

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BESLENEN AKILLI DURAKLARDA
ENERJİ YÖNETİMİ**

ÇETİN TAHTACI

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



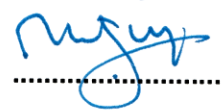
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BESLENEN AKILLI DURAKLARDA
ENERJİ YÖNETİMİ

ÇETİN TAHTACI

Yrd.Doç.Dr.Mehmet Zeki BİLGİN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr.Bekir ÇAKIR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Mehmet UÇAR
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 02.01.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde otobüs duraklarında yolcuların memnuniyetini artırmak önem arz etmektedir. İnsanlar bir yerden başka bir yere seyahat ederken otobüs yolcu duraklarını kullanmaktadırlar. Bu duraklarda yaklaşık bir insan 5-30 Dk arasında bekleme yapmaktadırlar. Bu süre zarfında en önemli ihtiyaçlarını giderebilmelidirler. Bu ihtiyaçlar güvende olabilme, iletişimi sağlamayabilmedir. Normal yolcu duraklarında mevcut bu ihtiyaçlar sağlanamamaktadır. Yolcu duraklarının geceleri elektriksiz kalması, duraklar arası iletişim olmaması sorun teşkil etmektedir. Mevcut duraklara elektrik hattının verilmesi çevreye zarar vermesine, mali külfet getirmesine ayrıca yapılan kazı çalışmalarının trafiği olumsuz yönde etkileyeceği kaçınılmaz olmuştur. Mevcut yolcu duraklarda elektrik bağlantısının sağlanamadığı yerlerde güneş enerjisiyle beslenen akıllı yolcu durakları yukarıda belirtilen bu olumsuzlukları bertaraf edecektir. Akıllı yolcu duraklarında yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji maliyetleri düşürülmektedir. Bu amaçla bu yüksek lisans tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak bir yolcu durağı için enerji yönetim algoritması oluşturulmuştur. Yapılan senaryo çalışması ile önerilen akıllı yolcu durağının ülkemize hem çevresel hem de ekonomik anlamda değer katacağını düşünmekteyim.

Bu yüksek lisans tez çalışmamda yardımcı olan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet Zeki BİLGİN' e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca manevi desteklerini hiç esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili eşime teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın sonuçları itibariyle başta Kocaeli ilinde olmak üzere ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları ile yapılacak akıllı duraklara olan ilgiyi arttırmasını ve mevcut enerjinin daha verimli kullanılması için atılacak adımları daha da hızlandırmasını diliyorum.

Ocak-2018

Çetin TAHTACI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
GİRİŞ.....	1
1. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	2
1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2
1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'deki Durumu.....	2
1.3. Güneş Işınımı.....	4
1.4. Fotovoltaik Etki.....	5
1.5. Güneş Hücreleri Çeşitleri.....	5
1.5.1. Monokristal güneş hücresi	6
1.5.2. Polikristal güneş hücresi	6
1.5.3. Galyum arsenit güneş hücresi	7
1.5.4. İnce film malzemeler.....	7
1.5.5. Amorf silisyum güneş hücresi	8
1.5.6. Kadmiyum-Tellür güneş hücresi	8
1.5.7. Bakır indiyum diselenid güneş hücre	9
1.6. Güneş Pili Eşdeğer Devresi.....	9
1.6.1. Solbion Fx-SP100 güneş pilinin parametrelerinin incelenmesi	10
1.6.2. Güneş pilinin matlab ile modellenmesi	11
1.6.3. Güneş pilinin I-V karakteristiğinin çıkarılması.....	12
1.6.4. Güneş pilinin P-V karakteristiğinin çıkarılması	13
1.7. Türkiye'nin Yararlanılabilir Güneş Enerjisi Potansiyeli	14
1.8. Kocaeli İli Güneş Potansiyeli	18
1.8.1. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi güneş ışınımı.....	19
1.9. Güneş Pili Kullanım Alanları	24
1.9.1. Türkiye'deki güneş pili uygulamaları	27
1.9.2. Dünyadaki güneş pili uygulamaları	26
1.10. Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MPPT/MGNI)	29
2. ŞEHİR İÇİ YOLCU DURAKLARI VE ÖZELLİKLERİ.....	30
2.1. Durak Yer Seçimi Kriterleri	30
2.2. Otobüs Duraklarının Yer Seçiminde Dikkat Edilecek Kurallar	30
2.3. Toplu Taşıma Duraklarında Bilgilendirme İşaret ve Sembolleri.....	33
2.4. Durak Yapım Kuralları	33
2.5. Mevcut Durakların Durumu.....	35
2.5.1. Çalışmamda seçilen 213 nolu İzmit-Kartepe İstasyon hattı gidiş-dönüş durakları	35
2.6. Mevcut Durakların Elektrik Bağlantıları ve Tertibatları	36
3. AKILLI DURAKLAR VE ALT SİSTEM BİLEŞENLERİ.....	38
3.1. DA/AA Eviriciler (İnverterler).....	39
3.1.1. Tek fazlı eviriciler.....	40
3.1.2. Gerilim kontrollü DGM	43

3.2. Elektriksel Enerji Depolama Sistemleri	45
3.2.1. Ultrakapasitörler / Süperkapasitörler	46
3.2.2. Süperiletken manyetik enerji depolama	46
3.2.3. Yakıt hücreleri	47
3.2.4. Lityum-iyon piller.....	48
3.2.5. Kurşun asit bataryalar	48
3.2.6. Nikel-Kadmiyum piller	49
3.2.7. Nikel-Metal hidrit piller.....	50
3.2.8. Na-NiC1 (Zebra) batarya	51
3.3. Akü Şarj Regülatörü (Şarj Kontrol Cihazı)	52
4. AKILLI DURAK İÇİN ÖNEMLİ SİSTEMLER	54
4.1. Akıllı Duraklarda Araç Takip Sistemi.....	54
4.1.2. Merkez sunucu	54
4.1.3. Harita ekranı	55
4.1.4. Kontrol ekranı	55
4.1.5. Bilgilendirme ekranları	56
4.1.6. Led ekran	56
4.1.7. LCD monitör	56
4.2. Akıllı Duraklarda USB Şarj	56
4.3. Akıllı Duraklarda Hızlı Şarj Sistemi	58
4.4. Akıllı Duraklarda Kar - Buz Birikimini Engelleme Sistemleri	59
5. DURAKTA KULLANILACAK YÜK TİPLERİNİN BELİRLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASI	61
5.1. Aydınlatma Yükleri	62
5.2. USB Yükleri.....	76
5.3. Priz Yükleri	76
5.4. Dijital Panel / Haberleşme Modülü Panosu.....	77
5.5. Toplam Talep Gücünün Belirlenmesi.....	78
6. ÜRETİLEN GÜCÜN TAHMİNİ	80
6.1. Durakta Kullanılacak Olan Güneş Panel Bilgileri.	80
6.2. Panellerden Elde Edilecek Güçlerin Tahmini	81
7. ÖNERİLEN AKILLI ENERJİ VE DEPOLAMA YÖNETİM ALGORİTMASI	84
7.1. Anahtarlama Türleri.....	85
7.2. Çalışma Modları	85
7.3. Enerji Yönetim Algoritması Ana Plan	87
7.4. Senaryo-1 Yağışlı Hava.....	92
7.5. Senaryo-2 Karlı Hava	92
7.6. Senaryo-3 Güneşli Hava	93
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ülkemiz Elektrik Enerjisi Üretimini Gelişimi	3
Şekil 1.2. Güneş ışınımı çeşitleri	5
Şekil 1.3. Monokristal Güneş hücresi	6
Şekil 1.4. Polikristal Güneş Hücresi	7
Şekil 1.5. MidSTAR-1 uydusunun galyum arsenit güneş panelleri	7
Şekil 1.6. Amorf Silisyum Güneş Hücresi	8
Şekil 1.7. Kadmiyum-Tellür Güneş Hücresi	8
Şekil 1.8. Bakır İndiyum Diselenid Güneş Hücresi	9
Şekil 1.9. Güneş pili tek hücre eşdeğer devresi	10
Şekil 1.10. Foton akımının matlab simulink ile modellenmesi.....	11
Şekil 1.11. Diyot ters doyma akımının matlab simulink ile modellenmesi.	12
Şekil 1.12. Çıkış geriliminin modellenmesi	12
Şekil 1.13. I-V karakteristiği için gereken matlab topolojisi	13
Şekil 1.14. Salbion Fx I-V karakteristiği.....	13
Şekil 1.15. P-V karakteristiği için gereken matlab topolojisi.....	13
Şekil 1.16. Salbion Fx P-V karakteristiği	14
Şekil 1.17. P-V ve I-V karakteristiğinin aynı eksenlerde gösterimi	14
Şekil 1.18. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)	15
Şekil 1.19. Bulutluluk durumuna göre ışınımın değişimi	16
Şekil 1.20. Avrupa küresel yatay ışınım haritası.....	17
Şekil 1.21. Kocaeli Güneş Enerjisi Potansiyeli (2016)	19
Şekil 1.22. Kocaeli'de Aktif Üretim Yapan Tesisler ve Kurulu Güçleri (2016).....	19
Şekil 1.23. 2014 yılında ölçülen aylık ışınım ortalamalarının ve	20
Şekil 1.24. Polikristal P 60 tipindeki güneş panelinin sıcaklık sensörü.....	21
Şekil 1.25. 1250 W poli kristal (P 60) tipindeki FV sisteme ait 2014 yılı ay ve tüm yıl güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri	22
Şekil 1.26. 1170 W mono kristal (M 48) tipindeki FV sisteme ait 2014 yılı ay ve tüm yıl güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri.....	23
Şekil 1.27. 1200 W ince-film tipindeki FV sisteme ait 2014 yılı ay ve tüm yıl güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri.....	24
Şekil 1.28. Şebekeden bağımsız (off-grid) sistem	25
Şekil 1.29. EİE Didim şebekeye bağlı güneş pili sistemi.....	26
Şekil 1.30. Solar I (İspanya).....	28
Şekil 1.31. Nisan 2016 itibarıyla dünyanın en büyük güneş enerji santrali NUR (Tunus).....	28
Şekil 2.1. Engelli otobüs durağı ölçüleri.	32
Şekil 2.2. Otobüs duraklarındaki bilgilendirme işaretleri	33
Şekil 2.3. Otobüs durak cebinin asgari ölçüleri	34
Şekil 2.4. Yol kenarı otopark müsaadeli yollarda park eden diğer araçlara bordürlerle yapılmış cepler vasıtasıyla durağın korunması	34
Şekil 2.5. Kartepedeki mahalle içindeki mevcut duraklar.....	36
Şekil 2.6. D100 Karayolu üzerindeki mevcut duraklar	36
Şekil 3.1. Gerilim kaynaklı tek fazlı tam köprü evirici.....	40
Şekil 3.2. Kare dalga uygulanarak yapılan anahtarlama ile çıkış gerilim ve akım dalga formları	41
Şekil 3.3. Sinüsoidal DGM kontrol blok şeması	44

Şekil 3.4. Çift yönlü gerilim anahtarlamalı sinüsoidal DGM taşıyıcı ve referans gerilimleri.....	44
Şekil 3.5. Çift yönlü gerilim anahtarlamalı sinüsoidal DGM çıkış gerilimi	45
Şekil 3.6. Ultrakapasitörün yapısı.....	46
Şekil 3.7. Yakıt Pili prensip çalışması.....	47
Şekil 3.8. Lityum İyon Bataryaların iç yapısı.....	48
Şekil 3.9. Kurşun-Asit bataryanın iç yapısı	49
Şekil 3.10. Nikel-Kadmiyum batarya	50
Şekil 3.11. Nikel –Metal Hidrit batarya.	50
Şekil 3.12. Zebra batarya.....	51
Şekil 3.13. Bataryaların enerji ve güç yoğunluklarının karşılaştırılması	52
Şekil 3.14. PV Sistemlerinde Kullanılan Regülatör Örnekleri.....	53
Şekil 4.1. Akıllı duraklarda araç takip sistemi	54
Şekil 4.2. Akıllı durak harita tak.....	55
Şekil 4.3. USB Bağlantı türü elektriksel özellikleri	58
Şekil 4.4. Hızlı şarj sistemi	59
Şekil 4.5. Yer ısıtma şilteleri uygulaması.....	59
Şekil 4.6. Sistemin uygulama aşamaları	60
Şekil 5.1. Ocak 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	64
Şekil 5.2. Şubat 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	65
Şekil 5.3. Mart 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	66
Şekil 5.4. Nisan 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	67
Şekil 5.5. Mayıs 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	68
Şekil 5.6. Haziran 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	69
Şekil 5.7. Temmuz 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik.....	70
Şekil 5.8. Ağustos 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik.....	71
Şekil 5.9. Eylül 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik.....	72
Şekil 5.10. Ekim Ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	73
Şekil 5.11. Kasım ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik.....	74
Şekil 5.12. Aralık 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik	75
Şekil 5.13. 2016 Yılı aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik.....	75
Şekil 5.14. USB yüklerinin sistem tanımlamadaki gösterimi ve S5 anahtarı	76
Şekil 5.15. Priz yüklerinin sistem tanımlamadaki gösterimi ve S7 anahtarı.....	77
Şekil 5.16. Dijital panel yüklerinin sistem tanımlamadaki gösterimi ve S6 anahtarı	78
Şekil 5.17. Yüklerin aylara göre enerji ihtiyacı.....	79
Şekil 7.1. Akıllı enerji yönetim ve depolama sisteminin prensip şeması.	84
Şekil 7.2. Akıllı enerji yönetim algoritması ana planlama.....	88
Şekil 7.3. Yarın üretilecek güneş enerjisinin (Wg) hesaplanması A1 algoritma	89
Şekil 7.4. Yarın ihtiyaç duyulacak harcanacak enerjiyi (Wh) hesapla A2 algoritma	90
Şekil 7.5. Akülerin doluluk oranı SOC oku (Wb) A3 algoritma	90
Şekil 7.6. Enerji Yönetim Algoritması (A4).....	91

