

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

ENERJİ ANA BİLİM DALI

**5 KVA'LIK TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARINA DAYALI HİBRİD ENERJİ
SANTRALİNİN ELEKTRONİK VE KONTROL TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahim HAŞİMİ

**ŞUBAT 2009
MUĞLA**

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

ENERJİ ANA BİLİM DALI

**5 KVA'LIK TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARINA DAYALI HİBRİD ENERJİ
SANTRALİNİN ELEKTRONİK VE KONTROL TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahim HAŞİMİ

MUĞLA 2009

T.C.
MUGLA ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Yrd.Doç.Dr. Asude ELTEZ danışmanlığında Abdurrahim HAŞİMİ tarafından hazırlanan 5 kVA'lık Temiz Enerji Kaynaklarına Dayalı Hibrid Enerji Santralinin Elektronik ve Kontrol Tasarımı başlıklı tez, 02/02/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enerji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans/doktora tezi olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Muhammed ELTEZ

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr. Asude ELTEZ

İmza :

Üye : Prof.Dr. Necdet ÖZBALTA

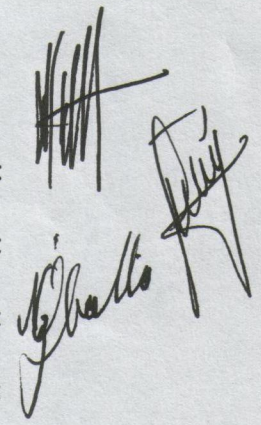
İmza :

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :



ÖNSÖZ

Hibrit enerji sitemlerinde optimizasyon, enerjinin verimi, sürekliliği ve maliyeti açısından önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Kontrol kartı değişik yöntemlerle ve mikrodenetleyicilerle tasarlanabilir. Tezde optimizasyon değişikliğine ani cevap verebilen gelişmiş bir teknoloji olan FPGA ile yapıldı.

Bu tez çalışmasında benden yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Asude ELTEZ'e, zaman zaman doküman sağlayan ve beni yönlendiren Sayın Prof.Dr. Muhammed ELTEZ'e, DR.Lutz GIESE'ye, tasarım ve uygulama aşamasında bana eşlik eden sevgili arkadaşlarım Mehmet Ali ÇAVUŞLU, Osman ARSLAN ve Alişan BALKOCA'ya, çalışmalarına zaman ayırmamı hoşgörüyü karşılayan sayın İbrahim KOLACI, Meral ŞİŞMAN ve Ruşen BAŞER'e bana istediğim bilgileri vermekten çekinmeyen Altema Enerjinin genel müdürü sayın Baha Saffet PAKKAN'a ve her zaman için aileme sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Abdurrahim HAŞİMİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	VI
ABSTRACT	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	2
2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji kaynakları	2
3. GÜNEŞ ENERJİSİ	4
3.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi	4
3.2. Güneş Işınımı Hesapları	5
3.2.1. Herhangi Bir yerde Yüze ye Gelen Güneş Enerjisinin Hesaplanması	5
3.2.2. Direkt Güneş Enerjisi	6
3.2.3. Yansıyan güneş enerjisi	6
4. GÜNEŞ PİLLERİ VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER	8
4.1. Güneş Pillerinin Tarihçesi	8
4.2. Güneş Pilleri	9
4.2.1. Güneş Pili Sistemlerinin Sınıflandırılması	10
4.2.1.1. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri	10
4.2.1.2. Şebeke bağlantılı 4,8 kw güneş pili sistemi	11
4.2.1.3. Şebekeden bağımsız sistemler	11
4.2.3. Bağımsız sistemler ile şebeke bağlantılı sistemlerin karşılaştırılması	14
5. RÜZGAR ENERJİSİ	16
5.1. Rüzgar Enerjisinin Tarihçesi	16

5.2. Rüzgar Enerjisinin Türkiye’deki Durumu	17
5.2.1. Türkiye’nin rüzgar atlası	17
5.3. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları	18
5.4. Rüzgar Enerjisi Metodolojisi	19
5.4.1. Rüzgardaki enerji	23
5.5. Rüzgar Güç Sistemi Elemanları	23
5.5.1. Rüzgar türbinleri	23
5.5.1.1. Yatay eksenli rüzgar türbini ve elemanları	23
5.5.2. Kule	24
5.5.3. Rotor kanatları	24
5.5.4. Generatör	25
5.5.5. Dişli kutusu	25
6. BİYOGAZ	26
6.1. Biyogaz Üretiminin Yararları	26
6.2. Çöp Termik Santralleri	26
7. HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ	28
7.1. Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik Hibrit Enerji Sistemleri	28
7.1.1. Güneş – Rüzgar Hibrit Enerji Sistemi	29
7.1.2. Güneş-Rüzgar-Dizel Jeneratör Hibrit Enerji Sistemi	30
7.2. Hibrit Sistem Bileşenleri	32
7.2.1. İnvörtör (DA/AA çevirici)	32
7.2.2. Aküler	33
7.2.3. Şarj Denetim Birimleri	33
7.2.4. Doğrultmaç	34
8. FPGA(Field Programmable Gate Array)	35
8.1. Programlanabilir Lojik Elemanların Mimarisi ve Programlama Teknikleri	35
8.1.1. Programlanabilir lojik elemanların gelişimi	37
8.2. Alan Programlamalı Kapı Dizileri (FPGA)	39
8.2.1. FPGA’lerin mimarisi	40

8.2.2. FPGA 'lerin programlama teknolojileri	41
8.2.2.1. Statik RAM programlama teknolojisi	41
8.2.2.2. Antisigorta-tabanlı programlama teknolojisi	43
8.2.2.3. EPROM ve EEPROM programlama teknolojisi	43
8.2.3. FPGA'lerin lojik hücre mimarisi	43
8.2.3.1. Doğruluk tablosu tabanlı yapı	43
8.2.3.2. Çoklayıcı tabanlı yapı	44
8.3. FPGA Kullanılarak Gerçekleştirilen Devrelerin Tasarım Süreci	44
8.4. VHDL Donanım Tasarım Dili	45
8.4.1. Giriş	45
8.4.2. VHDL ve donanım tasarımı karşılaştırılması	46
8.4.3. VHDL dili mimari yapıları	46
8.4.3.1. Davranışsal mimari	46
8.4.3.2. Veri akışı mimarisi	47
8.4.3.3. Yapısal mimari	47
8.4.4. VHDL temel özellikleri	49
8.4.4.1. Yapısal ve davranışsal tanımlamalar	49
8.4.5. Veri türleri ve nesnelere	52
8.4.5.1. Veri türleri	53
8.4.5.2. Nesnelere	53
8.4.6. Arayüz listeleri	54
8.4.7. VHDL dili ana yapıları	54
8.4.7.1. 'Entity' tanımlamaları	54
8.4.7.2. 'Architecture' yapıları	55
8.4.7.3. Altprogramlar	55
8.4.7.4. 'Package' ve 'Use' yapıları	56
8.4.7.5. Tasarım kütüphaneleri	58
9. TASARIM ve UYGULAMA	59
9.1. Enerji Konteyneri Bileşenlerinin Teknik Özellikleri	59
9.1.1. 3 kVA'lık PV sistem	59

9.1.2. 5 kVA'lık Rüzgar enerji sistemi	60
9.1.3. 5 kW'lık biyodizel generatör	60
9.2. Konteynerin Güç-Enerji Hesapları ve Tarifeler	62
9.2.1. VA-WATT güç faktörü	63
9.2.2. Güç faktörü	63
9.3. Enerji Konteyneri İçin Rüzgar Veri Dönüşümü ve Hesaplamalar	63
9.4. Güneş Enerjisi Verilerinin Elde Edilmesi	68
9.5. Sistemin Algoritması	71
9.6. Sistemin MAT-LAB Simülasyonunun Gerçekleştirilmesi	72
10. ENERJİ KONTEYNERİNİN YATIRIM MALİYETİ	79
11. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	82
Ek-A	85
ÖZGEÇMİŞ	111

5 KVA’LIK TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARINA DAYALI HİBRİD ENERJİ SANTRALİNİN ELEKTRONİK VE KONTROL TASARIMI

(Yüksek Lisans Tezi)

Abdurrahim HAŞİMİ

**MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

2009

ÖZET

Günümüz dünyasında, enerji sorunu gün geçtikçe büyüyen bir sorundur. Bu durum, insanları tükenebilen enerji kaynakları yerine tükenmeyen ve temiz olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Alternatif kaynak arayan ülkeler gün geçtikçe yatırımlarını arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına rağbet edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmalar zamanla kendi içinde alternatifler sunmuştur. Hibrit enerji santralleri bu alternatif çözümlerden biridir. Hibrit enerji konteynırları enerji temini konusunda hem daha az maliyet hem de değişken çözümler sunar. Tükenmeyen enerji kaynaklarının süreklilik arz etmemesi de böyle bir sistem doğurmuştur. Rüzgar ve güneşten herhangi birinin bulunması halinde bunlar kullanılarak, bunlar mevcut değilse biyodizele başvurularak enerjinin devamlılık süresi arttırılmış olacaktır.

Rüzgar, güneş ve biyodizelden elektrik üreten hibrit enerji konteynırının optimizasyonu konulu tezimde, verimlilik ve maliyet ekseninde bir araştırma ve tasarım yaptım. Alternatif enerji kaynaklarında maliyet, engelleyici bir rol sütlenir. Taşınabilen, düşük kVA lı sistemler bu konuda daha avantajlıdır. Tasarladığım kontrol kartı mevcut kaynakları günün herhangi bir anında optimum bir şekilde kullanacak, bu sayede verimliliğini arttıracaktır. Daha az maliyet daha fazla enerji ile bu sistemlere rağbet daha da artacaktır.

Anahtar Kelimeler: yenilenebilir enerji kaynakları, hibrit enerji sistemleri, FPGA,
VHDL,

Sayfa adedi : 124

Tez yöneticisi : Yrd.Doç:Dr. Asude ELTEZ

**THE ELECTRONICS and CONTROL DESIGN of a 5 kVA HYBRID POWER
PLANT THAT CONTAIN RENEWABLE ENERGY SOURCES**

(M. Sc. Thesis)

Abdurrahim HAŞİMİ

**MUGLA UNIVERSITY
INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY**

2009

ABSTRACT

In today's world, energy dilemma grows day by day. This situation led people clean, renewable, inexhaustible energy sources instead of exhaustible energy sources. Countries searching alternative sources redound their investments nowadays. Renewable energy is being demanded.

Researches on renewable energy sources offered alternatives solutions in time. Hybrid energy station is one of the alternative solutions. Hybrid energy containers provide less cost and flexible solutions. Inexhaustible energy sources are not continuous so this is where hybrid solutions come in. In absence of the sun or wind biodiesel is used so that durability of energy is enhanced.

My thesis subject is optimization of hybrid energy containers that produce electricity by the sun, wind and biodiesel. In subject to this I made research on efficiency, cost axis and designed a system. For alternative energy sources cost is a preventative parameter. Low power mobile systems have more advantages on this subject. The system I designed uses sources at optimum levels for any time of a day so it increases efficiency. Producing more energy with low cost will increase demand to this systems.

Key words : Renewable energy sources, hybrid energy systems, FPGA, VHDL

Page NUMBER : 124

Advisor : Yrd.Doç.Dr. Asude ELTEZ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Güneşin kullanım alanları.....	4
Şekil 4.1. 24 Voltluk güneş dizileri seri bağlanarak çıkış voltajının yükseltilmesi.....	9
Şekil 4.2. Güneş dizileri paralel bağlanarak çıkış akımının yükseltilmesi.....	10
Şekil 4.3. Şebeke bağlantılı güneş santrali.....	11
Şekil 4.4. Şebekeden bağımsız güneş sistemi.....	12
Şekil 4.5. Şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması.....	12
Şekil 5.1. Türkiye'nin rüzgar atlası.....	18
Şekil 5.3. Yavaşlatma faktörü değişimi	22
Şekil 5.4. Rüzgar türbin bileşenleri.....	24
Şekil 5.5. Kuyruklu rotor kanadı.....	24
Şekil 5.6. Kuyruksuz rotor kanadı.....	25
Şekil 7.1. Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik hibrit enerji sistemi.....	29
Şekil 7.2. Güneş-Rüzgar hibrit enerji sistemi.....	29
Şekil 7.3. Güneş-Rüzgar-Dizel Jeneratör hibrit enerji sistemi.....	30
Şekil 7.4. Tonakishina adasına ait hibrit enerji santrali şeması	30
Şekil 7.5. Dizel-fotovoltaik-rüzgar hibrit sistemi.....	31
Şekil 7.6. Rüzgar-fotovoltaik hibrit sistemi.....	31
Şekil 7.7. Rüzgar-fotovoltaik hibrit sistemi.....	31
Şekil 8.1. PLA lojik devre elemanın iç mimarisi.....	37
Şekil 8.2. PAL lojik devre elemanın iç mimarisi.....	38
Şekil 8.3. CPLD lojik devre elemanın iç mimarisi.....	38
Şekil 8.4. MPGA lojik devre elemanın iç mimarisi.....	39
Şekil 8.5. FPGA mimarisi.....	39
Şekil 8.6. FPGA'yi oluşturan bloklar.....	40
Şekil 8.7. CLB iç yapısı.....	40
Şekil 8.8. CLB'yi oluşturan LUT elemanı.....	41
Şekil 8.9. Bağlantı blokları.....	41
Şekil 8.10. Bir Statik RAM hafıza hücresi.....	42
Şekil 8.11.(a)LUT, (b)PIP, (c)Multiplexer.....	42

Şekil 8.12. İki girişli LUT yapısı.....	44
Şekil 8.13. Çoklayıcı tabanlı lojik hücre yapısı.....	44
Şekil 8.14. FPGA kullanılarak yapılan tasarım sürecinin akış diyagramı.....	45
Şekil 8.15. Yarı toplayıcı giriş ve çıkışları.....	50
Şekil 8.16. Tam toplayıcı giriş çıkışları.....	52
Şekil 8.17. Tam toplayıcı iç yapısı.....	52
Şekil 9.1. Enerji konteyneri tasarımı.....	61
Şekil 9.2. Sistemin 3 boyutlu görüntüsü.....	61
Şekil 9.3. Sistemin içeriden şekli	62
Şekil 9.4. Sistemin herhangi bir yerde uygulanabilirliği.....	62
Şekil 9.5. Dijital sayaç.....	62
Şekil 9.6. Rüzgar güç değerleri şeması.....	68
Şekil 9.7. Güneş güç değerleri şeması.....	71
Şekil 9.9. R Fazı için güç değişim grafiği.....	73
Şekil 9.8. S Fazı için güç değişim grafiği.....	73
Şekil 9.10. T Fazı için güç değişim grafiği.....	74
Şekil 9.11. RST Toplam güç değişim grafiği.....	74
Şekil 9.12. 5 Farklı yöntem göre maliyet zaman grafiği	77
Şekil 9.13. Şebeke değeri olmadan 4 Farklı yöntem göre maliyet zaman grafiği..	77
Şekil 9.13. FPGA board.....	78

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 Türkiye’de Aylık Toplam güneşlenme Süresi ve ve Güneş Enerjisi.....	5
Tablo 3.2 Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	5
Tablo 5. 1.Bölgelerin yıllık ortalama rüzgar hızları.....	17
Tablo 5.2. Türkiye rüzgar atlasında gösterilen beş değişik rüzgar rejimi için toprak seviyesi üzerinden 50 m rüzgar güç potansiyelleri.....	18
Tablo 6.1.Türkiye’de Hayvansal Atık Potansiyeline Karşılık Gelen Üretilebilecek Biyogaz Miktarı ve Taşkömürü Değeri.....	26
Tablo 9.1. 3 kVA lık PV sistemin teknik özellikleri	59
Tablo 9.2. 5 kVA lık rüzgar enerji sisteminin teknik özellikleri	60
Tablo 9.3. 5 kW lık biyodizel jeneratörün teknik özellikleri	60
Tablo 9.4. Dijital sayaç tarifeleri.....	62
Tablo 9.5. Kastamonu bölgesinde 2008 yılına ait günlük ortalama rüzgar.....	64
Tablo 9.6. 19-20 Kasım saatlik ortalama rüzgar.....	65
Tablo9.7. Rüzgar hızına karşılık gelen performans faktörü değerleri.....	67
Tablo 9.8. Kastamonu bölgesinde 2008 yılına ait günlük toplam global güneş radyasyonu.....	69
Tablo 9.9. 19-20 Kasım saatlik PV’den üretilen elektrik enerjisi.....	70
Tablo 9.10. Yöntemler.....	75
Tablo 9.11. Kullanılan yöntemler sonunda depoda kalan güç.....	75
Tablo 9.12. Tüm zaman dilimlerinde şebeke kullanılmasına göre elde edilen yüzde maliyet hesabı.....	76
Tablo 10.1. Sistemin yatırım maliyeti.....	79

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

I	Panel çıkış akımı
V	Panel çıkış gerilimi
q	Elektronik sarj
η	Fotovoltaik pilin verimi
P_m	Pilin maksimum çıkış gücü
A	Pil yüzey alanı (m ²)
J	Yüzeğe gelen güneş ısıtım siddeti (W/m ²)
I_{mak}	Maksimum akım
V_{mak}	Maksimum gerilim
A_o	Güneş sabitinin aylara göre düzeltme katsayısı
B	Güneş ışınları ile yüzey normali arasındaki açı
T	Atmosferin geçirgenlik katsayısının ve
m	Optik hava kütlelerinin bir fonksiyonudur.
Δ	Denklinasyon
S	Saat açısını
E_k	Rüzgardaki kinetik enerji (J)
V_r	Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)
M_k	Havanın kütlesi (kg)
V_h	Havanın Hacmi
s	Rotor süpürme alanı(m ²)
t	Ölçme zamanını
E_y	Enerji yoğunluğu (Wh/m ² .yıl)
U₁	Z ₁ seviyesinde ölçülen rüzgar hızıdır
U_z	Z seviyesindeki istenilen rüzgar hızı
Z₀	Yer şartlarına bağlı parametre
AA	Alternatif Akım
DA	Dogru Akım
EIA	Energy Information and Administration
EİE	Elektrik _sleri Etüd _daresi
PV	Fotovoltaik Panel

1.GİRİŞ

Dünyada gelişmişlik düzeyi, bir ülkenin tükettiği enerji ile orantılıdır. Enerji tüketimi durmadan artmakta ve gelecekte de artmaya devam edecektir. Bugün sahip olduğumuz uygarlık düzeyinin muhafazası ve konforlu yaşamın devamı için doğrudan ve dolaylı olarak enerji tüketmek zorundayız.“ 1974 yılında yaşanan petrol krizi ile başlayan süreçte petrolün sınırsız bir kaynak olmadığı gerçeği bir kez daha görülmüş ve elektrik enerjisinin yüksek maliyetinin sanayi üretim sektörünü zorlamasıyla birlikte ucuz ve kolay enerji kaynakları bulma çabaları hız kazanmıştır“ (Anonim a).

Bugün dünya ticari enerji talebinin % 88 kadarı fosil yakıtlarından, geri kalan % 12'si de nükleer ve hidrolik enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu üç temel kaynağın dışındaki enerji kaynakları ise alternatif enerji kaynakları olarak tanımlanır ve bunların halen dünya çapında ticari bir önemi yoktur. Ancak araştırmanın ötesinde, bazı ülkelerde ciddi ölçüde yararlanılmakta olup, gelecekte önemli tüketim payına ulaşmaları kaçınılmazdır. Başlıca alternatif enerji kaynağı, fosil ve hidrolik enerjinin de asıl kaynağı olan ve dünyamızı ısıtan "güneş enerjisi"dir. Güneş enerjisi doğal ısıtmanın yanında, kullanım suyu ve sera ısıtması, hidrojen üretimi, elektrik üretimi gibi ticari enerji kaynağı olarak da gelişmektedir. Diğer alternatif enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi, biyomas-biyogaz, jeotermal enerji günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

Gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler kendi olanakları içinde değişik enerji kaynaklarının kullanılmasına öncelik vermektedirler. Dünyanın bilinen petrol rezervlerinin 2050 yılında, doğal gaz rezervlerinin 2070 yılında ve kömür rezervlerinin 2150 yılında tükeneceği beklenmektedir. Bu nedenle Enerji üretiminde 21. yüzyılın başlarında fosil yakıtların kullanılması gerek çevre, gerekse artan fiyatlar nedeniyle ekonomik olmaktan çıkacaktır (Anonim b).

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynağı "Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı" olarak tanımlanmaktadır (Anonim r). Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına, istihdamın artmasına katkıda bulunmaları, kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik (Accessibility), mevcudiyet (Availability), kabul edilebilirlik (Acceptability) özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar.

En genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı ; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji formu , güneşten gelendir. Bazı formlar güneş enerjisini ve rüzgar gücünü depolar .

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması aşamasında başlıca üç soruya cevap aranır. Bunlar: (i) Çevreden ne kadarlık bir enerji sağlanabilir?, (ii) Toplanan enerji nerede ve hangi amaç için kullanılır? (iii) Bu enerjinin maliyeti ve diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında ekonomikliliği nedir? İlk iki sorunun yanıtı her bir yenilenebilir enerji kaynağı incelenirken verilmeye çalışılacaktır. Üçüncü soru, uygulama esnasında her zaman sorun olmuştur (Anonim b).

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları modern enerji olarak tabir edilmekte ve gelişmiş ülkelerin ilgisini cezp etmektedir. Sınırsız ve sürekli olan alternatif enerji kaynakları için büyük ülkeler büyük yatırımlar yapmış ve bu konuda araştırmaları devam etmektedir.

2.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

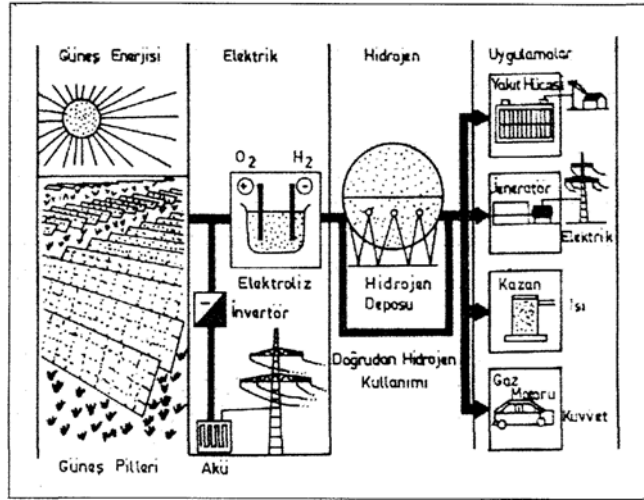
Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmek amacıyla gerçekleştirilen bir takım projeler bulunmaktadır. Bunlardan 2004-2010 yıllarını kapsayan ve Dünya Bankası Takım Lideri Ranjit Lamech öncülüğü ile başlatılan ‘Yenilenebilir Enerji Kaynakları Projesi’nin amacı; hükümet garantileri olmaksızın,

yeni Elektrik Piyasası Kanununda yer alan piyasa saslı çerçevede, özel sektörün sahip olacağı ve isletilen yenilenebilir kaynaklardan dağıtılmış üretimin arttırılmasını sağlamaktır. Projenin toplam kredi tutarı 202 milyon dolardır.Projeyi Türkiye Sınai ve Kalkınma Bankası ile Türkiye Kalkınma Bankası yönetmektedir (Anonim c).

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynağı olarak; başta güneş olmak üzere rüzgar, biyokütle, biyogaz, jeotermal enerjilerine verimli olabilecek miktarda sahiptir. Günümüzde AB ülkeleri enerji tüketimlerinin %5,6'sını yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Avrupa Birliđi'nin 2010 yılında, toplam elektrik üretiminin %22,1'inin, toplam enerji tüketiminin ise, %12'sinin yenilenebilir kaynaklardan karşılması hedeflenmektedir(Anonim d) Türkiye'de ise yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim içindeki payı 2000 yılında sadece %11 seviyesindedir. Bu rakamın uygulanan politikalar sonucunda 2010 yılında %7'ye düşmesi beklenmektedir. Türkiye bugün mevcut enerji tüketiminin sadece %36'sını öz kaynaklarından karşılıyor iken, bu oranın 2023'de %20'lere düşmesi kaçınılmaz görölmektedir (Anonim e).

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneşin gün boyunca atmosfere verdiği ısı ve ışık, insanların ihtiyaç duyduğu elektrik ve proses ısı olarak kullanımına sunulmaktadır. Düz toplayıcılarla sıcak su elde edilip bundan yararlanılmaktadır. Elektrik enerjisi elde etmek için odaklı toplayıcılar kullanılır. Bu teknoloji için yarı iletken teknolojilerinden yararlanılır.



Şekil 3.1 Güneşin kullanım alanları

Güneşten dünyaya gelen enerjini yoğunluğu atmosfer üzerinde m² başına 1.35 kW kadardır. Bu yoğunlukta toplamda 178 PW düzeyinde olup dünyada kurulu santrallerin 100 bin katı düzeyindedir. Diğer bir anlatımla bir yılda dünyaya gelen güneş enerjisi bilinen kömür rezervlerinin 50 katı ve bilinen petrol rezervinin 800 katıdır (Kutlu, 2002). Bugün Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Avusturya, Almanya, Belçika, Hollanda, Norveç, İsveç, Yeni Zelanda, Japonya, Fransa, İtalya, İspanya, Kanada, Yunanistan, İngiltere gibi ülkeler uluslararası enerji ajansının güneş teknolojisini geliştirme projesini yürütmektedirler.

3.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Ülkemiz sahip olduğu coğrafi konum nedeniyle güneş enerji potansiyeli yüksek ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi yaygın olarak, ancak verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır. Elektrik İşleri Etüt Dairesi tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye’nin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2640 saat yani günlük toplam 7,2 saat ve ortalama toplam ısınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl yani günlük 3,6 kWh/m² olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.1. Türkiye’de Aylık Toplam güneşlenme Süresi ve ve Güneş Enerjisi (Anonim f)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi
	(Kcal/cm ² - Ay)	(Kwh/m ² - Ay)	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 KWh/m ² - gün	7,2 saat / gün

Tablo 3.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi KWh/m ² -Yıl	Güneşlenme Süresi Saat / Yıl
G. Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Türkiye’nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güne Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz bölgesi izlemektedir (Anonim f).

3.2. Güneş Işınımı Hesapları

3.2.1. Herhangi bir yerde yüzeye gelen güneş enerjisinin hesaplanması

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik bir yüzeye gelen birim zamanda güneş enerjisi q_0 aşağıdaki bağıntı ile bulunur

$$q_0 = \frac{E}{4\pi R_g^2} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1 de E güneşin birim zamanda uzaya yaydığı radyasyonu, R_g yer-güneş arası mesafeyi ifade eder. R_g değişken bir değer olduğundan q_0 değeri 1310-1380 W/m² arasında değişir. q_0 güneş sabiti olup değeri 1350 W/m² olarak kabul edilir (Kutlu, 2002).

Herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş enerjisi, direkt güneş enerjisi, difüz enerji ve yansıyan enerjilerin toplamına eşittir.

$$q_t^x = q_{dir}^x + q_{dif}^x + q_y^x \quad (3.2)$$

3.2.2. Direkt güneş enerjisi

Bir yüzeye direkt olarak gelen güneş enerjisi olup aşağıdaki bağıntıyla bulunur.

$$q_{dir}^x = A_o \cdot q_o \cdot \tau^m \cdot \cos \beta \quad (3.3)$$

A_o = güneş sabitinin aylara göre düzeltme katsayısı

β = güneş ışınları ile yüzey normali arasındaki açı

τ = atmosferin geçirgenlik katsayısının ve m optik hava kütesinin bir fonksiyonudur.

$q_o = 1353 \text{ W/m}^2$ 'ye eşittir. Atmosferin geçirgenlik katsayısı bulutsuz hava için hesaplanır. dalga boyuna bağlıdır. δ , denklinasyon, S saat açısını, τ yerin enlemini, h güneş yüksekliği ise, m optik hava kütlesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$m = \frac{1}{\sin b} = \frac{1}{\cos \delta \cdot \cos S \cdot \cos \tau + \sin \delta \cdot \sin Y} \quad (3.4)$$

Günlük direkt güneş enerjisi, doğma ve batma saatleri arasında q_{dir} gelen enerjinin integrali alınarak hesaplanır.

$$q_N = \int_{SD}^{SB} q_{dir}^x \cdot s \cdot d_s \quad (3.5)$$

$$q_y = \sum_{N=1}^{365} q_N \quad (3.6)$$

ise yıllık gelen toplam güneş enerjisidir.

