
            bmn=bmn+1;
            sapmadiz1(bmn,1)=xcd;
        end
    end

    degoran=std(sapmadiz1)/mean(sapmadiz1);

if degoran > 0.05;

    durumbir=0;
end

if max(secimgucler1)> dizlrated(kk);
    durumbir=0;
end

```

```

        if ort1 < diz1yilort(kk)*diz1rated(kk);

            durumbir=0;
        end

    end

end

durumlar(a)=durumbir;

%dizel2 için kısıtların kontrolü (dizel1 ile aynıdır)
if d2==0;
    durumbir1=1;
else

    klklkl=1;
    if durumbir ==1;

        gucsay2=0;
        toplamguc2=0;

        for sds=1:8760;
            cdc=secimgucler2(sds,a);
            if cdc > 0;
                toplamguc2=cdc+toplamguc2;
                gucsay2=gucsay2+1;
            end
        end
        ort2=(toplamguc2/gucsay2);

        %dizel2 kısıtların kontrolü

        if l1~=3;

            if ort2 > diz2yilort(l1)*diz2rated(l1);
                durumbir1=0;
            end
        end
    end
end

```

```

else
    durumbir1=1;
    ort24=ones(24,1);
    ddd=0;
    for t=1:8760;
        hk=secimgucler2(t,1);
        if hk ~= 0;

            ddd=ddd+1;
            ort24(ddd,1)=hk;
            if ddd==24;
                ccc=mean(ort24);
                if ccc > diz2rated(11)*diz2gunort(d2);
                    klklkl=0;
                    break
                end
                ddd=0;
            end
        else
            ddd=0;
        end
    end
end

if klklkl==0;
    durumbir1=0;
end

if gucsay2 > diz2saatyil(11);
    durumbir1=0;
end

bmn=0;
sapmadiz2=ones(gucsay2,1);
for xcx=1:8760;
    xcd=secimgucler2(xcx,a);
    if xcd > 0;

```

```

        bmn=bmn+1;
        sapmadiz2(bmn,1)=xcd;
    end
end

degoran=std(sapmadiz2)/mean(sapmadiz2);

if degoran < 0.05;
    durumbir1=0;
end

if ll==2;
    if max(secimgucler2)> diz2rated(ll);
        durumbir1=0;
    end
end

%dizel2 sürekli güç için
elseif ll==3;

    durumbir1=1;
    bmn=0;
    sapmadiz2=ones(guclay2,1);
    for xcx=1:8760;
        xcd=secimgucler2(xcx,a);
        if xcd > 0;
            bmn=bmn+1;
            sapmadiz2(bmn,1)=xcd;
        end
    end

    degoran=std(sapmadiz2)/mean(sapmadiz2);

    if degoran > 0.05;
        durumbir1=0;
    end
end

```

```

if max(secimgucler2)> diz2rated(11);
    durumbir1=0;
end

    if ort2 < diz2yilort(11)*diz2rated(11);
        durumbir1=0;
    end
end
else
    durumbir1=0;

end
end

    durumbirler(a)=durumbir1;


kisit=durumbir+durumbir1;
if kisit==2;
    ghd=1;
else
    ghd=0;
end
kisitlar(a,1)=ghd;


end

end

%prime cont. iterasyonlarının bitim noktası

diztopgucler=zeros(9,1);

for asd=1:9;
    if kisitlar(asd,1)==1;

```

```

diztopgucler(asd)=sum(secimgucler1(:,asd))+sum(secimgucler2(:,asd));
    end
end

if max(kisitlar)==0;

    sart=0;
    kil=1;
else
    sart=1;
    if diztopgucler(1)>0
        if diztopgucler(1)==max(diztopgucler);
            kil=1;
        end
    end

    if diztopgucler(2)>0
        if diztopgucler(2)==max(diztopgucler);
            kil=2;
        end
    end

    if diztopgucler(3)>0
        if diztopgucler(3)==max(diztopgucler);
            kil=3;
        end
    end

    if diztopgucler(4)>0
        if diztopgucler(4)==max(diztopgucler);
            kil=4;
        end
    end

    if diztopgucler(5)>0
        if diztopgucler(5)==max(diztopgucler);
            kil=5;

```