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1.	Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh).....	3
Tablo 1.2.	Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (GWh)	4
Tablo 1.3.	Solbion Flex Sp100 parametreleri	11
Tablo 1.4.	Türkiye güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri	15
Tablo 1.5.	Dünya’da kurulu bazı fotovoltaik kapasiteler.....	17
Tablo 1.6.	Kocaeli 1950–2014 yılları arası ortalama sıcaklık ve güneşlenme süresi.....	18
Tablo 1.7.	Sabit güneş paneli için mevsimsel optimum eğim açıları	20
Tablo 1.8.	EİE Didim şebekeye bağlı güneş pili sisteminin özellikleri	27
Tablo 2.1.	Otobüs durak cebi ölçüleri.....	34
Tablo 2.2.	213 Nolu İzmit-Kartepe İstasyon Otobüs Hat Güzergahları	35
Tablo 3.1.	Eviricinin a ve b anahtarlama parametreleri.....	41
Tablo 3.2.	Tek fazlı tam köprü eviricinin çalışması	42
Tablo 3.3.	Bataryaların enerji ve güç yoğunluklarının karşılaştırılması	51
Tablo 5.1.	Yük cinsine göre tüketim miktarları.....	62
Tablo 5.2.	Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan aydınlatma yükleri.....	63
Tablo 5.3.	Ocak ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	63
Tablo 5.4.	Şubat ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	64
Tablo 5.5.	Mart ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	65
Tablo 5.6.	Nisan ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	66
Tablo 5.7.	Mayıs ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	67
Tablo 5.8.	Haziran ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	68
Tablo 5.9.	Temmuz ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri.....	69
Tablo 5.10.	Ağustos ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri.....	70
Tablo 5.11.	Eylül ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri.....	71
Tablo 5.12.	Ekim ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri.....	72
Tablo 5.13.	Kasım ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	73
Tablo 5.14.	Aralık 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri	74
Tablo 5.15.	Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan USB yükleri.....	76
Tablo 5.16.	Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan Priz yükleri	77
Tablo 5.17.	Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan Dijital panel/Haberleşme modülü yükleri.....	77
Tablo 5.18.	Yüklere göre toplam talep gücünün ay bazında listesi.....	79
Tablo 6.1.	Ocak 2016-Haziran 2016 panellerden elde edilen güçler	82
Tablo 6.2.	Temmuz 2016-Aralık 2016 panellerden elde edilen güçler	83
Tablo 7.1.	Çalışma Modları	86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	:Üstel bölge gerilimi, (V)
Ah	:Amper-saat
A _{SA}	:Güneş hücresinin aktif alanı, (m ²)
B	:Üstel bölge zaman sabitinin tersi ya da üstel kapasite, (Ah ⁻¹)
CdS	:Kadmiyum sülfid
CdTe	:Kadmiyum-tellurid
CIGS	:Bakır indiyum galyum (di)selenid ince-film
CIS	:Bakır indiyum (di)selenid
e	:Elektriksel yük, (C)
E _g	:Enerji band aralığı, (eV)
E _{H₂O₂}	:H ₂ O ₂ reaksiyonunun standart potansiyeli, (V)
E ₀	:Batarya sabit gerilimi, (V)
eV	:Elektron-Volt
F	:Faraday sabiti, (C)
Ga	:Galyum
GaAs	:Galyum arsenit
GaInAs	:Galyum indiyum arsenit
GaInP	:Galyum indiyum fosfat
Ge	:Germanyum
h _c	:Güneş hücresinin soğuma katsayısı, (W/K/m ²)
I _D	:PN jonksiyon (diyot) akımı, (A)
I _{fc}	:Yakıt hücresi akımı, (A)
I _L	:Işık üretme akımı, (A)
I _{mpp}	:Maksimum güç noktası akımı, (A)
In	:İndiyum
I _S	:Güneş hücresinde diyotun ters doyma akımı, (A)
I _{SA}	:Solar hücrenin akımı, (A)
I _{sc}	:Kısa devre akımı, (A)
I _{SO}	:Ortam sıcaklığındaki doyma akımı, (A)
i	:Gerçek batarya akımı, (A)
i*	:Düşük frekansta akım dinamikleri, (A)
it	:Mevcut batarya kapasitesi (Ah)
K	:Batarya polarizasyon direnci, (Ω)/ polarizasyon sabiti, (Ah ⁻¹)
k	:Boltzmann sabiti, (eV·K ⁻¹)
kW	:Kilowatt
kWh	:Kilowatt saat
kWp	:FV panelin kilowatt tepe değeri
M	:Güneş hücresinin ortalama kütlesi, (kg)
mc-Si	:Çoklu kristal silisyum hücresi
MW	:Megawatt
N	:Hücre sayısı
PbS	:Kurşun sülfid
P _{fc}	:Yakıt hücresinde üretilen elektriksel güç, (W)
P _{ir}	:Parlaklık (ışınım), (W/ m ²)
P _{ir0}	:T ₀ sıcaklığındaki parlaklık (ışınım), (W/ m ²)
PL1	:L1 yükünün talep ettiği güç
PL2	:L2 yükünün talep ettiği güç

P_{mpp}	:Maksimum güç değeri, (W)
P_r	:Yakıt hücresindeki hidrojen basıncı, (N/m ²)
Q	:Maksimum batarya kapasitesi, (Ah)
R_e	:Güneş hücresinde ortalama spektral duyarlılık, (A/W)
r_i	:($i=0, 1, 2$ için) deneysel verilerden belirlenmiş katsayı
R_s	:Güneş hücresinin seri direnci, (Ω)
R_{sh}	:Güneş hücresinin şönt (paralel) direnci, (Ω)
S	:Şebeke
sw	:Anahtarlama elemanı
T_{FC}	:Yakıt hücresi sıcaklığı, ($^{\circ}K$),
T_0	:Ortam sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
T_{SA}	:Güneş hücresinin sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
u_{fc}	:Yakıt hücresi yararlanma (kullanım) faktörü
V_b	:Gerçek batarya gerilimi (lineer olmayan), (V)
V_D	:PN jonksiyon (diyot) gerilimi, (V)
V_d	:DC giriş gerilimi, (V)
V_{fc}	:Yakıt hücresi gerilimi, (V)
V_{mpp}	:Maksimum güç noktası gerilimi, (V)
V_o	:Çıkış gerilimi, (V)
V_{oc}	:Açık devre gerilimi, (V)
V_r	:Sinüsoidal DGM referans gerilimi, (V)
V_{SA}	:Güneş hücresinin gerilimi, (V)
V_t	:Sinüsoidal DGM taşıyıcı gerilimi, (V)
V_{TH}	:Güneş hücresinin termal potansiyeli, (V)
α	:Tristör ateşleme açısı, ($^{\circ}$)
γ	:Güneş hücresinde diyotun ideallik faktörü
η	:Güneş hücresinin quantum verimliliği, (%)
ρ	:Güneş hücresinin yansıma katsayısı
T	:Güneş hücresinin iletim katsayısı

Kısaltmalar

AC	:Alternative Current (Alternatif Akım)
BJT	:Bipolar Jonksiyon Transistör
DC	:Direct Current (Doğru Akım)
DGM	:Darbe Genişlik Modülasyonu
DME	:Devlet Meteoroloji Enstitüsü
EİE	:Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FV	:Fotovoltaik
GEPA	:Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GTO	:Gate Turn Off (Kapıdan Tıkanabilen Tristör)
IGBT	:Insulated Gate Bipolar Transistor (İzole edilmiş iki kutuplu transistör)
LED	:Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
MCT	:Mos Kontrollü Tristör
MGNİ	:Maksimum Güç Noktası İzleyicisi
MKE	:Makina ve Kimya Enstitüsü
SCR	:Silicon Controlled Rectifier (Silikon Kontrollü Doğrultucu)
SOC	:State Of Charge (Batarya Şarj Durumu)
TÜBİTAK	:Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UGET-TB	:Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü
YEGM	:Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BESLENEN AKILLI DURAKLARDA ENERJİ YÖNETİMİ

ÖZET

Enerji talebine olan ihtiyacın her geçen gün artması ve sera gazı etkinin azaltılmasının artık çok önemli bir kriter olması ile birlikte talep edilen enerjinin yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi çağımızın en popüler gereksinimidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş bu alanda sahip olduğu bazı özellikler (miktarının sonsuz olması, işletme maliyetinin düşük olması vs.) ile ön plana çıkmaktadır. Güç elektroniği teknolojisi alanında yaşanan ilerlemeler inverter ve DC-DC konvertörlerinin verimlerinin ciddi derecede yükselmesi, panel üreten firma ve ülke sayısının artması ile birim üretim maliyetlerinin düşmesi, üretim için gerekli olan hammaddenin temin edilmesinin kolay olması pek çok solar enerji uygulamalarını ülkemizde mümkün kılmıştır. Özellikle kendi enerjisini üreten ve şebekeye ihtiyaç duymayan sistemler yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu çalışmada şebekeden hiç enerji almadan yenilenebilir güneş enerjisini kullanan ve bu enerjinin sürekliliğini sağlamak için üretim, depolama ve kullanım şartlarını kontrol eden bir akıllı enerji yönetim sistemine sahip yolcu durağı önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Duraklar, Enerji Depolama, Enerji Yönetimi, Güneş Pilleri.

ENERGY MANAGEMENT IN SMART STOPS POWERED BY SOLAR ENERGY

ABSTRACT

It is the most popular requirement of our time to produce demanded energy from renewable sources, with the demand for energy demand increasing day by day and the reduction of greenhouse gas effect being a very important criterion. The sun from renewable energy sources comes to the forefront with some features that this area has (such as infinite amount, low operating cost, etc.). Progress in the field of power electronics technology has made possible many solar energy applications in our country because of the increase in the efficiency of inverter and DC-DC converters, increase in the number of panel manufacturers and countries, decrease in unit production costs and easy supply of raw materials required for production. In particular, systems that produce their own energy and that do not need a network have become widespread. In this study, a passenger stop with an intelligent energy management system was proposed that uses renewable solar energy without any energy from the grid and controls production, storage and use conditions to ensure continuity of this.

Keywords: Smart Stops, Energy Storage, Energy Management, Solar Batteries.

GİRİŞ

Şehir içi ve şehir dışı yolcu taşımacılığın öncelikle karayolu ile yapıldığı ülkemizde yolcu durakları sayısı çok yüksektir ve her gün milyonlarca kişi duraklarda belli bir süre beklemektedir. Bu sebeple duraklar aydınlatılmış, reklam alanları haline dönüşmüş, ışıklı reklam panolarının yanı sıra dijital ekranlar bile duraklara ilave edilmeye başlanmıştır. Hatta kablosuz iletişim kullanılarak merkez ile ulaşım araçları haberleşmeye bile başlanmıştır. Duraklardaki bu modernizasyon beraberinde enerji talebini de getirmiş ve modernize olmuş duraklar artık elektrik enerjisi tüketen yapılara dönüşmüştür. Duraklara enerji sağlamak için yoğun şehir içi bölgelerde elektrik şebekesinin yeraltında olması, durağın bulunduğu tarafta elektrik şebekesinin olmaması veya durağın yerinin değiştirilmesi sebebi ile yollar kazılıp durağa şebeke elektrik enerjisi ulaştırılamamaktadır. Bu işlemler, maddi kayıpların yanında montaj ve bakımda işgücü kaybına, durağı ve yolu kullanan vatandaşların zor durumda kalmalarına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, sadece yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile enerji ihtiyacını karşılayan, şebeke bağlantısı olmayan, enerjinin sürekliliğini sağlamak amacı ile bataryada enerji depolayan, durakta bulunan yükleri üretilen ve depolanmış enerjiye göre kontrol eden akıllı bir enerji yönetim sistemine sahip bir yolcu durağı önerilmiştir. Çalışmada sistem enerji yönetim algoritması oluşturularak sonuçlar senaryo edilmiştir.

1. GÜNEŞ ENERJİSİ

1.1.Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar güneş, rüzgâr, jeotermal, biyolojik süreçler ve akan su (hidrolik güç) olarak sıralanabilir.

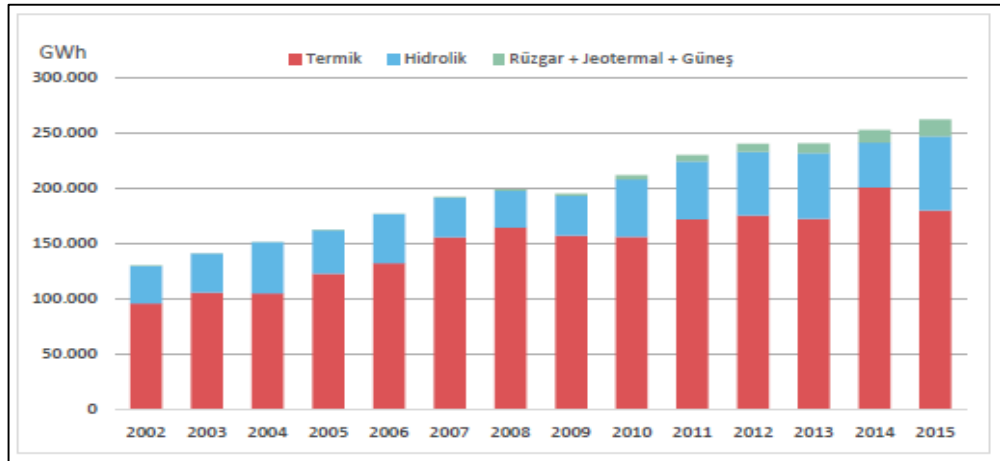
1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'deki Durumu

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre 2016 Yılı Eylül Ayı sonu itibarıyla 203.491 GWh olan elektrik üretimimizin 134.773 GWh'i termik santrallerden, 53.305 GWh'i hidroelektrik santrallerden, 15.412 GWh'i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2009 yılı ile birlikte yenilenebilir enerji kaynak bazlı üretimimizde ciddi artışlar gözlenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ve jeotermal bazlı üretimimiz 2002 yılındaki 153 MWh seviyelerinden 2015 yılı sonu itibarıyla güneşin de dahil olmasıyla 15.271 GWh düzeyine ulaşmıştır. Son 14 yıllık süreç içerisinde 2009 yılı hariç tüm yıllarda elektrik üretimimizde %8,9'lara varan artışlar yaşanmıştır [1].

2016 Yılı Eylül Ayı sonu itibarıyla elektrik üretimimizin %66,2'si termik santrallerden, %26,2'si hidroelektrik santrallerden, %7,6'sı da diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2002-2016 Eylül dönemi içerisinde termik ve hidrolik kaynaklı elektrik üretim oranları mevcut oranlara kıyasla çok fazla değişkenlik göstermezken rüzgâr ve jeotermal kaynaklı elektrik üretim oranları 2002 yılındaki değeri olan %0,1'lerden 2016 Yılı Eylül Ayı sonu itibarıyla rüzgâr, güneş ve jeotermal kaynaklı elektrik üretim oranları %7,6'ya kadar yükselmiştir [1]. Kaynak bazında Türkiye elektrik enerjisi üretim, Tablo 1.1'de gösterilmiştir. Ülkemizin 2002-2016 yılları arasında üretilen enerji türleri ise Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh) [1]

YIL	TERMİK	HİDROLİK	RÜZGÂR + GÜNEŞ + JEOTERMAL	TOPLAM	ARTIŞ (%)
2002	95.563	33.684	153	129.400	5,4%
2003	105.101	35.330	150	140.581	8,6%
2004	104.464	46.084	151	150.698	7,2%
2005	122.242	39.561	153	161.956	7,5%
2006	131.835	44.244	221	176.300	8,9%
2007	155.196	35.851	511	191.558	8,7%
2008	164.139	33.270	1.009	198.418	3,6%
2009	156.923	35.958	1.931	194.813	-1,8%
2010	155.828	51.796	3.585	211.208	8,4%
2011	171.638	52.339	5.418	229.395	8,6%
2012	174.872	57.865	6.760	239.497	4,4%
2013	171.812	59.420	8.921	240.154	0,3%
2014	200.417	40.645	10.901	251.963	4,9%
2015	179.366	67.146	15.271	261.783	3,9%
ORAN (2015)	68,5%	25,7%	5,8%	100%	-
2016 Eylül Sonu	134.773	53.305	15.412	203.491	



Şekil 1.1. Ülkemiz Elektrik Enerjisi Üretiminin Gelişimi [1].

Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı çizelgesini (Tablo 1.2) incelediğimizde, 2016 Yılı Eylül Ayı sonu itibarıyla toplam elektrik enerjisi üretimi içinde termik santrallerden ürettiğimiz elektrik enerjisinin oranı %66,2'dir. Bu oran içerisinde ilk sırayı %32,44'lik payı ile kömür kaynaklı santraller alırken onu %32,4'lük orana sahip doğalgaz + LNG kaynaklı santraller takip

etmektedir. Termik santralleri %26,2'lik pay ile hidrolik takip etmektedir. 2016 Yılı Eylül Ayı sonu itibarıyla 2014 yılına göre rüzgâr santrallerinde üretilen elektriğin toplam üretimdeki payının %3,4'ten %5,6'ya yükselmiş olması son derece önem arz etmektedir [1].