Atmosferde saçılan güneş enerjilerinin bir kısmı yeryüzüne uzun dalga boylu ışınlar şeklinde ulaşır. Havanın bulutluluk durumuna göre değişir. eğik düzleme gelen diffüz enerji, yatay düzleme gelen diffüz enerji($q_{dif,y}$) yardımıyla hesaplanır.

$$q_{dif}^x = \frac{1 + \cos W}{2} q_{dif,y}^x \quad (3.7)$$

3.2.3. Yansıyan güneş enerjisi

Yere ulaşan direkt güneş enerjisinin bir kısmı direk yer tarafından yansıtılır.

Yansıyan enerji yansıma katsayısına göre değişir. q_y ile gösterilir.

$$q_y^x = \frac{1 - \cos W}{2} (q_{dir}^x + q_{dif}^x) \cdot r_y \quad (3.8)$$

bağıntısıyla bulunur.

Toplam güneş enerjisi; direkt enerji, diffüz enerji ve yansıyan enerjilerin toplamına eşittir.

4. GÜNEŞ PİLLERİ VE FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

4.1. Güneş Pillerinin Tarihçesi

İlk kez 1839 yılında Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğu gözlemleyerek Fotovoltaik olayını bulmuştur. Katılarda benzer bir olay ilk olarak selenyum kristalleri üzerinde 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından gösterilmiştir. Bunu izleyen yıllarda çalışmalar bakır oksit ve selenyuma dayalı foto diyotların, yaygın olarak fotoğrafçılık alanında ışık metrelerinde kullanılmasını beraberinde getirmiştir. 1914 yılında fotovoltaik diyotların verimliliği % 1, değerine ulaşmış ise de gerçek anlamda güneş enerjisini % 6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik diyotlar ilk kez 1954 yılında silikon kristali üzerine gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen bu tarihi izleyen yıllarda araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. **Fotovoltaik güç** sistemleri 1960'ların başından beri uzay çalışmalarının güvenilir **kaynağı** olmayı sürdürmektedir.

1964 yılında Nimbug isimli uzay aracı 470 W'lık **güneş pili** ile uzaya gönderilmiştir. 1966 yılında ise 1KW'lık **güneş pili** sistemine sahip Orbiting Astronomik gözlemci yörüngeye oturmuştur. 1977 yılına gelindiğinde ise Amerika Birleşik Devletleri'nde ulusal **yenilenebilir enerji** laboratuvarı açılmıştır. 1982 yılında Dünya çapında **güneş pili** üretimi 21,3MW'a kadar yükselmiştir.

2000'li yıllara gelindiğinde ise Almanya'da 100.000 çatının **güneş pilleri** ile kaplanması için çalışma başlatılmıştır. Aynı dönemlerde Japonya'da 10.000 çatı programı başlatılmıştır. 2004 yılında, Almanya'nın Neustadt kentinde 2 MW kurulu güce sahip **güneş fotovoltaik güç tesisi** şebekeye bağlanmıştır. Tesis 70.000 m² alan üzerine 7000 adet 300 W'lık panelden oluşmuştur. Yine Almanya'da, Saarbrück en havaalanında 1,4 MW'lık **güneş pili** tesisi Ocak ayında hizmete girmiştir. Tesis 40.000 m²'lik alan üzerine kurulmuştur. Tesisin yaklaşık kurulum maliyeti 6,5 milyon Euro olup 166 özel yatırımcı tarafından da desteklenmiştir. Japon hükümeti, 2010 yılına kadar ülkedeki toplam kurulu PV gücünü 4820 MW olarak hedeflemiştir. Bu değer 2003 yılı sonunda 887 MW olarak açıklanmıştır. Japon PV Pazarı gelecek 5 yıl içinde yıllık ortalama % 20 büyümenin devam ettirileceğini umut etmektedir (Anonim g).

4.2. Güneş Pilleri

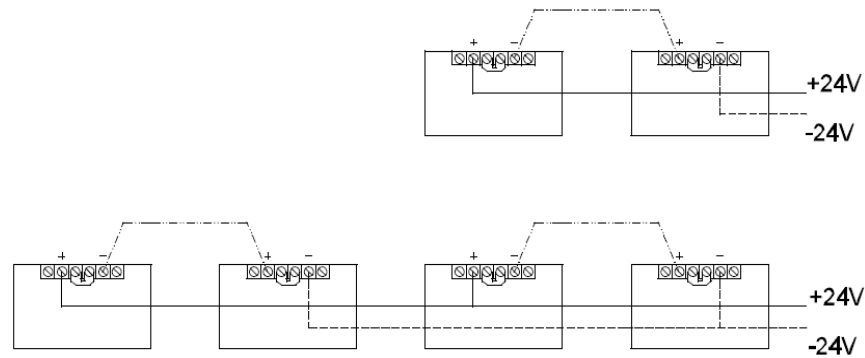
Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Güneş pilleri, güç çıkışını artırmak amacıyla birbirlerine seri ya da paralel olarak bağlanmış ve bir yüzey üzerine monte edilmiş olarak kullanıma sunulurlar. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir (Anonim f).

Foto = ışık ve voltaic = elektrik.

Güneş pilleri silikondan yapılıdır. Bilgisayar çipleri de aynı maddeden yapılıdır. Temel olarak, güneş pillerinin yüzeyine ışık vurduğu zaman pil bunun bir kısmını silikonun içine emer. Emilen ışık enerjisi elektronların dağılıp çarpışmasını , dolayısıyla enerji akışını sağlar (Anonim h).

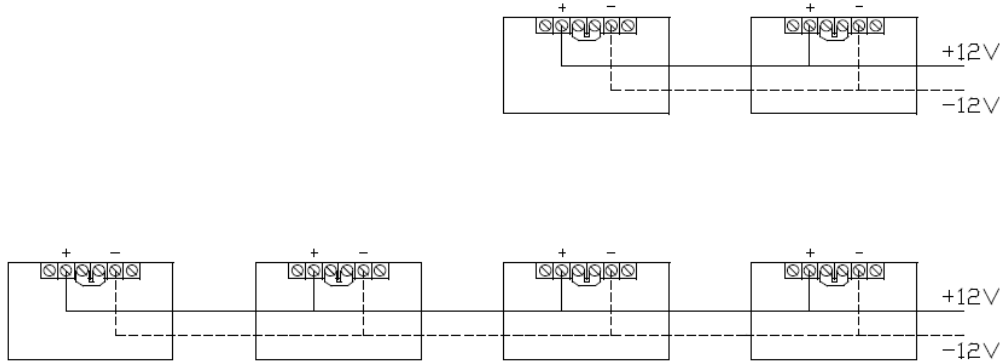
Yarı iletken olan diyota ışık düştüğü zaman uçlar arası gerilim meydana gelir. Bu gerilim çok küçük olduğundan diyotlar seri bağlanarak istenilen voltaj seviyesine ulaşılır. Bugüne dek güneş hücreleri ile özellikle Formula-G Güneş Arabaları Yarışı katılımcıları ve Ar-Ge faaliyetinde bulunan kurumlara yönelik çalışmalar olmuştur.

Yüksek voltaj kapasitesine ulaşmak istenirse güneş pillerinden diziler oluşturulur. Yüksek voltaj için diyotlar seri bağlanır. (Şekil 4.1)'de 24 Voltluk güneş dizileri seri bağlanarak çıkış voltajının yükseltilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.1. 24 Voltluk güneş dizileri seri bağlanarak çıkış voltajının yükseltilmesi

Aynı şekilde (Şekil 4.2)'de güneş dizileri paralel bağlanarak çıkış akımının yükseltilmesi sağlanabilir.



Şekil 4.2. Güneş dizileri paralel bağlanarak çıkış akımının yükseltilmesi

4.2.1. Güneş pili sistemlerinin sınıflandırılması

Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan regülatör ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı yada yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek akümülatördeki D.A. gerilimi, 220 V, 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur.

Güneş pili sistemi uygulamaları iki ana gruba ayrılabilir.

- Şebeke bağlantılı sistemler
- Şebekeden bağımsız sistemler

4.2.1.1. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemlerin gücü, birkaç kW'tan birkaç MW'lara kadar değişebilmektedir. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte, santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulamalar ise binalarda küçük güçlü uygulamalar şeklindedir. Bu tür sistemler, iki ana gruba ayrılır. İlk tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin mesela, bir konutun elektrik

ihtiyacını karşılar. Bu sitemlerde, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır. Yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda şebekeden enerji satın alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen d.a. elektriğin, a.a. elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. İkinci tür şebekeye bağlı güneş pili sistemleri kendi başına elektrik üretilip, bunu şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklindedir. Bunların büyüklüğü 600-700 kW'tan MW'lara kadar değişir.



Şekil 4.3. Şebeke bağlantılı güneş santrali

4.2.1.2. Şebeke bağlantılı 4,8 kW güneş pili sistemi

Güneş pilleri şebekeden bağımsız sistemler olarak kullanılabilirdiği gibi mevcut elektrik şebekesine bağlı olarak da kullanılabilirler. Enerji maliyetinin pahalı olması nedeniyle güneş pilleri genellikle şebekeden uzak yerlerdeki küçük güçlerin enerji talebinin karşılanmasında kullanılmıştır. Son yıllarda ise özellikle gelişmiş ülkelerde şebekeye bağlı güneş pili uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda EİE Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi'ne 4,8 kW gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuştur.

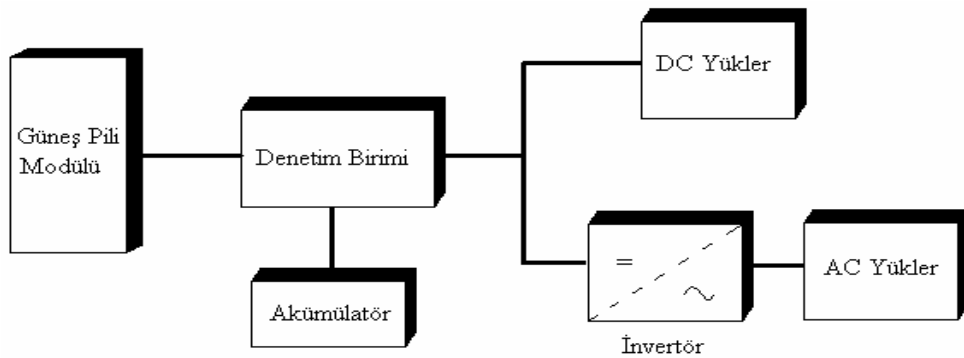
4.2.1.3. Şebekeden bağımsız sistemler

FV sistemlerinin en tipik ve en yaygın kullanım şekli, yerleşim yerlerinden uzak yörelerde enerji gereksinimini karşılayan bağımsız (stand - alone) sistemlerdir. Bu sistemler birkaç watt'tan birkaç yüz kW'lara kadar değişebilen güçlerde ve çok çeşitli türlerde yüklerin enerji talebini karşılayabilir.

Bu tür sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda yada özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modelleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zara görmesini engellemek için kullanılan kontrol birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı yada yükün çektiği akımı keser. Şebek uyumlu alternatif akım elektriğin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek akümülatördeki d.a. gerilim 220 V 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreleri sisteme katılabilir. (Şekilde 4.4) şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması verilmektedir (Koca, 2006).



Şekil 4.4 Şebekeden bağımsız güneş sistemi



Şekil 4.5 Şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması

Genel olarak kış aylarında levha yaz aylarına nispeten daha dikey olmalıdır. Güneş enerjisi değişen ve her zaman olmayan bir enerji türüdür. Mesela, güneş doğmadan önce, güneş battıktan sonra veya kapalı ve bulutlu havalarda güneş

enerjisi olmadığından toplanan fazla enerjinin depolanıp bu zamanlarda kullanılması gerekir. FV sistemlerde güneş olduğu zamanlarda bataryaların tamamıyla dolduktan sonra akım almalarını (overcharge) önlemek gerekir. Fazla şarj bataryanın ısınmasına, sıvı kaybına ve batarya ömrünün kısılmasına yol açar. Regülatör, FV levhalar ile bataryalar arasına konur ve bataryaların fazla şarj almalarını önler. İnverter 12 veya 24 voltluk düşük doğru akımı 240 volt alternatif akıma dönüştürür. Çok küçük uygulamalarda inverter yerine düşük gerilim ve doğru akımla çalışan elektrikli cihazlar kullanmak mümkündür.

Bağımsız güneş pili sistemlerinin kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır:

- Radyolink istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol bor hatlarının katodik koruması, metal yapıların (köprüler, kuleler vb.) korozyondan korunması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi yada dışı aydınlatma
- Dağ evleri yada yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama yada ev kullanımı amacıyla su pompası
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- İlaç ve aşı soğutma

Güneş pili sistemleri en çok iletişim alanında kullanılmaktadır. Radyolink istasyonlarının çoğunlukla elektriği bulunmayan yüksek ve ulaşım sorunu olan yerlerde güneş pili modülleri kullanmak uygun bir çözüm olmaktadır. Bu alanı, su pompası ve aşı-ilaç koruma izlemektedir. Bu gün dünyanın çeşitli yerlerinde, binlerce bağımsız güneş pili sistemi kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalarda güvenilirlik, yakıt, gerektirmeme ve çok az bakım isteme gibi özellikler nedeniyle bu sistemlerin kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan güneş pili modülleri çoğu kez sistemi destekleyen elektronik bileşenlerden daha güvenilir ve dayanıklı bulunmuştur. Bu bileşenler dikkatle seçilirse PV bir sistemin uzun yıllar sorunsuz ve

güvenilir olarak çalışması mümkündür. Tüketiciye yönelik ürünlerin en tipik örneği ise yıllardır ticari ortamda kullanılan güneş pili ile çalışan hesap makineleridir. Bunun dışında, güneş pilliyle çalışan bahçe aydınlatma setleri, taşınabilir lambalar, güvenlik ve alarm ürünleri, kapı zilleri, otomobil havalandırma sistemleri, oto akü şarj cihazları gibi bir çok üründe son yıllarda tüketicilere sunulmuştur.

4.2.3. Bağımsız sistemler ile şebeke bağlantılı sistemlerin karşılaştırılması

Fotovoltaik sistemlerde üzerinde en çok düşünülen konu sistemin ne tip olacağıdır. İlk olarak üzerinde durulması gereken husus şebekeye olan uzaklığıdır. Bataryalı sistemin avantajı enterkonnekte şebekede bir sorun olsa dahi enerji kesintisi söz konusu değildir. Fakat bu tip sistemlerde, maliyet fazladır. Bataryanın getireceği ek maliyet, bataryanın konacağı yer sorunu ve bakım gereksinimi, sistemin dezavantajlarıdır. Ayrıca bataryaların şarjı için şarj regülatörü gerekmektedir. Modül kapasitesi arttırıldıkça, akü kapasitesinin de aynı oranda arttırılması gerekmektedir. Şebekeye bağlı sistemin avantajları:

- Batarya ihtiyacı yoktur. Sadece çok acil durumlar için sistem düşünülebilir.
- PV sistemin ürettiği fazla elektrik enterkonnekte şebekeye satılabilir.
- PV sistemdeki herhangi bir arızada veya PV sistemin yeterli olmadığı durumda şebeke direk devreye girecektir.
- Modül sayısı yani çıkış gücü istenildiği zaman arttırılabilir
- PV sistem tasarlanırken tüketicinin aşırı kullanımına göre modül boyutu belirlenemez. Toplam yükün belirli bir oranım PV tarafından karşılanması yeterlidir.

Şebekeye bağlı sistemin dezavantajları:

- Şebekede bir sorun olduğunda ve PV sistem yeterli gelmediğinde, tüketici enerjisiz kalacaktır.
- Frekans, güç faktörü, harmonikler, dalga şekli gibi önemli elektriksel parametreler çok düzenli regülasyon ister. Bunu şebekeye bağlı sistemde yapmak için yüksek kalitede elektronik ekipmanlara ihtiyaç vardır. Bu da maliyeti arttırmaktadır. Eğer, az maliyetli ve güvenilir bir sistem isteniyorsa şebekeye bağlı ve küçük bir bataryalı sistem düşünülmelidir.
- Şebekede bir sorun olduğunda veya kullanıcı PV sistemi şebekeden ayırmayı düşündüğünde, dual-mode inverter bataryadaki d.a. gerilimi a.a. gerilime

çevirecektir. Ayrıca, şebeke kesintisi kötü ve yağışlı havalarda meydana geldiğinden, bu tip ortamlarda da PV sistem elektrik üretemeyeceğinden, bir generatör ihtiyacı doğabilir (Anonim 1).

5. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar, güneşin doğuşundan batışına kadar yeryüzündeki farklı yüzeylerin, farklı hızlarda ısınıp soğumasıyla oluşmaktadır. Rüzgar hareket halindeki havanın kinetik enerjisidir. Gelen hava kanatları döndürürken, kanatların bağlı olduğu mil generatörü çalıştırmaktadır (Anonim a).

5.1. Rüzgar Enerjisinin Tarihçesi

Rüzgar enerjisi ilk kullanımı M.Ö. 2800 yıllarına kadar uzanmaktadır. Rüzgar enerjisi ilk olarak Orta Doğuda 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. Bununla beraber, rüzgar türbini denilen ve elektrik üretiminde kullanılan ilk makineler 1890'ların başlarında Danimarka'da yapılmıştır. 23 m 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 birkaç yüz rüzgar ünitesi Danimarka'da enerji üretmekteydi. 1961-1966 yılları arasında Almanya'da rotor çapı 35 m 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 yapmaktaydı. Amerika'da 1970'lerde büyük tip yatay eksenli makineler üzerinde yeniden çalışılırken, dikey eksenli Darrieus tipi makineler üzerinde de çalışmalar başlatılmıştır (Johnson, 2001) .

Günümüzde rüzgar tribünleri ve faaliyet alanları farklılık göstermektedir. Karalar kadar denizlerden de mümkün olduğu kadar yararlanılmaya gayret ediliyor. Rüzgar

tribünleri ve aparatları da bu konuda gelişmiş düzeyde ve bu konuda AR- GE çalışmaları hızla devam etmektedir.

5.2. Rüzgar Enerjisinin Türkiye’deki Durumu

Türkiye’nin toplam rüzgar enerji potansiyeli 40.000 ile 80.000 MW düzeyindedir. Devlet Meteoroloji İşleri istasyonlarının 1970-1980 dönemi rüzgar verilerinin değerlendirilme sonuçlarına göre, Türkiye’nin yıllık ortalama rüzgar hızının yer yüzeyinden 10 metre yükseklikte, 2,54 m/s ve rüzgar gücü yoğunluğunun 24 W/m^2 olduğu belirlenmiştir. Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyeli bölgelere göre değerlendirildiğinde, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin rüzgar gücü yoğunluğu bakımından diğer bölgelere göre daha zengin olduğu görülmektedir. Türkiye’de Marmara, Ege ve Akdeniz kıyıları, dünyada rüzgar gücü potansiyeli açısından ilk %30’luk alana girmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi’nde yapılan çalışmalara göre, ülke genelinde süreklilik ve yoğunluk açısından ümit veren yörelerdir (Köse vd., 2004).

Tablo 5.1. Bölgelerin yıllık ortalama rüzgar hızları

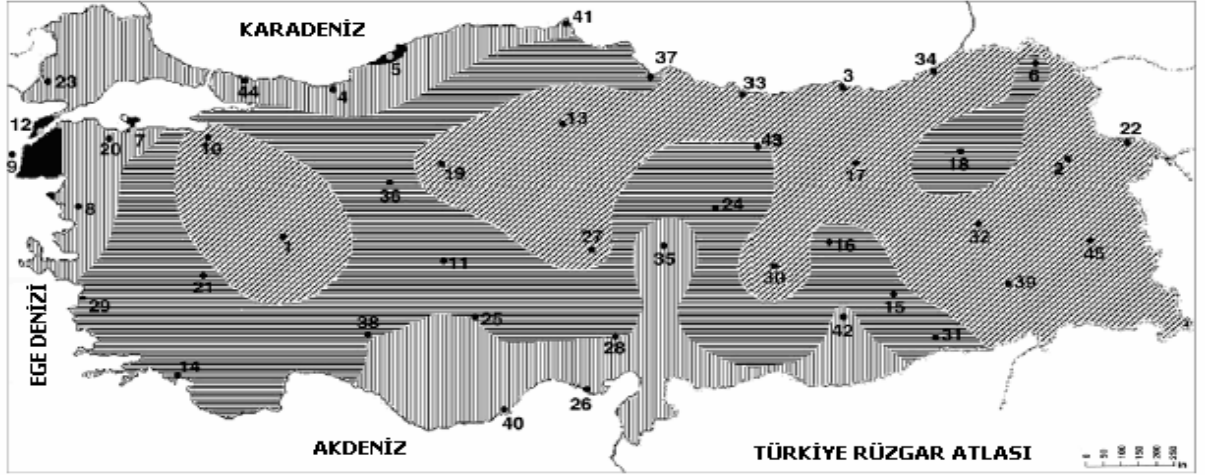
Bölge	Rüzgar Hızı(m/s)
Marmara	3,3
Güney Doğu Anadolu	2,7
Ege	2,6
Akdeniz	2,5
Karadeniz	2,4
İç Anadolu	2,5
Doğu Anadolu	2,1

(Tablo 5.1)’e göre en çok rüzgar alan bölge Güneydoğu Anadolu en az rüzgar alan bölge ise Doğu Anadolu bölgesidir .

5.2.1. Türkiye’nin rüzgar atlası

Elektrik enerjisi üretmek için ne kadar rüzgar gücünden yararlanacağımızı ve üretilen enerjinin miktarını belirlemek için bölgesel rüzgar gücü hakkında bilgiye sahip olmamız önemlidir. Rüzgar atlası, rüzgar enerjisinden enerji üretimi için potansiyel olarak uygun arazileri göstermek için hazırlanır, bölgesel ortalama rüzgar hızları ve güç potansiyelleri üzerine istatistiksel bilgiler tanımlar. Ölçümler Türkiye coğrafyasında homojen olarak dağıtılmış 96 meteorolojik istasyon ile yapılmaktadır. Türkiye’nin rüzgar atlasının hazırlanması için 45 istasyondan elde edilen bilgiler

değerlendirilmiş ve Avrupa Rüzgar Atlası için kullanılan model WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) kullanılarak atlas çizilmiştir (Şekil 5.2). Bu atlas Çizelge 1.3’de verilen beş değişik rüzgar rejimi için toprak seviyesi üzerinde 50 m yükseklikte rüzgar güç potansiyellerini kapsar (Hepbaşlı, 2003).



Şekil 5.1. Türkiye'nin rüzgar atlası

Tablo 5.2. Türkiye rüzgar atlasında gösterilen beş değişik rüzgar rejimi için toprak seviyesi üzerinden 50 m yükseklikte rüzgar güç potansiyelleri (Ceylan, 2006)

Sembol	Kapalı araziler ^b		Açık araziler ^c		Kıyıları ^d		Açık deniz ^e		Tepeler ve bayırlar ^f	
	m / s	W / m ²	m / s	W / m ²	m / s	W / m ²	m / s	W / m ²	m / s	W / m ²
	>8,0	>250	>7,5	>500	>8,5	>700	>9,0	>800	>11,5	>1800
	5 - 6	150-250	6,5-7,5	300-500	7-8,5	400-700	8-9	600-800	10-11,5	1200-1800
	4,5-5	100-150	5,5-6,5	200-300	6-7	250-400	7-8	400-600	8,5-10	700-1200
	3,5-4,5	50-100	4,5-5,5	100-200	5-6	150-250	5,5-7	200-400	7-8,5	400-700
	<3,5	<50	<4,5	<100	<5	<150	<5,5	<200	<7	<400

5.3. Rüzgar Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgar enerjinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Rüzgar enerjisi, fosil yakıtlarla, kömür ve doğalgazla yanmaya dayanan işletmeler gibi havayı kirletmez. Rüzgar türbinleri asit yağmurlarına sebep olan atmosferik emisyonlar üretmez.
- Rüzgar türbinlerinde enerji üretimi sırasında hammadde maliyeti yoktur.
- Rüzgar enerjisi, ülke içi enerji kaynağıdır.

- Rüzgar enerjisi, tükenmeyen rüzgar gücünün yenilenebilir olmasına prensibine dayanır.
- Rüzgar enerjisi hala yenilenebilir enerji kaynaklarından en düşük fiyatlılardan biridir.
- Rüzgar türbinleri çiftliklere inşa edilebilir, böylece en iyi rüzgar konumlarının bulunduğu kırsal bölgelerde ekonomiden faydalanır. Çiftçiler arazilerinde çalışmaya devam edebilir çünkü rüzgar türbinleri arazinin sadece küçük bir kısmını kullanır.

Rüzgar enerjisini dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- İlk kurulum maliyetlerinin yüksek olması rüzgar santrallerinin en önemli dezavantajlarından biridir.
- Rüzgar hızının sabit olmamasından dolayı üretilen enerji değişkendir. Bu durumda enerjinin depolanmasını zorunlu kılmaktadır.
- Yüksek verimli rüzgar santralleri enerji ihtiyacının yüksek olduğu şehir merkezlerinden uzaktadır.

5.4. Rüzgar Enerjisi Metodolojisi

5.4.1. Rüzgardaki enerji

Rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için temel veriler rüzgarın hızı ve esme saat sayısıdır. Bu veriler kullanılarak bir yöreye ait potansiyel enerji değerini ortaya koymak olanaklıdır. Bunun için, rüzgar potansiyelini tanımlayan kinetik enerjinin hesaplanması gerekir. Havanın bir ağırlığı ve hızı olması nedeniyle bir kinetik enerjisi vardır.

Rüzgar türbinleri ile ilgili ilk teori 1926 yılında Göttingen Institute'de Dr. Albert BETZ tarafından ortaya atılmıştır. Bu teoremden, Betz rüzgar rotorunun ideal olduğu varsayılır. Diğer bir ifade ile rotor, havaya karşı sürüklenme direnci göstermeyen sonsuz sayıda kanattan oluşmaktadır. Bu şekilde, rüzgar rotorunun mükemmel bir enerji dönüştürücüsü olduğu varsayılmıştır. Bu teoriye göre; Rüzgar hareket halindeki hava olup sahip olduğu kinetik enerji şu şekildedir:

$$E_k = \frac{1}{2} m_h V_r^2 \quad (5.1)$$

Burada;

E_k : Rüzgardaki kinetik enerji (J)

V_r : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

m_h : Havanın kütlesi (kg)

Havanın kütlesi (m_h) aşağıdaki formül ile belirlenir:

$$m_h = \rho_h \cdot V_h \quad (5.2)$$

Burada;

ρ_h : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

V_h : Hava hacmi (m^3)

Hava hacmi (V_h):

$$V_h = v_r \cdot s \cdot t \quad (5.3)$$

formülü ile hesaplanır. Burada;

v_r : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s)

s: Rotor süpürme alanı (m^2)

t: Ölçüm zamanını (s)

Böylece, (5.3) bağıntısı (5.2) bağıntısında yerine konularak, kinetik enerji eşitliğinde gerekli düzenlemeler yapılacak olursa, Rüzgar enerjisi (E_r) Joule cinsinden şu bağıntı ile tanımlanmış olur;

$$E_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3 \cdot t \quad (5.4)$$

Bu eşitlikte $t = 1$ alınacak olursa, Birim zamandaki enerji yani, rüzgarın anlık gücü

P_r ;

$$P_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3 \quad (5.5)$$

olur, burada;

P_r : Rüzgarın anlık gücü'dür (W)

Değişik rüzgar hızlarına sahip yörelerin rüzgar güç ve enerjilerini karşılaştırmak amacıyla, rüzgar güç ve enerji yoğunluğu teriminden yararlanılır.

Buna göre (5.5) eşitliği düzenlenecek olursa; P_y , Ölçüm yüksekliğindeki güç yoğunluğu (W/m^2) şu şekilde olur:

$$P_y = \frac{P_r}{s} = \frac{1}{2} \rho_h \cdot v_r^3 \quad (5.6)$$

Bu sonuca göre enerji yoğunluğunu (E_y) bulacak olursak;

$$E_y = P_y \cdot \frac{f}{s} = P_y \cdot f = \frac{1}{2} \rho_h \cdot v_r^3 \cdot f \quad (5.7)$$

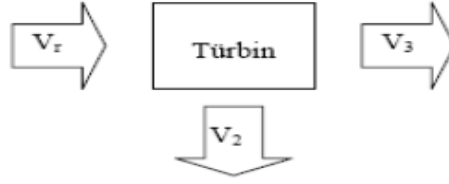
Burada;

E_y : Enerji yoğunluğu ($Wh/m^2 \cdot yıl$)

s : Rotor süpürme alanını (m^2)

f : Yıllık esme saat sayısını ($h/yıl$) göstermektedir.