```

        end
    end

    if diztopgucler(6)>0
        if diztopgucler(6)==max(diztopgucler);
            kil=6;
        end
    end

    if diztopgucler(7)>0
        if diztopgucler(7)==max(diztopgucler);
            kil=7;
        end
    end

    if diztopgucler(8)>0
        if diztopgucler(8)==max(diztopgucler);
            kil=8;
        end
    end

    if diztopgucler(9)>0
        if diztopgucler(9)==max(diztopgucler);
            kil=9;
        end
    end

end

if d1==0;
    if d2==0;
        kil=1;
    end
end

switch sart
    case 0;
        tpv=inf;
    case 1;
        tdiz1litre=0;
end

```

```

tdiz2litre=0;
tdiz1calsa=0;
tdiz2calsa=0;
topkarbon=0;
unmetguc=0;
topyeni=0;
unmetsinir=2;
karbsinir=2;
%uygun dizelle birlikte iterasyona başlanması ve diğer kısıt
%ların kontrolü
for tt=1:8760;

    %0.98, dizelin çıkış gücünün bulunması içindir
    unmetguc1=yuk(tt)-(secimgucler1(tt,kil)*0.98)-
(secimgucler2(tt,kil)*0.98)-ruzgar(tt)-gunes(tt)-batpow(tt);
    if unmetguc1 < 0;
        unmetguc1=0;
    end

    unmetguc=unmetguc1+unmetguc;
    %unmet güç için
    if unmetguc > sistunmetguc;
        unmetsinir=1;
        break
    else
        unmetsinir=0;
    end

    %minimum yenilenebilir enerji oranının hesabı için
    topre=gunes(tt)+ruzgar(tt)+batpow(tt);
    if topre > yuk(tt);
        topre=yuk(tt);
    end
    topyeni=topyeni+topre;

    %dizellerin dizel sarfiyatlarının hesapları
    gd1=secimgucler1(tt,kil);
    gd2=secimgucler2(tt,kil);
    if d1==0;
        diz1lit=0;
    else

```

```

        diz1lit=ekat(1)*gd1^2+ekat(2)*gd1^1+ekat(3);
    end

    if d2==0;
        diz2lit=0;
    else
        diz2lit=ekat1(1)*gd2^2+ekat1(2)*gd2^1+ekat1(3);
    end

    %co2 salınım hesapları
    karbon1= diz1lit*dizyog*dizkarb*3.66*0.995 ;
    karbon2= diz2lit*dizyog*dizkarb*3.66*0.995 ;

    topkarbon=karbon1+karbon2+topkarbon;
    %co2 limitine bakılması
    if topkarbon > karbonlimit;
        karbsinir=1;
        break
    else
        karbsinir=0;
    end

    tdiz1litre=tdiz1litre+diz1lit;
    tdiz2litre=tdiz2litre+diz2lit;

    if gd1 > 0;
        ig=1;
        tdiz1calsa=tdiz1calsa+ig;
    end

    if gd2 > 0;
        ig=1;
        tdiz2calsa=tdiz2calsa+ig;
    end

end

%iterasyon bitimi
%yıllık yakıt maliyeti dizell
diz1malyak=tdiz1litre*yakfiyat;

```

```

%yıllık yakıt maliyeti dizel2
diz2malyak=tdiz2litre*yakfiyat;

%proje boyunca yakıt maliyeti dizel1
if d1==0;
    tpvdizmal1=0;
else
    tdiz1malyak=0;
for w=1:(prj);
    pv=diz1malyak*indirgeme(w);
    tdiz1malyak=tdiz1malyak+pv;
end
    tpvdizmal1=tdiz1malyak;
end