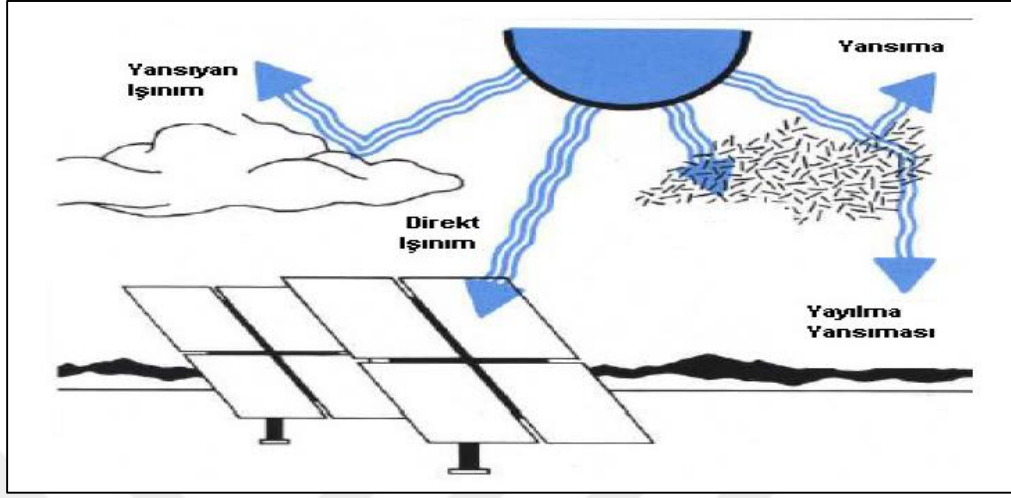
Tablo 1.2. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (GWh) [1].

		2014		2015		2016 Eylül Sonu	
BİRİNCİL ENERJİ KAYNAĞI		ELEKTRİK ÜRETİMİ (GWh)	TOPLAM ÜRETİM İÇİNDEKİ PAYI	ELEKTRİK ÜRETİMİ (GWh)	TOPLAM ÜRETİM İÇİNDEKİ PAYI	ELEKTRİK ÜRETİMİ (GWh)	TOPLAM ÜRETİM İÇİNDEKİ PAYI
KÖMÜR	Taşkömürü+ İthal Kömür+ Asfaltit	39.647	15,7%	44.830	17,12%	38.419	18,88%
	Linyit	36.615	14,5%	31.336	11,97%	27.594	13,56%
SIVI YAKITLAR	FUEL-OIL	1.663	0,66%	980	0,37%	1.305	0,64%
	MOTORİN	482	0,19%	1.244	0,48%		0,0%
	LPG		0,00%		0,0%		0,0%
	Nafta		0,00%		0,0%	20	0,01%
DOĞALGAZ + LNG		120.576	47,9%	99.219	37,9%	65.929	32,4%
YENİLENEBİLİR + ATIK		1.433	0,57%	1.758	0,67%	1.505	0,74%
TERMİK		200.417	79,5%	179.366	68,52%	134.773	66,23%
HİDROLİK		40.645	16,1%	67.146	25,6%	53.305	26,2%
RÜZGÂR		8.520	3,4%	11.652	4,45%	11.318	5,56%
JEOTERMAL		2.364	0,9%	3.424	1,31%	3.506	1,72%
GÜNEŞ		17,4	0,01%	194	0,07%	589	0,29%
GENEL TOPLAM		251.963	100%	261.783	100%	203.491	100%

1.3. Güneş Işınımı

Güneş, foton yayan bir enerji kaynağıdır. Güneşin sahip olduğu enerji, dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık 10000 katı civarındadır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının yoğunluğu, Dünya ile Güneş arası uzaklığa bağlıdır. Yıl içinde bu değer 1325 W/m² ile 1412 W/m² arasında değişim gösterir. Ortalama değer olarak kabul edilen güneş sabiti 1367 W/m² dir. Şekil 1.2'de görüldüğü gibi güneş ışınları, yansıma, soğurma (ozon, su buharı, oksijen ve CO₂) ve bulut gibi engelleyici faktörler sebebiyle yeryüzüne ulaşana kadar bazı kayıplara uğrarlar.

Yeryüzüne ulasan direkt ve dağınık ısınımlar (yayılma yansıması), elektrik üretimi açısından faydalı ısınımlar olarak tanımlanabilir.



Şekil 1.2. Güneş ısınımı çeşitleri

1.4. Fotovoltaik Etki

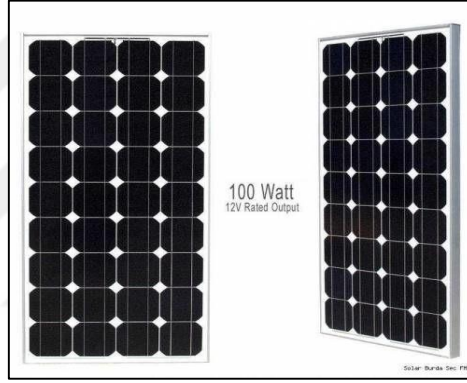
Fotovoltaik etki ilk olarak 1839 yılında Fransız fizikçi Alexandre-Edmond Becquerel tarafından tanımlanmıştır. İlk güneş hücresi, %1 verimliliğinde Charles Fritts tarafından üretilmiş bulunmaktadır. Güneş hücresi, güneşin yaydığı fotonları soğurarak yani fotonun sahip olduğu enerjisi kendi yapısında bulunan serbest elektronlara kazandırarak elektrik akımı oluşmasını sağlar. Elektrik akımı, DA formdadır ve elektrik akımının büyüklüğü, güneş ışınım şiddeti, hücre ve çevresel sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik gösterir.

1.5. Güneş Hücresi Çeşitleri

Güneş hücreleri, genellikle silisyum yarı iletkeninin çeşitli süreçlerden geçirilmesi neticesinde üretilmektedir. Eriyik halde bulunan silisyum elementi katkılanarak p ve n tipi malzemeler oluşturulur. Katkılanma, saf yarı iletken eriyik içersine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak ilave edilmesiyle yapılır. En yaygın güneş hücresi maddesi olarak kullanılan silisyumdan “ n tipi” silisyum elde etmek için silisyum eriyiğine periyodik cetvelin 5A grubundan bir element eklenir. Bu element örneğin fosfor olabilir. P tipi silisyum elde etmek için ise, silisyum eriyiğine 3A grubundan bir element eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron noksanlığı oluşur, bu elektron yokluğuna boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de “p tipi” ya da “alıcı” katkı maddeleri denir.

1.5.1. Monokristal güneş hücresi

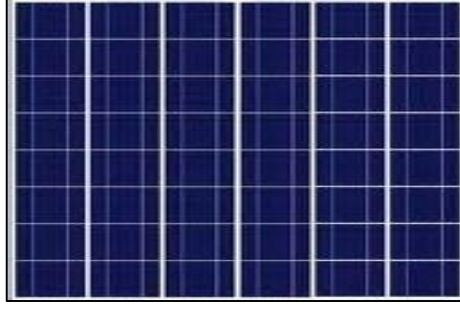
Yüksek saflıktaki polikristal malzeme kuvars malzemesi içinde eritilir. Tekli kristal silikon tanecikleri erimiş, polikristal malzeme içine batırılır ve bir süre sonra monokristal malzeme eriyik içinden yavaşça çekilir ve külçeler halinde bir yapı meydana gelir. Bu yapı düzgün parçalar halinde 200-400 µm kalınlığında kesilir. Malzeme daha sonra katkılanır, kaplanır ve elektriksel bağlantıları yapılır ve güneş hücresi meydana gelir. Verimleri %15-18 arasında olup verimlerinin yüksek oluşundan dolayı uzun vadeli yatırımlar için idealdir. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda %20'lik bir verime ulaşılmıştır. Maliyetini geri ödeme süresi 4-6 yıl arasındadır. 20 yıllık bir sürede %7 verim kaybı meydana gelmektedir. Saf kristal gereksinimi yüzünden pahalıdır [2]. 4,5 \$/W Tipik bir monokristal hücre Şekil 1.3'de görülmektedir.



Şekil 1.3. Monokristal Güneş hücresi

1.5.2. Polikristal güneş hücresi

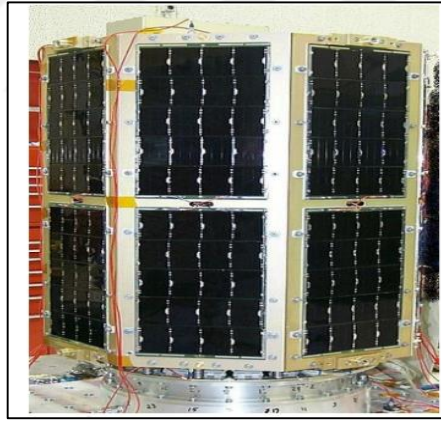
Malzemenin dış kristal yapısı, elektron akışını aksattığından, monokristal güneş hücrelerine göre verimleri daha düşük olup %10-14 civarındadır. Üretimi monokristal hücrelere göre daha kolaydır. Silikon malzeme kendiliğinden, ince şerit şeklinde eriyik malzeme içinden çıkarılır ve kesim isine gerek kalmaz. Ayrıca monokristal hücrelere göre yapısal olarak daha dayanıklıdır. Verimleri %12-15 arasında olup, kristal yapıları tam homojen olmadığından ucuzdurlar. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda %16,2'lik bir verime ulaşılmıştır. İlk yatırım maliyetini geri ödeme süresi 2-4,5 yıl arasındadır. 20 yıllık bir sürede %14 verim kaybı meydana gelir. Üretim süreci monokristale oranla daha ucuz olduğundan fiyatları 3,5 \$/W [3]. Tipik bir polikristal güneş hücresi Şekil 1.4'de görülmektedir.



Şekil 1.4. Polikristal Güneş Hücresi

1.5.3. Galyum arsenit güneş hücresi

Işığı soğurma yeteneği silikon malzemeye göre daha fazladır. Aynı miktardaki ışığı birkaç mikro metre kalınlığındaki GaAs tabaka soğurabilirken, silikon malzeme için 200-300 μm ' lik bir kalınlık gerekmektedir. GaAs tipi güneş hücrelerin verimleri %25-30 civarı olup, laboratuvar koşullarında %40'lara ulaşılmıştır [4]. Üretim maliyeti çok yüksek olup ve yüksek sıcaklarda çalışabilmesi daha çok uzay uygulamalarında tercih edilmesine neden olmuştur. Şekil 1.5'de MidSTAR uydusunun galyum arsenit güneş panelleri görülmektedir.



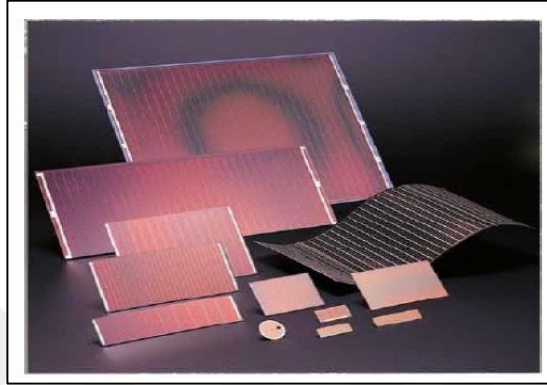
Şekil 1.5. MidSTAR-1 uydusunun galyum arsenit güneş panelleri

1.5.4. İnce film malzemeler

Fotovoltaik malzeme; düşük maliyetli, cam, metal veya plastik folyo ile kaplanmıştır. Silikon malzemelere göre ışığı daha iyi soğururlar. Çok ince bir tabaka, 200-300 μm kalınlığındaki silikon ile aynı miktarda ışığı soğurur. Kaplama malzemesinin maliyeti düşük ve üretim süreci oldukça kısadır. En büyük dezavantajı düşük enerji dönüşüm verimine sahip olmasıdır. Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellür ve Bakır İndiyum Diselenid ince film malzemelere örnek olarak gösterilebilir.

1.5.5. Amorf silisyum güneş hücresi

Düşük güç gerektiren elektronik uygulamalarda tercih edilir. Silikon atomunun kristalsiz yapısı seklindedir. Tekli kristal yapısına göre 40 kat daha fazla ışığı soğurma özelliğine sahiptir. Üretim aşamasında yüksek sıcaklıklara gerek duyulmaz. Üretim süreci, tekli kristal hücreye göre kolay ve az enerji gerektirdiğinden maliyeti düşüktür. Verimleri %5-9 mertebesinde olup, kısa ömürlüdür. Şekil 1.6'da amorf silisyum güneş hücresi görülmektedir.



Şekil 1.6. Amorf Silisyum Güneş Hücresi

1.5.6. Kadmiyum-Tellür hüneş hücresi

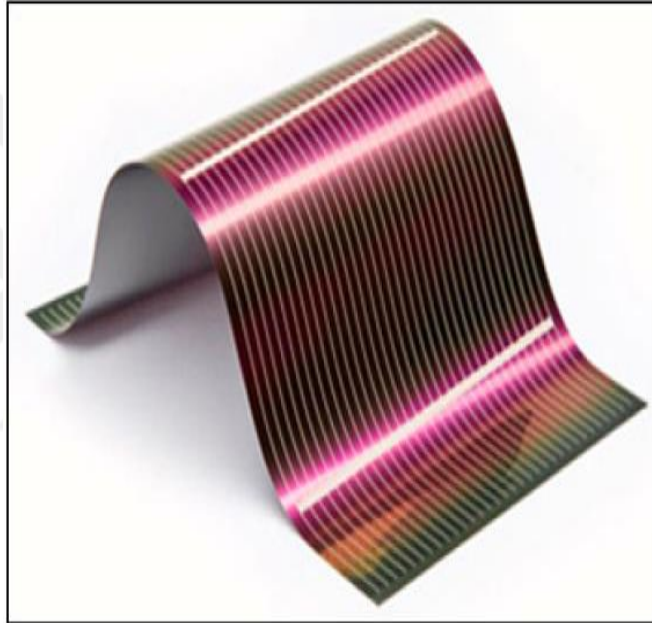
Işığı soğurma yeteneği yüksek olmasına rağmen kadmiyumun zehirli bir malzeme olmasından dolayı, üretim sürecinde ciddi önlemler alınmalıdır. Bu yüzden üretim maliyeti yüksektir. Ayrıca enerji dönüşüm verimi ise %7'ler mertebesinde olup, uygulamada pek tercih edilmez. Şekil 1.7'de Kadmiyum tellür güneş hücresi görülmektedir.



Şekil 1.7. Kadmiyum-Tellür Güneş Hücresi

1.5.7. Bakır indiyum diselenid güneş hücre

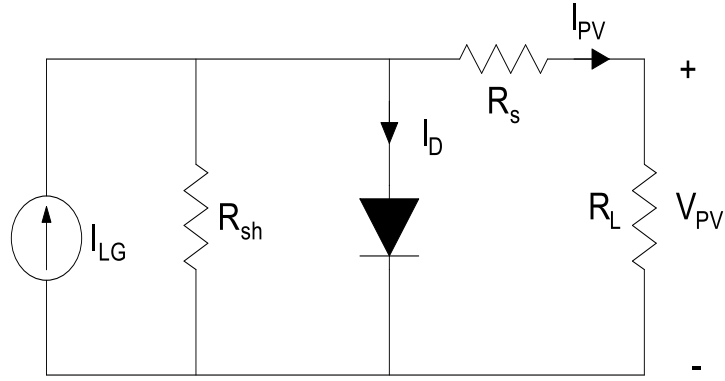
İnce film güneş hücrelerinin içinde üzerinde en çok durulan teknoloji olup, ışığı soğurma yeteneği yüksektir. 2008 yılında Uluslar arası Yenilenebilir Enerji Labaratuarı (National Renewable Energy Laboratory - NREL)' nda yapılan çalışma sonucu %19,9 hücre verimine ulaşılmıştır. İnce film teknolojisinde en yüksek verim elde edilen teknoloji budur. Malzeme yapısı karmaşık olduğu için üretim maliyeti yüksektir. Yapısında bulunan Hidrojen Selenür zehirli bir gaz olduğu için üretim sürecinde önlem alınmalıdır. Şekil 1.8'de bakır indiyum diselenid güneş hücresi görülmektedir.