Rüzgar, kinetik enerjisi nedeniyle doğal bir potansiyele sahiptir. Bunun bilinen fiziksel konular ve teknolojik imkanlar sayesinde yararlı enerjiye çevrilen miktarına “Rüzgar enerjisi teknik potansiyeli” denir.



Bu durumda türbinin gücü;

$$P_T = \frac{1}{2} \rho \cdot s \cdot v_2 \cdot (v_r^2 - v_3^2) \quad (5.8)$$

Froude- Rankie teoreminden ortalama türbin içindeki rüzgar hızı,

$$v_2 = (v_r + v_3) / 2 \quad (5.9)$$

olarak hesaplanır. Türbin gücü (5.8) formülünde v_2 yerine yazılırsa,

$$P_T = \frac{1}{2} \rho \cdot s \cdot \left(\frac{v_r + v_3}{2} \right) \cdot (v_r^2 - v_3^2) \quad (5.10)$$

veya;

$$P_T = \frac{1}{2} \rho \cdot s \cdot \frac{1}{2} \left(1 + \frac{v_3}{v_r} \right) \left(1 - \left(\frac{v_3}{v_r} \right)^2 \right) \quad (5.11)$$

Burada (5.5) denklemi (5.11) denkleminde yazılırsa;

$$P_T = P_r \cdot \frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{v_3}{v_r} \right) \left(1 - \left(\frac{v_3}{v_r} \right)^2 \right) \right] \quad (5.12)$$

elde edilir. Burada güç faktörü $C_p = \frac{P_T}{P_r}$ ve yavaşlatma faktörü $n = \frac{v_3}{v_r}$ olarak

tanımlanırsa

(5.12) denklemi;

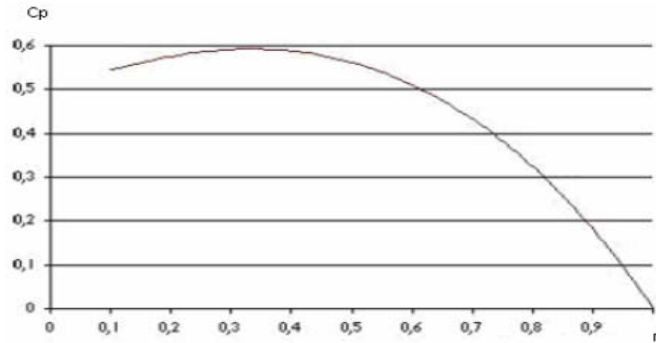
$$C_p = \frac{1}{2} (1+n)(1-n^2) \quad (5.13)$$

Halini alır. Bu denklemde maksimum güç faktörü C_p 'yi bulmak için yavaşlatma faktörü n 'in türevi alınıp sıfıra eşitlenirse,

$$\frac{d}{d_n} C_p = \frac{1}{2} \frac{d}{d_n} (1-n^2+n-n^3) = 0 \quad n_1 = \frac{1}{3}, \quad n_2 = -1$$

(5.14)

Bulunur. Yavaşlatma faktörünün değişimi (Şekil 5.3) 'te verilmiştir.



Şekil 5.3 Yavaşlatma faktörü değişimi (Anonim j)

Yavaşlatma faktörü n , hiçbir zaman negatif değer alamayacağından $1/3$ alınır ve

(5.13) denkleminde yerine konursa;

$$C_{p \max} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{3} \right) \left(1 - \frac{1}{9} \right)$$

$$C_{p \max} = 0,5926$$

Serbest pervaneden alınacak maksimum verim olarak bulunur. Yani bir rüzgar türbiniyle, rüzgarın tüm enerjisinden faydalanmak imkansızdır. Rüzgar; rüzgar türbininden, rüzgardan aldığımız enerji ölçüsünde yavaşlamış olarak çıkar. Eğer rüzgardaki tüm enerjiyi alabilseydik, rüzgarın türbinden durgun halde çıkması gerekirdi. Fakat bu durumda da türbine rüzgarın diğer taraftan girmesi engellenir ve

hiç enerji elde edilmezdi. Çağdaş rüzgar türbinleri için C_p değeri yaklaşık olarak 0,35–0,40'tır. Bunun nedeni hava direnci, rotorun oluşturduğu türbülans ve aktarma organları ile elektrik sistemi gibi noktalardaki kayıplardır. Rüzgar türbinlerinde oluşan gücü güç faktörünü de katarak yeniden tanımlarsak, sonuç aşağıdaki gibi olur.

$$P = \frac{1}{2} \rho_h \cdot C_p \cdot s \cdot v_r^3 \quad (5.15)$$

Eğer (5.15) formülünde

$$k = \frac{1}{2} \rho_h \cdot C_p$$

seçilirse güç formülü aşağıdaki gibi olur.

$$P = k \cdot s \cdot v_r^3 \quad (5.16)$$

Burada k; Rüzgar türbininin tipine göre 0,1 ile 0,4 arasında değişen bir katsayıdır. İdeal bir rüzgar türbini için “k” katsayısının değeri 0,37'dir. Bu durumda ise gelen rüzgarın kinetik enerjisinin % 59,3'ü geri kazanılır (Polat, 2000; Şen, 2003; Jaramilo and Borja, 2004).

5.5. Rüzgar Güç Sistemi Elemanları

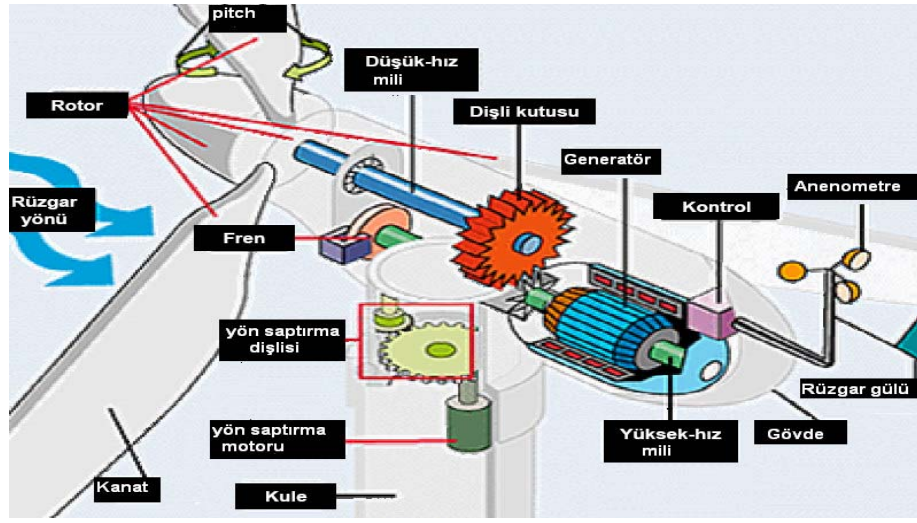
5.5.1 Rüzgar türbinleri

Rüzgar tribünü, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgar tribünü genel olarak kule, generatör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki generatöre aktarılır. Generatörlerden elde edilen elektrik enerjisi bataryalar aracılığıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır. Dikey eksenli rüzgar tribünleri şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız olarak kullanılabilir. Şebeke bağlantılı rüzgar tribünleri genelde yüksek güçteki kullanımlar içindir. Son gelişmelerle birlikte tek bir tribün ile elde edilen güç saatte 5MW'a kadar çıkabilmektedir. Şebeke bağlantısız tribünler de daha çok ufak ihtiyaçlar için kullanılmaktadır.

5.5.1.1. Yatay eksenli rüzgar türbini ve elemanları

Yer konumuna göre, rotoru yatay ekseninde çalışan yatay eksenli rüzgar türbinleri, daha geleneksel ve daha modern bir kullanımı sunarlar. Bir rüzgar türbininin elektrik

sistemi mekanik enerjinin elektriksel enerjiye dönüşümü sağlayacak tüm ekipmanın yanında, kontrol ve izleme ekipmanlarını da içermelidir (Iou vd., 2002).



Şekil 5.4 Rüzgar türbin bileşenleri

5.5.2. Kule

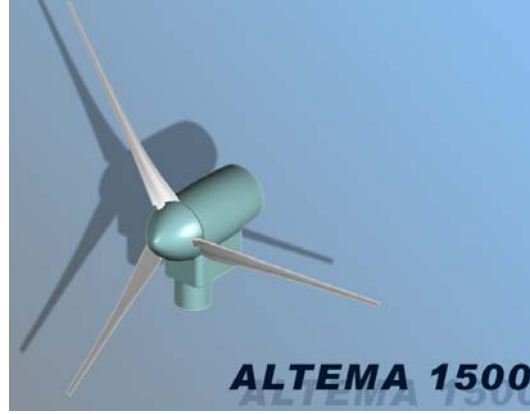
Rüzgar kulesi türbini destekler ve gövde elemanlarını taşır. Gövde elemanlarının ayrıntıları, Şekil 5.4.'te projelendirilmiştir. Kulelerde çelik ve beton malzeme kullanılır. Kule tasarımı boru veya kafes şeklinde olabilir. Kule tasarımındaki temel sorun, dinamik yapıdır (Ceylan, 2006).

5.5.3. Rotor kanatları

Rotor kanatları, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren en önemli parçalardır. Kanatların yapı özellikleri türbin tipine göre değişiklik göstermektedir. Modern türbinlerin kanatları cam elyafı ile güçlendirilmiş plastikten üretilir.



Şekil 5.5. Kuyruklu rotor kanadı (altema)



Şekil 5.6. Kuyruksuz rotor kanadı

5.5.4. Generatör

Rüzgar türbinlerinde; senkron, asenkron ve D.A. (Doğru Akım) generatör olmak üzere üç değişik generatör kullanılmaktadır. Küçük güç sistemlerinde eskiden kullanılan doğru akım generatörlerinin yerini sabit mıknatıslı generatörler almıştır. Orta ve büyük güç sistemlerinde ise, senkron ve asenkron generatörler kullanılmaktadır. Senkron generatör, kendinden uyartım avantajına rağmen pahalıdır. İndüksiyon generatörün dezavantajı, mıknatıslanma akımını şebekeden çekmesi ve böylelikle reaktif güç tüketmesidir. Bu sorun ise, generatörün terminal uçlarına kondansatör bağlanarak giderilir. Böylelikle, güç katsayısı artırılmış olur. Eğer türbin kalkınma hızı, indüksiyon makinesinin nominal devir sayısından büyükse, indüksiyon makinesi generatör olarak çalışır şebekeye güç verir, düşük ise motor olarak çalışarak şebekeden güç çeker. İndüksiyon makinesinin motor olarak çalışmasını önlemek için, ters akım koruma rölesi ile indüksiyon generatörü şebekeden (Watt vd., 2001).

5.5.5. Dişli kutusu

Dişli sistemi, kanat milinin düşük devir sayısını generatörün ihtiyaç duyduğu yüksek devir sayısına çıkarır (Toklu, 2002).

Günümüzde dişli kutusu kullanılmadan doğrudan senkron generatör miline bağlı çok kutuplu tasarımlar vardır. Generatör direkt elektrik şebekesine bağlı olmadığı için, senkron generatör düşük hızlıdır. Dişli sistemlere göre; hareketli parçaların az olması, ve düşük hızlı olması sürtünme kayıplarını azaltır.

6. BİYOGAZ

Bilindiği gibi hayvansal ve bitkisel organik atık/atık maddelerin çürütülmesiyle oluşan metan gazı çevreye zarar veren bir etkidir. Ancak aktif gazın depolanması, depolanan gazların arıtılması ve daha sonra oluşan metan gazın yakılması yoluyla enerjiye dönüştürülmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca yakılması mümkün olmayan atıklar da tarım topraklarında gübre olarak kullanılmaktadır.

6.1. Biyogaz Üretiminin Yararları

Biyogaz, her şeyden önce çevre dostu bir enerji ve gübre kaynağıdır. Hayvan gübrelere kaynaklanan gerek insan sağlığına gerekse yer altı sularını tehdit edici hastalık nedenlerinin ortadan kalmasını sağlamaktadır. Atıkların geri kazanımı bu sayede ve oldukça ucuz bir maliyetle sağlanmış olmaktadır. Yine biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybetmektedir. Ayrıca biyogaz üretiminin ardından atıklar yok olmamakta daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir (Anonim k).

Tablo 6.1. Türkiye’de Hayvansal Atık Potansiyeline Karşılık Gelen Üretilebilecek Biyogaz Miktarı ve Taşkömürü Değeri

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (Adet)	Yaş Gübre Miktarı (Ton - Yıl)	Biyogaz Miktarı (m ³ /Yıl)	Taşkömürü Eşdeğeri (Ton/Yıl)
Sığır	11054000	40347100	994860000	710613
Koyun-Keçi	38030000	26621000	19101500000	1358215
Tavuk-Hindi	243510453	5357207	487020906	347871
Toplam	292594453	72325307	1672030906	2416699

Türkiye’de toplam biyogaz miktarı 1,67 milyar m³/yıl’dır . Bugün bir adet büyükbaş hayvan 3,6 ton/yıl yas gübre, 1 adet küçükbaş hayvan 0,7 ton/yıl yas gübre, bir adet kümes hayvanı ise 0,022 ton/yıl yas gübre üretilmektedir. 1 ton sığır gübresinden 33m³/yıl biyogaz, 1 ton kümes hayvanı gübresinden 78 m³/yıl biyogaz ve 1 ton koyun gübresinden de 58 m³/yıl biyogaz üretilmektedir (Anonim k).

6.2. Çöp Termik Santralleri

Çöp yakıtların ısı değerleri değişik olmaktadır. Isıl değer konutsal atıklarda 6.2-8.4 MJ/kg, büyük yığın atıklarda 8-16.7 MJ/kg, ticarethane, sanayi ve belediye atıklarında 7.5-12.5 MJ/kg, kağıtsal atıklarda 14.2-15 MJ/kg, mutfak atıklarında 5.8-6.7 MJ/kg, plastik atıklarda 18-27.2 M/kg, tekstil atıklarında 17.1-20.5 MkJ/kg,

kanalizasyon atıklarında (kuru organik fraksiyon olarak) 14.6-20.9 MJ/kg'dır. Bu değerlerin ortalaması bazı linyit santrallerinde kullanılan kömürün ısı değeri kadar yüksektir.

Bir çöp termik santraline gelen katı atıklar özel ızgaralı (bazen akışkan yataklı)ocakta yakılırken, sıvı atıklar aynı ocağa püskürtülmektedir. Baca gazları filtrasyondan geçirildiği için çevrede herhangi bir hava kirliliğine neden olmamaktadır. Çöp yanmadan önce çeşitli selektörlerden geçirilerek içerisindeki metalik malzeme ve cam gibi parçalar ayrılmaktadır. Dolayısıyla santralden enerjinin yanı sıra, hurda metal ve inşaat materyalleri alınmakta olup, kül de inşaat materyali olarak değerlendirilmektedir .

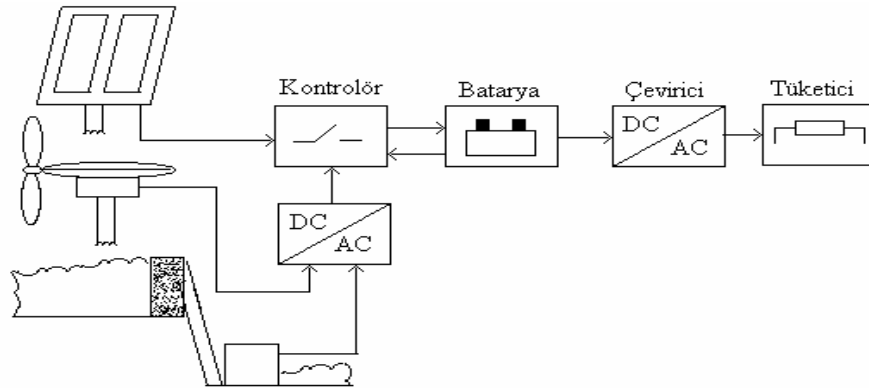
7. HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ - ENERJİ KONTEYNERLERİ

Hibrit sistemler, ilgili tesis veya bölge için enerji gereksiniminin karşılanması amacıyla bir dizi elektrik üretim ve depolama birimini bir araya getirir. Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynakların sürekliliğinin olmaması hibrit sistemlere eğilim sağlamıştır. Dünya üzerinde yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması ve çevreye zarar vermeleri de bu eğilime bir etken olarak kabul edilmelidir. Aynı zamanda depolamada daha iyi bir denge ve verimlilik sağlamaktadır.

Enerji taleplerinin yerel coğrafi ve geçici karakteristiklere göre düzenlenerek karşılanması için PV'ye ilaveten, generatörler, rüzgar generatörleri, küçük hidroplantlar ve diğer elektrik enerjisi kaynakları da eklenebilir. Bu sistemler iletişim istasyonları, askeri tesisler ve kırsal yerleşim birimleri gibi ücra bölgeler için idealdir. Bir hibrit elektrik sisteminin geliştirilmesi için mevcut kaynakları ve enerji ihtiyacını iyi bilmek temel unsurdur. Dolayısıyla enerji planlamacılarının, planlanan enerji kullanımına ilaveten ilgili bölgedeki güneş enerjisi, rüzgar ve diğer potansiyel enerji kaynaklarını araştırmaları gerekmektedir. Bu yaklaşım, ilgili tesis veya yerleşim birimlerinin enerji taleplerini en iyi şekilde karşılayacak bir hibrit sistem tasarlama olanağı sağlayacaktır (Anonim 1).

7.1. Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik Hibrit Enerji Sistemleri

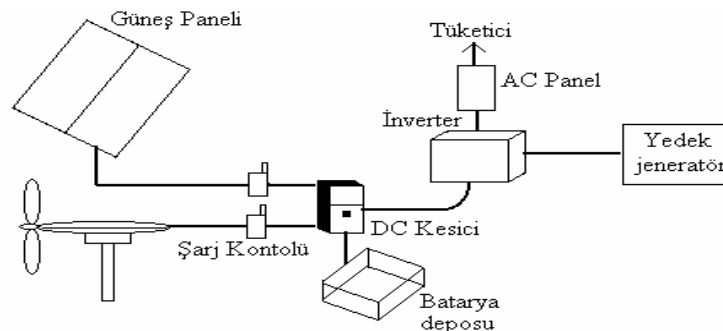
Güneş – Rüzgar – Hidroelektrik enerji kaynaklarından oluşan tipik hibrit enerji sistem döngüsünün çalışma prensibi (Şekil 7.1)'de gösterilmiştir. Rüzgar ve hidro generatörlerden üretilen güç, bataryayı şarj etmek için sonradan DC'ye dönüştürülen AC gerilimdir. Kontrolör bataryayı ani yük kayıplarından ya da aşırı yüklenmeden korur. Yüksek voltaj, sistem kayıplarını azaltmak amacıyla kullanılabilirdiği halde çevirici normal olarak bölgede kullanılan güç sistemine bağlı olarak düşük DC gerilimi 110 V veya 230 V AC gerilime dönüştürmek için geliştirilmiştir (Ding).



Şekil 7.1. Güneş-Rüzgar-Hidroelektrik hibrit enerji sistemi

7.1.1. Güneş – rüzgar hibrit enerji sistemi

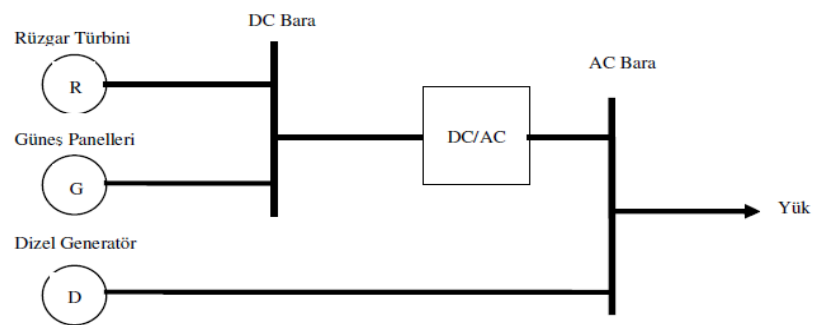
Bu sistemde rüzgar türbini ve / veya fotovoltaik düzen gücü üretir. Rüzgar türbini ile üretilen güç düzeltme sistemi yoluyla 24 ya da 48 Volt DC'ye dönüştürülür. DC güç sonradan şarj kontrol mekanizmasından beslenir, DC kesici devre bataryaların şarj olmasına izin verir ve elektrik sisteminden DC kısmın ayrılması için bir metot sağlar. DC kısmın kesik olduğu sürede batarya güç çeviriciye devreye alır. Güç çevirici bataryadan DC sinyalleri alır ve bir çok evde kullanılmak üzere 110 V AC güç üretir. Çevirici aynı zamanda doğrudan doğruya diğer generatörlerle kararlılık sağlar. Bu çalışma göstermiştir ki çoğu generatör AC gerilim hattı üretir. Eğer bataryalar mevcut şarj seviyesinden aşağı düşerse ya da yenilenebilir enerji sisteminde bir hata olursa genellikle bağlantılı otomatik transfer anahtarı generatörü devreye alır. Gücü, doğru akıma çevirmeye ve şarj kontrol mekanizması boyunca beslenmeye ihtiyaç duyan bataryaları şarj etmek için yedek generatör kullanılır. Son adım çeviricinin ucunu gücü tüm evin her tarafına dağıtan ev elektrik paneline bağlamaktır(Baghdadji).



Şekil 7.2. Güneş-Rüzgar hibrit enerji sistemi

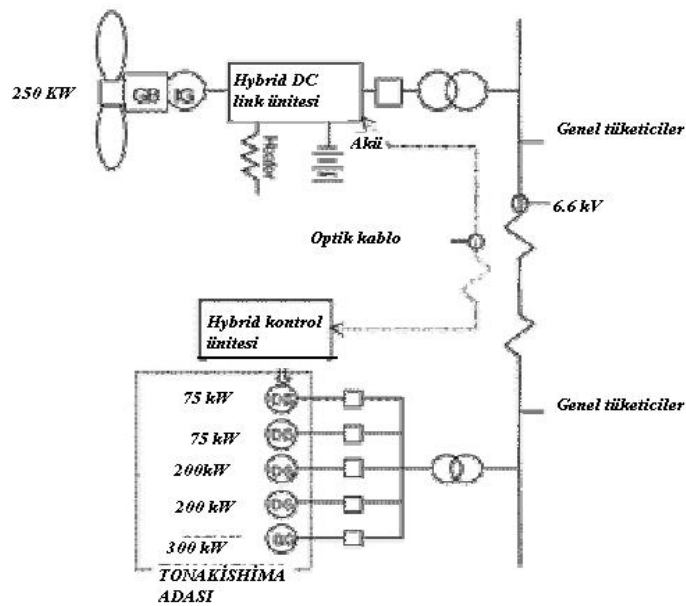
7.1.2. Güneş-rüzgar-dizel generatör hibrit enerji sistemi

Dünyanın bir çok uzak, izole ve seyrek yerleşimli bölgelerinde iletim şebekeleri bulunmamaktadır. Bunu ana sebebi, varolan çok az sayıdaki tüketicinin elektrik ihtiyacını karşılamak için yeni sistemlerin kurulmasının çok pahalı ve zor olmasıdır. Dolayısıyla, dizel generatör grupları bu tür durumlarda tek çözüm olarak görülmektedir. Öte yandan bu gibi yerlerde kullanılabilir rüzgar potansiyeli sahip bölgelerin bulunuyor olması rüzgar-dizel hibrit sistemlerinin kurulmasına olanak sağlamıştır.

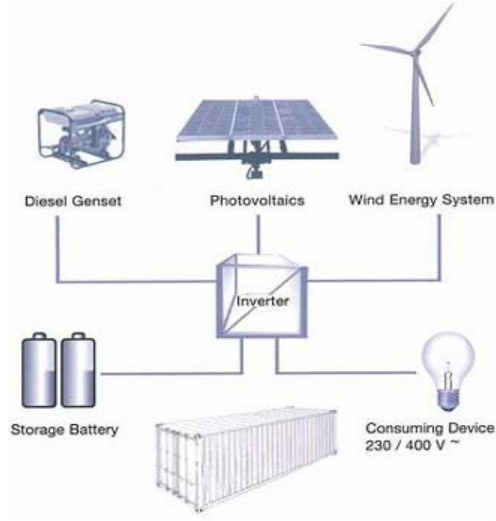


Şekil 7.3. Güneş-Rüzgar-Dizel Generatör hibrit enerji sistemi (Kekezoğlu, 2007)

Dünya da izole birçok yerleşim alanları vardır. Japonya'daki Tonaki adası da izole bir yerleşim yeridir. Burası dünyada izole yerleşim merkezi ve hibrit sistem kullanımına örnek gösterilebilir (Anonim m).



Şekil 7.4. Tonakishima adasına ait hibrit enerji santrali şeması



Şekil 7.5. Dizele-fotovoltaik-rüzgar hibrit sistemi



Şekil 7.6. Rüzgar-fotovoltaik hibrit sistemi



Şekil 7.7. Rüzgar-fotovoltaik hibrit sistemi

Görüldüğü gibi dünyada değişik hibrit enerji sistemleri uygulamaları mevcut. Hayatın birçok alanında uygulanabilen bu doğa dostu ve barışçıl uygulamalar AR-GE çalışmalarıyla sürekli geliştirilmektedir. Ülkemiz bu konuda gerekli yasalar ve yatırımlar çerçevesinde geleceği parlak olan devletler arasındadır.

7.2. HİBRİT SİSTEM BİLEŞENLERİ

7.2.1. İnvvertör (DA/AA çevirici)

Günlük hayatımızda pillerde kullandığımız ve depolanabilir akıma doğru akım (DC) denir. Voltaj olarak en yaygın 12 veya 24 Volt'luk sistemler kullanılır. Çamaşır makinesi, buzdolabı, televizyon gibi elektrikli ev aletleri ise depolanması mümkün olmayan alternatif akım (AC) ile çalışır. İnvterterler doğru akımı 220V alternatif akıma çevirmek için kullanılan elektronik cihazlardır. Harici invterterler 12V veya 24V'luk bir batarya deposundan aldıkları doğru akımı 220V alternatif akıma çevirerek her türlü elektrikli cihazı sorunsuz çalıştırır. İnvterterlerin çıkış gücüne ve çıkış dalga özelliklerine göre kare dalga, düzeltilmiş sinüs dalga ve tam sinüs dalga olmak üzere çeşitleri mevcuttur. Alternatif enerji sistemleri için en uygun özelliklere sahip 'tam sinüs invterter' şebeke elektriği ile aynı kalitede hatta çoğu zaman daha yüksek kalitede çıkış verip hiçbir elektrikli aletin çalışmasında sorun çıkarmamaktadır. Bir çok motorlu alet ilk çalışma anında normal güç tüketiminin birkaç katı güç çektiği için kullanılan invterter kısa süreler için bu güçte (Surge Kapasitesi/Anlık Çekim Gücü) çalışma özelliğine sahip olmalıdır. Bu tip invterterler özellikle çok hassas elektronik cihazları (örneğin lazer yazıcı, bilgisayar vb.) çalıştırmak için kullanılabilir. İnvterterlerin ilk çalışma anındaki tepkileri sorunlu olabiliyor. Bunun için tasarlanan kontrol kartları bu değişikliklere erken cevap vermede gecikebiliyorlar. Bu da enerjide verimsizliğe sebep olur. Günümüzde **FPGA** tabanlı kontrol kartları bu tür hızlı değişimler için olumlu ve zamanında cevap vermektedir. Bu çalışmada, elektronik seçici modülü FPGA ile tasarladım. İnvterterler için bu alanda yapılacak çalışmalar yenilenebilir enerji kaynakları alanında enerjinin daha verimli hale getirilebilir.

Eviriciler ürettikleri gerilim değerini elde etme yapılarına göre transformatörlü ve transformatörsüz olarak iki gruba ayrılırlar. Transformatörlü invterterler girişlerine uygulanan düşük seviyeli DA gerilimi önce tam veya modifiye sinüs haline getirir, daha sonra da elde edilen düşük değerli AA sinyali bir transformatörden geçirerek istenilen AA gerilim seviyesine ulaştırırlar. Transformatörsüz invterterlerde ise giriş gerilim seviyesi yaklaşık olarak çıkışta istenilen gerilime yakın olmak zorundadır. Bu tür eviriciler daha hafif ve kullanışlı olmalarına rağmen, dezavantajları ise şebeke ile galvanik izolasyon sağlamazlar ve şebekeye DA bilesen enjekte ederler.