%proje boyunca yakıt maliyeti dizel2
if d2==0;

    tpvdizmal2=0;
else
    diz2malyak=0;
    for w=1:(prj);
        pv=diz2malyak*indirgeme(w);
        tdiz2malyak=tdiz2malyak+pv;
    end
    tpvdizmal2=tdiz2malyak;

end

%yıllık çalışma maaliyeti dizel1
if d1==0;
    diz1samal=0;
else
    diz1samal=sum(secimgucler1(:,kil))*diz1camal(d1);
end

%proje boyunca çalışma maaliyeti dizel1
if d1==0;

```

```

        tpvsamall=0;
    else
        tdizlsamal=0;
    for w=1:(prj);
        pv=dizlsamal*indirgeme(w);
        tdizlsamal=tdizlsamal+pv;
    end

        tpvsamall=tdizlsamal;
    end

    %proje boyunca çalışma maaliyeti dizel2
    if d2==0;
        tpvsamal2=0;
    else
        diz2samal=sum(secimgucler2(:,kil))*diz2camal(d2);

        tdiz2samal=0;
    for w=1:(prj);
        pv=diz2samal*indirgeme(w);
        tdiz2samal=tdiz2samal+pv;
    end

        tpvsamal2=tdiz2samal;
    end

    %proje boyunca yenilenme ve hurda maliyetleri dizel1
    if d1==0;
        pvd1yenmal=0;
        pvd1hurda=0;

    else

        if prj*tdiz1calsa <= diz1saat(d1);
            pvd1yenmal=0;

            d1hurda=diz1kurmal(d1)*(diz1saat(d1)-
(prj*tdiz1calsa))/diz1saat(d1);
            pvd1hurda=d1hurda*indirgeme(prj);
        else

```

```

%dizel1 hurda degeri bulunması
dizsay=(prj*tdiz1calsa/diz1saat(d1))-1;

dlhurda=(ceil(dizsay)-dizsay)*diz1yenmal(d1);
pvd1hurda=dlhurda*indirgeme(prj);

%dizel1 proje boyunca yenilenme maliyetinin bulunması
degsey=ceil(dizsay);

pvd1yenmal=0;
for zn=1:degsey;
    pvt=ceil((diz1saat(d1)*zn/tdiz1calsa));

    pvyenmal=diz1yenmal(d1)*(1/((1+faiz)^pvt));

    pvd1yenmal=pyenmal+pvd1yenmal;
end

end
end

%proje boyunca yenilenme ve hurda maliyetleri dizel2

if d2==0;
    pvd2yenmal=0;
    pvd2hurda=0;

else
    if prj*tdiz2calsa <= diz2saat(d2);
        pvd2yenmal=0;

        d2hurda=diz2kurmal(d2)*(diz2saat(d2)-
(prj*tdiz2calsa))/diz2saat(d2);
        pvd2hurda=d2hurda*indirgeme(prj);
    else
        %dizel2 hurda degeri bulunması
        dizsay=(prj*tdiz2calsa/diz2saat(d2))-1;
    end
end

```

```

d2hurda=(ceil(dizsay)-dizsay)*diz2yenmal(d2);
pvd2hurda=d2hurda*indirgeme(prj);

%dizel2 proje boyunca yenilenme maliyetinin bulunması
degsey=ceil(dizsay);

pvd2yenmal=0;
for zn=1:degsey;
    pvt=ceil((diz2saat(d2)*zn/tdiz2calsa));

pvyenmal=diz2yenmal(d2)*(1/((1+faiz)^pvt));

pvd2yenmal=pvyenmal+pvd2yenmal;
end

end
end
if depodurum==1;
    %proje boyunca depolama maliyetinin bulunması dizel1
    if d1==0;
        tpvdepdegmal1=0;
    else
        yildepodeg1=ceil(tdiz1litre/diz1depkap(d1));
        yildepdegmal1=yildepodeg1*diz1depmal(d1);

        tyildepdegmal1=0;
    for w=1:(prj);
        pv=yildepdegmal1*indirgeme(w);
        tyildepdegmal1=tyildepdegmal1+pv;
    end

    tpvdepdegmal1=tyildepdegmal1;
    end

    %proje boyunca depolama maliyetinin bulunması dizel2
    if d2==0;
        tpvdepdegmal2=0;
    else
        yildepodeg2=ceil(tdiz2litre/diz2depkap(d2));

```