Şekil 1.8. Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Hücresi

1.6. Güneş Pili Eşdeğer Devresi

Güneş pilinin matematiksel modelinin çıkarılması için Şekil 1.9'daki tek hücre eşdeğeri kullanılacaktır. Eşdeğer devrede, I_{LG} foton akımı, R_s seri direnci, R_{sh} şönt direnci, I_{RS} diyot ters doyum akımı, I_{PV} panel çıkış akımı, V_{PV} panel çıkış gerilimidir. Şekil 1.9'da güneş pili tek hücre eşdeğer devresi gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Güneş pili tek hücre eşdeğer devresi

Şekil 1.9'da gösterilen I_{LG} foton tokımı Denklem (1.1)'den hesaplanabilir [8].

$$I_{LG} = [I_{Scr} + K_i(T - 298)]\beta/1000 \quad (1.1)$$

Burada β [W/m^2], anlık ışınım değeri, T sıcaklıktır. Diyotun ters doyum akımı ise Denklem (1.2)'deki gibidir;

$$I_{RS} = I_{Scr}/(e^{(qV_{oc}/NkAT)} - 1) \quad (1.2)$$

Pilin çıkış akımı ise Denklem (1.3)'ten hesaplanabilir.

$$I_{PV} = N_p I_{LG} - N_p I_0 (e^{q(V_{PV} + I_{PV} R_s) N_s k AT} - 1) \quad (1.3)$$

V_{pv} : Panelin çıkış gerilimi (V)

I_{pv} : Panelin çıkış akımı (A)

T : Panelin sıcaklık değeri (K)

I_{LG} : Fotonların oluşturduğu akım değeri (A)

I_0 : Modül doyum akımı (A)

k : Boltzman sabiti = 1.3805×10^{-23} J/K

q : Elektron yükü = 1.6×10^{-19} C

R_s : Modülün seri direnç değeri

$I_{Scr} = 0.0017A / oC$

β : Modülün ışınım değeri(irradiation)(W/m^2) = $1000W/m^2$

N_s : Seri hücre sayısı

N_p : Paralel hücre sayısı

1.6.1. Solbion Flex Sp100 güneş pilinin parametrelerin incelenmesi

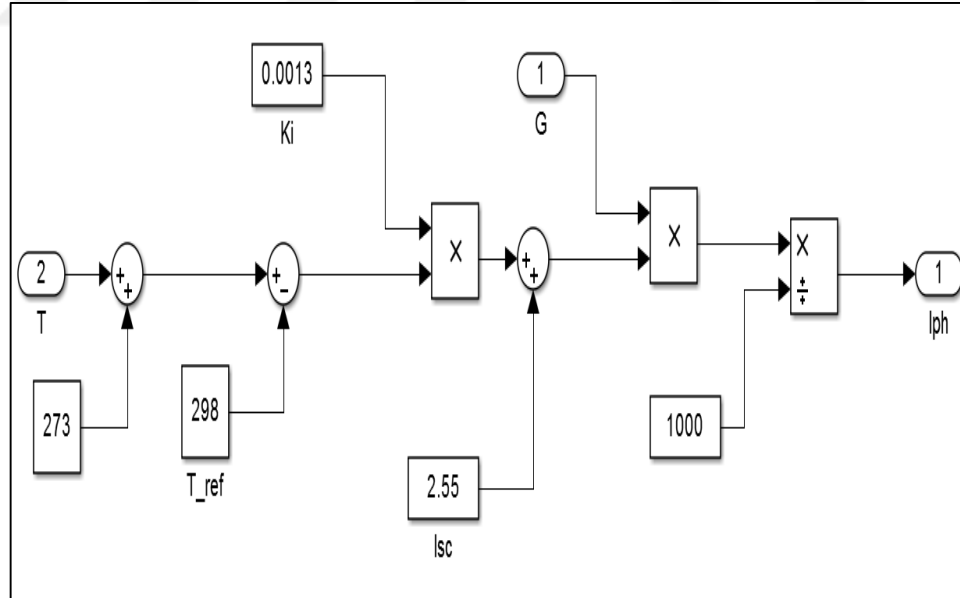
Tablo 1.3. Solbion Flex Sp100 parametreleri

Model	Solbion Flex Sp100
Güç	102 W
Nominal Gerilim	18.0 V
Nominal Akım	5.7 A
Açık Devre Gerilimi	21.8 V
Kısa Devre Akımı	6 A
Boy	1109 mm
En	546 mm
Kalınlık	2 mm
Hücre Sayısı	32

Tablo 1.3'de Solbion Flex Sp 100 parametreleri gösterilmiştir.

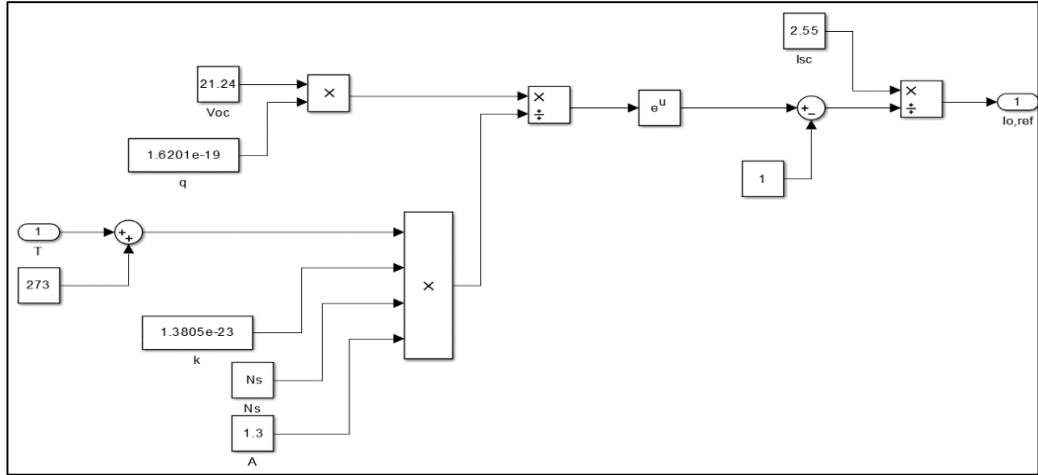
1.6.2. Güneş pilinin matlab ile modellenmesi

Daha önce Denklem (1.1) numara ile ifade edilen fotonların ürettiği akımın Matlab-Simulink blokları ile nasıl gerçekleştirileceği Şekil 1.10 'da gösterilmiştir.



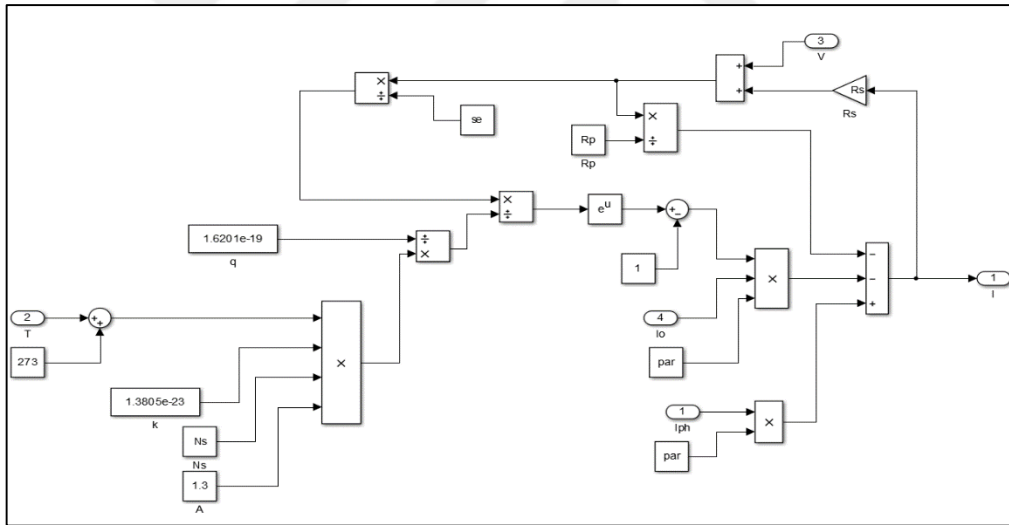
Şekil 1.10. Foton akımının matlab simulink ile modellenmesi

Diyot ters doyma akımını ifade eden Denklem (1.2)'in Matlab-Simulink blokları ile nasıl gerçekleştirileceği Şekil 1.11'de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Diyot ters doyma akımının matlab simulink ile modellenmesi.

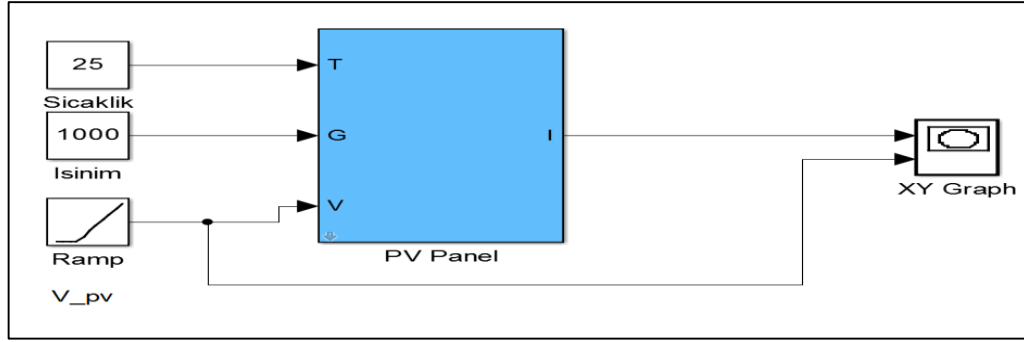
Çıkış gerilimini ifade eden Denklem (1.3)'ün Matlab-Simulink blokları ile nasıl gerçekleştirileceği Şekil 1.12'de gösterilmiştir. Burada önemli olan husus R_s direncinin değerini mümkün olduğunca küçük olan bir güneş pili seçmektir; çünkü R_s değeri arttıkça panelin geriliminde çökmeler meydana gelebilmektedir.



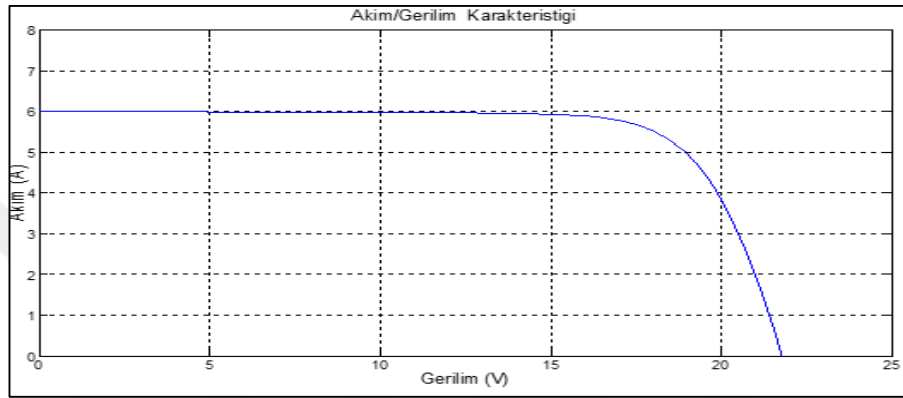
Şekil 1.12. Çıkış geriliminin modellenmesi

1.6.3. Güneş pilinin I-V karakteristiğinin çıkarılması

Güneş panelleri yüklendikçe (çekilen akım arttıkça) gerilim değerleri düşer ve bu değişim lineer değildir. Panelin I_{sc} ve V_{oc} değerlerine göre eğri şekillenir. Maksimum güç noktasının belirlenmesinde bu eğrinin bilinmesi büyük önem taşır. Karakteristiği elde etmek için gerilim 'ramp' blogu ile simülasyon süresi boyunca artırılır her gerilim değeri için bir akım değeri elde edilir. Akımın gerilime göre değişimi 'XY' grap üzerinden okunur.



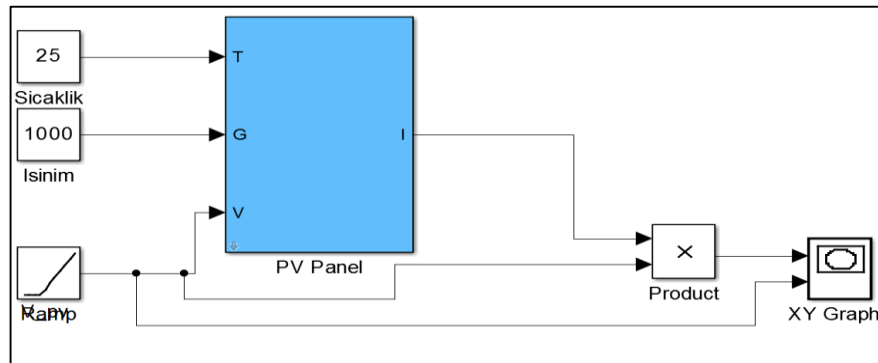
Şekil 1.13. I-V karakteristiği için gereken matlab topolojisi



Şekil 1.14. Salbion Fx I-V karakteristiği

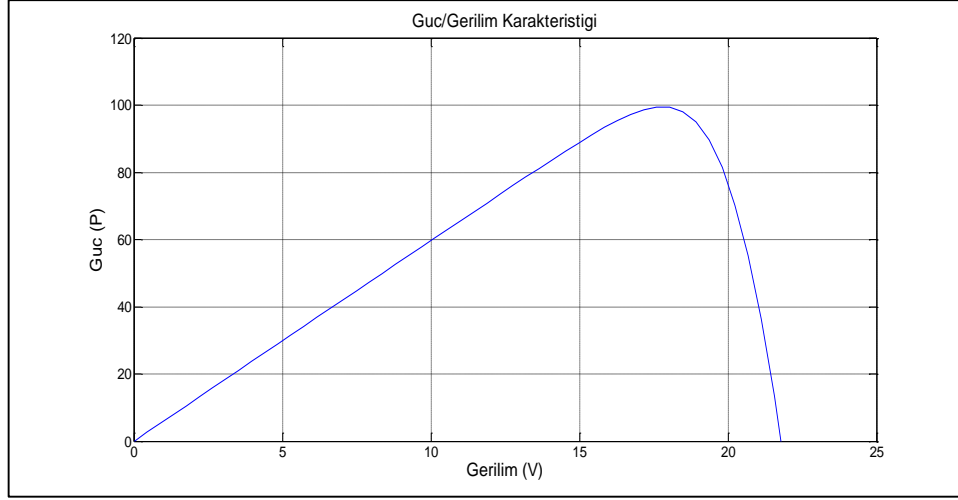
1.6.4. Güneş pilinin P-V karakteristiğinin çıkarılması

Güneş Panellerinde diğer bir önemli karakteristik P-V karakteristiğidir. Özellikle MPPT (Maximum Power Point Tracer) uygulamalarında P-V karakteristiği hayati bir önem taşır. Panelin sürekli maksimum güçte çalıştırılması istenir. P-V karakteristiği için gereken matlab topolojisi Şekil 1.15'de verilmiştir.