7.2.2. Aküler

Güneş ve rüzgâr enerjili elektrik sistemlerinde aküler güneş panellerinden ve rüzgâr türbinlerinden gelen DA gerilimin depolanmasında kullanılırlar. Coğrafi şartların ağır olduğu (yazın aşırı sıcak, kışın aşırı soğuk) yerlerde kurulan güneş enerjili sistemlerde akülerin bu şartlara dayanıklı olarak seçilmesi gerekmektedir. Sıcaklıklardaki aşırı artış veya düşüşler akünün depolama kapasitesini ve derin deşarj durumları özelliklerini hızla yitirmelerine neden olur. Güç ihtiyacı düşük uygulamalarda 12 V'luk tam bakımsız aküler kullanılmaktadır. Daha büyük güç ihtiyaçlarında ve telekom sistemlerinde 2 V'luk sabit tesis (stasyoner) özel güneş aküleri kullanılmaktadır. Her iki akü tipinin de ortak özellikleri uzun ömürlü olmaları, gaz çıkışının olmaması veya minimum seviyede tutulması, derin deşarj özelliği ve bunu yaklaşık olarak 300–1500 defa tekrarlayabilme kabiliyeti, su ekleme ihtiyacının çok geniş zaman aralıkları, minimum 1 yıl içinde ortaya çıkması olarak özetlenebilir (Demirtaş, 2008).

7.2.3.Şarj denetim birimleri

Denetim birimlerini güneş, rüzgâr enerjili sistemlerin beyni olarak nitelendirmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Denetim birimlerinin başlıca fonksiyonları akülerin en uygun şartlarda şarj ve deşarj edilmesi, sıcaklık ayarları, yıldırım kontrolü, farklı koruma/sigorta sistemleri, merkeze farklı alarmları yollaması, rüzgâr türbinleri ve güneş panellerinden gelen tüm verileri kaydetmesi ve opsiyonel bir modem aracılığı ile istenilen merkeze yollaması olarak özetlenebilir (Martha vd., 2005).

Denetim birimlerinin amperajı güneş panellerinden gelecek maksimum akımın % 25 fazlasını tolere edecek şekilde tasarlanmalıdır. Güneş panelleri genelde ilk 2–3 yıl boyunca ortalama değerlerinin üzerinde üretim yaptıkları için bu sağlıklı bir sistem tasarımı için çok önemlidir.

Bu denetim birimleri üzerindeki dijital göstergeler akü voltajı, birim hücre voltajı, o anda üretilen elektrik miktarı gibi veriler okunabilmektedir. Denetim birimleri birçok özellikleri kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Örneğin akü voltajının istenilen voltaja geldiğinde şarjın kesilmesi, yine akü voltajının belli bir değer altına düşmesi durumunda verici sistemine zarar gelmemesi için yük bağlantısının otomatik olarak kesilmesi ve voltaj yükseldiğinde yine otomatik olarak

güç vermeye başlaması gibi özellikler tanımlanabilmektedir. Denetim birimlerine entegre edilen telsiz veya gsm modem vasıtası ile çalışan veri transmisyonu sistemleri sayesinde okunan değerler merkez istasyona yollanırlar.

7.2.4. Doğrultmaç

Üretilen akımı doğru akıma çeviren elemanlardır. Yarım dalga doğrultmaç , tam dalga doğrultmaç ve köprü tipi doğrultmaç diye 3 çeşit doğrultmaç tipi vardır. Köprü tipi doğrultmaç tipinde AC güç kaynağının her iki kutupta filtre edilir. Yarım dalga doğrultmaç, belli bir düzende artı ve eksi arasında geçiş yapan kutbun sadece artı yönündeki akımın geçmesine izin verir. Bu sayede AC güç kaynağının iki kutbu arasında sadece tek yönde akım geçişi sağlanmış olur. Tam dalga doğrultmaç yarım dalga doğrultmacın çıkışındaki frekansın aralarında kalan boşlukları doldurmaktır. Bu sayede daha düzgün bir akım elde edebilirsiniz.

8. FPGA(Field Programmable Gate Array)

Programlanabilen lojik elemanlardır. Gelişmiş bir yapıdır. Gömülü sistemler denilen araştırma alanına ait bir konudur.

8.1. Programlanabilir Lojik Elemanların Mimarisi ve Programlama Teknikleri

Sayısal işlem sistemleri, sayısal verileri işlemek için tasarlanmış, hızlı donanımlara ve bu donanımlara işlevsellik kazandıracak esnek yazılımlara ihtiyaç duyan yapılardır. Sayısal işlem sistemi oluşturmada, donanım ve yazılım tabanlı olmak üzere iki geleneksel yöntem uygulanır.

Donanım tabanlı yöntem : Sayısal verileri işlemek için ağırlıklı olarak özel tüm devreler (ASIC) kullanılır. Bu tip devreler özel bir fonksiyonu gerçekleştirmek amacıyla üretildiğinden, bu fonksiyonları etkin ve hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirler. Ancak işlevleri sınırlıdır ve sadece ilgili oldukları uygulamaya yönelik üretilmişlerdir. ASIC devreler doğru ve hızlı sonuç vermesine rağmen çözüm ürettiği problemin çeşitli türevleri için kullanılamayacaklardır. Yeni problemler için yeni donanımlara ve yeni ASIC yapılara ihtiyaç duyulur. Bu da maliyet artışına ve zaman kaybına neden olur(Hutchings vd., 1995).

Yazılım tabanlı yöntem : Bu yöntemde tasarım değişikliklerine daha esnek olan mikro işlemciler kullanılır. Mikro işlemcileri koşturduğu yazılımlar değiştirilerek, hiçbir donanım değişikliğine gidilmeden tasarım ortamına yeni fonksiyonlar eklenebilir. Mikro işlemciler üzerinde koşan, yazılım uygulamaları aynı anda birçok işlemi yerine getirmek için tek bir işlemcinin genel kaynaklarını kullanırken, yavaş fakat esnek yazılımlar ile çalışırlar. Fakat sıradan bir uygulama için komutların bellekten okunması, onların yorumlanması ve yerine getirilmesi, sistemin performansı ve hızını oldukça düşürmektedir.

Günümüzde sayısal işlem sistemlerinin kullandığı alandaki hızlı gelişmeler, üretim tamamlandıktan sonra da esnek genel amaçlı olacak şekilde tasarlanan işlem sistemlerini ortaya çıkarmıştır. Özellikle iyi tasarlanmış ve işlemci yükünü azaltan, paylaşan donanımlar, performans artışı için iyi bir çözüm olabilir. Bununla beraber, işlevleri uygulama sırasında değiştirilebilen programlanabilir devre elemanlarının kullanımı da avantaj getirecektir. Bu devre elemanları ile gerçekleştirilen

donanımlar, ASIC gibi devre elemanları ile yapılan klasik donanımlara göre daha işlevseldirler(Cmpton vd., 2002).

Tekrar düzenlenebilen işlem sistemleri (Reconfigurable Computing System) olarak ta adlandırılan bu sistemler, esnek ve genel amaçlı yapıları sayesinde yeni bir üretim aşamasına ihtiyaç duymadan, değişen protokollere, sistem özelliklerine ve kullanıcı ihtiyaçlarına kısa sürede cevap verebilirler. Yine bu özellikleri sayesinde tekrar düzenlenebilen işlem sistemleri, donanım tabanlı sayısal işlem sistemlerine göre daha esnek ve yazılım tabanlı sayısal işlem sistemlerine göre daha hızlı sayısal tasarım ortamı oluşturarak, bu iki sistem arasındaki boşluğu doldururlar (Venkatesan, 1994).

Tekrar düzenlenebilir sayısal işlem sistemlerinin, ihtiyaç duyduğu esnek donanımlar, Alan Programlamalı Kapı Dizileri(Filed Programable Gate Array, FPGA) kullanılarak karşılanır (Hutchings vd., 1995). Özellikle SRAM (Statik Rastgele Erişimli Bellek) tabanlı FPGA'ler tekrar düzenlenebilirlik kabiliyetleri ve yüksek performanslı uygulamalardaki yeterlilikleri sayesinde, genel amaçlı sayısal donanımların tasarımında anahtar rol oynarlar.

Yakın tarihten itibaren sayısal işlem sistemleri üzerinde FPGA'ler kadar etkili olan başka bir kavram ise HDL'dir (Donanım tanımlama dili). Donanım tanımlama dillerinin kullanılması system-on-chip (SoC) teknolojisini beraberinde getirmiştir. Sayısal işlem sistemleri tasarımında system-on-chip (SoC) teknolojisi özellikle yer ve enerji sorunlarının yoğun olarak yaşandığı alanlarda kullanılmaktadır.

SoC teknolojisinde, sistem içerisindeki birimler çoğunlukla bir donanım tanımlama dili yardımıyla ifade edilirler. Sistemin tanımlama aşamasını takiben derleme ve davranışsal benzetim adımları gerçekleştirilir. Sistemden beklenen cevapların elde edilmesiyle sistem üzerinde zamansal benzetim aşamasına geçilir. Bütün birimler, sentezleme ve yerleştirme işlemi sonunda tekrar programlanabilir bir tümleşik devreye aktarılır. Sistemin uygulama aşamasında ise gerek büyük kapasiteleri gerekse de esnek yapılarından dolayı FPGA tümleşik devreleri tercih edilmektedir.

Günümüz teknolojisinde FPGA ve VHDL (Very High Speed İntegrated Circuit HDL) gittikçe önem kazanmaya başlamışlardır. VHDL ile SoC teknolojisi

kullanılmasıyla tanımlanan ve sentezlenen sistemler FPGA ile gerçekleştirilerek gerçek gücü ortaya koymaktadırlar.

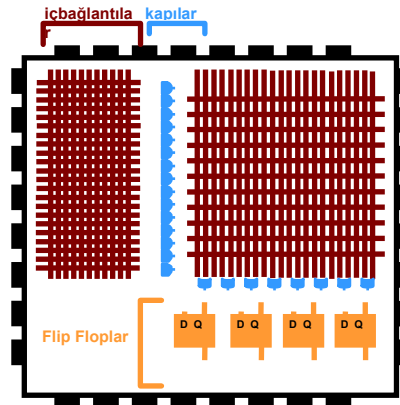
8.1.1. Programlanabilir lojik elemanların gelişimi

Sayısal tasarımlarda kullanılan ilk programlanabilir lojik devre elemanı salt okunabilir bellek(PROM) elemanıdır. Bu elemanda, belleğin adres girişleri, lojik devrenin girişlerine, adreslenmiş gözdeki bilgiler de, lojik fonksiyonun çıkışlarına karşılık düşer. Genellikle karmaşık lojik fonksiyonlar için verimsizdirler.

Programlanabilir yapıların sonraki türleri PLD'lerdir (Programlanabilir Lojik Devre). PLD'ler; SPLD(Basit Programlanabilir lojik eleman), CPLD(Karmaşık Programlanabilir lojik eleman),MPGA(Maske programlanabilir kapı dizileri), FPGA(Alan Programlamalı kapı dizileri) olmak üzere beş bölümde incelenebilir.

SPLD'ler PLA(Programlanabilir Lojik Dizi) ve PAL (Programlanabilir Dizi Lojiği) olmak üzere iki kısma ayrılırlar.

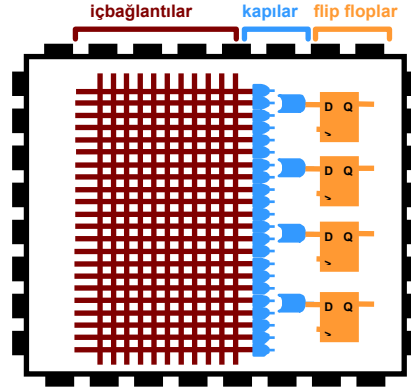
PLA : PLA mimarisi (Şekil 8.1)'de görüleceği gibi iki tane programlanabilir düzlem sahiptir. Bu iki programlanabilir düzlem AND (VE) ve OR (VEYA) kapılarının kombinasyonlarıyla oluşmakta ve AND işlemini birçok OR kapısı üzerinde paylaşırma esasına dayanmaktadır. Bu mimari oldukça esnektir fakat iki tane programlanabilir düzlem sahip olması üretim ve yollanma (mapping) gecikmelerini artırmaktadır (Şekil 8.1).



Şekil 8.1. PLA lojik devre elemanın iç mimarisi

PAL : Pal mimarisinde ise sadece bir tane programlanabilir düzlem bulunmaktadır. Bu mimaride programlanabilir AND(VE) ve sabit OR(VEYA) mtrisleri

bulunmaktadır. PAL'ler bu özellikleri ile ucuz ve yüksek hızlı performans sağlamaktadırlar (Şekil 8.2).

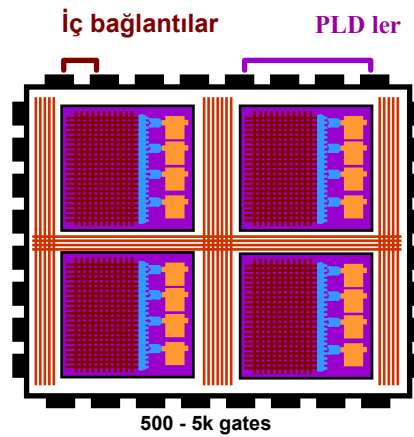


Şekil 8.2. PAL lojik devre elemanın iç mimarisi

PLA ve PAL' ler Basit programlanabilir lojik devreler (SPLD) olarak ta adlandırılırlar.

SPLD'lerin sınırlı kapasiteleri daha yüksek kapasiteli programlanabilir devreler olan CPLD'lerin doğmasına neden olmuştur. CPLD'ler, SPLD benzeri birçok bloğun bir araya getirilmesiyle oluşmuş yapılardır.

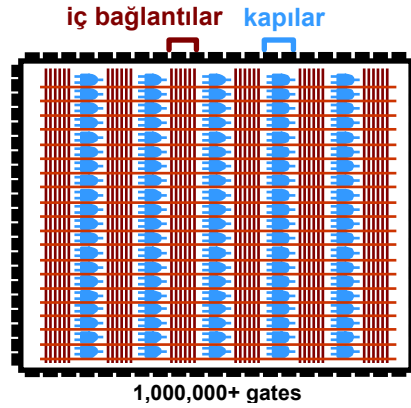
CPLD sadece bireysel PLD'lerin aynı çip üzerinde toplanmış ve bu bireysel PLD'lerin birbirlerine bağlanmak için arabağlantı yapılarının çip üzerinde düzenlenmiş halidir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3. CPLD lojik devre elemanın iç mimarisi

Programlanabilir devre elemanlarını gelişim sürecinde CPLD'lerden sonra Maske programlamalı kapı dizileri (Mask Programmable Gate Array, MPGA) tanıtılmıştır.

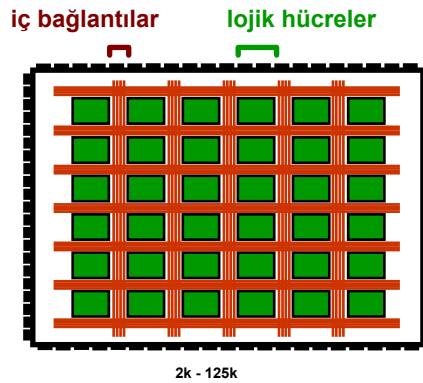
MPGA, kullanıcıların lojik devresindeki özelliklere ve bağlantılara göre özel olarak üretilmiş tranzistor dizilerinde oluşur. Kullanıcını isteğine üretiminden dolayı fabrikasyon süreci hem uzun hem de masraflıdır. MPGA ler tam programlanabilir lojik tüm devreler olmasalar da programlanabilir türevleri olan FPGA'ların gelişmesinde ilk aşama olmuşlardır (Şekil 8.4).



Şekil 8.4. MPGA lojik devre elemanın iç mimarisi

8.2. Alan Programlamalı Kapı Dizileri (FPGA)

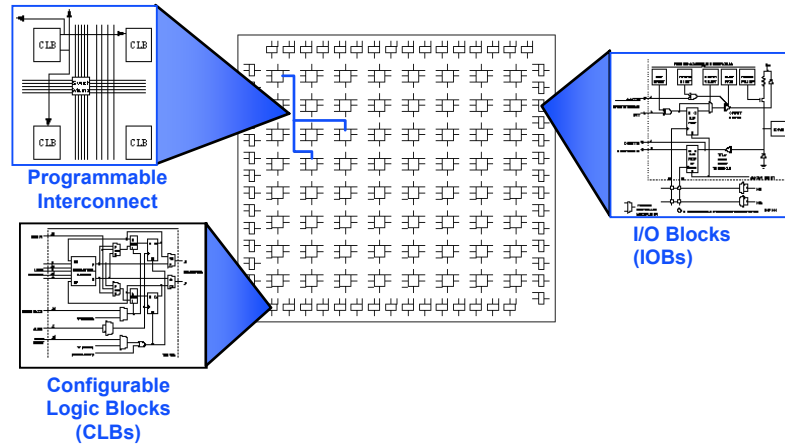
CPLD ve MPGA'ların üstünlüklerini kullanmak ve sakıncalarını ortadan kaldırmak amacıyla Xilinx firması, 1985 yılında, FPGA'leri piyasaya sunmuştur (Willert, 2000; Hartenstien vd., 2000). FPGA'lar programlanabilir lojik bloklar ve ara bağlantılardan oluşur. Kullanıcının tasarladığı devreye göre, FPGA üreticisi tarafından sağlanan bir yazılım sayesinde lojik bloklar ve aralarındaki bağlantılar programlanır. Tasarım sırasında kullanıcıya sağladığı esneklik, düşük maliyet ve hızlı örnek üretme özelliği FPGA'ları sayısal tasarım ortamlarının vazgeçilmezi haline getirmiştir (Şekil 8.5).



Şekil 8.5. FPGA mimarisi

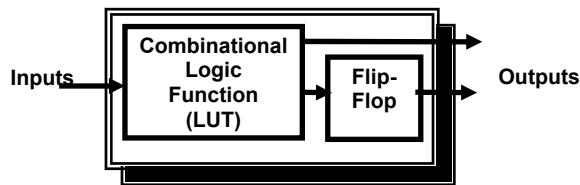
8.2.1. FPGA'ların mimarisi

FPGA'lar temelde üç bloktan oluşur, lojik bloklar(CLB), giriş-çıkış blokları(I/O) ve bağlantı blokları.



Şekil 8.6. FPGA'i oluşturan bloklar

Lojik Bloklar: Şekil 8.6 ile gösterilen lojik bloklar(CLB) boolean fonksiyonlarının gerçekleştirildiği yapılardır; küçük taneli (fine-grain) ve kaba taneli (coarse-grain) olarak adlandırılan iki sınıfa ayrılırlar. Bu sınıflandırmada; CLB'nin oluşumunda kullanılan tranzistor sayısı, lojik bloğun gerçekleyebileceği boolean fonksiyon sayısı veya lojik bloğun giriş-çıkış sayısı büyüklük ölçütü olarak kullanılabilir (Brown vd., 1992).



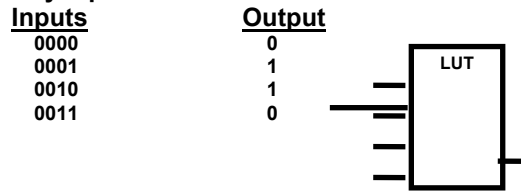
Şekil 8.7. CLB iç yapısı

(Şekil 8.7)'de iç yapısı verilen CLB, küçük taneli bloklar, genellikle iki girişli bir lojik kapıya veya bir kaç girişli bir çoklayıcıya eşlik eden saklama elemanından oluşur.

Kaba taneli lojik blokların yapıları çok çeşitlilik göstermelerine karşın yaygın olarak (Şekil 8.8) ile gösterilen doğruluk tablosu (LUT) veya çoklayıcı (Multiplexer) gibi daha büyük saklama elemanlarından oluşur.

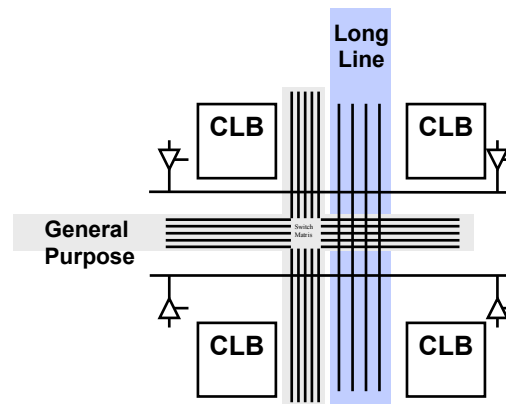
Lookup Table

Logically equivalent to a 16x1 ROM



Şekil 8.8. CLB'yi oluşturan LUT elemanı

Bağlantı Blokları : Şekil 8.9'da verilen bağlantı blokları lojik bloklarla giriş-çıkış blokları arasındaki bağlantıyı sağlayan yapılardır.



Şekil 8.9. Bağlantı blokları

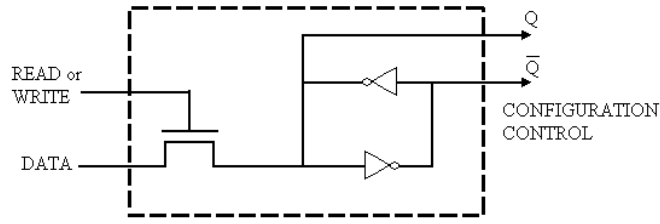
FPGA mimarileri bağlantı kanallarının yapısına göre; Simetrik Dizi Mimarisi (Symmetrical Array), Sıra Tabanlı Mimari (Row-Based Array) ve Kapı Denizi Mimarisi (Sea of Gate) olmak üzere üç ana gruba ayrılır (Hadley vd., 1995)

8.2.2. FPGA'lerin programlama teknolojileri

FPGA'ler için üç tip programlama teknolojisi genel olarak kullanılır. Bu üçü de elemanın mimarisinde yansıtılan ilgili alan ve performans etmenlerine bağlı kullanılır. Buna göre FPGA'lar eleman mimarisi ve programlama konfigürasyonuna göre kategorize edilebilir.

8.2.2.1. Statik RAM programlama teknolojisi

Bir SRAM programlı FPGA'da, normal işlem boyunca program statik hafıza hücresinde tutulur. Şekil 8.10 Hafıza statik RAM hücrelerinden yapılmıştır ve bunun için çip sık sık "SRAM programlanabilir" olarak ifade edilir.

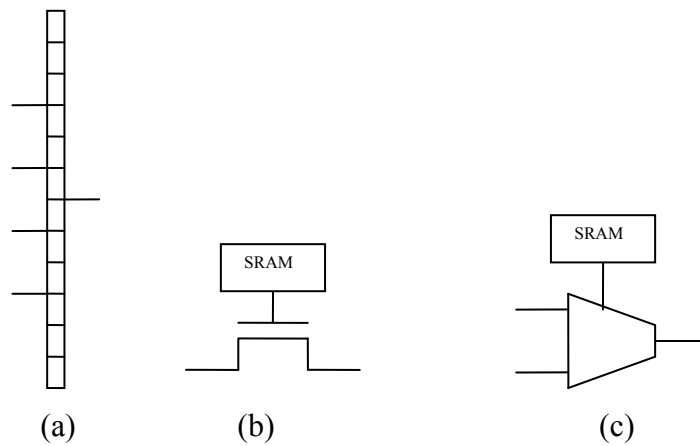


Şekil 8.10. Bir Statik RAM hafıza hücresi

Tümleşik devre üzerinde SRAM hafıza hücreleri için ayrılmış yer yoktur, SRAM hücreleri kontrol ettikleri lojik elemanlar arasında dağıtılmışlardır. SRAM hücreleri ile üç ayrı inşa bloğu kontrol edilir. Look-up tablosu, adres hatlarını kontrol eden fonksiyon girişleriyle hafıza hücrelerinden yapılmış önemli inşa bloklarından biridir. Look-up tablosu Şekil 8.11(a)'da gösterilmiştir. Diğer inşa bloğu programlanabilir ara bağlantı noktası (PIP) diye isimlendirilir ve Şekil 8.11(b)'deki gibidir. PIP bir hafıza hücresinin kontrol ettiği bir geçiş hücresidir. Konfigüre edilebilir bir ara bağlantı olarak kullanılır. Üçüncü inşa bloğu ise Şekil 8.11(c)'de gösterilen bir hafıza hücresi tarafından kontrol edilen multiplexer'dır.

SRAM programlama teknolojisi mimarisinin en büyük dezavantajı geniş alan kaplamasıdır. Diğer dezavantajı uçuculuktur.

Ancak, SRAM programlama teknolojisi iki önemli avantaja sahiptir; sadece standart tümleşik devre teknolojisinin sağladığı hızlı tekrar-programlanabilirlik ve hatta karmaşık lojik devreler için bile düşük güç tüketimidir.



Şekil 8.11. (a)LUT, (b)PIP, (c)Multiplexer

SRAM tabanlı FPGA'ler, tekrar düzenlenebilirlik kabiliyetleri ve yüksek performanslı uygulamadaki yeterlilikleri nedeniyle sayısal işaret işlemede temel devre elemanı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadırlar (Oslin, 1995). Ayrıca tasarım tamamlanır tamamlanmaz test etmek mümkün olduğundan uygulamalarda oldukça avantaj sağlamaktadırlar (Rimberger, 1994).

8.2.2.2. Antisigorta-tabanlı programlama teknolojisi

Bu teknolojiye, FPGA programlanmadan önce, yollanma kanalları arasındaki bağlantılar kurulmamış durumdadır. Programlama sırasında uygulanan gerilimle gerekli bağlantılar oluşturulmuş olur. Böylece kullanılan bağlantı sayısının kullanılmayan bağlantı sayısından daha az olması sebebiyle programlama süresi kısalmıştır (Nur, 2000).

Programlama için gerekli gerilimin entegre içine dağıtılmasını sağlayan tranzistorlar yarıiletken üzerinde geniş alan kaplamasına karşın, diğer teknolojilerle karşılaştırıldıklarında antisigorta'lar daha küçük bir alana ihtiyaç duyarlar. Bu teknolojiyi kullanan FPGA'ler bir kez programlanabilme özelliğine sahip olduklarından ilk örnek üretim için pahalı bir çözüm olmaktadır.

8.2.2.3. EPROM ve EEPROM programlama teknolojisi

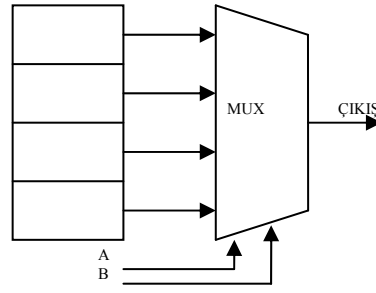
EPROM ve EEPROM programlamada kullanılan yapı EROM belleklerde kullanılan yapıya benzemektedir. Bu teknolojiyi kullanan FPGA'ler tekrar programlanabilir. Ancak, bu tip yapıları programlamak için özel devreciklere ihtiyaç duyulur bu sebeple devre üzerinde programlanamazlar.

8.2.3 FPGA'ların lojik hücre mimarisi

8.2.3.1 Doğruluk tablosu tabanlı yapı

Bu yapının temel bloğu, LUT(Look Up Table) adı verilen ve $m(m \geq 2)$ değişkenli her boolean fonksiyonunu gerçekleyebilen bir yapıdır (Şekil 8.12).