```

        yildepdegmal2=yildepodeg2*diz2depmal(d2);

        tyildepdegmal2=0;
    for w=1:(prj);
        pv=yildepdegmal2*indirgeme(w);
        tyildepdegmal2=tyildepdegmal2+pv;
    end

    tpvdepdegmal2=tyildepdegmal2;
        end

        else

            %toplam depomala maliyeti bulunması
            yildepodegtop=ceil(((tdiz1litre+tdiz2litre)/depokap));
            yildepodegtopmal=yildepodegtop*depmal;

            tyildepodegtopmal=0;
    for w=1:(prj);
        pv=yildepodegtopmal*indirgeme(w);
        tyildepodegtopmal=tyildepodegtopmal+pv;
    end
    tpvdepdegmal1=(tyildepodegtopmal/2);
    tpvdepdegmal2=(tyildepodegtopmal/2);
        end

        %dizel 1 kurulum maliyeti
        if d1==0;
            d1kurulum=0;
        else
            d1kurulum=diz1kurmal(d1);
        end

        %dizel 2 kurulum maliyeti
        if d2==0;
            d2kurulum=0;
        else
            d2kurulum=diz2kurmal(d2);
        end

        %diğer maliyetlerin matrislerden çağırılması
        if m==0;

```

```

        tyilm=0;
        tkurm=0;
        tyenmalm=0;
        thurmal=0;
    else
        tyilm=turbyilmalup(m);
        tkurm=turbkurmalup(m);
        tyenmalm=turbyenmalup(m);
        thurmal=turbhurdaup(m);
    end
    if n==0;
        syilm=0;
        skurm=0;
        syenmalm=0;
        shurmal=0;
    else
        syilm=solyilmal(n);
        skurm=solkurmal(n);
        syenmalm=solyenmal(n);
        shurmal=solarhurda(n);
    end

    %bataryanın hurda ve yenilenme maliyetlerinin hesabı
    if ak==0;
        pvbatyenmal=0;
        pvbathurda=0;
        pvbatkurmal=0;
        pvbatyilmal=0;
    else
        %bataryaya giren ve çıkan enerjinin ortalması
        topdol=(sum(batin)+sum(batout))/2;
        if batomur(ak)==inf;
            pvbatyenmal=0;
            pvbathurda=0;
        else
            %batarya maks. dolasım mik asılmış ise ömür bitmiştir aşağı
            %da buna bakılmaktadır
            if (batdol(ak)/topdol) >= batomur(ak);

```

```

bdegssay=floor (prj/batomur (ak) );
pvbatyenmal=0;
for zn=1:bdegssay;
    pvt=batomur (ak) *zn;

    pvyenmal=batkurm al (ak) *(1/(1+faiz) ^pvt);

    pvbatyenmal=pyyenmal+pvbatyenmal;
end
    bdegssay=ceil (prj/batomur (ak) );
    bathurda=batkurm al (ak) *((bdegssay*batomur (ak) -
(prj))/batomur (ak) );
    pvbathurda=bathurda*indirgeme (prj);
else
    %batarya hurda değeri bulunumu
    batsay=(prj*topdol/batdol (ak) )-1;
    bathurda=(ceil (batsay)-batsay)*batkurm al (ak);
    pvbathurda=bathurda*indirgeme (prj);