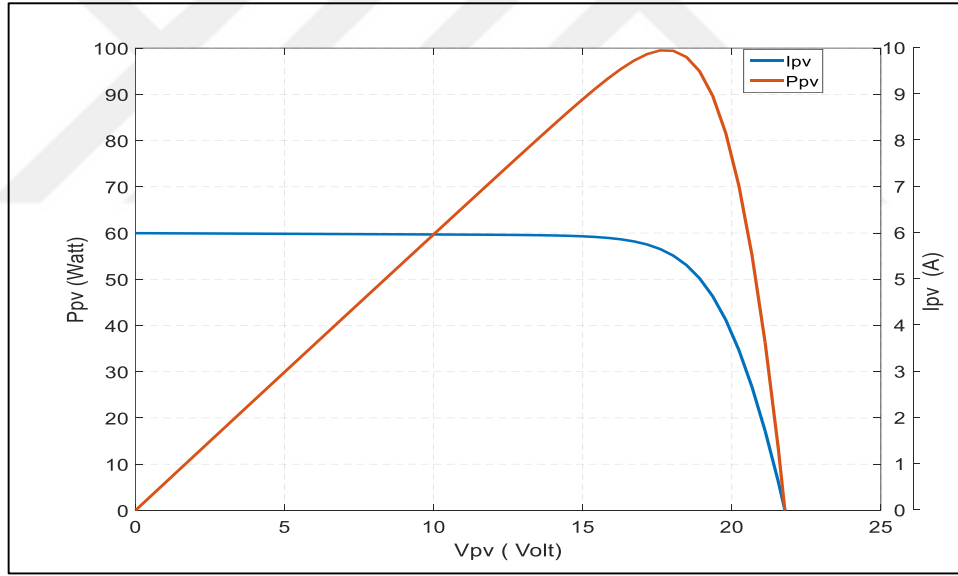
Şekil 1.15. P-V karakteristiği için gereken matlab topolojisi

Şekil 1.16'da Salbion Fx P-V karakteristiği gösterilmiştir.



Şekil 1.16. Salbion Fx P-V karakteristiği

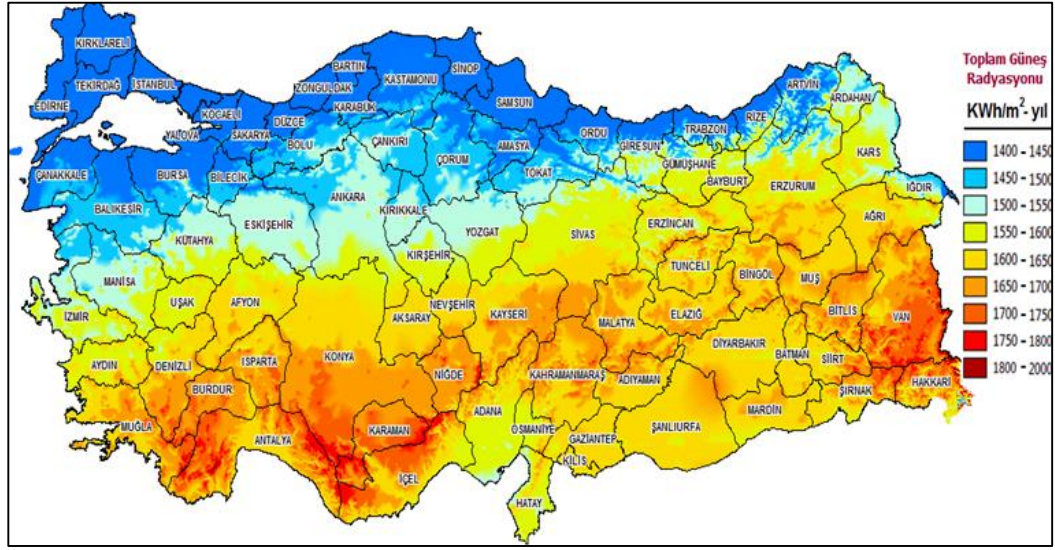
Güneş panellerinin P-V ve I-V karakteristiğinin aynı eksenlerde gösterimi Şekil 1.17'de verilmiştir.



Şekil 1.17. P-V ve I-V karakteristiğinin aynı eksenlerde gösterimi

1.7. Türkiye'nin Yararlanılabilir Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça iyi bir konumdadır. 2012 yılında Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nce 1985–2006 yıllarına ait veriler ile hazırlanan, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) Şekil 1.18'de gösterilmiştir.



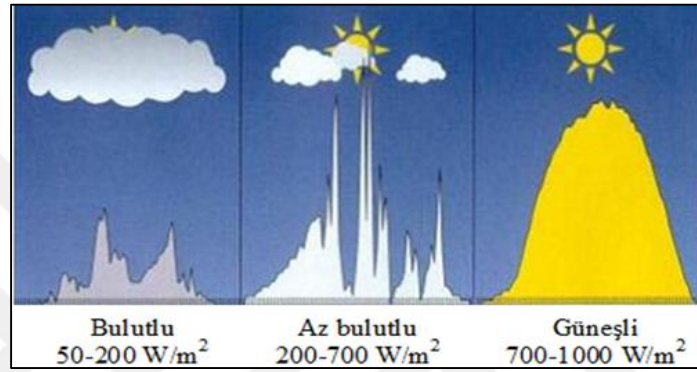
Şekil 1.18. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün verilerinden derlenen Türkiye güneş ışınımı değerleri ve güneşlenme süreleri ise Tablo 1.4'de verilmiştir.

Tablo 1.4. Türkiye güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri

Aylar	Günlük güneş ışınımı değerleri (kWh/m ² -gün)	Güneşlenme süresi (saat/ay)
Ocak	1,79	127,41
Şubat	2,5	146,16
Mart	3,87	194,37
Nisan	4,93	223,8
Mayıs	6,14	282,1
Haziran	6,57	324,3
Temmuz	6,5	350,61
Ağustos	5,81	331,7
Eylül	4,81	276,9
Ekim	3,46	212,97
Kasım	2,14	154,5
Aralık	1,59	116,25
Toplam Yıllık	1528	2741
Ortalama	4,18 kWh/m²-gün	7,5 saat/gün

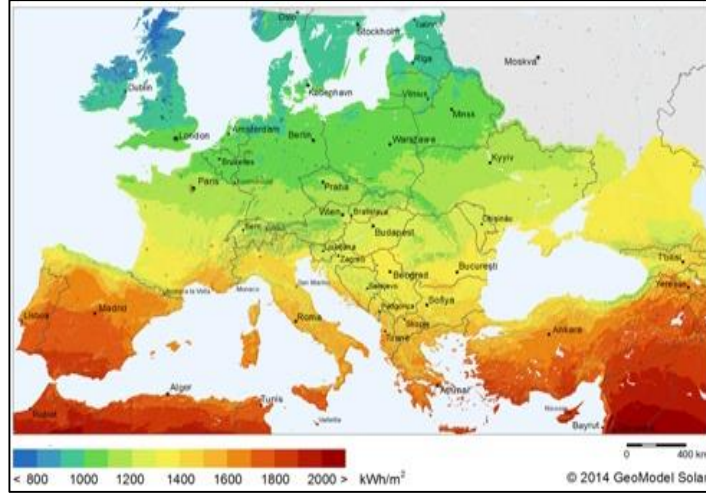
Tablo 1.4'de verilen Türkiye güneş ışınımı değerleri ve güneşlenme sürelerine göre yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saattir (günlük yaklaşık 7,5 saat) ve bu toplamda 114 günlük güneşlenme süresine denk gelmektedir. Yıllık toplam güneş ışınımı 1528 kWh/m²-yıl (ortalama günlük 4,18 kWh/m²) olarak tespit edilmiştir. 2012 yılında güneş kolektörleri ile yaklaşık olarak 768.000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı enerjisi üretilmiştir. Üretilen ısı enerjisinin, 2012 yılı için konutlarda kullanım miktarı 500.000 TEP, endüstride kullanım miktarı 268.000 TEP olarak hesaplanmıştır. Şekil 1.19'de bulutluluk durumuna göre ışınımın değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Bulutluluk durumuna göre ışınımın değişimi

Şekil 1.19'da verilen bulutluluk durumuna göre ışınımın değişimi grafiğinde gösterildiği gibi havanın çok bulutlu olduğu günlerde bile az da olsa ışınım olmaktadır. Bulutlu günlerde bile ışığın %80' inin emilmesine rağmen 300 W/m² güneş ışınımı mevcuttur.

Gerekli yatırımların yapılmasıyla Türkiye yılda birim m²'den yaklaşık olarak ortalama 1300 kWh' lik güneş enerjisi üretebilir. Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli açısından gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında birçok ülkeden öndedir. Güneş'ten Dünya'ya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık elektrik üretiminin 252 milyon MWh olduğu düşünülürse 1 saniyede Dünya'ya gelen güneş enerjisinin ne kadar büyük bir potansiyel olduğu ortaya çıkmaktadır. GeoModel Solar tarafından 1994-2010 yılları arasında ölçülen güneş ışınımı verileri kullanılarak 2014 yılında hazırlanan Avrupa küresel yatay ışınım haritası Şekil 1.20'de verilmiştir.



Şekil 1.20. Avrupa küresel yatay ışınım haritası

Şekil 1.20'de verilen Avrupa küresel yatay ışınım haritası incelendiğinde, güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye, İspanya ve Portekiz ile beraber Avrupa'nın en önemli güneş potansiyeline sahip ülkesi konumundadır.

Tablo 1.5'de 2015 yılı itibariyle Dünya'da bazı ülkelerin ve toplulukların sahip olduğu fotovoltaik kapasiteler verilmiştir. Şekil 1.18'de gösterilen Türkiye'nin sahip olduğu çok önemli güneş enerjisi potansiyeline rağmen Tablo 1.5'deki veriler incelendiğinde bu değerli potansiyelden çok az yararlandıdığı görülmektedir.

Tablo 1.5. Dünya'da kurulu bazı fotovoltaik kapasiteler

Avrupa Birliği	87723 MW
Almanya	39250 MW
Çin	35780 MW
Japonya	23300 MW
İtalya	18460 MW
A.B.D.	18280 MW
Fransa	5660 MW
İspanya	5358 MW
Birleşik Krallık	5104 MW
Avustralya	4136 MW
Belçika	3074 MW
Türkiye	203,1 MW

1. 8. Kocaeli İli Güneş potansiyeli

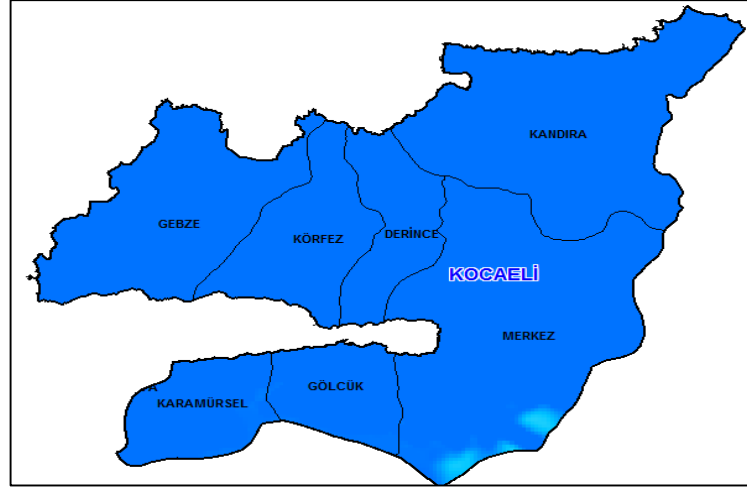
T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından tespit edilen Kocaeli ilinde uzun yıllar içinde gerçekleşen sıcaklık ve güneşlenme süresi ortalama değerleri (1950–2014) Tablo 1.6'da verilmiştir [4].

Tablo 1.6. Kocaeli 1950–2014 yılları arası ortalama sıcaklık ve güneşlenme süresi

KOCAELİ	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)
AY				
Ocak	6,3	9,7	3,3	2,3
Şubat	6,7	10,7	3,5	3,0
Mart	8,6	13,2	4,9	4,6
Nisan	13,1	18,5	8,9	5,3
Mayıs	17,5	23,2	12,9	7,2
Haziran	21,7	27,5	16,8	8,6
Temmuz	23,7	29,5	19,1	9,3
Ağustos	23,7	29,6	19,2	9,6
Eylül	20,4	26,2	16,1	7,1
Ekim	16,0	20,8	12,5	4,5
Kasım	11,9	16,2	8,6	3,4
Aralık	8,5	11,9	5,6	2,3

Güneş panelleri kuzey-güney doğrultusunda güneye bakan bir açıda konumlandırılır. Sabit tip paneller, kullanıldığı bölgenin coğrafik konumuna göre değişen eğim açlarına göre yerleştirilir. Bölgenin enlemlerine göre belirlenen optimum eğim açılarında sıklıkla yaz modu, kış modu ve yıllık mod olarak 3 değer kullanılmaktadır [5].

Kocaeli için güneş enerji potansiyeli incelemek olursak Şekil 1.21'de verilen haritayı elde etmiş oluruz.



Şekil 1.21. Kocaeli Güneş Enerjisi Potansiyeli (2016)

Kocaelinde üretim yapan güneş enerjisi santrali ve güçleri ise Şekil 1.22'de verilmiştir.

Kocaeli Güneş Enerjisi Santralleri				
Aktif Güneş Enerji Santralleri				
S.	Santral Adı	İl - İlçe	Firma	Kurulu Güç
1)	TSE Kocaeli Güneş Enerjisi Santrali	Kocaeli, Gebze	TSE	0,86 MW
2)	Winsa Kocaeli Güneş Enerji Santrali	Kocaeli, İzmit	Winsa	0,65 MW
3)	Raftürk Dilovası Güneş Enerjisi Santrali - GES	Kocaeli, Dilovası	Raftürk	0,60 MW
4)	Gebze Güzeller OSB Güneş Enerjisi Tesisi	Kocaeli, Gebze	Güzeller OSB	0,47 MW
5)	Aktaş Dış Ticaret Gebkim Güneş Enerjisi Santrali	Kocaeli, Dilovası	Aktaş Dış Ticaret	0,11 MW
6)	Şirintepe Ekopark Güneş Enerji Santrali	Kocaeli, İzmit		0,060 MW
7)	Brisa Akademi Lisanssız Güneş Enerji Tesisi	Kocaeli, İzmit	Brisa Akademi	0,023 MW

Şekil 1.22. Kocaeli'de Aktif Üretim Yapan Tesisler ve Kurulu Güçleri (2016)

1.8.1. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi güneş ışınımı

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi 40°49'17.40" Kuzey enlemi, 29°55'23.19" Doğu boylamında yer almaktadır. Dereceden ondalığa dönüşüm yapıldığında enlem ve boylam değerleri Tablo 1.7'de verildiği gibidir. Paneller Mühendislik Fakültesi (B) çatısında 405 metre rakımda ve güney yönünde konumlandırılmıştır.

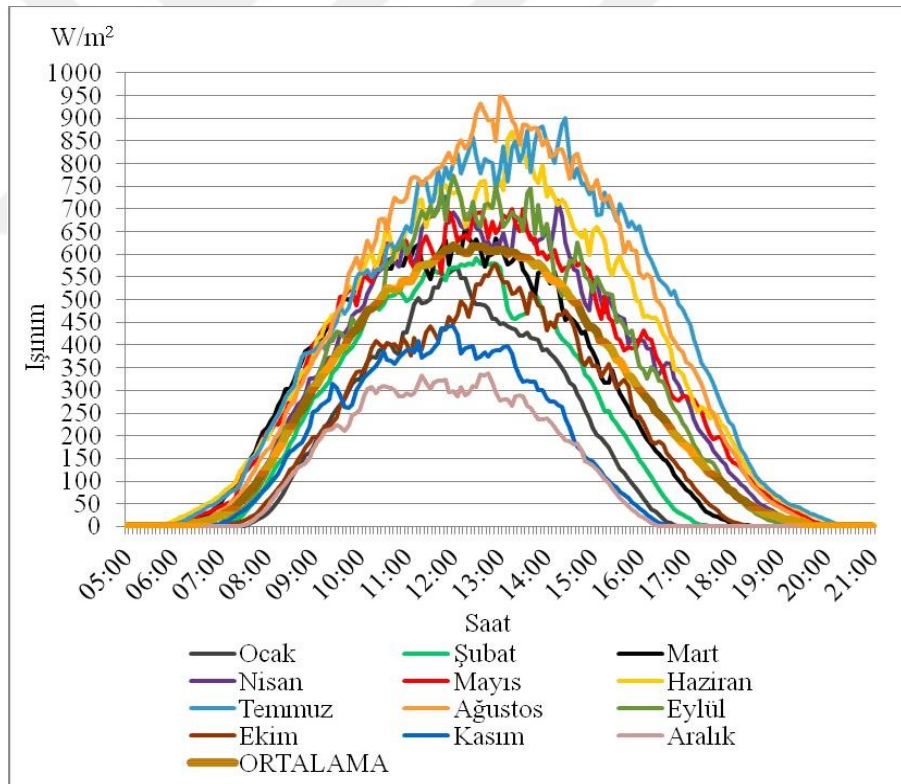
Tablo 1.7'de Kocaeli ilinde sabit olarak konumlandırılacak güneş panelleri için mevsimlere göre optimum eğim açıları verilmiştir [6].