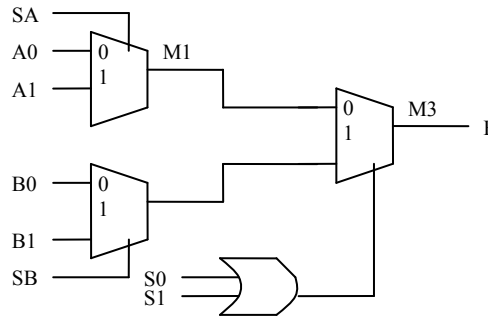
4 SRAM HÜCRESİ



Şekil 8.12. İki girişli LUT yapısı

8.2.3.2. Çoklayıcı tabanlı yapı

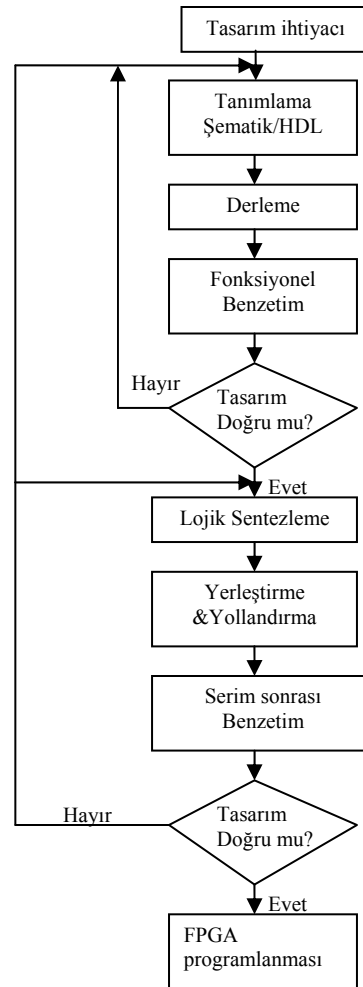
Bu yapının temel bloğu çeşitli konfigürasyonlardan ve olabildiğince az VE ve VEYA gibi lojik kapılardan oluşur. Şekil 8.13



Şekil 8.13. Çoklayıcı tabanlı lojik hücre yapısı

8.3. FPGA Kullanılarak Gerçekleştirilen Devrelerin Tasarım Süreci

Tasarım süreci, gerçekleştirilecek devre fonksiyonlarının, sözcük veya şematik olarak tanımlanması ile başlar. Sözcük tasarımı genellikle yüksek seviyeli donanım tasarımı dilleri (Hardware Description Language, HDL) kullanılır. Şematik tanımlamada ise bir çok firma tarafından geliştirilmiş şematik editör programlarından faydalanılır. Tanımlama ne şekilde olursa olsun, derleme işlemi sonrasında, tüm tanımlamalar, standart bağlantı listesi (netlist) biçimine çevrilir (Stanley vd., 1996). Yapılan tanımlamaların, istenilen fonksiyonları yerine getirip getirmediği fonksiyonel benzetim (functional simulation) yapılarak test edilir. Benzetim sonucuna göre, tanımlamada gerekli değişiklikler yapılır. Şekil 8.14'te tasarım sürecinin akış şeması verilmiştir.



Şekil 8.14. FPGA kullanılarak yapılan tasarım sürecinin akış diyagramı

8.4. VHDL Donanım Tasarım Dili

8.4.1. Giriş

Lojik devre tasarımının başlangıç dönemlerinde, tasarım lojik kapılar seviyesinde yapıldı. Ancak tasarımların karmaşıklaşması ve bunların lojik kapılar kullanılarak gerçekleştirilme zorluğu nedeniyle çeşitli yazılım dilleri tasarlanmaya başlandı. Bu dillere genel olarak HDL (Hardware Description Languages) adı verilir. Bu dillerden en çok kullanılanı VHDL (Very High Speed Application Specific Integrated Circuit Hardware Description Language) yazılım dilidir. VHDL yazılım dili kullanılarak, her türlü lojik devre tasarlanabilir. Tasarımın işlevi yazılım programı içerisinde bulunan belirli test bölümleri vasıtasıyla kontrol edilebilir. Bu sayede sistem, donanım yapısı

kurulmadan bilgisayar ortamında test edilebilir. Testlerin donanıma ihtiyaç duyulmadan yapılabilmesi tasarım süresinin kısalmasını sağlar (Anonim n).

8.4.2. VHDL ve donanım tasarımı karşılaştırılması

VHDL dili kullanılarak tasarım yapılmasının standart donanım tasarım yöntemine göre bazı önemli üstünlükleri vardır.

Tasarım süresi: Teknolojinin hızla gelişimi beraberinde gerçekleşen bir devrenin kullanım ömrü azalmaktadır. Bu, devrenin tasarım zamanının kısıtlanması anlamına gelir. Böyle durumlarda, devrenin optimum tasarımı yapılmış olmasının ötesinde tasarım süresinin kısılması ön plana çıkar. VHDL dili kullanılarak tasarım yapılması özellikle bu noktada tasarımcıya önemli yararlar sağlar. VHDL dili doğrudan donanım tasarımına göre, tasarım süresi açısından çok daha kısa sürede sonuçlanır.

Tasarım esnekliği: Teknolojideki değişimle birlikte kullanılan elamanların yapıları değişmektedir. Yapı değişikliklerinin daha önce yapılmış tasarımlarda çalışabilmesi için, kullanılan tasarım ortamının buna uygun olabilmesi gerekir. VHDL dili fonksiyon bağımlı olarak çalışır. Dönüştürücü programlar yardımıyla yazılımın donanım yapısı oluşturulur. Teknoloji değişimleri durumlarında sadece bu dönüştürücü programların yeni teknolojiye uygun hale getirilmiş olması yeterli olacaktır.

Tasarım kolaylığı: Genel olarak VHDL dili kullanarak yapılan tasarımlarda, klasik donanım tasarımına göre, donanım bilgisine daha az ihtiyaç duyulur.

Yenileme kolaylığı: Teknolojideki hızlı değişim, gerçekleşen devrelerin değişim sürelerini azaltmıştır. Bu nedenle yapılacak değişimlerin hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi gerekmektedir. VHDL dili ile yapılan tasarımlarda değişim esnekliği tasarımcının yazılım gücü ile sınırlıdır.

8.4.3. VHDL dili mimari yapıları

VHDL dili 3 mimari yapıdan oluşur. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

8.4.3.1. Davranışsal mimari

Davranışsal mimaride, sistemin yapması gereken işlemler, 'process' yapıları kullanılarak yapılır. Ancak tasarımın nasıl gerçekleştirileceği konusunda bilgi verilmez.

VHDL programı derleyicisi, varsa uyarılarını ya da hatalarını, tasarımın ne kadar yer kaplayacağını kullanıcıya bildirir. Bu nedenle bazı durumlarda programda yapılan küçük değişimler, gerçekleştirme alanı bakımından büyük değişikliklere neden olabilir. Bunun için tasarım yapılırken sürekli olarak donanım düşünülmalıdır.

Davranışsal mimaride ‘process’ ile birlikte duyarlılık ifade eden parametreler parantez içinde yazılır. Verilen parametrelerde değişim olması durumunda, program yukarıdan aşağıya doğru gerçekleştirilir. Bir mimaride tek ‘process’ olmak zorunluluğu yoktur. Çoklu yapılarda tüm ‘process’ler aynı anda gerçekleşir ancak ‘process’ içindeki işlemler yukarıdan aşağı doğru yapılır. Böylelikle aynı program içerisinde bağımsız bloklar oluşturulabilir.

8.4.3.2. Veri akışı mimarisi

Veri akışı mimarisinde devre tasarımı; karşılaştırıcılar, toplayıcılar, kod çözücüler ve basit lojik kapılar kullanılarak tasarlanır. Program içerisindeki satırlar tamamen eşzamanlı olarak çalışır. Davranışsal mimariden farklı olarak duyarlılık ifade eden parametreler, program satırlarında ki eşitliklerin sağ tarafında kalan parametrelerdir.

Bu tür mimaride davranışsal mimariye göre dışarıdan bakıldığında yapılacak işlemin anlaşılabilirliği daha azdır. Aynı zamanda yapılacak işlemin gücü büyüdükçe her fonksiyonu standart elemanlarla ifade etme zorluğu nedeniyle, genelde kullanıcı davranışsal mimariyi tercih eder. Ancak davranışsal mimariye göre, devrenin kaplayacağı alan bakımından daha kontrollüdür.

8.4.3.3. Yapısal mimari

Yapısal mimari temel olarak tamamen kullanıcının kontrolündeki bir tasarım biçimidir. Bu tasarımda tüm bağlantılar yazılımcı tarafından tanımlanır ve işaret isimleri verilerek belirlenir. Ayrıca kullanılacak elemanlar yazılımcı tarafından ‘component’ olarak oluşturulur ve tasarımda kullanılır.

Yapısal mimari donanım tasarımında yapılacak çizimin, yazılım ile gerçekleştirilmesi olarak görülebilir. Bu nedenle sistem karmaşıklığı arttıkça bu tasarımın kullanımı çok zorlaşacaktır. Küçük projelerde ya da genelde aynı yapıların

tekrar ettiği sistemlerde kullanılabilir. En büyük avantajı tasarımın kaplayacağı alanın kullanıcı kontrolü altında olmasıdır.

Örnek olarak bir karşılaştırıcının VHDL kullanılarak üç farklı mimari ile yazımı aşağıda verilmektedir. Bildirim bölümü her mimari için aynı şekilde yapılır. Fonksiyonların bildirildiği bölümler farklılık gösterir.

```
entity karşılaştırıcı is
port  (X,Y : in std_logic;
Z: out std_logic);
end karşılaştırıcı;
--Devre işleyişlerinin verildiği bölümler
--Davranışsal mimari
architecture davranış of karşılaştırıcı is
begin
process (X,Y)
begin
if (X=Y) then
C<='1';
else
C>='0';
end if;
end process;
end davranış;

--Veri akış mimarisi
architecture veri_akışı of karşılaştırıcı is
begin
C<=not(A xor B);
end veri_akışı;

--Yapısal mimari
```

```

architecture yapısal of karşılaştırıcı is
component XOR
port (G1,G2:in std_logic;
Ç:out std_logic);
End component;
component NOT
port (G: in std_logic;
Ç:out std_logic);
end component;
signal I:std_logic;
begin
U0: XOR port map(X,Y,I);
U1: NOT port map(I,Z);
End yapısal;

```

8.4.4. VHDL temel özellikleri

Bu bölümde VHDL dilinin bazı önemli özellikleri ve temel kullanım kuralları verilecektir.

8.4.4.1. Yapısal ve davranışsal tanımlamalar

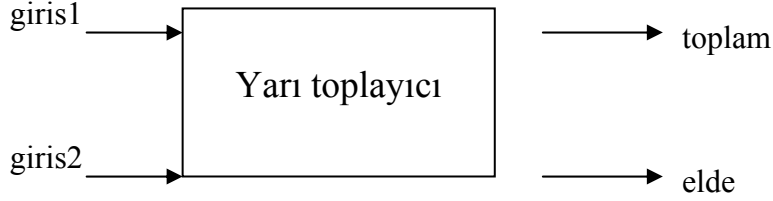
VHDL dilinde ‘component’ tanımlamaları ‘entity’ birimleri içerisinde gerçekleştirilir. Her ‘component’ gerçekleştirilmesi iki bölümden oluşur. Birinci bölümde yapının hangi giriş çıkış ucundan oluşacağı bildirimi yapılır. Örnek olarak bir yarı_toplayıcının bildirim yapısı şu şekilde ifade edilir.

```

entity yari_toplayici is
port(
giris1 : in bit;
giris2: in bit;
toplama : out bit );
end yari_toplayici;

```


Koyu olarak yazılı ifadeler VHDL dili kullanım kelimeleridir. Gerçeklenen yazılım ile Şekil 8.15’de gösterilen giriş ve çıkışlar oluşturulur.



Şekil 8.15 Yarı toplayıcı giriş ve çıkışları

Bu bildirimde kullanılan port tanımlamaları 4 farklı tipte yapılabilir.

in : Sadece okunabilir. Giriş için kullanılır.

out : Sadece yazılabilir. Çıkış için kullanılır.

buffer : Okunabilir yazılabilir. Devrenin içinden bir süreni olabilir.

Inout : Okunabilir yazılabilir. Giriş ve çıkış için kullanılabilir.

İkinci bölümde ise ‘component’ davranış biçimi ifade edilir. Örnek yarı toplayıcıya ilişkin davranışsal tanımlama bölümü aşağıdaki gibi yapılabilir.

```

architecture davranissal_tanimlama of yari_toplayici is
begin
process
toplam <= giris1 xor giris2 after 10 Ns;
elde <= giris1 and giris2 after 10 Ns;
wait on giris1,giris2;
end process;
end davranissal_tanimlama;
  
```

Bu yapı içerisinde kullanılan ‘after’ ifadeleri, gerçekleştirilmede herhangi bir etki yapmaz. Sadece simülasyonlarda gecikme amacıyla kullanılırlar.

Yapısal tanımlamanın belirtilmesi ile yarı toplayıcı oluşturulmuştur. Bu şekilde oluşturulan yapıların başka bir yazılım tarafından kullanılmalrı durumunda ifade edilen port yapıları yeni sistem için, sistem içi işaretleri gösterir ve VHDL dilinde signal olarak ifade edilirler.

```
entity tam_toplayici is
port(
  giris1 : in bit; giris2 : in bit; elde_giris : in bit;
  sonuc : out bit; elde_cikis : out bit);
end tan_toplayici

architecture yapi of tam_toplayici is
  signal gecici_toplam : bit;
  signal gecici_elde1 : bit;
  signal gecici_elde2 : bit;

  component yari_toplayici
  port(giris1 : in bit; giris2 : in bit;
  toplam : out bit; elde : out bit);
  end component;

  component or_kapisi
  port( g1: in bit; g2 : in bit; C1 : out bit);
  end component;

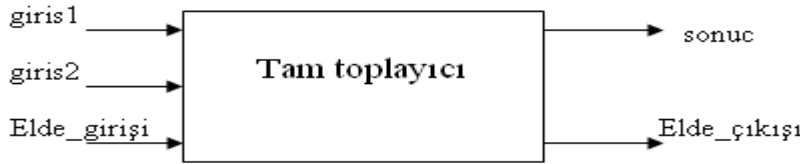
begin
  U0 : yari_toplayici
  port map(
  giris1 => giris1, giris2 => giris2,
  toplam => gecici_toplam, elde => gecici_elde1);
  U1 : yari_toplayici
  port map(
  giris1 => gecici_toplam, giris2 => elde_girisi,
```

```

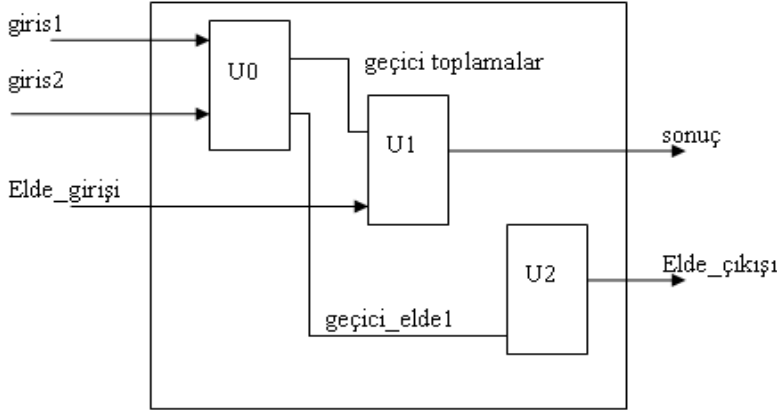
toplam => sonuc, elde => gecici_elde2);
U2 : or_kapisi
port map(
g1 => gecici_elde1, g2 => gecici_elde2,
C1 => elde_cikisi);
end yapı;

```

Yukarıda örnekte görüldüğü gibi kullanılan her ‘component’ bir tanımlayıcı ile etiketlenmiştir. Bu etiketten sonra kullanılan ‘component’ lerin yapı içerisindeki işaret yerleri ve bağlantıları ifade edilir. Tüm bu tanımlamalar sonucunda VHDL dili Şekil 8.16 ile oluşturulan tanımlamayı, Şekil 8.17 ile gösterilen yapı biçiminde gerçekleyecektir.



Şekil 8.16. Tam toplayıcı giriş çıkışları



Şekil 8.17. Tam toplayıcı iç yapısı

8.4.5. Veri türleri ve nesnelere

VHDL dilinde değer tutan her şey bir nesne olarak görülür. Her nesne de kendi yapısını tanımlayan bir türe sahiptir.

8.4.5.1. Veri türleri

VHDL’de, sıkça kullanılacağı düşünülen belirli veri türleri yazılım içerisinde oluşturulmuştur. Örneklere görülen ‘bit’ deyimi bahsedilen türlerden biridir. Ancak

VHDL' bu konu ile ilgili olarak esnek bir yapı mevcuttur.Kullanıcı kendi veri türünü oluşturabilir.aşağıda bazı veri türü tanımlama örnekleri bulunmaktadır. Bu örnekler genel olarak 'integer' yapısında olan tür tanımlamalarını gösteren örneklerdir.

```
type x is range-10 to 10;
type y is range 40 downto 30;
type z is range-1E10 to 1E10;
```

'integer' türünde de tanımlamalarının yanı sıra kayan nokta türünde tanımlamaları da yapılabilir. Bu tanımlamalarda sınır tam sayılardan oluşmaz. Aşağıda bununla ilgili bir örnek mevcuttur.

```
Type k is range -2+0.1E-20 to 2+0.1E20;
```

Bu iki farklı tür tanımlamaları dışında kalan tüm tanımlamalarda 3.gurup tür tanımlamaları olarak düşünülür. 3. gurup tür tanımlamalarına en iyi örnek olarak 3 seviyeli lojik tasarım düşünüldüğünde, ortaya çıkacak 3.seviyeyi tanımlama sorunu cevap verir. Burada 3 seviyeli parametresi, '0','1','Z' değerlerinden oluşturulacak şekilde tanımlanması durumunda 3 seviyeli yapı tanımlanmış olur. Bununla ilgili örnekler aşağıda verilmiştir.

```
type 3 seviye is('0','1','Z');
type mantık is(False,True);
```

8.4.5.2. Nesnelere

VHDL'de 3 farklı nesne tanımlamaları bulunmaktadır.Bunlar,işaretler (signals),değişkenler (variables) ve sabitlerdir(constants).Tüm tanımlamaların farklı özellikleri aşağıda sıralanmıştır. İşaretler donanımsal bağlantıyı ifade eden nesne türleridir. Değişimleri bağlı oldukları işaretlerin değişimleri ile gerçekleşir.Doğrudan değerinin değişimine yönelik işlem yapılmaz. Değişkenler, işaretlerden farklıdır.Değerinin değişimi için işlem yapılmalıdır.İşlem sonucunda elde edilen değişim sonucu, bir sonraki yazıma kadar kalır.Son tanımlama biçimi ise sabitlerdir. Bunlar bu iki tanımlamadan farklı olarak bir kez değer alırlar ve bu değeri sürekli

olarak korurlar. Bu anlamda bir ROM gibi düşünülebilir. Aşağıda tanımlamalarla ilgili örnekler sunulmuştur.

Constant x:Integer :=16#FFFF# ;

Variable y :Boolean;

Signal z :Bit ;

8.4.6 Arayüz listeleri

Arayüz listeleri VHDL dili içerisinde 4 farklı yapıda kullanılır. Bunlar ‘entity’ tanımlamaları, ‘block’ ifadeleri ve altprogram tanımlamalarıdır. Tüm tanımlamaları oluşturan elemanlar parantez içerisinde yer alacaktır. Her eleman aşağıdaki verilen 3 vasıfla birlikte tanımlanır.

Nesne sınıfı (signal, constant yada variable)

Verinin akış yönü (in, out, inout yada buffer)

Veri türü (Bit vb...)

Her tanımlama türü için izin verilen nesne sınıfları ve modlar bulunmaktadır.

8.4.7. VHDL dili ana yapıları

VHDL içerisinde, bazı önemli yapılar sıkça kullanılır. Bunlar aşağıda sıralanmaktadır.

8.4.7.1. ‘Entity’ tanımlamaları

‘Entity’ tanımlamaları her tasarım içerisinde mutlaka bulunması gereken bir yapıdır.

Genel yazım kuralı aşağıdaki gibidir.

entity kimlik is

generic interface listesi ;

port interface listesi;

Tanımlamalar

begin

ifadeler

end kimlik ;

Bu tanımlamalar içerisinde bildirimler yapılır. Bu bildirimler, tür bildirimleri, alttür bildirimleri, sabitlerin bildirimleri, dosya bildirimleri, altprogram bildirimleri ve ‘use’ ifadeleridir.

8.4.7.2. ‘Architecture’ yapıları

‘Architecture’ yapıları genel yazım biçimi aşağıdaki gibidir.

```
architecture kimlik of kimlik hedefi is
  bildirimler
begin
  ifadeler
end kimlik;
```

Yapı içerisinde ifade edilen bildirimler bölümü kapsamında temel tanımlamalar, işaret tanımlamaları, altprogram yapısı, nitelik tanımlamaları ve özellikleri, ‘component’ tanımlamaları mevcuttur.

8.4.7.3. Altprogramlar

Altprogramlar VHDL’ nin önemli yapılarından biridir. Program içerisinde tekraren çağrılabilirler. VHDL dili ‘procedure’ ve ‘function’ olmak üzere iki tür altprogram yapısını destekler. Birinci tür altprogramlar dönüş değeri almazlar. Altprogram tanımlamaları sadece ‘interface’ bilgisini içerir. Altprogram yapısı ise ‘interface’ bilgisi, yerel tanımlamalar ve ifadeleri içerir. Altprogram tanımlaması ile altprogram yapısı arasındaki fark, ‘entity’ bildirim ve ‘architecture’ yapısı arasındaki fark gibidir. Altprogram bildirimleri aşağıdaki gibi yapılır.

```
procedure kimlik interfece listesi
function kimlik interface listesi return dönüş türü
```

Bu bildirimlerde, ‘interface’ listelerinin olma zorunluluğu bulunmamaktadır. Yani altprogramlar parametresiz olabilir. Bununla ilgili olarak bazı örnekler verilmiştir.

```

procedure A ;
function B return byte;
proceture C(x:inout İnteger):
function D(x:İnteger )return byte;
proceture C(variable x:inout İnteger);
function D(constant x:in İnteger )return byte;

```

Altprogram tanımlamaları aşağıda ifade edildiği gibi yapılabilir. Her iki altprogram türü için aynı yapı geçerlidir.

```

altprogram özelliği is
bildirimler
begin
ifadeler
end kimlik;
function deneme (X,Y: byte) return byte
begin
if (X>2)
return X;
else
return Y;
end if;
end deneme ;

```

8.4.7.4. 'Package' ve 'Use' yapıları

Tüm yazılım sistemlerinde olduğu gibi birden çok yerde kullanılan elemanları ortak olarak kullanmak için belirli yapılara imkan verilmiştir.VHDL dilinde ortak kullanım oluşturma yapısını 'paçkage'meydana getirir.Tanımlama biçimi ve ilgili bir örnek aşağıda verilmiştir.

```

package kimlik is
tanımlamlar
end kimlik ;

```

```

package lojik is
type 3 seviye is ('0','1','Z');
constant bilinmeyen değer :3 seviye:='0':
function tümleme (
giriş: 3 seviye )
return 3 seviye;
end lojik ;

```

Bu örnekte içerisinde 'function' tanımı bulunan bir 'package' bildirim yapısı verilmiştir. Genel yapıları ise

```

package body kimlik is
bildirimler
end kimlik;

```

Şeklinde gösterilebilir.

Verilen örneğin yapı yazılımı ise aşağıdaki gibiolabilir.

```

package body lojik is
function tümle(
giriş:3 seviye)
return 3 seviye is
begin
case giriş is
when '0'=>
return '1';
when '1'=>
return '0';
when 'Z'=>
return 'Z';
end case;
end tümle;
end lojik;

```


Bu yapılarının kullanımları 'use' ifadeleri ile gerçekleştirilir. 'use' yazımından sonra kullanılacak 'package' adı yazılır. Hemen ardından nokta ve sonrasında ise yapı içerisinde kullanılacak tanım yazılır. Başka kullanılacak yapılar varsa virgülden sonra aynı mantık içerisinde yazılır. 'package' içerisindeki tüm tanımlamalar kullanılacak ise bu durumda isim yazımı ardından nokta ve sonrasında 'all' ifadesi yazılarak, tüm tanımlamalar alınmış olacaktır. Bununla ilgili olarak yukarıdaki örnekteki yapıyı kullanan bir kod yazılabilir.

```
use lojik.all ; Tüm tanımlamalar alındı.
entity tümle is
port (X : in 3_seviye ; Y : out 3_seviye);
end b tümle;
architecture tümle_yapısı of tümle is
begin
process
begin
Y<=tümle(X) 10 ns;
wait on X;
end process;
end tümle_yapısı;
```

8.4.7.5. Tasarım kütüphaneleri

VHDL'de yazılan tanımlamalar, yazım kurallarına uyduğu doğrulandıktan sonra sentezleme ve simülasyonda kullanılmak üzere kütüphanelerde saklanır. Bir kütüphane tek başına analiz edilebilir. Ancak birbirine bağımlı yapıların belirli bir sırasıyla analiz edilmesi oluşabilecek hataları engeller

Tasarlamayı düşündüğüm FPGA tabanlı kontrol kartı öncesi Türkiye'ye henüz gelmiş bu teknolojiyi de genel hatlarıyla anlatmış olduk.

9. TASARIM VE UYGULAMA

Bu tez çalışmasında, rüzgâr, güneş, biyodizel ve şebeke enerjilerinin birlikte kullanıldığı bir enerji konteyneri santralinin elektronik ve kontrol dizaynı yapılmıştır. Şebeke bağımlı bir hibrit enerji sistemidir. Bu sistemde rüzgâr türbini, güneş panelleri, biyodizel generatörler ve şebekeden elde edilen elektrik enerjileri ayrı ayrı DA baralarından elektronik seçici modüle girişleri yapılmış, tasarlanan kart yardımıyla ihtiyaç ve maliyet ekseninde optimizasyon değerlendirmesiyle tesisin elektrik ihtiyacı sağlanmıştır. Sistem şebekeden gerektiği zaman enerji almakta fakat ihtiyaç fazlasını şebekeye aktarmamaktadır (Şekil 9.1).

Uygulamanın gerçekleştirileceği Kastamonu'da ki entegre tesisinin 48 saat boyunca saatlik elektrik tüketimi takip edildi. Daha sonra bu bölgeye ait bir yıllık rüzgar ve güneş verileri meteoroloji genel müdürlüğünden temin edildi. Bu veriler ışığında elektriğin takip edildiği 2008 yılının 19-20 Kasımına ait rüzgar ve güneş verileri ile hesaplamalar yapıldı. Bu hesaplamalarla birlikte seçeceğimiz malzemelerin nitelikleri de göz önünde bulunduruldu ve günlük üretilebilecek elektrik enerjisi çıkarıldı. Burası bir et entegre tesisi olduğundan, hayvan atıklarının biyodizel için verimli bir yakıt olabileceği düşünüldü.

Rüzgar, biyodizel ve şebekeden elde edilen enerji doğrultmaçlarla DA ya dönüştürülür. İnvvertör gelen DA enerjiiyi AA enerjisine çevirir. Elektronik kontrol kartı, FPGA tabanlı bir sistemle hazırlandı. Sistem dijital sayaç tarifeleri (T1, T2, T3) göz önünde bulundurularak tasarlandı. T2 zaman dilimi gün içerisinde kWh başına düşen maliyetin en fazla olduğu zaman dilimidir. Çalışmada farklı sistemler tasarlanırken bu durum göz önünde bulundurularak yapıldı. Tesise ait tüketim verileri ekte verilmiştir.

9.1. Enerji Konteyneri Bileşenlerinin Teknik Özellikleri

9.1.1. 3 kVA'lık PV sistem

Tablo 9.1 3 kVA'lık PV sistemin teknik özellikleri (Anonim o)

Sistem Elemanı	Teknik Özelliği
P.V SİSTEM	1265*1640 Monocrystal 245watt'lık 12 adet panel, her panel 1.36 m2, toplam 16,32 m2'dir
Kontrol Ünitesi	Mikroişlemcili; ısı, gerilim kontrollü sistem.