    %batarya yenileme değeri bulunumu
    bdegssay=ceil (batsay);

    pvbatyenmal=0;
    for zn=1:bdegssay;
        pvt=ceil ((batdol (ak) *zn/topdol));

        pvyenmal=batkurm al (ak) *(1/(1+faiz) ^pvt);

        pvbatyenmal=pyyenmal+pvbatyenmal;
    end
end
end
    pvbatkurm al=batkurm al (ak);
    pvbatyilm al=batyilm al (ak);
end

    topsistmal1=tpvdizmal1+tpvdizmal2+tpvsamal1+tpvsamal2+pvd1yenmal-
pvd1hurda+pvd2yenmal-pvd2hurda+d1kurulum+d2kurulum;

    %indirgenmiş maliyetler toplamının devamı,hurda değeri gelir
olacağı

```

```

        %için -değer almaktadır

        topsistmal2=tpvdepdegmal1+tpvdepdegmal2+tyilm+tkurm+tyenmalm-
        thormal+syilm+skurm+syenmalm-shormal;

        tpv=topsistmal1+topsistmal2+pvbatkurmal+pvbatyilmal+pvbatyenmal-
        pvbathurda;


        %kısıtların kontrolü

        if sum(yuk)*yenmin >topyeni;
            tpv=inf;
        end
        if karbsinir==1;
            tpv=inf;
        end
        if unmetsinir==1;
            tpv=inf;
        end

        end

        tpvsayac=tpvsayac+1;
        pvmaliyetler(tpvsayac,1)=tpv;
        karbsinir=2;
        unmetsinir=2;
        topyeni=0;

        end

        end

        end

        end

        if durum==1;
        if min(pvmaliyetler)==inf;
            fprintf('girilen veriler arasından optimum sistem mimarisi elde
            edilememiştir' );
        else
            fprintf('girilen veriler arasından optimum sistem mimarisi elde
            edilmiştir');
        end

        end
end

```

%kazanan sistemin bazı temel elektriksel ve teknik verilerinin bulunması

```
if durum==2;

    topyeni=0;
    topruzcalis=0;
    topguncalis=0;

    for tt=1:8760;

        if ruzgar(tt) > 0;
            ruzcalis=1;
            topruzcalis=ruzcalis+topruzcalis;
        end
        if gunes(tt) > 0;
            guncalis=1;
            topguncalis=guncalis+topguncalis;
        end

        %minimum yenilenebilir enerji oranının hesabı için
        topre=gunes(tt)+ruzgar(tt)+batpow(tt);
        if topre > yuk(tt);

            topre=yuk(tt);
        end
        topyeni=topyeni+topre;

    end
    %iterasyon sonu

    unmetyukoran=unmetguc/sum(yuk);
    [C,I]=min(pvmaliyetler);
    npv=C;

    birenmal=npv/(prj*(sum(yuk)-unmetguc));
    %rüzgar enerjisi ile ilgili temel bilgiler
    ortruzguc=mean(ruzgar);
    ruzuretim=sum(ruzgar);
```

```

if m==0;
    rkapfaktor=0;
else
    rkapfaktor=ortruzguc/turbkapasite(m);
end

%güneş enerjisi ile ilgili temel bilgiler
ortsolar=mean(gunes);
soluretim=sum(gunes);

if n==0;
    skapfaktor=0;
else
    skapfaktor=(ortsolar/nomgucler(n));
end

%dizeller ile ilgili temel bilgiler
mindiz1=min(secimgucler1(:,kil)*0.98);
maxdiz1=max(secimgucler1(:,kil)*0.98);
diz1uretim=sum((secimgucler1(:,kil)*0.98));
diz2uretim=sum((secimgucler2(:,kil)*0.98));

diz1pro=sum(diz1uretim);
diz2pro=sum(diz2uretim);

mindiz2=min(secimgucler2(:,kil)*0.98);
maxdiz2=max(secimgucler2(:,kil)*0.98);

topbatguc=sum(batpow);
topbatin=sum(batin);
topbatout=sum(batout);