Tablo 1.7. Sabit güneş paneli için mevsimsel optimum eğim açıları

İl	Enlem (K)	Boylam (D)	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Yıllık değer
Kocaeli	40°82'	29°92'	32°18'	21°66'	49°78'	59°90'	36°79'

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde 2014 yılında ölçülen aylık ışınım ortalamalarının ve yıllık ışınım ortalamasının gün içerisindeki değerleri Şekil 1.23'de verilmiştir.

Şekil 1.23'de verilen Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde ölçülen 2014 yılı ışınım değerlerine göre gün içerisinde ulaşılan en yüksek güneş ışınımı Ağustos ayında 948 W/m² ile saat 13.00'te gerçekleşmiştir. 12 ayın en düşük güneş ışınımının gerçekleştiği Aralık ayında gün içerisinde ulaşılan en yüksek ışınım değeri ise 337 W/m² ile saat 12.40'ta gerçekleşmiştir.

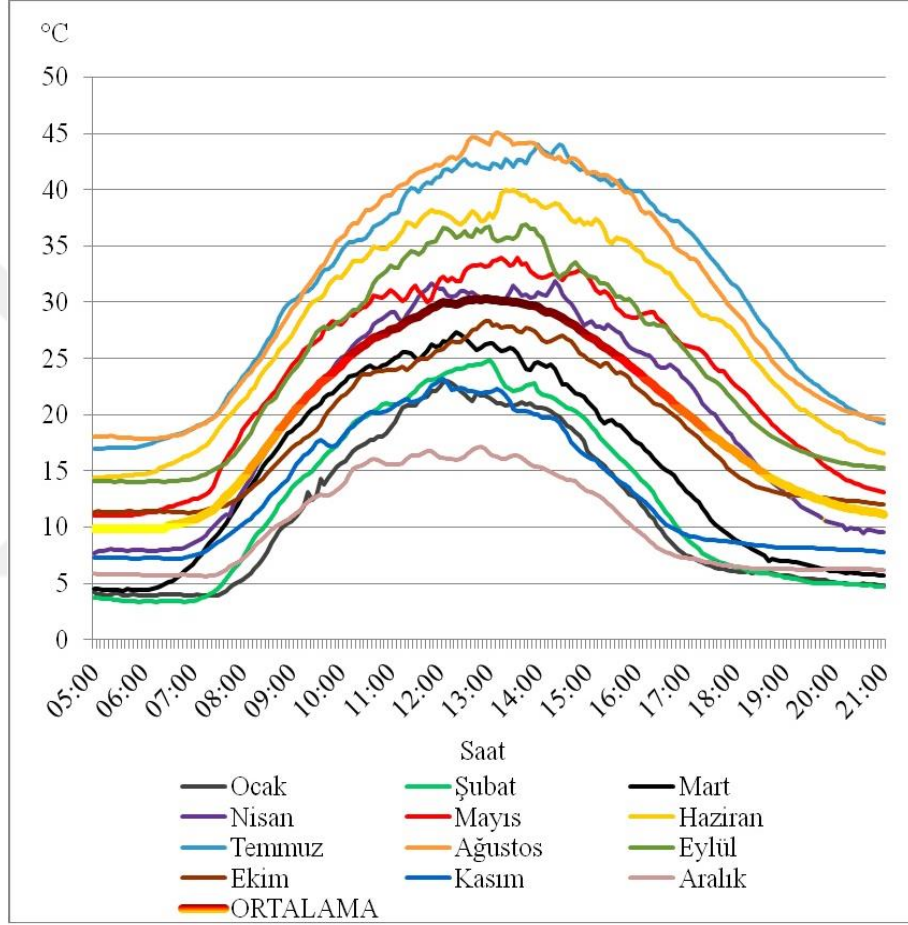


Şekil 1.23. 2014 yılında ölçülen aylık ışınım ortalamalarının ve yıllık ışınım ortalamasının gün içerisindeki değerleri

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde güneş ışınımı 1550 kWh/m²-yıllık olarak gerçekleşmiştir. 2014 yılının güneş ışınım ortalamasının gün içerisindeki

değerleri incelendiğinde en yüksek güneş ışınımının saat 12.25'te 619,34 W/m² ile gerçekleştiği görülmektedir.

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde konumlandırılan polikristal P 60 tipindeki güneş panelinin sıcaklık sensörü tarafından 2014 yılında ölçülen aylık sıcaklık ortalamalarının ve yıllık sıcaklık ortalamasının gün içerisindeki değerleri Şekil 1.24'de verilmiştir [10].

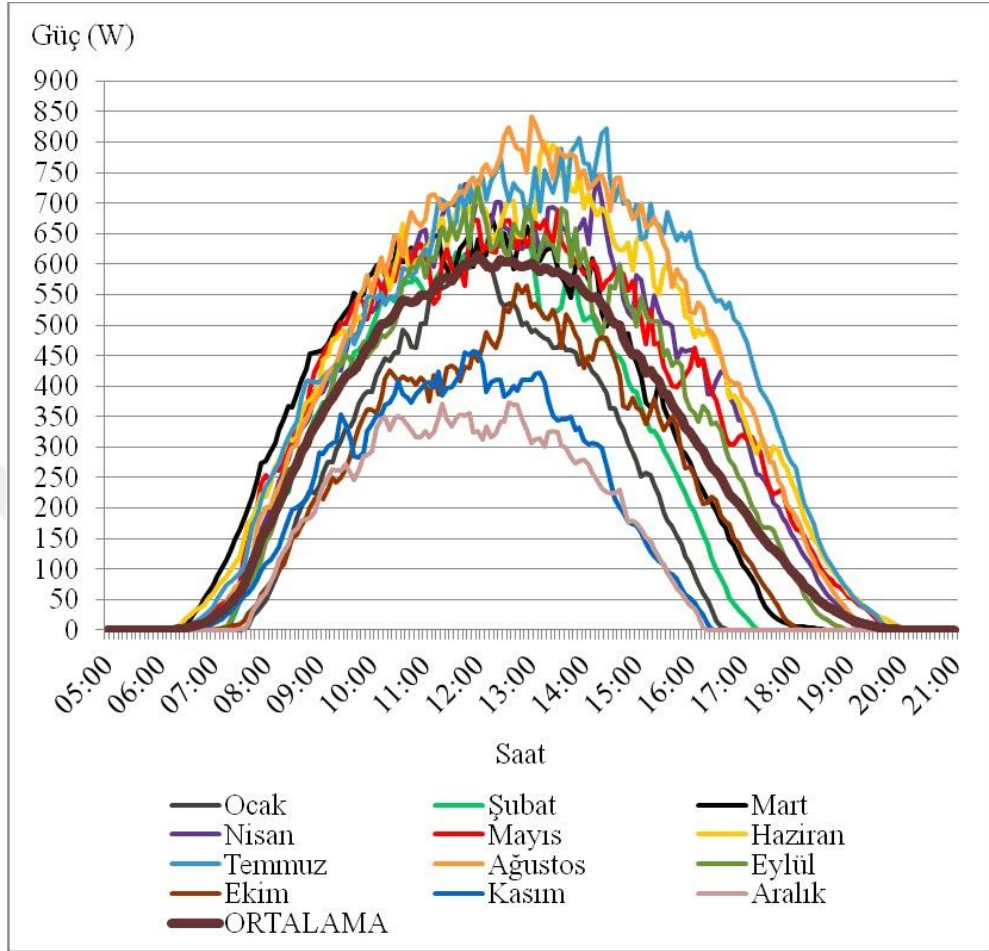


Şekil 1.24. Polikristal P 60 tipindeki güneş panelinin sıcaklık sensörü tarafından 2014 yılında ölçülen aylık sıcaklık ortalamalarının ve sıcaklık ortalamasının gün içerisindeki değerleri

Şekil 1.24'de verilen polikristal P 60 tipindeki güneş panelinin sıcaklık sensörü tarafından 2014 yılında ölçülen aylık sıcaklık ortalamalarının ve yıllık sıcaklık ortalamasının gün içerisindeki değerleri göre ulaşılan en yüksek sıcaklık Ağustos ayında 45,15 °C ile saat 13.10'da gerçekleşmiştir.

Polikristal P 60 tipindeki güneş panellerinden oluşan toplam kurulu gücü 1250 Watt olan FV sistem ile Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde 2014 yılında ulaşılan

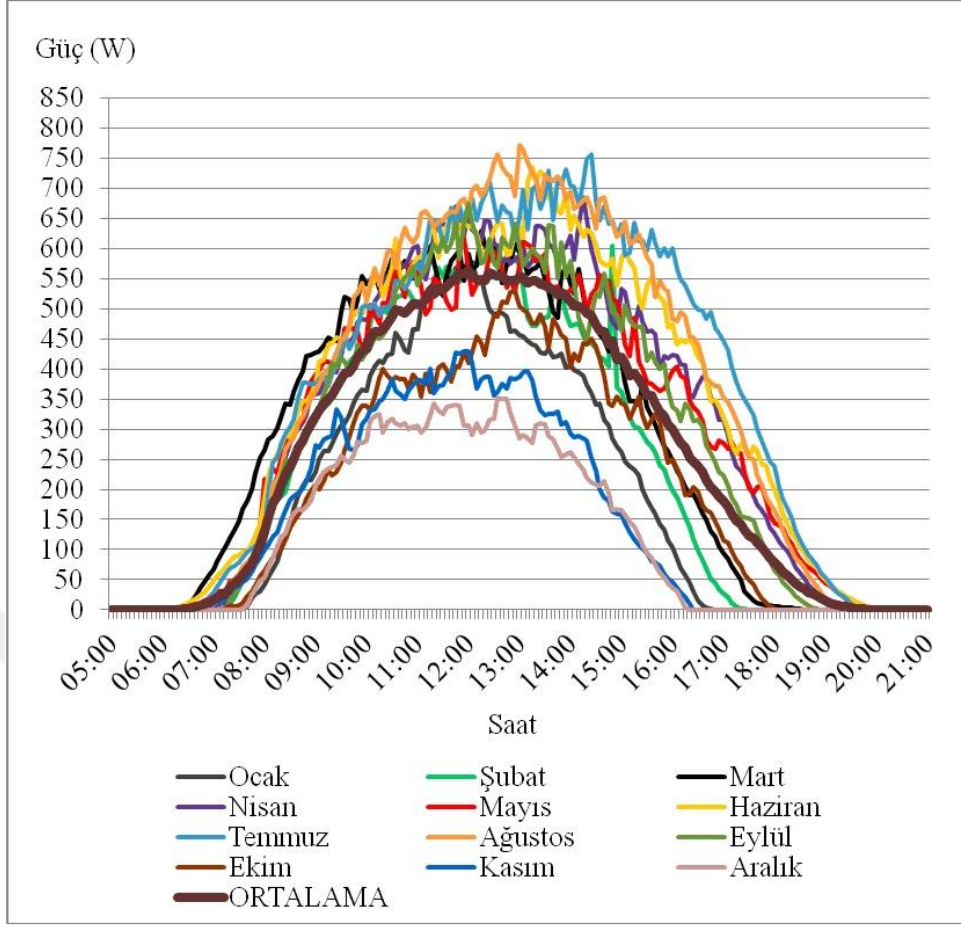
aylık güç ortalamalarının ve yıllık güç ortalamasının gün içerisindeki değerleri Şekil 1.25'de verilmiştir [10].



Şekil 1.25. 1250 W polikristal (P 60) tipindeki FV sisteme ait 2014 yılı ay ve tüm yıl güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri

Şekil 1.25'de verilen polikristal P 60 tipindeki güneş panellerinden oluşan toplam kurulu gücü 1250 Watt olan FV sisteme ait 2014 yılındaki aylık güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri grafiği incelendiğinde ulaşılan en yüksek güç değeri olan 841,27 W Ağustos ayında saat 13.00'da gerçekleşmiştir. 1250 Watt kurulu güçteki polikristal P 60 tipindeki güneş paneli sistemine ait 2014 yılının güç ortalamasının günün içerisindeki dağılımına göre saat 11.50'de 604,49 W ile günün en yüksek değerine ulaşılmıştır (yaz-kış saatleri uygulanmıştır).

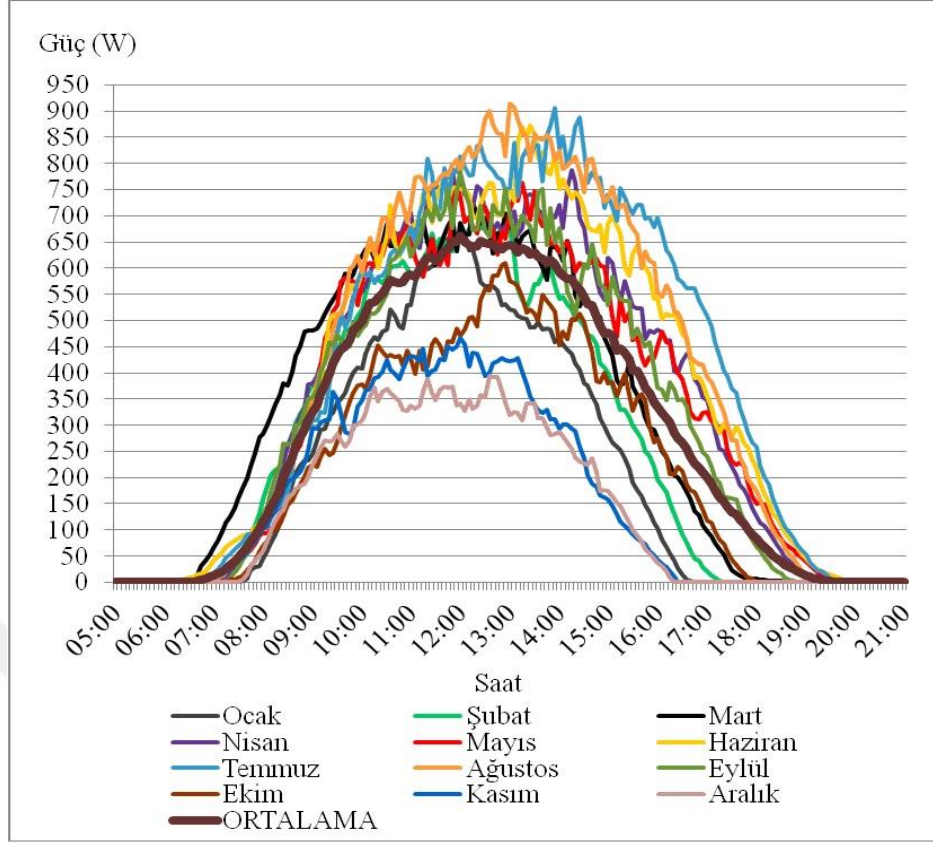
Mono kristal M 48 tipindeki güneş panellerinden oluşan toplam kurulu gücü 1170 Watt olan FV sistem ile Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde 2014 yılında ulaşılan aylık güç ortalamalarının ve yıllık güç ortalamasının gün içerisindeki değerleri Şekil 1.26'da verilmiştir [10].