9.1.2. 5 kVA'lık rüzgar enerjisi sistemi

Tablo 9.2 5 kVA lık rüzgar enerji sisteminin teknik özellikleri (Nordex)

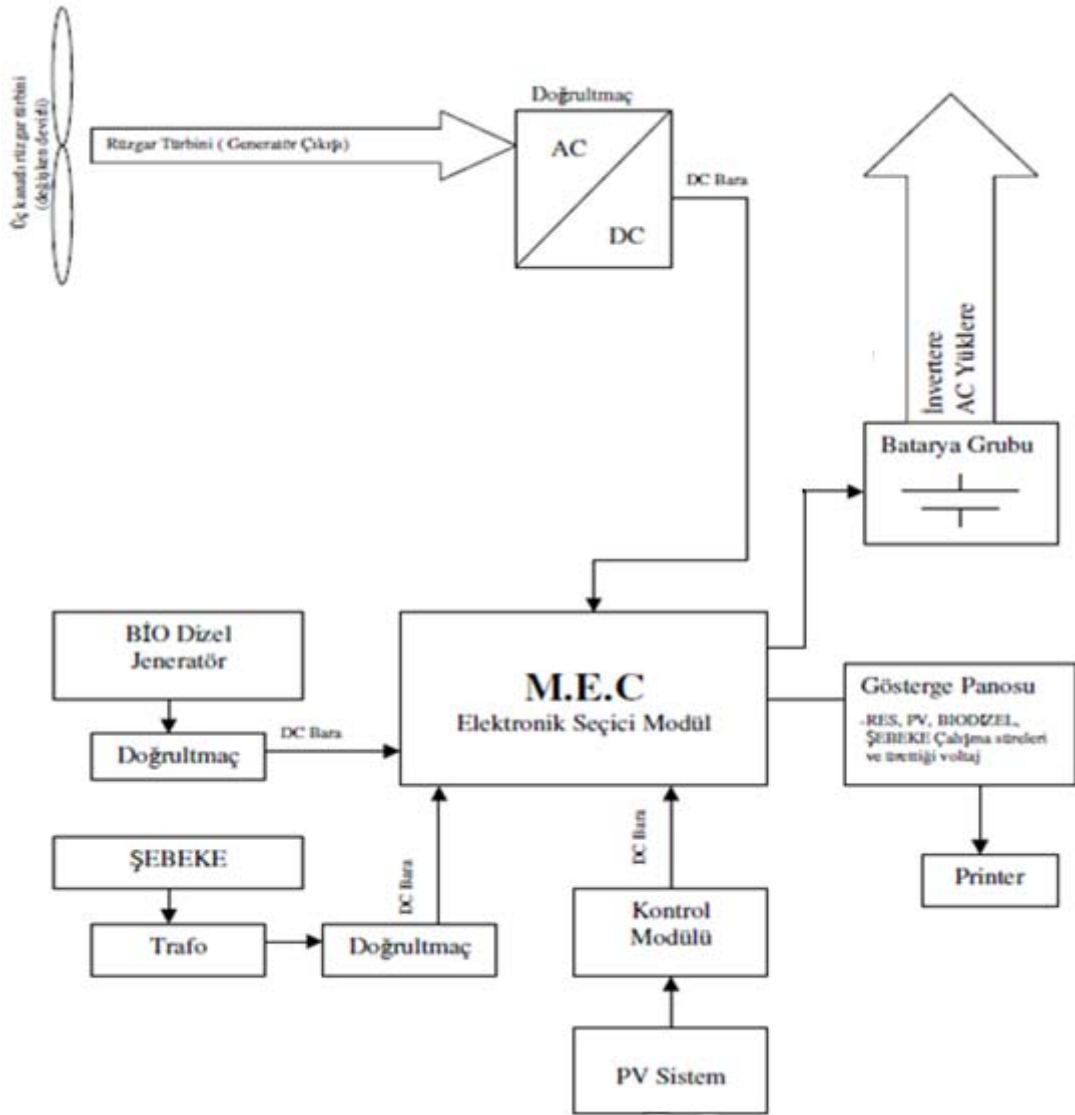
Sistem Elemanı	Teknik Özelliği
Rüzgar Türbini	5kVA PM 3Fazlı, 48-24V _{AC} veya 380V _{AC} (Enerji nakil mesafesine, akü gerilimine ve invertör giriş gerilimine bağlıdır) Senkron Generatörlü, NORDEX 5.000 Rüzgar Türbini.
Kule	30 metre flanşlı mono blok direk. 5 metre olarak, 5 eşit parçadan oluşmaktadır. 6 farklı noktadan gergi sistemi bulunmaktadır.
AKÜ	2V 500 Amper sabit tesis aküsü(24 adet)Veya 12V 500 Amper Sabit tesis aküsü(8 adet)

9.1.3. 5 kW lık biyodizel generatör

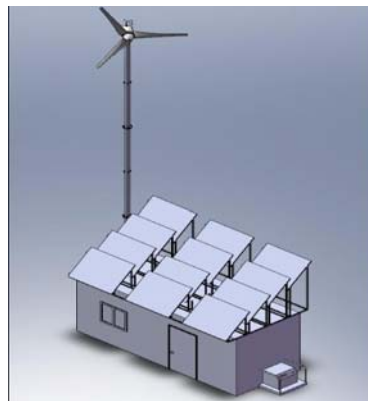
Tablo 9.3. 5 kW lık biyodizel generatörün teknik özellikleri (Anonim o)

Sistem Elemanı	Teknik Özelliği
Bio dizel generatör	5 kw AC max güç,230 volt 50 hz 17.3 A 25 lt yakıt kapasitesi, gürültü seviyesi 72 Db, boyutları 695*555*580 ağırlık 78kg
Doğrultucu	Doğrultucu sistemi.
Sase	Konteynerin üzerine sase sistemi

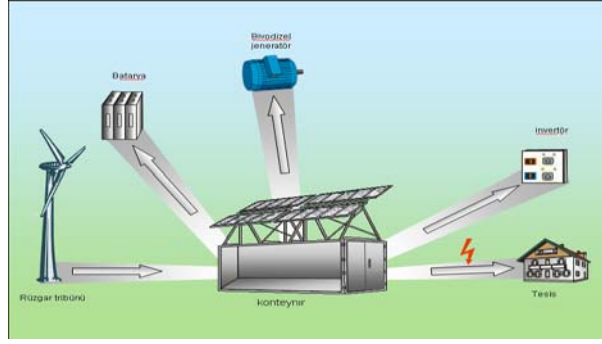
Şekil 9.1'de görüldüğü gibi enerji konteynırı içerisindeki her bir enerji kaynağı doğrultmaçla DA'ya çevrilip elektronik seçici modülden ihtiyaç ve maliyet ekseninde seçiliyor olacak.



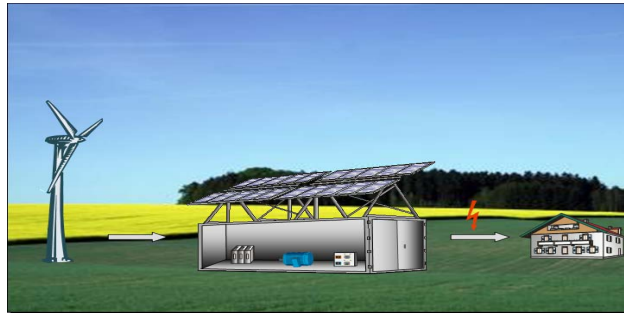
Şekil 9.1. Enerji konteyneri tasarımı



Şekil 9.2. Sistemin 3 boyutlu görüntüsü. (Anonim o)



Şekil 9.3. Sistemin içeriden şekli .



Şekil 9.4. Sistemin herhangi bir yerde uygulanabilirliği

9.2. Konteynerin güç-enerji hesapları ve tarifeler

Sayısal sayaçlarda tarife ücretleri mekanik sayaçlara göre fazların kullanım durumuna göre değişmektedir. Aşağıdaki tabloda fazların kullanım saatleri ve maliyetleri verilmektedir.

Tablo 9.4. Dijital sayaç tarifeleri

T1	06:00 - 17:00	Normal Tarife
T2	17:00 - 22:00	Pahalı Tarife
T3	22:00 - 06:00	Ucuz Tarife



Şekil 9.5 dijital sayaç.

9.2.1. VA-WATT-güç faktörü

Temelde VA ve watt birbirine eşit kavramlardır. İkisi de voltamper değerindedir. Yalnız bu ifadeler DA akım durumunda geçerlidir.

$VA = \text{Watt (doğru akım)}$

Denklem volt ve akım aynı fazda olmak kaydıyla alternatif akım içinde geçerlidir. Akım resistor üzerinden geçerse aynı denklem geçerli olur. Burada V ve I rms değerindedir.

RMS (root-mean-square) değer A.A. nin, bir resistor üzerinde tükettiği enerjiye eşit enerji tüketen D.A. karşılığıdır. Teorik olarak etkin değer'e eşit olan RMS değeri, Alternatif akım maximum değer veya tepe değerinin karekökü alınarak bulunur.

9.2.2. Güç faktörü

AA sistemlerde akım ve volt her zaman aynı fazda olmazlar. Yani voltaj tepe değerine akımın tepe değerine ulaştığı anda ulaşmayabilir. Bu durumda watt'ı hesaplamak için her an volt ile amperi çarpıp zaman üzerinden ortalamasını almamız gerekecektir. VA ve Watt arasındaki oran güç faktörüdür. Sistemlerimiz alternatif akım olduğundan değerlerimizi Watt cinsinden almamız gerekir (Anonim p). Sistemde KVA cinsinden olan birimler KW'ye aşağıdaki formüldeki gibi çevrilmiştir.

$$KVA * PF = kW$$

$$\text{volt-amps} \times \text{güç faktörü} = \text{watt.}$$

Bu çalışmada güç faktörü, 0.7 seçilmiştir. Bu nedenle sistemdeki kullanılacak modüllerin KW cinsinden değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Rüzgar Tribünü} = 5 \text{ KVA} * 0.7 = 3,5 \text{ kW}$$

$$\text{PV} = 3 \text{ KVA} * 0.7 = 2,1 \text{ kW}$$

$$\text{Biyodizel} = 5 \text{ KVA} * 0.7 = 3,5 \text{ kW}$$

9.3. Enerji Konteyneri İçin Rüzgar Veri Dönüşümü ve Hesaplamalar

Aşağıdaki veriler Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Kastamonu'da 2008 yılında her aya ait günlük ortalama rüzgar verilerini içermektedir. Kastamonu'da bir entegre tesisine ait tüketilen elektrik enerjisi 48 saat

boyunca gözlemlendi ve değer tablosu oluşturuldu. Bu değerler 19-20 Kasım 2008 yılına ait olduğundan, tabloda bu günlere ait rüzgar verileri göz önünde bulunduruldu ve rüzgar hesapları gerçekleştirildi.

Tablo 9.5. Kastamonu bölgesinde 2008 yılına ait günlük ortalama rüzgar

T.C ÇEVRE ve ORMAN BAKANLIĞI DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ												
Günlük Ortalama Rüzgar (m_sec)												
İSTASYON ADI/NO: KASTAMONU / 17074												
YIL: 2008												
GÜN/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.5	1.4	1.5	1.0	1.5	1.3	1.2	1.7	1.6	0.8	0.6	0.7
2	1.3	1.7	2.4	1.8	1.5	1.9	1.3	1.7	1.8	1.0	0.9	0.7
3	0.9	1.6	2.1	1.4	1.4	1.8	1.5	1.5	1.1	0.8	0.9	0.6
4	1.5	1.6	1.7	1.4	1.5	1.2	1.1	1.4	1.4	0.9	0.9	0.6
5	2.1	1.7	1.7	1.5	1.6	1.3	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	0.7
6	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.0	1.3	1.6	1.4	1.3	1.1	0.8
7	1.3	1.6	1.6	2.4	1.6	0.9	1.1	1.6	1.7	1.5	0.9	0.9
8	1.3	1.5	1.3	1.7	1.9	0.8	1.2	2.0	1.7	0.7	0.8	0.6
9	1.2	1.4	2.0	1.4	1.7	0.7	1.4	1.3	1.6	0.8	1.3	0.5
10	1.2	1.2	1.7	1.7	1.8	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1	1.7	1.2
11	1.7	1.2	1.5	1.2	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	0.9
12	1.7	2.0	2.0	1.5	1.0	1.1	2.1	1.2	1.5	1.5	1.0	1.2
13	1.6	1.5	1.4	1.7	0.6	1.0	1.7	1.9	1.2	1.0	0.7	0.8
14	1.8	2.4	1.9	1.8	0.9	0.9	1.4	1.8	1.1	0.9	0.9	0.6
15	1.7	2.4	3.3	2.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	0.7	0.7	0.6
16	1.8	1.9	2.4	2.1	1.4	0.8	1.1	1.3	1.2	0.9	1.0	0.7
17	1.5	2.2	2.0	2.4	1.3	1.1	1.6	1.2	1.4	1.1	0.8	0.7
18	1.6	1.3	2.2	1.8	1.5	1.2	1.0	1.4	1.6	1.1	0.5	0.8
19	1.6	2.9	2.3	1.4	1.4	1.0	0.9	1.8	1.5	0.9	2.4	0.7
20	1.5	2.2	1.8	2.1	1.3	1.0	1.2	1.3	0.7	0.7	4.1	0.5
21	1.4	1.4	1.6	1.9	1.1	1.3	1.9	1.3	1.0	0.9	1.6	0.4
22	1.5	1.6	1.7	1.9	1.2	1.5	1.1	1.6	0.6	1.2	0.4	0.7
23	1.4	1.6	1.6	3.1	1.2	1.6	1.3	1.7	0.4	1.0	1.6	0.4
24	1.1	1.8	1.8	1.7	1.1	1.1	1.5	1.3	0.8	1.0	0.8	1.1
25	1.6	1.5	3.4	1.8	0.7	1.1	1.5	1.7	0.9	0.4	0.8	1.9
26	1.6	1.6	2.2	1.9	1.1	1.4	1.2	1.5	0.8	0.6	1.0	1.3
27	2.5	1.6	1.7	2.1	1.2	0.9	1.5	2.1	0.9	0.8	0.8	1.2
28	1.3	1.6	1.4	1.7	1.5	1.2	1.3	1.5	0.4	0.4	0.6	0.8
29	1.7	0.9	1.5	1.7	2.1	1.6	1.4	1.4	1.1	0.8	0.8	1.2
30	1.6		1.5	1.3	1.5	1.3	1.7	1.5	1.1	0.9	0.6	1.2
31	1.7		1.2		1.5		2.0	1.3		0.7		1.3

Tablodaki rüzgar hızları 10 metrede alınan değerlerdir. Çalışmada tasarlanan sistemde yükseklik 30 metre kabul edilmektedir. 30 metredeki rüzgar hızını bulabilmek için 10 m'deki hız değerleri 1.314 katsayısı ile çarpılır. Bu katsayı bölgeden bölgeye değişmekle birlikte Kastamonu civarı için 1.314'tür.

Bu katsayı; $U_z/U_1 = \ln(Z/Z_0) / \ln(Z_1/Z_0)$

$U_1 = Z_1$ seviyesinde ölçülen rüzgar hızıdır. (Meteorolojide $Z_1 = 10$ m dir.)

$U_z = Z$ seviyesindeki istenilen rüzgar hızı, $Z_0 =$ Yer şartlarına bağlı parametre

Yukarıdaki ifade Helman tarafından

$U_z / U_{z1} = (Z/Z_1)^m$ olarak verilmiştir.

$m : Z_0$ a bağlı olarak 1/15 ile 1/4 arasında değerler alır. (genellikle $m : 1/7$ kullanılır) hesaplamaları ile bulunur.

19 Kasım için; $V = 1,314 \times 2,4 = 3,1536 m/s$

20 Kasım için; $V = 1,314 \times 4,1 = 5,3874 m/s$

İki güne ait toplam 48 saatlik rüzgar verileri aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 9.6. 19-20 Kasım saatlik ortalama rüzgar

Saat	19 Kasım	20 Kasım
1	1	2.9
2	3.2	5.2
3	4.2	6.2
4	1.3	4.3
5	3.5	5.5
6	2.7	4.7
7	3..3	5.3
8	3.5	5
9	1	3.5
10	1.2	3.1
11	2.1	4.1
12	2	4
13	3.4	5.4
14	4.5	6.5
15	5	7
16	4.9	7.2
17	3.9	6.1
18	3	6
19	3	5
20	4	6
21	4	6
22	4.5	7.5
23	4	6
24	3	6

Yukarıdaki tablo NORDEX firmasına ait rüzgar hızlarına karşılık gelen performans faktörünü göstermektedir. C_p ile gösterilir. Bu faktör türbinin kalitesini göstermektedir. Bu katsayının yükselmesi teknolojinin iyileşmesiyle doğru orantılıdır. 5. bölümde rüzgar enerjisi metodolojisindeki formülasyonlarda rüzgar enerjisi (E_r) Joule cinsinden şu bağıntı ile tanımlanmış olur;

$$E_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3 \cdot t$$

Bu eşitlikte $t = 1$ alınacak olursa, Birim zamandaki enerji yani, rüzgarın anlık gücü;

$$P_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3$$

burada P_r : Rüzgarın anlık gücü'dür (W)

$$\rho = 1.23 \text{ kg/m}^3 = \text{havanın yoğunluğu}$$

s = rotor süpürme alanıdır. πr^2 ile bulunur.

r burada rotor yarıçapını ifade eder ve seçtiğimiz rotor yarıçapı $r = 1,65 \text{ m}$ 'dir.

$$s = \text{rotor süpürme alanı} = \pi r^2 = 8,55 \text{ m}^2 \text{ olur.}$$

$$C_p = \text{performans faktörü}$$

Şimdi rüzgar gücünü kWh cinsinden bulmak için denklemini yeniden düzenlersek;

$t = 1$ alınır

$$P_r = \frac{1}{2} \rho_h \cdot s \cdot v_r^3 / 1000$$

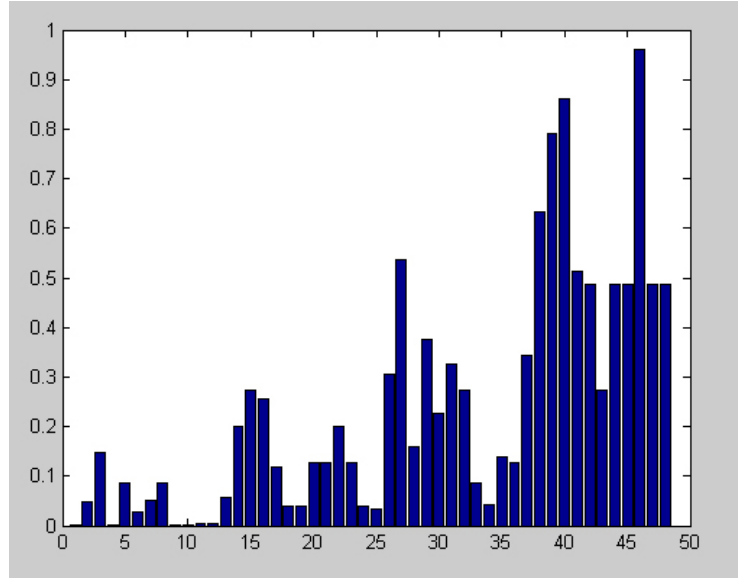
Bu bağıntı bize üretilen elektrik enerjisini değil sadece rüzgarın anlık gücünü verir. Rüzgar gücünün bir kısmının elektrik enerjisine çevrilebildiğini daha önceki bölümlerde belirtmiştik. Dönüşecek olan kısım performans faktörü (güç faktörü)ne bağlıdır. Performans faktörü ne kadar yüksek olursa verim de aynı şekilde artar. Bağıntımızın son hali;

$$P_r = 0,0005 \rho \cdot s \cdot C_p v_r^3 \text{ olur.}$$

Tablo9.7. Rüzgar hızına karşılık gelen performans faktörü değerleri

Saat	19 Kasım	20 Kasım
1	0.0001	0.0349
2	0.0469	0.3069
3	0.1485	0.5378
4	0.0002	0.1593
5	0.0859	0.3754
6	0.0282	0.2266
7	0.0514	0.3250
8	0.0859	0.2729
9	0.0001	0.0859
10	0.0002	0.0426
11	0.0037	0.1381
12	0.0032	0.1283
13	0.0562	0.3437
14	0.1989	0.6341
15	0.2729	0.7920
16	0.2568	0.8619
17	0.1189	0.5122
18	0.0386	0.4874
19	0.0386	0.2729
20	0.1283	0.4874
21	0.1283	0.4874
22	0.1989	0.9609
23	0.1283	0.4874
24	0.0386	0.4874

$t=1$ alınırsa bu bağıntı bize türbinin üreteceği elektrik enerjisini verir. Tablo 9.6'da 48 saatlik rüzgar hızı verileri 1'er saat aralıklara bölünmüştür. Her saat aralığında yani $t=1$ alınarak ve her hıza denk gelen performans katsayısı ile (Tablo 9.7) 2 gün boyunca üretilen elektrik enerjisi hesaplandı. Her saat başı bir sonuç çıkarılarak aşağıdaki tabloda kWh cinsinden verilmiştir. Hesaplamalar ve sonuçlar, yukarıdaki veriler kullanılarak Matlab programında simülasyonu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9.6. Rüzgar güç değerleri şeması

9.4. Güneş Enerjisi Verilerinin Elde Edilmesi

19 ve 20 Kasım toplam global güneş radyasyonları verilmiştir. İlk olarak veriler cal/cm^2 cinsinden verildiği için bunları kWh/m^2 ye çevirmemiz gerekir. Fotovoltaiklerin ürettiği enerji W cinsinden gösterildiğinden ve günümüz elektrik tarifelerinde tüketim kWh cinsinden gösterildiğinden bu gereklidir. Ayrıca fotovoltaikler için üretilen enerji m^2 başına düşünülür.

Kasım ayı günlük ortalama günlük toplam güneş radyasyonu her günün toplam radyasyonları toplanıp gün sayısına bölüldüğünde $177,48 \text{ cal/cm}^2$ çıkar.

Tablo 9.8. Kastamonu bölgesinde 2008 yılına ait günlük toplam global güneş radyasyonu

**T.C ÇEVRE ve ORMAN BAKANLIĞI DEVLET METEOROLOJİ
İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**
Günlük Toplam Global Güneş Radyasyonu (cal+cm²)

İSTASYON ADI/NO: KASTAMONU / 17074												
YIL: 2008												
GÜN/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1								621.9	411.9	106.0	215.9	
2								567.0	481.9	427.0	271.0	42.0
3								647.0	572.0	422.9	271.0	
4								638.8	561.0	296.8	282.0	41.0
5								411.0	525.9	279.9		58.9
6	276.5							630.0	530.9	236.9	266.0	78.1
7								658.0	544.0	384.0	262.0	
8								605.9	528.0	385.9		
9								640.0	514.9	106.0	178.8	
10									470.9	218.0	258.9	37.0
11								608.0	303.0	278.0	262.9	164.0
12								434.9	387.8	304.9	219.9	58.9
13								426.0	509.9	374.9		
14								517.0	453.0	310.0	176.0	87.8
15								577.9	191.0	317.8	186.0	53.9
16								503.9	475.0	160.0	154.0	
17								576.0	299.0	105.0	205.8	
18								545.0	365.9	342.0		47.0
19								578.9	192.0	298.0	63	47.0
20								577.0	459.0	231.9	47.5	95.0
21							678.0	567.0	207.0	255.0	92.9	
22							658.9	578.9	181.0	236.9		37.9
23							679.0	557.9	154.0	312.8	210.8	100.0
24							632.9	513.9	138.0	263.9	105.0	62.0
25							636.9	493.9	321.9	225.9	96.0	43.9
26							531.8	550.0	322.9	105.0	85.9	
27							494.8	509.9	196.0	167.9	171.0	183.9
28							522.1	501.0	164.0	247.9	26.0	
29							620.9	573.9	90.9	63.0		139.0
30							483.8	460.0	86.9	234.0	167.9	
31							616.9	455.9		283.9		

$177,48 \text{ cal/cm}^2 = 177,48 * 10000 * 4,19 / 3600000 = 2.07 \text{ kWh/m}^2$ dir.

19 ve 20 kasım için yukarıdaki birim dönüşüm formüllerini kullanacak olursak;

19 Kasım için; $63 \text{ cal/cm}^2 = 0,734 \text{ kWh/ m}^2$

20 Kasım için; $47.5 \text{ cal/cm}^2 = 0,55 \text{ kWh/ m}^2$ olur.

PV panellerimizin özelliklerini 9. bölümde ürünlerin teknik özelliklerinde vermiştik. Her biri 245 W'lık toplam 12 adet panelimiz var. Panellerimiz %18

verimle çalışmakta olup her biri 1.36 m^2 'dir. Fotovoltaik sistemimiz için yaklaşık 20 m^2 lik toplam alana ihtiyacımız var. Biz her panelde üretilecek enerjiyi baz alarak sonuca ulaşmaya çalıştık. Yaklaşık $16,32 \text{ m}^2$ lik salt PV alanımız mevcut.

Tablo 9.9. 19-20 Kasım saatlik PV'den üretilen elektrik enerjisi

Saat	19 Kasım	20 Kasım
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	2	1
7	71	42
8	195	124
9	213	162
10	228	181
11	237	193
12	249	204
13	246	193
14	239	184
15	224	175
16	205	161
17	43	24
18	10	5
19	0	0
20	0	0
21	0	0
22	0	0
23	0	0
24	0	0

12 adet 245 W'lık panellerimiz için günlük toplam üretilen elektrik ;

$$A = 12 \times 1.36 \text{ m}^2 = 16,32 \text{ m}^2$$

A=fotovoltaik panellerin toplam alanı

$$\eta = \text{fotovoltaik panellerin verimi} = 0,18$$

G_d = günlük toplam global radyasyon.

PV modüllerden üretilebilecek maximum enerji;

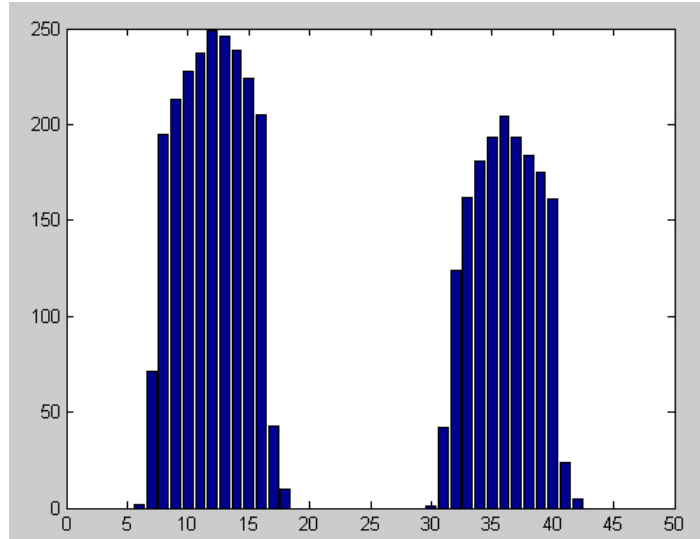
$$P_{pv} = A \times \eta \times G_d$$

19 Kasım için; $A \times \eta \times G_d = 16,32 \times \frac{18}{100} \times 0,734 \cong 2,16$ kWh elektrik enerjisi

üretmiştir.

20 Kasım için; $A \times \eta \times G_d = 16,32 \times \frac{18}{100} \times 0,55 \cong 1,6$ kWh elektrik enerjisi

üretmiştir. Kasım ayı boyunca 19-20 kasım tarihleri toplam global güneş radyasyonunun en az olduğu günlerden ikisidir. Bu iki günün her saat başına toplam global güneş radyasyonu ve üretilen enerji grafiği mat-lab ta simüle edilmiş ve sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 9.7. Güneş güç değerleri şeması

Veriler bir et entegre tesisine ait olduğundan hayvan gübrelerinden bol bol biyodizel yakıt elde edilir. Biyodizel için ; Bugün bir adet büyükbaş hayvan 3,6 ton/yıl yas gübre, 1 adet küçükbaş hayvan 0,7 ton/yıl yas gübre üretmektedir. Bunlardan istenirse biyodizel yakıt kullanılabilir.

9.5. Sistemin Algoritması

Yatırım maliyetleri bakımından fotovoltaik birinci sırada yer almaktadır. Bunu, rüzgar enerjisi ve biyodizel enerjisi takip etmektedir. Dolayısıyla mümkün mertebede güneşten yararlanmayı hedefledim. Fotovoltaiklerde enerji olmadığı zamanlarda rüzgar daha sonra biyodizel enerjisine başvurulacaktır. Enerji konteynerimizde sistemi karşılayacak yeterli enerji bulunmazsa şebekeye başvurulacaktır.

Sistemimizin birincil görevi günün her saatinde çalışması olacaktır. Bir yıl boyunca bu mümkün olmayacağından dijital sayaç tarifelerinden T2 zaman dilimi tercih edilecektir. Daha sonra T1 nihayetinde T3 zaman diliminde sistemimize başvurulacaktır. Böyle bir sıralamayı takip etmemdeki ana etken daha önce de belirttiğim gibi kWh başına düşen elektrik maliyetidir.