renfrac=topyeni/(sum(yuk)-unmetguc);
batfrac=(topbatguc/(sum(yuk)-unmetguc));
dizfrac=1-renfrac;

invmaksguc=max(batout);

```

```

    invortguc=mean(batout);
    dogmaksguc=max(doggelen);
    dogortguc=mean(doggelen);
    %temel karakteristik özelliklerin gösterimi
    fprintf(' sistem karşılanmamış yük oranı :
%5.2f\n',unmetyukoran);
    fprintf(' sistem birim enerji maliyeti : %5.2f\n',birenmal);
    fprintf(' sistemin yenilenebilir enerji oranı :
%5.2f\n',renfrac);
    fprintf(' sistemin yenilenebilir olmayan enerji oranı :
%5.2f\n',dizfrac);
    fprintf(' sisteme bataryaların sağladığı enerjinin oranı :
%5.2f\n',batfrac);
    fprintf(' yıllık yenilenebilir enerji miktarı :
%5.2f\n',topyeni);
    fprintf(' sistem emisyon miktarı : %5.2f\n',topkarbon);

    fprintf(' yıllık rüzgar enerjisi : %5.2f\n',ruzuretim);
    fprintf(' yıllık ortalama rüzgar gücü : %5.2f\n',ortruzguc);
    fprintf(' türbin veya türbinlerin kapasite faktörü :
%5.2f\n',rkapfaktor);
    fprintf(' yıllık türbin veya türbinlerin çalışma süresi :
%5.2f\n',topruzcalis);

    fprintf(' yıllık solar enerji : %5.2f\n',soluretim);
    fprintf(' yıllık ortalama güneş gücü : %5.2f\n',ortsolar);
    fprintf(' solar enerji kapasite faktörü :
%5.2f\n',skapfaktor);
    fprintf(' yıllık solar enerji sisteminin çalışma süresi :
%5.2f\n',topguncalis);

    fprintf(' yıllık 1. dizelin enerji üretimi :
%5.2f\n',dizlpro);
    fprintf(' 1.dizelin minimum gücü : %5.2f\n',mindiz1);
    fprintf(' 1.dizelin maximum gücü : %5.2f\n',maxdiz1);
    fprintf(' yıllık 1. dizelin çalışma süresi :
%5.2f\n',tdizlcals);
    fprintf(' yıllık 1. dizelin dizel sarfiyatı :
%5.2f\n',tdiz1litre);

    fprintf(' yıllık 2. dizelin enerji üretimi :
%5.2f\n',diz2pro);
    fprintf(' 2.dizelin minimum gücü : %5.2f\n',mindiz2);
    fprintf(' 2.dizelin maximum gücü : %5.2f\n',maxdiz2);

```

```

        fprintf(' yıllık 2. dizelin çalışma süresi :
%5.2f\n',tdiz2calsa);

        fprintf(' yıllık 2. dizelin dizel sarfiyatı :
%5.2f\n',tdiz2litre);

        fprintf(' bataryalardan ac baraya gelen yıllık toplam güç :
%5.2f\n',topbatguc);

        fprintf(' bataryaya giren yıllık enerji : %5.2f\n',topbatin);

        fprintf(' bataryadan çıkan yıllık enerji :
%5.2f\n',topbatout);

        fprintf(' İnvertere gelen maksimum güç :
%5.2f\n',invmaksguc);

        fprintf(' İnvertere gelen ortalama güç :
%5.2f\n',invortguc);

        fprintf(' Doğrultucuya gelen maksimum güç :
%5.2f\n',dogmaksguc);

        fprintf(' Doğrultucuya gelen ortalama güç :
%5.2f\n',dogortguc);
end

```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Onur DEMİR
Doğum Tarihi ve Yeri : 26.05.1986,BEYOĞLU
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : onurumcan@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans			
Lisans	Elektrik Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fen	Muzaffer ÇilAnadolu Lisesi	2005