Şekil 1.26. 1170 W mono kristal (M 48) tipindeki FV sisteme ait 2014 yılı ay ve tüm yıl güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri

Şekil 1.26'da verilen mono kristal M 48 tipindeki güneş panellerinden oluşan toplam kurulu gücü 1170 Watt olan FV sisteme ait 2014 yılındaki aylık güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri grafiği incelendiğinde ulaşılan en yüksek güç değeri olan 771,28 W Ağustos ayında saat 13.00'da gerçekleşmiştir. 1170 Watt kurulu güçteki mono kristal M 48 tipindeki güneş paneli sistemine ait 2014 yılının güç ortalamasının günün içerisindeki dağılımına göre saat 11.50'de 559,31 W ile günün en yüksek değerine ulaşılmıştır (yaz-kış saatleri uygulanmıştır).

İnce-film tipindeki güneş panellerinden oluşan toplam kurulu gücü 1200 Watt olan FV sistem ile Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi'nde 2014 yılında ulaşılan aylık güç ortalamalarının ve yıllık güç ortalamasının gün içerisindeki değerleri Şekil 1.27'de verilmiştir [10].



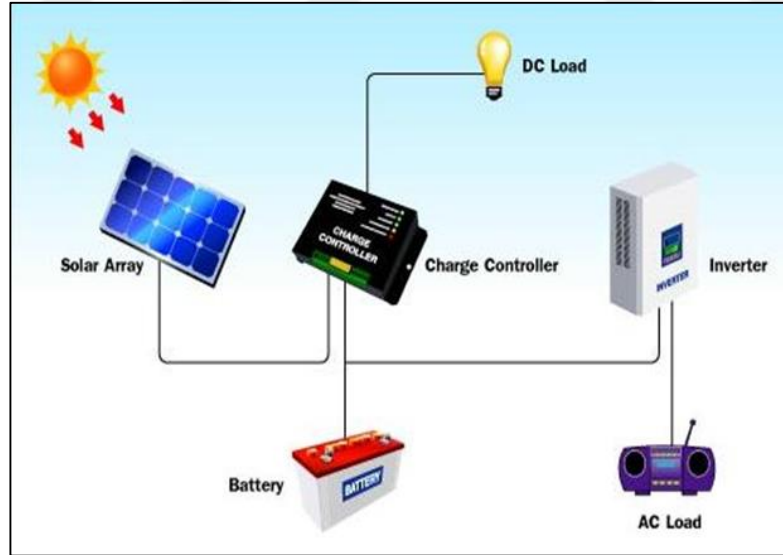
Şekil 1.27. 1200 W ince-film tipindeki FV sisteme ait 2014 yılı ay ve tüm yıl güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri

Şekil 1.27'de verilen ince-film tipindeki güneş panellerinden oluşan toplam kurulu gücü 1200 Watt olan FV sisteme ait 2014 yılındaki aylık güç ortalamalarının gün içerisindeki değerleri grafiği incelendiğinde ulaşılan en yüksek güç değeri olan 913,48 W Ağustos ayında saat 13.00'da gerçekleşmiştir. 1200 Watt kurulu güçteki ince-film tipindeki güneş paneli sistemine ait 2014 yılının güç ortalamasının günün içerisindeki dağılımına göre saat 11.50'de 675,66 W ile günün en yüksek değerine ulaşılmıştır (yaz-kış saatleri uygulanmıştır) [10].

1.9. Güneş Pili Kullanım Alanları

Güneş pilleri, elektrik enerjisine gereksinim duyulan her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, aküler, invertörler, akü şarj regülatörleri ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle elektrik şebekesi olmayan beldelerde, yerleşim yerlerinden uzak, jeneratöre yakıt taşımının zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler yada başka güç yönetim sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür.

Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde aküler bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akülerde depolar, yüke gerekli olan enerji akülerden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akülerdeki doğru gerilim, 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. Aşağıda şebekeden bağımsız bir güneş pili enerjisi sisteminin şeması verilmektedir. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte-santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Şebeke bağlantılı sistemde bir konutun elektrik ihtiyacı karşılanırken, üretilen fazla elektrik enerjisi şebekeye verilerek satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Şekil 1.28'de şebekeden bağımsız (off-grid) sisteme ait uygulama şeması verilmiştir.



Şekil 1.28. Şebekeden bağımsız (off-grid) sistem

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanlarında bazıları aşağıda listelenmiştir.

Haberleşme istasyonları, telsiz ve telefon sistemleri, kırsal radyo, elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem stasyonları, binaların

dış ve iç aydınlatmaları, dağ evleri yada yerleşim yerlerinden uzaktaki bağ evlerinde, tv, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılmasında, tarımsal sulama yada ev kullanımı amacıyla su pompajında, orman gözetleme kulelerinde, deniz fenerleri ilkyardım, alarm ve güvenlik sistemlerinde, deprem ve hava gözlem istasyonlarında, ilaç ve aşı soğutmada uygulama alanları bulunmaktadır [7].

1.9.1. Türkiye'deki güneş pili uygulamaları

Ülkemizde;

- Orman Bakanlığı orman gözetleme kuleleri, (175kW)
- Türk Telekom aktarma istasyonu,(135kW)
- Karayolları imdat telefonları
- EİE demonstrasyon uygulamaları ve çeşitli araştırma kurumlarında olmak üzere 350 kW civarında güneş pili kurulu gücü olduğu bilinmektedir [7]. Şekil 1.29'da EİE Didim şebeye bağlı güneş pili sistemi gösterilmiştir.



Şekil 1.29. EİE Didim şebekeye bağlı güneş pili sistemi

Güneş pili üretiminde, teknolojinin gelişimine bağlı olarak geçmişe öre maliyetlerde çok hızlı düşmeler görülmektedir. Bu alanda yapılacak Ar-Ge yatırımları, devletlerin bu çalışmalarını desteklemeleri ile geliştirilecek teknikler sonucu, fiyatların daha da azalacağı öngörülmektedir. Bugün güneş pillerinin fiyatları 5-6 \$/W'dır [8].

Tablo 1.8. EİE Didim şebekeye bağlı güneş pili sisteminin özellikleri

Toplam Güç	4,8 kWp (90 adet)
Ortalama Yıllık Üretim	5600 kWh
Günlük üretim	15-18 kWh
İnvertör	ASP Top Class Grid III/4000
Nominal ac güç	3500 W
Nominal dc Gerilim	96 V
Başlama Eşik değeri	25 W
Giriş gerilim Aralığı	72-140 V dc
Çıkış Gerilimi	195-256 V ac
Çıkış Frekansı	50 Hz
Maksimum Verim	% 94

1.9.2. Dünyadaki güneş pili uygulamaları

Gelişmekte olan ülkelerde kurulan sistemler genellikle evlerde ve kamu binalarında kurulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise; güvenlik, cadde ve tünel aydınlatması gibi daha özel uygulama alanları bulmaktadır. Dünyanın çeşitli yerlerinde 10.000'den fazla su pompaj sistemi kurulmuş ve başarıyla işletilmektedir. Güneş pili ile çalışan 2000 civarında aşısı soğutucusu kullanılmaktadır. Yukarıda saydığımız uygulamalar küçük güçlü ve şebekeden bağımsız uygulamalardır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde giderek yaygınlaşan uygulama ise şebeke bağlantılı sistemlerdir. Bu tür sistemlerde güneş pilleri ile üretilen elektriğin fazlası elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur. Yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. Depolama maliyetini ortadan kaldırdığı için bu sistemlerden üretilen enerji nispeten daha ucuzdur. Fakat konvansiyonel kaynaklarla karşılaştırıldığında halen pahalıdır.

Güneş pili pazarı yıllık %30 civarında bir hızla büyüme göstermektedir. 1997 yılında tahmini üretim 100 MW iken 1999 yılında 133 MW'a ulaşmıştır. Üretimin yaklaşık %90'lık kısmı sırasıyla ve yaklaşık eşit paylarla ABD, Japonya ve Avrupa ülkeleri tarafından yapılmakta, geri kalan %10 Hindistan, Cezayir, Brezilya gibi üçüncü ülkelerde gerçekleşmektedir. Güneş pillerinin dünyada kurulu gücü 1990-1995 yılları arasında her yıl yaklaşık %25 artmıştır. Bugün için dünyadaki kurulu gücün 800 MW'ın üzerinde olduğu bilinmektedir. Bu kapasite ile yılda 500 GWh elektrik enerjisi üretilmektedir [7]. Şekil 1.30'da Solar I (İspanya) güneş panel sistemi gösterilmiştir.



Şekil 1.30. Solar I (İspanya)

Şekil 1.31'de Nisan 2016 itibariyle dünyanın en büyük güneş enerji santrali NUR (Tunus) gösterilmiştir.



Şekil 1.31. Nisan 2016 itibariyle dünyanın en büyük güneş enerji santrali NUR

1.10. Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI)

Belirli bir çalışma koşulu altında üretilebilecek maksimum gücün tüketiciye aktarılması sağlayan yazılım ve donanıma sahip sistemlere Maksimum Güç Noktası İzleyici (MGNI) denir. Değişen sistem koşullarında bile MGNI en yüksek gücün çekilmesi için kullanılmaktadır.

Fotovoltaik sistemler için en önemli problem güneş panellerinden elde edilen enerjinin nasıl depolanacağı ve nasıl daha verimli olarak kullanılacağıdır. FV panellerinin karakteristiğine göre panellerden çekilen gücün kullanılacak sisteme göre adapte edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla elde edilen enerjinin en verimli şekilde kullanılması ve depolanması için güneş panelleri Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI) tasarımları gerçekleştirilmiştir.

Gün içinde güneş ışınlarının yeryüzüne düşme açısı sürekli değişmektedir. Buna bağlı olarak fotovoltaik hücrelerin absorbe ettiği ışın miktarı da değişeceği için elde edilen enerji her zaman aralığında farklı olacaktır. Fakat sistemin doğru işleyebilmesi için artan azalan düzensiz bir güç eldesi doğrudan yüke verilmez. Bu güç değerlerinin evrilip düzenli ve verimli bir hale getirilmesi gerekmektedir.

MGNI farklı zaman aralıklarında elde edilen farklı güç değerlerinin en büyük olduğu anları tespit ederek bir dizi işleme başlar. Bu işlemler, MGNI içerisinde bulunan mikrodenetleyicideki kompleks algoritmalar sayesinde gerçekleştirir.

Maksimum Güç Noktası İzleyicisi devrelerinin tasarımlarında bobin, kondansatör gibi temel devre elemanlarının yanı sıra MOSFET gibi anahtarlama elemanları ile gerilim, akım sensörleri ve veri sayacı bulunmaktadır. Güneş panelinden alınan sonrasında evrilen ve bataryaya yollanan güç miktarları veri sayacı tarafından kaydedilir. Maksimum Güç Noktası İzleyicisi tasarımlarında sistemlerin düzenli bir şekilde çalışmasını kontrol eden olası bir arıza veya tehlike anında sistemi kapatan ve yüksek verim elde etmek için yazılmış algoritmalara sahip mikrodenetleyici bulunmaktadır.

2. ŞEHİR İÇİ YOLCU DURAKLARI VE ÖZELLİKLERİ

Otobüs duraklarının yer seçimindeki en önemli faktörler, rasyonel işletmecilik, enerji tasarrufu, emniyet şartlarının sağlanması, çevreyi en az olumsuz etkileme ve en uygun trafik akımının sağlanmasıdır. Yolcu güvenliği ve sürücünün sorumluluğu açısından otobüsler durağa kolayca yanaşabilmeli ve duraktan kolayca ayrılabilmelidir. Yolcular kaldırımdan yola inmeden doğrudan doğruya otobüslere binebilmeli ve güvenli bir şekilde otobüsten inebilmelidir. Ayrıca, duraklar sürücü ve yolcular tarafından kolayca görülmeli ve tanınabilmelidir [9].

2.1. Durak Yer Seçimi Kriterleri

Durak yeri, otobüs güzergahı ile çakışan yaya arterlerine yakın yerlerde seçilerek yolcunun durağa kolayca erişilebileceği şekilde olmalıdır. Duraklar trafik şartları sebebi ile kavşaklara yakın yerleştirilmelidir. Bunun mümkün olmaması halinde durak yeri iki kavşak arasındaki yaya geçidine en yakın ve emniyetli mesafede seçilmelidir. Durak yeri kavşaklara en az 100 m mesafede seçilmeli; kavşakta bekleme yapan araçların durak yerindeki yol kesimine sarkmaları önlenmelidir.

Kavşaklardan önceki ve sonraki duraklar, "kavşak emniyet üçgeni" dışında yer almalıdır. Diğer trafiğin işletme hızının azalmaması için iki durak arası mesafe en az 400 m olmalıdır. Birinci derecedeki yollarda ise bu mesafe, 600 m olmalıdır. Yolcu yoğunluğunun çok olduğu yol kesimlerinde bu mesafeler 100'er m azaltılabilir.

2.2. Otobüs Duraklarının Yer Seçiminde Dikkat Edilecek Kurallar

Ülkemizde kent içi yolcu taşımacılığının temeli olan toplu taşımacılık sistemleri içinde otobüsler oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Otobüslerin toplandığı ve dağıldığı ana hareket noktaları genelde trafiğin ve yolcu sirkülasyonunun yoğun olduğu alanlarda bulunmaktadır. Araç ve yaya yoğunluğunun yüksek olduğu bu yerlerde mevcut otobüs duraklarına ait düzenlemeler yapılsa da bunların ne derece güvenli olduğu tartışılmaktadır [9].

Güzergâhların oluşturulması, güzergâh üzerindeki talep miktarının ve durak noktalarının yerlerinin belirlenmesi, taşıtların özellikleri, oluşturulan hatlar üzerindeki servis süresi ve sıklığının ayarlanması ile insan faktörü ile insan faktörü (konfor, güven,

ekonomiklik, v.b.) gibi parametreler iyi planlanmış ve doğru çalışan otobüs taşımacılığı sisteminin ana öğeleridir [9].

Otobüs taşımacılığı sistemi yerine getirdiği önemli ve vazgeçilmez görevlerinin yanı sıra, kent trafiği üzerinde yarattığı etki açısından da oldukça dikkatli incelenmesi gereken bir sistemdir. Özellikle yol üzeri durak noktalarının oluşturulması gerek kaldırımı kullanan yayalar, gerek bineceği otobüsü bekleyen yolcular gerekse de trafikte bir otobüs arkasında ilerlemekte olan trafik akımı açısından büyük önem sahiptir. Bunun sıra otobüs durak yerleri, trafik anan kontrol noktaları olarak değerlendirilebilecek sinyalize kavşaklar açısından da oldukça önemli etkiler yaratmaktadır. Otobüs durakları sinyalden hemen önce, hemen sonra ya da uzak bir noktada oluşturulabilmektedir [9].