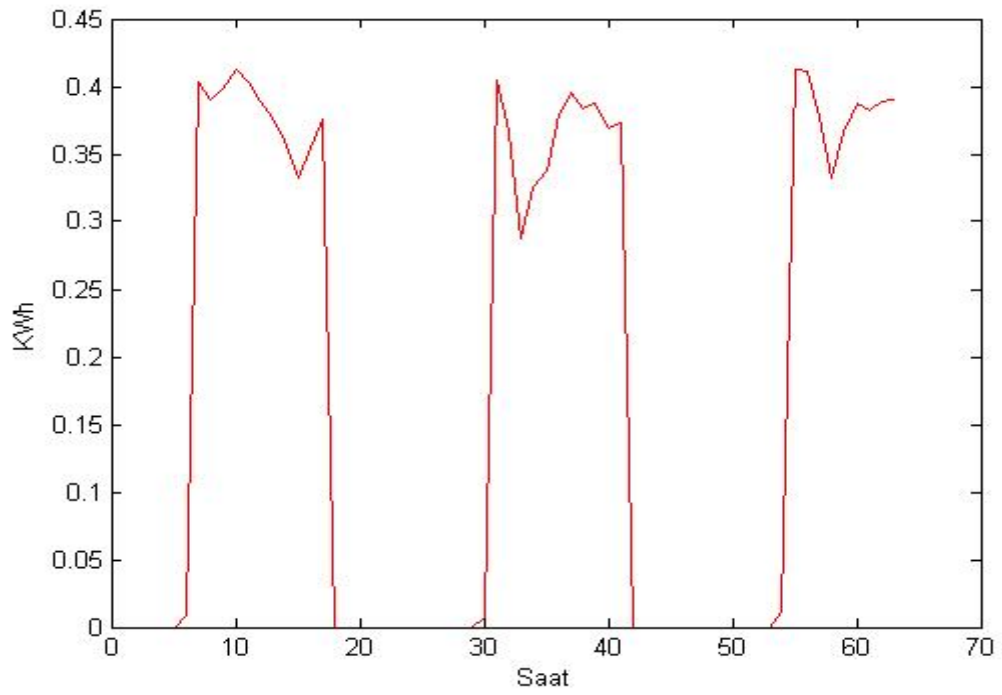
Sistem her gün rüzgar, güneş biyodizel ve şebekenin ürettiği voltajı gösterge panosuna yansıtacak istenirse yazıcıdan çıktısı alınabilecek. Böylelikle sistemi kurduran şahıs günlük ne kadar kar ettiğini de görmüş olacak.

Sistemin simülasyonu öncelikle MATLAB ta gerçekleştirildi. Elimizdeki mevcut değerlerle simülasyon ortamına veriler sağlandı. Sonuçlar grafiğe döküldü. Nihayetinde MATLAB kodları baz alınarak VHDL kodları ile FPGA tasarlandı. FPGA Türkiye için yeni bir teknolojidir. VHDL ise FPGA'ı programlamak istediğim yazılım dilinin adıdır.

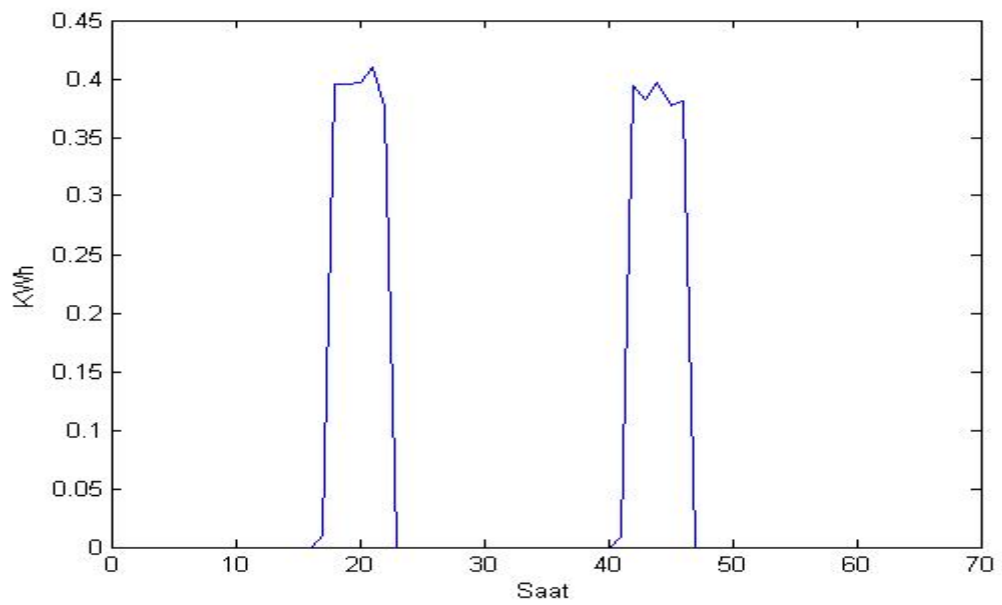
Ekte, Kastamonu da bulunan bir entegre tesisinin, iki gün (48 saat) boyunca saatlik elektrik kullanım değerleri mevcut. 3 fazlı sistemde her fazın harcadığı enerji ve toplam enerji detaylı olarak verilmiştir [44].

9.6. Sistemin MATLAB' ta Simülasyonunun Gerçekleştirilmesi

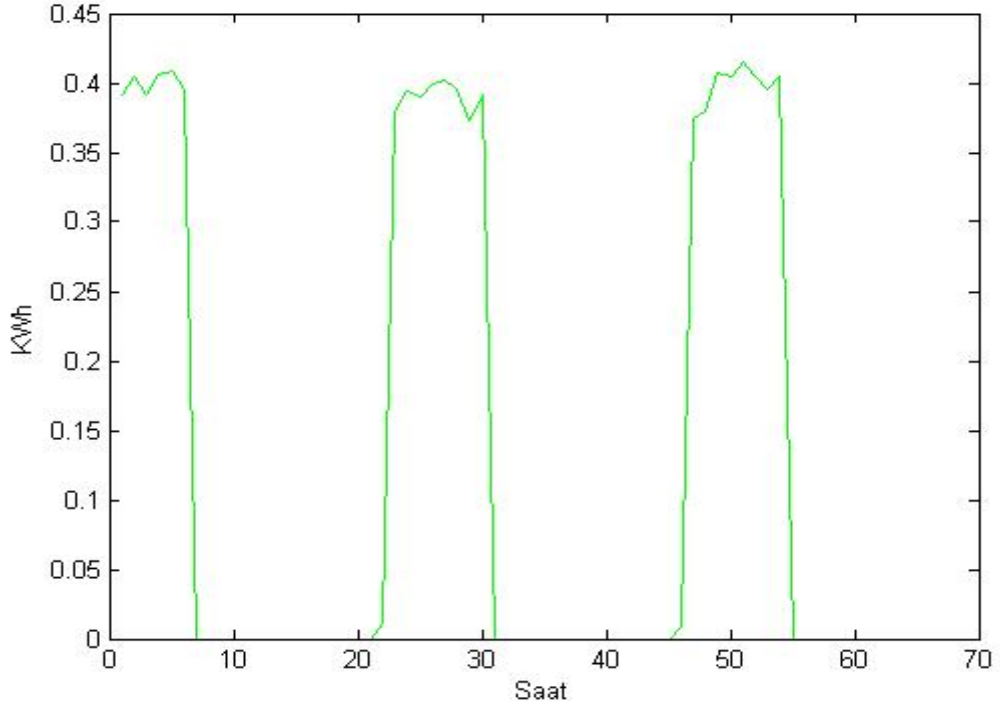
Sistemde kullanılacak modüllerin güç değerlerini daha önceki bölümlerimizde elde ettik. Şimdi sistemin tasarlandığı entegre tesisine ait 19 ve 20 kısım tarihlerine ait R, S, T ve bu fazlara ait saatlik kWh değerleri gösterilmektedir. Şekillerde de görüldüğü gibi her faz kendine ait saat dilimlerinde kullanılmaktadır..



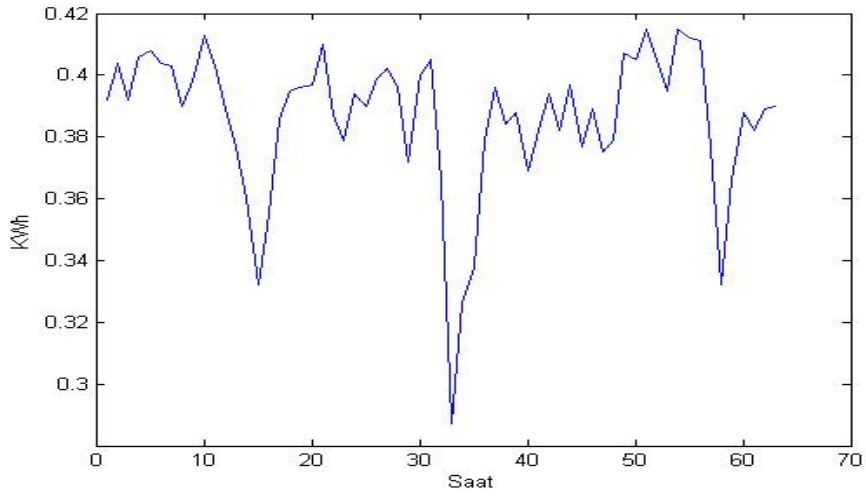
Şekil 9.8. R Fazı için güç değişim grafiği



Şekil 9.9. S Fazı için güç değişim grafiği



Şekil 9.10. T Fazı için güç değişim grafiği



Şekil 9.11. RST Toplam güç değişim grafiği

Grafikleri oluşturmak için Matlab ortamında gerçekleştirilen program ekte verilmiştir. Simülasyonda her saatte bir alınan 48 saatlik veriler kullanılmıştır. Bu veriler ışığında, konteyner'deki modüllerin farklı kullanımları üzerinde durularak maliyet hesabı yapılmaktadır. Fazlarda kullanılacak modüllerin durumu aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tasarımda özellikle akülerin tam boşalmamasına ve dolduktan

sonra enerjinin sisteme direk aktarılması amaçlanmıştır. Yöntemlere ait gerçekleştirilen simülasyon programları ekte verilmiştir.

Tablo 9.10. Yöntemler

	T1	T2	T3
Yöntem 1	G + R + B + Ş	G + R + B + Ş	Ş
Yöntem 2	G + R + B + Ş	G + R + B + Ş	G + R + B + Ş
Yöntem 3	R + Ş	G + R + B + Ş	Ş
Yöntem 4	Ş	Ş	Ş
Yöntem 5	Ş	B + Ş	G + R + Ş

Tabloda belirtilen yöntemlerin hepsinde şebekeye bağımlılık bulunmaktadır. Birinci yöntemde T1 ve T2 zaman dilimlerinde tüm kaynakların kullanılması amaçlanmakta ve ucuz olduğu için T3 zaman diliminde ise direk şebeke kullanılmaktadır. İkinci yöntemde ise tüm zaman dilimlerinde, tüm kaynakların kullanılması amaçlanmaktadır. Üçüncü yöntemde ise pahalı olması nedeniyle sadece T2 zaman diliminde tüm kaynaklar kullanılmıştır. T1 zaman diliminde sadece rüzgar kaynağı kullanılmaktadır. Birinci yöntemde olduğu gibi yine T3 zaman diliminde ücretlendirmenin düşük olması nedeniyle şebeke tek başına kullanılmaktadır. Dördüncü yöntem tamamen şebekeye bağımlı bir sistem olarak düşünüldü. Beşinci yöntemde ise sistemin entegre kesim tesisinde tasarlanmasından dolayı biyoyakıt üzerinde durulmakta ve T2 zaman diliminde kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Fakat bu sistemler tasarlanırken aküler dolduktan sonra gelecek enerjinin direk sisteme aktarılmasına özen gösterildi. Yani güneş paneli kullanılması amaçlanırken o anda rüzgar panellerine ait aküler dolu ise sistem rüzgar panelleri üzerinden çalıştırılmaktadır.

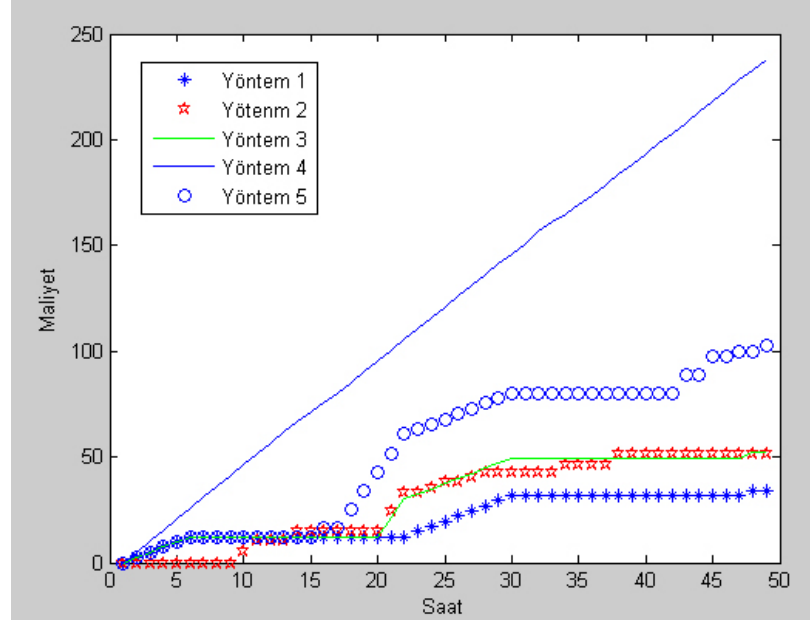
Tablo 9.11. Kullanılan yöntemler sonunda depoda kalan güç

	Güneş (KWh)	Rüzgar (KWh)	Biodizel(KWh)	Borç(Ykr)
Yöntem 1	0.4830	3.1210	0.3080	33.9841
Yöntem 2	0.4830	3.5000	0.3010	51.8182
Yöntem 3	0.4642	3.1210	0.3230	51.9326
Yöntem 4	-----	-----	-----	237.9130
Yöntem 5	2.6650	3.5000	0.3230	102.4160

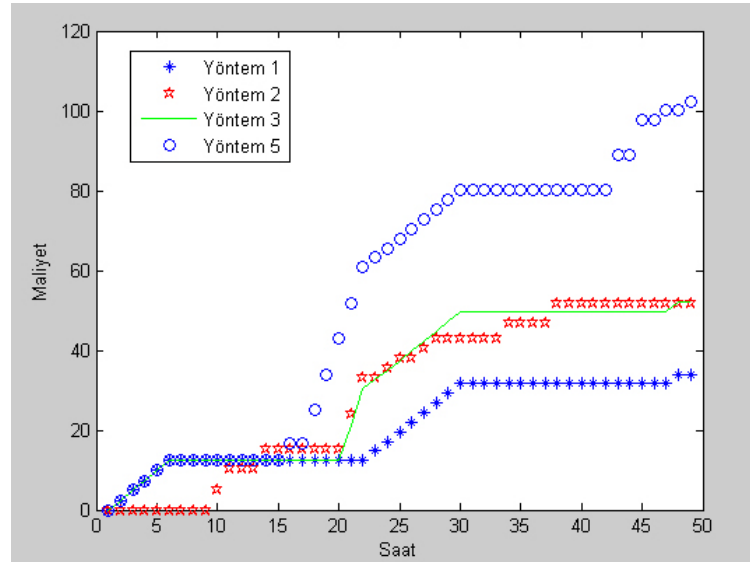
Tablo 9.12. Tüm zaman dilimlerinde şebeke kullanılmasına göre elde edilen yüzde maliyet hesabı

	Maliyet Oranı
Yöntem 1	$33.9841 / 237.9130 = \% 14.28$
Yöntem 2	$51.8182 / 237.9130 = \% 21.78$
Yöntem 3	$51.9326 / 237.9130 = \% 21.83$
Yöntem 5	$102.4160 / 237.9130 = \% 43.05$

Tablo 9.12 ve 9.13'te Tablo 9.11'de gösterilen yöntemlere ait, her bir kaynağa ait aküde kalan enerji ve maliyet hesapları gösterilmektedir. Tablo 9.12'de görüleceği üzere yöntem1, yöntem2 ve yöntem3'te tamamen güneş enerjisi tükenmektedir. Bunun nedeni ise güneş panellerini maliyetleri yüksek olması nedeniyle öncelik güneş enerjisi kullanımına verilmiştir. Bu nedenle rüzgar çok az yada hiç kullanılmamıştır. Biyodizel ise sistem çalıştırıldığında aküler belli bi süre şarj olana kadarlık sürede şebekenin kullanılmamasını sağlamak amacıyla kullanılmamaktadır. Bu nedenle yöntemlerde biyodizel kullanımı çok olmuştur. Fakat yöntem 5'te ise biyodizel kullanımı amaçlandığından dolayı, diğer yöntemlere göre akülerde güneş ve rüzgar enerjisi fazla olmaktadır. Maliyet hesaplarında ise 2 günlük veriler eşliğinde yöntem 1'de maliyet en düşük seviyededir. Diğer yöntemlere ait maliyetler ise birbirine çok yakın çıkmaktadır. Tablo 9.13. ise maliyetlerin şebeke maliyetlerine göre oranları verilmektedir. Yöntemlerin maliyet hesaplarına ait şekiller aşağıda verilmiştir.

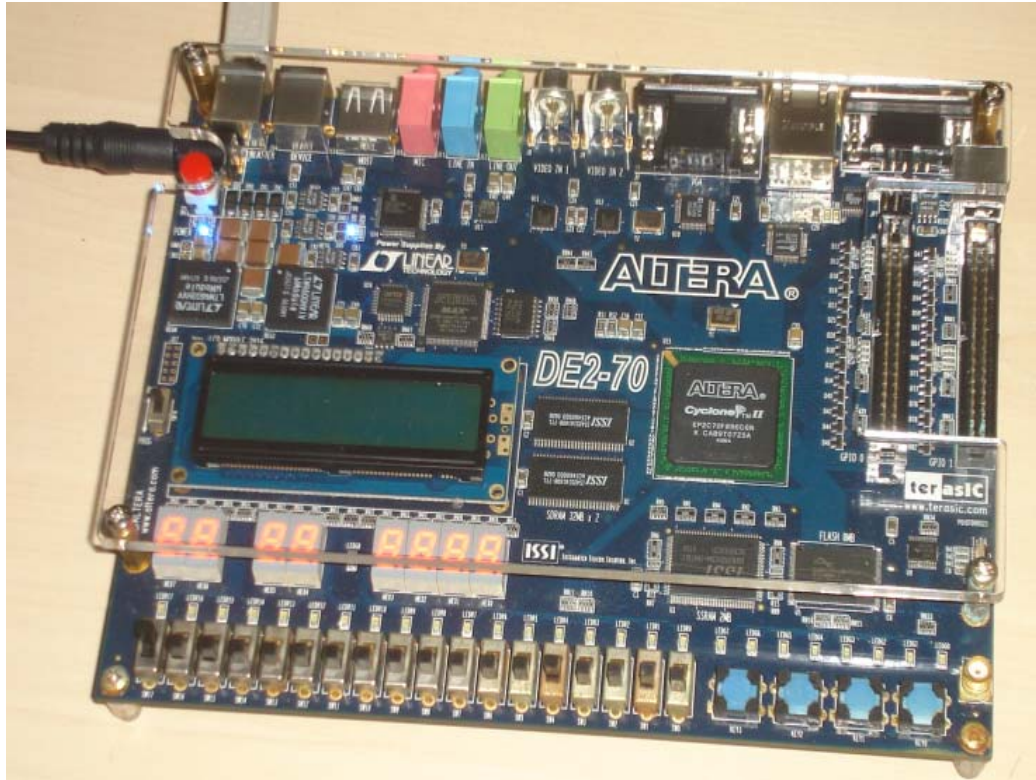


Şekil 9.12. 5 Farklı yöntem göre maliyet zaman grafiği



Şekil 9.13. Şebeke değeri olmadan 4 Farklı yöntem göre maliyet zaman grafiği

Sistemin FPGA tabanlı donanımsal gerçekleştirilmesinde kayan noktalı sayılarla işlem yapmak maliyeti artırmasından dolayı kayan noktalı sayılar tam sayı formatına çevrilerek işlemler gerçekleştirildi. Tüm yaklaşımlar VHDL dilinde kodlandı ve Modelsimde simülasyonu yapıldı ve FPGA'da donanımsal gerçekleştirilmiştir. Gerçekleme Altera firmasının DE2-70 serisi bordu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bord 70K'lık lojik elemnte sahip Cyclon II chipe sahiptir.



Şekil 9.13. FPGA board

10. ENERJİ KONTEYNERİNİN YATIRIM MALİYETİ

Tanımı (Specification)	Miktar (Qty)	Birim Fiyat (Unit Price) (USD)	Tutar (Total amount) (USD)
ALTEMA 5000 5Kva Rüzgar Türbini <i>(ALTEMA 5000 5 Kva Wind Turbine)</i> <ul style="list-style-type: none"> • Jeneratör (Generator) • Direk (Tower) • Mcu (Mcu) • Kanatlar (Blades) • Doğrultmaç (Rectifier) 	1 pc.	7.350.- USD	7.350.- USD
Rüzgar Türbini Gösterge ve Data Logger <i>(Wind Turbine Panel and Data Logger)</i> <ul style="list-style-type: none"> • Rüzgar yönünü, ürettiği voltaj ve verimini gösteren ve saklayan modül <i>(wind direction, voltage, productivity show and record module)</i> 	1 pc.	3.150.- USD	3.150.- USD
3Kva P.V. Sistem <i>(3Kva P.V. system)</i> <ul style="list-style-type: none"> • 245 watt 12 adet <i>(245 watt 12 pc.)</i> 	1 pc.	21.000- USD	21.000- USD
5Kva Bio Dizel Jeneratör <i>(5Kva Bio Diesel Generator)</i>	1 pc.	1.500.- USD	1.500.- USD
Micro prosesor <i>(Microprocessor)</i> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronik Seçici Modül <i>(Electronic select module)</i> 	1 pc.	7.250.- USD	7.250.- USD
Freq Conv. Adaptör <i>(Freq Conv. Adaptör)</i>	1 pc.	1.550. USD	1.550. USD
5Kva İnvörtör <i>(5Kva Invertor)</i>	1 pc.	2.800.- USD	2.800.- USD
Konteyner 20 ft. <i>(container 20ft.)</i>	1 pc.	3.100.- USD	3.100.- USD
Akü Grubu <i>(batteries)</i> <ul style="list-style-type: none"> • 2V 250 ah opzs <i>2V 250 ah opzs</i> 	24 pc.	250.- USD	6.000.- USD
Akü Grubu, P.V. Grubu, Bio Dizel Şaseleri <i>(Batteries, P.V. system, Bio Diesel Supports)</i>	1 pc.	2.500.- USD	2.500.- USD
Micro Prosesör Göstergeleri ve Kaydedici modül <i>(microprocessor panel and data logger)</i> <ul style="list-style-type: none"> • Elektronik Seçici Modül Göstergesi ve Kaydedici modül <i>(Electronic select module panel and data logger)</i> 	1 pc.	3.250, USD	3.250, USD
İzasyon ve konteyner içinde kullanılan malzeme ve işçilik <i>(Isolation, cover and equipment using in container declassified cost)</i>	1pc.	7.250.-USD	7.250.-USD
Montaj ve Demontaj <i>(Montage and Demontage)</i>	1 pc.	7.000.- USD	7.000.- USD
Trafo <i>(substation)</i>	1 pc.	1.100.- USD	1.100.- USD

Tablo 10.1 Sistemin yatırım maliyeti

Yatırım maliyeti =132,396 ytl dir.

ALTEMA ENERJİ VE MAKİNALARI SANAYİ VE TİCARET A. Ş.

11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji; yaşantımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Nüfus artışına, sanayinin gelişmesine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri ekolojik dengeyi büyük ölçüde etkiledikleri gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde oluşturmaktadır. Bu nedenle çevre sorunları ulusal olduğu gibi uluslararası nitelikler de taşımaktadır. Yine bu nedenle çevre sorunlarını gidermek için, gerekli tedbirlerin alınmasında, uluslararası işbirliğinin rolü önem kazanmaktadır.

Ülkemizin rüzgar ve güneş enerjisi potansiyeli bu konuyu araştıran herkes tarafından bilinmektedir. İlk yatırım açısından alternatif enerji kaynaklarının çokta ucuz olduğu söylenemez. Bu maliyetler külfetli olduğundan bu konuda gerekli girişimler yavaş ve çekingen atılmaktadır.

Bu sistemlerde enerji üretimi çok değişkendir. Giriş ve çıkış voltajları birbirine yakın değerlerde olmazsa sistemin verimi düşer. Bunun için kontrol mekanizmaları çabuk hareket eden sistemlerden oluşmalıdır. FPGA kartları çok seri karar verebilen sistemler olduğundan enerjinin verimliliği ve sistemin daha uzun ömürlü olması konusunda önem taşır.

Tezimdaki asıl amaç pratik, taşınabilir bir enerji konteynirinin az denilebilecek bir maliyetle oluşturulabileceğidir. Bu sistemde fotovoltaiklerin bariz bir şekilde maliyeti arttırdığı görülmektedir. Dolayısıyla PV sistemin kapasitesini 3 kVA ile sınırlı tuttum. Böyle sistemler için PV ler maliyetleri dolayısıyla kısıtlayıcı olabiliyorlar.

Görünen o ki bu maliyetler kabarık olduğu sürece kirli kaynaklar kullanılmaya devam edilecektir. Fakat bu konuda AR-GE'ye yeterince pay ayrılırsa maliyetlerin düşeceği inancındayım. Nanoteknolojik gelişmeler bu alanlara da sıçrarsa özellikle PV'lerin hem ucuzlayacağı hem de daha verimli hale geleceği kanaatindeyim. Bugün gelişmiş ülkeler bu kaynaklara dev bütçeler ayırıyorsa alternatif enerjinin gelecek vaat ettiğini söyleyebilirim.

Ülkemizin ekonomi politikası ekonomik gelişmeyi engellemeden, sosyal kalkınmayı destekleyecek ve yönlendirecek yeterli, güvenilir enerji temini sağlamak olmalıdır. Ancak bu amacı gerçekleştirmek için ulusal enerji yönetimi açısından yurtiçi kaynaklarının düzenlenmesi, enerjinin üretimi, dağıtımı ve rasyonel kullanımı çevre değerleri korunarak yapılmalıdır. Son zamanlarda çıkan yasalar ve devlet düzeyinde girişimler ayrıca özel sektörün yavaş yavaş alternatif enerji kaynaklarına dev bütçeler ayırması umut verici gelişmelerdir.

KAYNAKLAR

KİTAPLAR

Baghdadchi, J., Varmette, D., S., Wind-Based Hybrid Power Systems In Hybrid Energy System

Brown, S.D., Francis, R.J., Vranesic Z.G. 1992. Field Programmable Gate Arrays, Kluwer Academics Publishers

Cmpton, K., Haouck, S. 2002. Reconfigurable Computing : A Survey of System and Software, ACM Computing Surveys

Ding, J., J., Buckeridge, J., S., Design Considerations For A Sustainable RURAL Western New York

Hadley, J. D., Hutchings, B. L. 1995. Desing Methologies for Partially Reconfigured Systems, Proceeding of the IEEE Workshop on FPGAs for Costum Computing Machines, Los Alamitos, California, pp 78-84.

Hartenstein, R., Hertz, M., Hoffmann, T., Nageldinger,U. 2000. Generation of Design Suggestion for Coarse-Grain Reconfigurable Architecture, 10th International Workshop on Field Programmable Logic and Applications.

Hepbaşlı, A., Ozgener, O., 2003. A review on the development of wind energy in Turkey. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 8, : 257-276.).

Hutchings, B.L., Wirtlin, M.J. 1995. Implementation Approaches fo Reconfigurable Logic Applications, 5th International Workshop on Filed Programable Logic and Applications, Oxford, England, pp 419-428.

Iou, F., Bloobjerg F. ve Chen Z., 2002

Johnson, G.L. (2001), “Wind Energy Systems”, Manhattan, KS

Köse, R., Özgür, M. A., Erbaş, O., Tuğcu, A., 2003, The analysis of wind data and wind energypotential in Kutahya, Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews 8 (2004) 277–288

Martha, S.K., Hariprakash B., Gaffoor S.A., Ambalavanan S., Shukla A.K. 2005 “Assembly and performance of hybrid-VRLA cells and batteries”, *Journal of Power Sources*, 144

Oslin, G.R., 1995. Using Xilinx FPGA’s to design custom digital processing devices, Proceedings of DSPX, pp 565-604.

Polat, 2000. Şen,2003; Jaramillo and Borja,2004

Rimberger, S.M. 1994. Field programable Gate Arrays, Kluwer Academic Publishers, New York.

Stanley, M., Particia, L. 1996. A Guide to VHDL, by Kluwer Academic Publishers.

Watt, F., Wilson, F., 2001. Hava ve _klim, Nurol Matbacılık, Ankara, 48p.

Yerebakan, M., 2001. Rüzgar Enerjisi, Su Matbacılık Ltd Sti., istanbul,

Willert, C. 2000. The Evolution of Programable Logic Design Technology, Xilinx Inc.

Villasenor, J.,William, H.M. 1997. Reconfigurable Computing, Scirntific American.

TEZLER

Ceylan, M., Muğla bölgesinde mermer endüstrisinin elektrik enerjisi talebini karşılamak için, MATLAB paket programı ile rüzgar çiftliği tasarım çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Muğla, 2006

Demirtaş, M., Güneş ve Rüzgar Enerjisi Kullanılarak Şebeke ile Paralel Çalışabilen Hibrit Enerji Santrali Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008

Kekezoğlu, B., Şebekeden Bağımsız Çalışan Hibrit Enerji Sistemlerde Risk Değerlendirmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008

Koca, N., Konutlarda Enerji Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2006

Nur, T., Tekrar Düzenlenebilir İşlem Katı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul, 2000

Kutlu, S., Güneş Tarlası ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve SDÜ Kampus Alanında Bir Uygulama Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2002

Toklu, M., Rüzgar Enerjisi ve Elazığ Şartlarında Bir Rüzgar Santrali Tasarımı, Yüksek Lisans, Fırat Üniversitesi Elazığ, 2002

Venkatesan, R., FPGA Implementation of Residue Number System, Master Thesis, University of Windsor. Dept. of E.E., 1994

ANONİM

Anonim a, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Konya Ticaret Odası, www.kto.org.tr

Anonim b, Alternatif Enerji www.fizik.us,2008

Anonim c, yenilenebilir Enerji Kaynakları Projesi, Dünya Bankası, www.worldbank.org.tr, 2006

Anonim d, Bitmeyen Bela: Nükleer Enerji, Bekleyen Fırsat: Yenilenebilir Enerji, ilk Adım RüzgarEnerjisi, www.cmo.org.tr, (02.03.2006)

Anonim e, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Elektrik Mühendisleri Odası , www.emo.org.tr, 2006

Anonim f, Güneş Pili Sistemleri, www.veribaz.com

Anonim g, Güneş Pillerinin Tarihçesi, Elektrik İşleri Etüt Dairesi, www.eie.gov.tr

Anonim h, Güneş Pilleri, <http://www.enerjikaynaklari.net>

Anonim ı, Sistemlerin Karşılaştırılması,(Solar Power Info (free energy))

Anonim j, Yavaşlatma katsayısı, www.windpower.org

Anonim k, Biyogaz, <http://www.enerji.gov.tr/yenilenebilirenerji.htm>

Anonim l, Hibrit Enerji Sistemleri, www.conergy.com.tr/desktopdefault.aspx/tabid-1540//2263_read-8069/

Anonim m, Hibrit Enerji Sistemleri, http://en.wikipedia.org/wiki/Wind-Diesel_Hybrid_Power_Systems#Isolated_communities_using_Wind-Diesel_systems

Anonim n, Elektrik Tüketim Eğrisi, www.microsis.com

Anonim o, Güç Faktörü kavramı, <http://www.powerstream.com/VA-Watts.htm>

Anonim p, **altema enerji, www.altemaenerji.com.tr**

Anonim r, Yenilenebilir Enerji, Tanay Sıdkı Uyar, www.bugday.org, 2006

Ek- A

Matlab Simülasyon Kodları

genel.m

```

clc, clear all, close all;

dizi_t1 = [484.777 484.777 484.777 484.777 484.777 484.777 484.785
485.188 ...
485.578 485.976 486.389 486.792 487.181 487.558 487.918 488.25
488.605 ...
488.981 488.981 488.981 488.981 488.981 488.981 488.981 488.981
488.981 ...
488.981 488.981 488.981 488.981 488.988 489.393 489.759 490.046
490.372 ...
490.71 491.089 491.485 491.869 492.257 492.626 492.999 492.999
492.999 ...
492.999 492.999 492.999 492.999 492.999 492.999 492.999 492.999
492.999 ...
492.999 493.01 493.422 493.833 494.21 494.542 494.908 495.296
495.678 ...
496.067 496.457];

dizi_t2 = [220.021 220.021 220.021 220.021 220.021 220.021 220.021
...
220.021 220.021 220.021 220.021 220.021 220.021 220.021 220.021
220.021 ...
220.021 220.031 220.426 220.822 221.219 221.629 222.005 222.005
222.005 ...
222.005 222.005 222.005 222.005 222.005 222.005 222.005 222.005
222.005 ...
222.005 222.005 222.005 222.005 222.005 222.005 222.005 222.014
222.408 ...
222.79 223.187 223.564 223.945 223.945 223.945 223.945 223.945
223.945 ...
223.945 223.945 223.945 223.945 223.945 223.945 223.945 223.945
223.945 ...
223.945 223.945 223.945];

dizi_t3 = [ 364.439 364.831 365.235 365.627 366.033 366.441 366.837
...
366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 ...
366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 366.837 366.848 ...
367.227 367.621 368.011 368.41 368.812 369.208 369.581 369.973 ...
369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 ...
369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 369.973 369.981 ...
370.356 370.735 371.142 371.547 371.962 372.367 372.762 373.166 ...
373.166 373.166 373.166 373.166 373.166 373.166 373.166 373.166
373.166];

dizi_toplam = [1069.237 1069.629 1070.033 1070.425 1070.831 1071.239
...
1071.643 1072.046 1072.436 1072.834 1073.247 1073.65 1074.039 ...
1074.416 1074.776 1075.108 1075.463 1075.849 1076.244 1076.64
1077.037 ...

```

```

1077.447 1077.834 1078.213 1078.607 1078.997 1079.396 1079.798
1080.194 ...
1080.566 1080.966 1081.371 1081.737 1082.024 1082.35 1082.688
1083.067 ...
1083.463 1083.847 1084.235 1084.604 1084.986 1085.38 1085.762
1086.159 ...
1086.536 1086.925 1087.3 1087.679 1088.086 1088.491 1088.906
1089.311 ...
1089.706 1090.121 1090.533 1090.944 1091.321 1091.653 1092.019
1092.407 ...
1092.789 1093.178 1093.568 ];

gunes_dizi = [0 0 0 0 0 2 71 195 213 228 237 249 246 239 224 205 43
10 0 ...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 42 124 162 181 193 204 193 184 175 161 24 5 0
0 0 0 0 0 ];

%gunes_dizi = gunes_dizi /1000;
per_fak = [ 0.0200 0.0760 0.2720 0.3810 0.4150 0.4290 0.4390 0.433];

ruzgar_hiz = [1 3.2 4.2 1.3 3.5 2.7 3.3 3.5 1 1.2 2.1 2 3.4 4.5 5
4.9 ...
3.9 3 3 4 4 4.5 4 3 2.9 5.2 6.2 4.3 5.5 4.7 5.3 5 3.5 3.1 4.1 4 5.4
6.5 ...
7 7.2 6.1 6 5 6 6 7.5 6 6];

[w_g h_g] = size(ruzgar_hiz);

for i = 1 : 48
    ruzgar_dizi(i) = (5.26 * ruzgar_hiz(i)^3 *
per_fak(round(ruzgar_hiz(i)))) / 1000;
end

borc = 0;
j = 1: 49
figure,

borc_1 = grafik_1(dizi_toplam(1 : 49) * 1);
borc_2 = grafik_2(dizi_toplam(1 : 49)* 1);
borc_3 = grafik_3(dizi_toplam(1 : 49)* 1);
borc_4 = grafik_4(dizi_toplam(1 : 49)* 1);
borc_5 = grafik_5(dizi_toplam(1 : 49)* 1);

plot(j, borc_1, '*')
hold on;
plot(j, borc_2,'rp')
hold on;
plot(j, borc_3,'g')
hold on;
plot(j, borc_4,'b')
hold on;
plot(j, borc_5,'bo')

xlabel('Saat');
ylabel('Maliyet');

```

```

figure,
x = 1:48

bar(x, ruzgar_hiz);
figure,
bar(x, ruzgar_dizi);
figure,
bar(x, gunes_dizi /1000);

[w h] = size(dizi_t1);

for i = 1 : h - 1

    fark_t1(i) = dizi_t1(i + 1) - dizi_t1(i);
    fark_t2(i) = dizi_t2(i + 1) - dizi_t2(i);
    fark_t3(i) = dizi_t3(i + 1) - dizi_t3(i);
    fark_toplam(i) = dizi_toplam(i + 1) - dizi_toplam(i);

end

grafik_1.m

function borc = grafik_1(dizi_toplam)

ruzgar = 0
gunes = 0
bio = 3.5;
borc = zeros(1, 49);

gunes_dizi = [0 0 0 0 0 2 71 195 213 228 237 249 246 239 224 205 43
10 0 ...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 42 124 162 181 193 204 193 184 175 161 24 5 0
0 0 0 0 0 ];

gunes_dizi = gunes_dizi /1000;
per_fak = [ 0.0200 0.0760 0.2720 0.3810 0.4150 0.4290 0.4390 0.433];

ruzgar_hiz = [1 3.2 4.2 1.3 3.5 2.7 3.3 3.5 1 1.2 2.1 2 3.4 4.5 5
4.9 ...
3.9 3 3 4 4 4.5 4 3 2.9 5.2 6.2 4.3 5.5 4.7 5.3 5 3.5 3.1 4.1 4 5.4
6.5 ...
7 7.2 6.1 6 5 6 6 7.5 6 6];

[w_g h_g] = size(ruzgar_hiz);

for i = 1 : 48
    ruzgar_dizi(i) = (5.26 * ruzgar_hiz(i)^3 *
per_fak(round(ruzgar_hiz(i)))) / 1000;
end

```

```

for i = 2 : 49

    kontrol_r = 0;
    kontrol_g = 0;

    m = mod(i, 24);

    %%%%%%%%%%% T2 Zamanı

    if m > 17 & m < 23
        if gunes > .5
            if ruzgar > 3.2
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
                kontrol_r = 1;
            else
                gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            end
            borc(i) = borc(i - 1);

        elseif ruzgar > .5
            if gunes > 2.7
                kontrol_g = 1;
                gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            else
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            end
            borc(i) = borc(i - 1);
        elseif bio > .5

            if ruzgar > 3.2
                kontrol_r = 1;
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            elseif gunes > 2.7
                gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
                kontrol_g = 1;
            else
                bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
            end
            borc(i) = borc(i - 1)
        else

            if ruzgar > 3.2
                kontrol_r = 1;
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
                borc(i) = borc(i - 1)
            elseif gunes > 2.7
                kontrol_g = 1;

```

```

gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    borc(i) = borc(i - 1)
    else
        borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 22.241;
    end

    end
elseif m < 7 | m > 22

    if ruzgar > 3.2
        kontrol_r = 1;
        ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        borc(i) = borc(i - 1)
    elseif gunes > 2.7
        gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        borc(i) = borc(i - 1)
        kontrol_g = 1;
    else
        borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 6.18343;
    end
    i

elseif m > 6 & m < 18
    if gunes > .5
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r= 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        else
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end

        borc(i) = borc(i - 1);
    elseif ruzgar > .5

        if gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        else
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1);
    elseif bio > .5
        bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
        borc(i) = borc(i - 1);
    else
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));

```



```

        borc(i) = borc(i - 1)
    elseif gunes > 2.7
        kontrol_g = 1;
        gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        borc(i) = borc(i - 1)
    else
        borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 12.9006
    end
end
end
if kontrol_r == 0
    ruzgar = ruzgar + ruzgar_dizi(i-1);
    if ruzgar > 3.5
        ruzgar = 3.5;
    end
end
if kontrol_g == 0
    gunes = gunes + gunes_dizi(i-1);
    if gunes > 3.5
        gunes = 3.5;
    end
end
end
gunes
ruzgar
bio
borc

```

grafik_2.m

```

function borc = grafik_2(dizi_toplam)

ruzgar = 0
gunes = 0
bio = 3.5;

borc = zeros(1, 49);

gunes_dizi = [0 0 0 0 0 2 71 195 213 228 237 249 246 239 224 205 43
10 0 ...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 42 124 162 181 193 204 193 184 175 161 24 5 0
0 0 0 0 0 ];

gunes_dizi = gunes_dizi /1000;
per_fak = [ 0.0200 0.0760 0.2720 0.3810 0.4150 0.4290 0.4390 0.433];

ruzgar_hiz = [1 3.2 4.2 1.3 3.5 2.7 3.3 3.5 1 1.2 2.1 2 3.4 4.5 5
4.9 ...
3.9 3 3 4 4 4.5 4 3 2.9 5.2 6.2 4.3 5.5 4.7 5.3 5 3.5 3.1 4.1 4 5.4
6.5 ...
7 7.2 6.1 6 5 6 6 7.5 6 6];

[w_g h_g] = size(ruzgar_hiz);

```

```

for i = 1 : 48
    ruzgar_dizi(i) = (5.26 * ruzgar_hiz(i)^3 *
per_fak(round(ruzgar_hiz(i)))) / 1000;
end

for i = 2 : 49

    kontrol_r = 0;
    kontrol_g = 0;

    m = mod(i, 24);

    if m > 17 & m < 23
        if gunes > .5
            if ruzgar > 3.2
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
                kontrol_r = 1;
            else
                gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            end

            borc(i) = borc(i - 1);
        elseif ruzgar > .5
            if gunes > 2.7
                kontrol_g = 1;
                gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            else
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            end
            borc(i) = borc(i - 1);
        elseif bio > .5
            if ruzgar > 3.2
                kontrol_r = 1;
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            elseif gunes > 2.7
                gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
                kontrol_g = 1;
            else
                bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
            end
            borc(i) = borc(i - 1)
        else
            if ruzgar > 3.2
                kontrol_r = 1;
                ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            else
                borc(i) = borc(i - 1)
            elseif gunes > 2.7
                kontrol_g = 1;

```

```

        gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        borc(i) = borc(i - 1)
    else
        borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 22.241;
    end

    end
elseif m < 7 | m > 22

    if gunes > .5
        if ruzgar > 3.2
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            kontrol_r = 1;
        else
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1)
    elseif ruzgar > .5
        if gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        else
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1)
    elseif bio > .5

        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        elseif gunes > 2.7
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            kontrol_g = 1;
        else
            bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1)
    else
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1)
    elseif gunes > 2.7
        kontrol_g = 1;
        gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    end
        borc(i) = borc(i - 1)
    else

```

```

        borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 6.18343;
        end
        i

    end
elseif m > 6 & m < 18
    if gunes > .5
        if ruzgar > 3.2
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            kontrol_r = 1;
        else
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1);
    elseif ruzgar > .5
        if gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        else
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1);
    elseif bio > .5
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        elseif gunes > 2.7
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            kontrol_g = 1;
        else
            bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1);
    else
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1)
    elseif gunes > 2.7
        kontrol_g = 1;
        gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    end
        borc(i) = borc(i - 1)
    else
        borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 12.9006
        end

    end
end
end

```

```

    if kontrol_r == 0
        ruzgar = ruzgar + ruzgar_dizi(i-1);
        if ruzgar > 3.5
            ruzgar = 3.5;
        end
    end
    if kontrol_g == 0
        gunes = gunes + gunes_dizi(i-1);
        if gunes > 3.5
            gunes = 3.5;
        end
    end
end
gunes
ruzgar
bio
borc

```

grafik_3.m

```

function borc = grafik_3(dizi_toplam)

ruzgar = 0
gunes = 0
bio = 3.5;
borc = zeros(1, 49);

gunes_dizi = [0 0 0 0 0 2 71 195 213 228 237 249 246 239 224 205 43
10 0 ...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 42 124 162 181 193 204 193 184 175 161 24 5 0
0 0 0 0 0 ];

gunes_dizi = gunes_dizi /1000;
per_fak = [ 0.0200 0.0760 0.2720 0.3810 0.4150 0.4290 0.4390 0.433];

ruzgar_hiz = [1 3.2 4.2 1.3 3.5 2.7 3.3 3.5 1 1.2 2.1 2 3.4 4.5 5
4.9 ...
3.9 3 3 4 4 4.5 4 3 2.9 5.2 6.2 4.3 5.5 4.7 5.3 5 3.5 3.1 4.1 4 5.4
6.5 ...
7 7.2 6.1 6 5 6 6 7.5 6 6];

[w_g h_g] = size(ruzgar_hiz);

for i = 1 : 48
    ruzgar_dizi(i) = (5.26 * ruzgar_hiz(i)^3 *
per_fak(round(ruzgar_hiz(i)))) / 1000;
end

for i = 2 : 49
    kontrol_r = 0;
    kontrol_g = 0;
    m = mod(i, 24);

```

```

if m > 17 & m < 23
  if ruzgar > .5
    if gunes > 2.7
      kontrol_g = 1;
      gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    else
      ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    end
    borc(i) = borc(i - 1);

  else
    if ruzgar > 3.2
      kontrol_r = 1;
      ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
      borc(i) = borc(i - 1)
    elseif gunes > 2.7
      kontrol_g = 1;
      gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
      borc(i) = borc(i - 1)
    else
      borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 22.241;
    end
  end
elseif m < 7 | m > 22
  if ruzgar > 3.2
    kontrol_r = 1;
    ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    borc(i) = borc(i - 1)
  elseif gunes > 2.7
    kontrol_g = 1;
    gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    borc(i) = borc(i - 1)
  else
    borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 6.18343;
  end
  i

elseif m > 6 & m < 18

  if ruzgar > .5
    if ruzgar > 3.2
      ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
      kontrol_r = 1;
    else
      gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    end
    borc(i) = borc(i - 1);
  elseif bio > .5

```

```

        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1)));
        elseif gunes > 2.7
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1)));
            kontrol_g = 1;
        else
            bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1);
    else
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1)));
            borc(i) = borc(i - 1)
        elseif gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1)));
            borc(i) = borc(i - 1)
        else
            borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 12.9006
        end
    end
end
if kontrol_r == 0
    ruzgar = ruzgar + ruzgar_dizi(i-1);
    if ruzgar > 3.5
        ruzgar = 3.5;
    end
end
if kontrol_g == 0
    gunes = gunes + gunes_dizi(i-1);
    if gunes > 3.5
        gunes = 3.5;
    end
end
end
gunes
ruzgar
bio
borc

```

grafik_4.m

```
function borc = grafik_4(dizi_toplam)
```

```
ruzgar = 3.5
```

```

gunes = 2.1
bio = 3.5;
borc = zeros(1, 25);

for i = 2 : 25
    borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1)) *
12.90061;

end

```

grafik_5.m

```

function borc = grafik_5(dizi_toplam)

ruzgar = 0
gunes = 0
bio = 3.5;
borc = zeros(1, 49);

gunes_dizi = [0 0 0 0 0 2 71 195 213 228 237 249 246 239 224 205 43
10 0 ...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 42 124 162 181 193 204 193 184 175 161 24 5 0
0 0 0 0 0 ];

gunes_dizi = gunes_dizi /1000;
per_fak = [ 0.0200 0.0760 0.2720 0.3810 0.4150 0.4290 0.4390 0.433];

ruzgar_hiz = [1 3.2 4.2 1.3 3.5 2.7 3.3 3.5 1 1.2 2.1 2 3.4 4.5 5
4.9 ...
3.9 3 3 4 4 4.5 4 3 2.9 5.2 6.2 4.3 5.5 4.7 5.3 5 3.5 3.1 4.1 4 5.4
6.5 ...
7 7.2 6.1 6 5 6 6 7.5 6 6];

[w_g h_g] = size(ruzgar_hiz);

for i = 1 : 48
    ruzgar_dizi(i) = (5.26 * ruzgar_hiz(i)^3 *
per_fak(round(ruzgar_hiz(i)))) / 1000;
end

for i = 2 : 49

    kontrol_r = 0;
    kontrol_g = 0;

    m = mod(i, 24);

    if m > 17 & m < 23

```



```

    if bio > .5
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        elseif gunes > 2.7
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            kontrol_g = 1;
        else
            bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1)
    else
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            borc(i) = borc(i - 1)
        elseif gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            borc(i) = borc(i - 1)
        else
            borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 22.241;
        end
    end
    elseif m < 7 | m > 22
        if ruzgar > 3.2
            kontrol_r = 1;
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            borc(i) = borc(i - 1)
        elseif gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
            borc(i) = borc(i - 1)
        else
            borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 6.18343;
        end
    end
    i

elseif m > 6 & m < 18

    if ruzgar > .5
        if gunes > 2.7
            kontrol_g = 1;
            gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        else
            ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
        end
        borc(i) = borc(i - 1);

```

```

elseif bio > .5
  if ruzgar > 3.2
    kontrol_r = 1;
    ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
  elseif gunes > 2.7
    gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    kontrol_g = 1;
  else
    bio = bio - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i - 1));
  end
  borc(i) = borc(i - 1);
else
  if ruzgar > 3.2
    kontrol_r = 1;
    ruzgar = ruzgar - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    borc(i) = borc(i - 1)
  elseif gunes > 2.7
    kontrol_g = 1;
    gunes = gunes - (dizi_toplam(i) - dizi_toplam(i -
1));
    borc(i) = borc(i - 1)
  else
    borc(i) = borc(i - 1) + (dizi_toplam(i) -
dizi_toplam(i - 1)) * 12.9006
  end

  end
end
if kontrol_r == 0
  ruzgar = ruzgar + ruzgar_dizi(i-1);
  if ruzgar > 3.5
    ruzgar = 3.5;
  end
end
if kontrol_g == 0
  gunes = gunes + gunes_dizi(i-1);
  if gunes > 3.5
    gunes = 3.5;
  end
end
end
gunes
ruzgar
bio
borc

```

hasimi_1.vhd

VHDL ile sistemin FPGA tabanlı tasarımı

Mat-lab ta simülasyon sonucu çıkan değerleri karşılaştırıp yöntem konusunda sonucumuza varmış olduk. Kontrol kartının FPGA tabanlı olacağını daha önce de belirtmiştik. Aşağıda VHDL kodlarıyla FPGA tasarımı uygulaması gerçekleştirilmiştir.

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

---- Uncomment the following library declaration if instantiating
---- any Xilinx primitives in this code.
--library UNISIM;
--use UNISIM.VComponents.all;

entity hasismi_v1 is
port(
    clk : in std_logic
);
end hasismi_v1;

architecture Behavioral of hasismi_v1 is
signal borc : integer := 0;
begin

process(clk)
type dizi is array (0 to 24) of integer;

variable dizi_toplam : dizi := (1069237,
```

```
1069629, 1070033, 1070425, 1070831, 1071239,  
1071643, 1072046, 1072436, 1072834, 1073247, 1073650,  
1074039, 1074416, 1074776, 1075108, 1075463, 1075849,  
1076244, 1076640, 1077037, 1077447, 1077834, 1078213,  
1078607);
```

```
variable sayac : integer := 1;  
variable gunes : integer := 2100;  
variable ruzgar : integer := 3500;  
variable bio : integer := 3500;
```

```
begin
```

```
  if clk'event and clk = '1' then
```

```
    if sayac < 24 then
```

```
      sayac := sayac + 1;
```

```
    if sayac > 17 and sayac < 23 then
```

```
      if gunes > 500 then
```

```
        gunes := gunes - (dizi_toplam(sayac) -
```

```
dizi_toplam(sayac - 1));
```

```
      elsif ruzgar > 500 then
```

```
        ruzgar := ruzgar - (dizi_toplam(sayac) -
```

```
dizi_toplam(sayac - 1));
```

```
      elsif bio > 500 then
```

```

                                bio := bio - (dizi_toplam(sayac) -
dizi_toplam(sayac - 1));

                                else

                                borc <= borc + (dizi_toplam(sayac) -
dizi_toplam(sayac - 1)) * 22241;

                                end if;
                                elsif sayac < 7 or sayac > 22 then

                                borc <= borc + (dizi_toplam(sayac) - dizi_toplam(sayac
- 1)) * 6183;

                                elsif sayac > 6 and sayac < 18 then
                                    if gunes > 500 then
                                        gunes := gunes - (dizi_toplam(sayac) -
dizi_toplam(sayac - 1));
                                    elsif ruzgar > 500 then
                                        ruzgar := ruzgar - (dizi_toplam(sayac) -
dizi_toplam(sayac - 1));
                                    elsif bio > 500 then
                                        bio := bio - (dizi_toplam(sayac) -
dizi_toplam(sayac - 1));
                                    else
                                        borc <= borc + (dizi_toplam(sayac) -
dizi_toplam(sayac - 1)) * 12900;
                                    end if;
                                end if;
```

```
        end if;
    else
        borc <= borc / 1000000;
    end if;

    end if;
end process;

end Behavioral;
```


Kastamonu'da Et Entegre Tesisine Ait Saatlik Elektrik Tüketim Verileri

Isim	Aciklama	Tarih	Aktif(1.8.0)	Aktif R(1.8.1)	Aktif S(1.8.2)	Aktif T(1.8.3)
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	00:01:07	1069,237	484,777	220,021	364,439
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	01:00:37	1069,629	484,777	220,021	364,831
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	02:00:57	1070,033	484,777	220,021	365,235
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	03:00:27	1070,425	484,777	220,021	365,627
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	04:00:47	1070,831	484,777	220,021	366,033
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	05:01:06	1071,239	484,777	220,021	366,441
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	06:00:36	1071,643	484,785	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	07:00:55	1072,046	485,188	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	08:00:26	1072,436	485,578	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	09:00:46	1072,834	485,976	220,021	366,837

Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	10:01:06	1073,247	486,389	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	11:00:38	1073,65	486,792	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	12:00:58	1074,039	487,181	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	13:00:28	1074,416	487,558	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	14:00:48	1074,776	487,918	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	15:01:08	1075,108	488,25	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	16:00:38	1075,463	488,605	220,021	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	17:00:58	1075,849	488,981	220,031	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	18:00:28	1076,244	488,981	220,426	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	19:00:48	1076,64	488,981	220,822	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	20:00:20	1077,037	488,981	221,219	366,837
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	19:00:48	1077,447	488,981	221,629	366,837

2	Sayaç	21:00:40				
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	22:01:00	1077,834	488,981	222,005	366,848
Kastamonu Entegre	Yeni	19.11.2008				
2	Sayaç	23:00:29	1078,213	488,981	222,005	367,227
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	00:00:49	1078,607	488,981	222,005	367,621
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	01:01:09	1078,997	488,981	222,005	368,011
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	02:00:40	1079,396	488,981	222,005	368,41
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	03:01:00	1079,798	488,981	222,005	368,812
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	04:00:30	1080,194	488,981	222,005	369,208
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	05:00:49	1080,566	488,981	222,005	369,581
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	06:00:19	1080,966	488,988	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	07:00:39	1081,371	489,393	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	08:00:58	1081,737	489,759	222,005	369,973

Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	09:00:30	1082,024	490,046	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	10:00:50	1082,35	490,372	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	11:00:20	1082,688	490,71	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	12:00:40	1083,067	491,089	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	13:01:03	1083,463	491,485	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	14:00:33	1083,847	491,869	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	15:00:53	1084,235	492,257	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	16:00:24	1084,604	492,626	222,005	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	17:00:44	1084,986	492,999	222,014	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	18:01:03	1085,38	492,999	222,408	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	19:00:33	1085,762	492,999	222,79	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	20:00:00	1086,159	492,999	223,187	369,973

2	Sayaç	20:00:53				
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	21:00:24	1086,536	492,999	223,564	369,973
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	22:00:44	1086,925	492,999	223,945	369,981
Kastamonu Entegre	Yeni	20.11.2008				
2	Sayaç	23:01:04	1087,3	492,999	223,945	370,356
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	00:00:34	1087,679	492,999	223,945	370,735
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	01:00:54	1088,086	492,999	223,945	371,142
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	02:00:25	1088,491	492,999	223,945	371,547
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	03:00:45	1088,906	492,999	223,945	371,962
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	04:01:04	1089,311	492,999	223,945	372,367
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	05:00:34	1089,706	492,999	223,945	372,762
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	06:00:54	1090,121	493,01	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	07:00:23	1090,533	493,422	223,945	373,166

Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	08:00:44	1090,944	493,833	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	09:01:03	1091,321	494,21	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	10:00:33	1091,653	494,542	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	11:00:53	1092,019	494,908	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	12:00:22	1092,407	495,296	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	13:00:41	1092,789	495,678	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	14:01:01	1093,178	496,067	223,945	373,166
Kastamonu Entegre	Yeni	21.11.2008				
2	Sayaç	15:00:31	1093,568	496,457	223,945	373,166

ÖZGEÇMİŞ

Abdurrahim HAŞİMİ, 1982 Cizre/ŞIRNAK doğumludur. 1988-1996 yılları arasında Cizre Atatürk ilköğretimokulu, Alçık Köyü ilköğretimokulu, Diyarbakır Yunus Emre ilköğretim okulu, Diyarbakır Namık Kemal ilköğretim okulu, Cizre menderes ilköğretim okulu ve Cizre lisesinde ilk ve orta eğitimini almıştır. 2000-2005 yılında Anadolu Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Mezuniyetten sonra türktelekomun yüklenici bir firmasında işe başlamış, proje müdürlüğü yapmış daha sonra kendi kurduğu firmasında serbest mühendis müşavirlik yapmıştır. Şimdi Ankara Hacettepe teknokentte bir ar-ge firmasında ar-ge mühendisi olarak iş hayatına devam etmektedir. 2006 yılında Muğla üniversitesi Enerji anabilim dalında başladığı yüksek lisansa devam etmektedir.