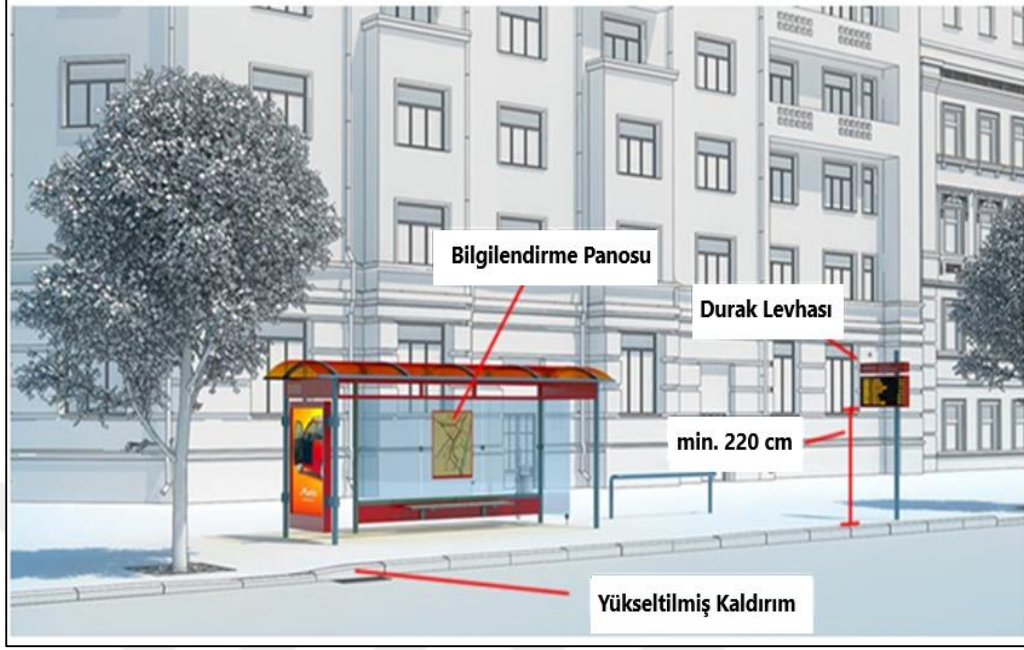
Otobüs duraklarının yer seçimindeki en önemli faktörler, akılcı bir işletmecilik, enerji tasarrufu, güvenlik koşullarının sağlanması, çevreyi en az şekilde olumsuz etkileme ve de en uygun trafik akımının sağlanmasıdır. Hem yolcu güvenliği hem de sürücü sorumluluğu açısından otobüslerin durağa kolayca yanaşabilmesi ve ayrılması, yolcuların yola inmeden doğrudan otobüslere binmeleri sağlanmalıdır. Ayrıca yolcu ve sürücüler açısından da duraklar rahatlıkla tanınmalı ve görülmelidir [9].

Transit Cooperative Research Program (TCRP), durak yerleri düşünülürken takip edilmesi gereken adımları belirlemiştir. Bu adımlar güvenlik ve işletme açısından iki ayrı şekilde ele alınmıştır [9].

Güvenlik açısından ölçütler; Akan trafikten yolcuların korunması, engelli insanların erişimi, her türlü hava koşullarında otobüse erişim, yolcuların yaya geçidi ve kaldırma yakınlığı, ana yolculuk hattına yakınlık, yakın duraklara elverişli yolcu transferi sağlanması, karşı yönde aynı güzergâhtaki durakların yakınlığı, cadde aydınlatılması,

İşletim açısından ise; Durakta otobüs sayısının artışına bağlı uygun kaldırım mesafesi, yakın alan üzerindeki otobüs durağının etkisi, cadde üzerindeki araç parklanmaları ve kamyon sevkiyat bölgeleri, Örnek model otobüs güzergahı (kavşakta münferit otobüs hareketleri), Yönler ve kesişen caddelerin genişliği, Trafik sinyal işaretlerinin tipleri (sinyal, durma, yol verme), hacimler ve diğer trafikte dönme hareketleri, kaldırım genişliği, kavşağa doğru olan yaya aktiviteleri, yakınlık ve özel yollardaki trafik hacimleri şeklinde tanımlanmıştır [9].

2.3. Toplu Taşım Duraklarında Bilgilendirme İşaret ve Sembolleri



Őekil 2.2. Otobűs duraklarındaki bilgilendirme iřaretleri

Her durakta, o durađın hangi toplu tařım aracına ait olduđu, aracın gűzergâh numarası ile gűzergâh ve durađın adını belirten okunaklı levha ile yanıp sűnen iřık olmalıdır. Durak levhalarının yerden yűksekliti minimum 220 cm olmalıdır. Kapalı durakta gűz hizasında ve dokunsal okuma yűkseklitiinde bilgilendirme panosu bulunmalıdır. Bu pano űzerinde, iri puntolu harfler, kabartmalı Őehir haritası, gűzergâh planı, toplu tařım aracı tarifesi gibi bilgiler bulunmalıdır. Duraktaki bilgilendirme panosunda, toplu tařım araçlarının gűzergâh plâni ve bu durađa en yakın taksii durađı ile űnemli telefon numaraları bulunmalıdır [10].

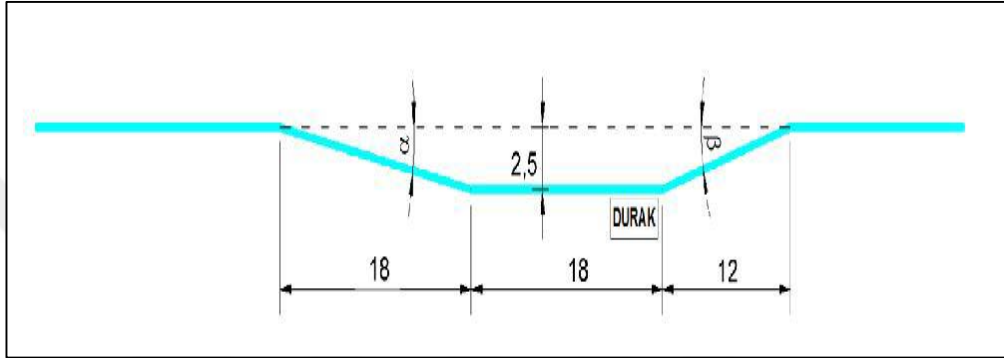
2.4. Durak Yapım Kuralları

Otobűslerin lastik ve aks sűspansiyonlarındaki yıpranmayı azaltmak, durak cebinden çıkıřta otobűslerin ikinci Őeride tařmalarını űnlemek ve kűrűklű otobűslerin iřleyiřini kolaylařtırmak için Őeridi içeri çekme geniřliđi ve dűnűř yarıçapı hesaplanarak otobűsleri ceplere yumuřak giriř ve ıkıřları sađlanmalıdır.

Durak cep űlűleri, seyir hızlarına bađlı olarak Tablo 2.1'deki deđerlere uygun olmalıdır.

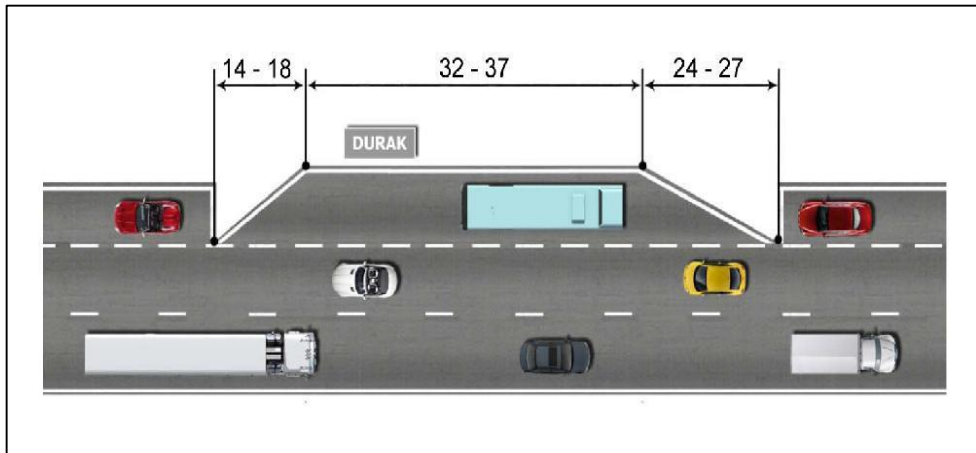
Tablo 2.1 Otobüs durak cebi ölçüleri

Hız (km/h)	Cep genişliği (m)	Cep giriş boyu (m)	Cep çıkış boyu (m)	Bir otobüs için cep boyu (m)
50	2,5	18	12	18
	2,7	19	13	
	3	20	14	
70	3	24	18	18



Şekil 2.3. Otobüs durak cebinin asgari ölçüleri (ölçüler metredir)

Şekil 2.3'de gösterildiği gibi durak alanının başı ve sonundaki alanda yolun boyanması yerine bu alanın bordürle çevrilerek durak cebi oluşturulması ile diğer araçların durak alanı yakınlarında park etmeleri ve durmaları önlenmelidir. Ancak, bu çözüm yol kenarı otopark kullanımına izin verilmiş yollarda mümkündür. Şekil 2.4'de yol kenarına otopark müsaadeli yollarda park eden diğer araçlara bordürlerle yapılmış cepler vasıtasıyla durağın korunması gösterilmiştir. Ayrıca tek yönde yolun genişliği en az 9 m olmalıdır.



Şekil 2.4. Yol kenarı otopark müsaadeli yollarda park eden diğer araçlara bordürlerle yapılmış cepler vasıtasıyla durağın korunması

2.5. Mevcut Durakların Durumu

2.5.1. Çalışmada seçilen 213 nolu İzmit-Kartepe İstasyon hattı gidiş-dönüş durakları

İzmit-Kartepe İstasyon Mahallesi otobüs güzergah hattına ait durak adları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. 213 Nolu İzmit-Kartepe İstasyon Otobüs Hat Güzergahları

KARTEPE-İZMİT YÖNÜNDE			İZMİT-KARTEPE YÖNÜNDE		
S.N.	Durak Adı	İlçesi	S.N.	Durak Adı	İlçesi
1	SANAYİ 2	KARTEPE	1	BATI ÇIKIŞ	İZMİT
2	SANAYİ 1	KARTEPE	2	SEKA CAMİİ	İZMİT
3	MESLEK YÜKSEK OKULU	KARTEPE	3	HALKEVİ D 100	İZMİT
4	HÜSNÜ EFE	KARTEPE	4	VİLAYET	İZMİT
5	MUHTARLIK	KARTEPE	5	42 EVLERİ STASYON	İZMİT
6	SALI PAZARI	KARTEPE	6	42 EVLER	İZMİT
7	TEPECİK KAVŞAK	KARTEPE	7	KANDIRA SAPAĞI	İZMİT
8	SAKIP SABANCI	KARTEPE	8	500 VARYANT	İZMİT
9	FABRİKA	KARTEPE	9	KAVAKCILIK	BAŞISKELE
10	YAHYAKAPTAN IŞIKLAR	İZMİT	10	D-100 YAHYA KAPTAN I	BAŞISKELE
11	KAVAKCILIK	İZMİT	11	KARTEPE FABRİKALAR	KARTEPE
12	ESKİ GOLCUK SAPAĞI	İZMİT	12	LASTİK	KARTEPE
13	KANDIRA SAPAĞI	İZMİT	13	FABRİKA GİRİŞ	KARTEPE
14	42 EVLER	İZMİT	14	FABRİKA GİRİŞ	KARTEPE
15	REAL	İZMİT	15	MOBİLYACILAR SİTESİ	KARTEPE
16	PERŞEMBE PAZARI	İZMİT	16	TEPECİK KAVŞAK	KARTEPE
17	D-100 TURGUT ÖZAL KÖPRÜSÜ	İZMİT	17	SALI PAZARI	KARTEPE
18	HALKEVİ D-100	İZMİT	18	MUHTARLIK	KARTEPE
19	ÖĞRETMENEVİ	İZMİT	19	PAZAR	KARTEPE
			20	LEYLA ATAKAN	KARTEPE
20	BATI TERMİNALİ DEPO	İZMİT	21	HÜSNÜ EFE	KARTEPE
			22	PARK CAMİİ	KARTEPE

İnceleme için tezde 213 nolu İzmit-Kartepe İstasyon Hattı seçilmiştir. Bu hat üzerinde İzmit-Kartepe yönünde 20 adet otobüs yolcu durağı, Kartepe-İzmit yönünde 25 adet otobüs yolcu durağı olmak üzere toplamda 45 adet otobüs yolcu durağı bulunmaktadır. Şekil 2.5'de Kartepe ilçesindeki mahalle içindeki mevcut duraklar gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Kartepe' deki mahalle içindeki mevcut duraklar

Şehir içi yolcu taşımacılığının yoğun olduğu saatlerde İzmit D100 Karayolu üzerindeki mevcut duraklar Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. D100 Karayolu üzerindeki mevcut duraklar

2.6. Mevcut Durakların Elektrik Bağlantıları ve Tertibatları

İzmit-Kartepe hattındaki gündüz ve gece gözlemlenerek aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

- a- Durakların tamamının aydınlatması bulunmamaktadır. Geceleyin durakta bekleyen yolcular karanlıkta beklemektedirler.

- b- Durakların bir kısmında reklam panolu aydınlatma tesisatı bulunmasına rağmen, elektriksel bağlantısının kesik durumdadır.
- c- Durakların bir kısmının elektrik bağlantısı yapılmasına engel bir durum olmamasına rağmen, kötü kullanımdan dolayı aydınlatma kabloları kesik durumdadır.
- d- Duraklarda engellilere yönelik herhangi bir uyarıcı sesli yada ışıklı bir ikaz tertibatı yoktur.
- e- D100 karayolunda bulunan bazı duraklarda akıllı yolcu bilgilendirme panosu konulmuştur.
- f- D100 karayolundaki 2 durakta güneş enerjisiyle cep telefonlarını şarj edebilen bir direğe monte edilmiş akıllı direk yapılmış. Akıllı direklerde USB şarj istasyonu ile ücretsiz WİFİ sistem mevcuttur.

3. AKILLI DURAKLAR VE ALT YAPI BİLEŞENLERİ

Ülkemizde ve dünyada akıllı durak uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Klasik otobüs duraklarının, günümüz teknolojilerini kullanarak modern akıllı durak uygulamaları her geçen gün önemini artırmaktadır. Akıllı duraklara geçiş ile toplu taşıma kullanımının daha verimli ve pratik hale gelmesini amacını taşımaktadır. Akıllı duraklar uygulamaları sayesinde vatandaşlar, şehir içi otobüslerinin geliş saatlerini, belediyesinin duyuru ve haberlerini, anlık hava durumu gibi konularda güncel bilgi alabilmektedir. Yolcuların bekleme sürelerine göre hareket edebilmesi, yoğun saatlerde trafik akışının daha düzenli hale gelmesi, güzergâh ve durak bilgisi ile toplu taşımanın daha kullanıcı dostu olması da uygulamanın faydaları arasında yer almaktadır. Ülkemizde büyükşehir belediyelerinde akıllı durak uygulamasına şimdiden geçmiş belediyeler bulunmaktadır. İstanbul, Manisa, Muğla, Hatay ve Bursa ilinde akıllı duraklar yapılmaya başlanmış olmakla birlikte, henüz proje olarak belirli güzergahlarda işletilmektedir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi de şehir merkezlerinde bazı merkezi otobüs duraklarına güneş enerjisi ile çalışan akıllı direkler monte etmişlerdir. Henüz çok az sayıda belediye bu hizmeti yolcularına verebilmektedir. Mevcut akıllı durak uygulamalarında aşağıdaki bileşenler mevcut olup, geliştirilmeye her zaman açıktır. Bu bileşenler;

- 1- Güneş enerjisi ile enerjisini alabilmesi
- 2- USB şarj istasyonu ile cep telefonu ve tablet şarjının olabilmesi.
- 3- Engelliler için akülü araç şarj istasyonunun olması.
- 4- Durakta bekleyen yolcuların, otobüsün o durağa ne kadar uzaklıkta bulunduğunu, hangi otobüsün ne zaman geçtiğini öğrenebildiği uygulama.
- 5- Görme engelli yolcular için bas-konuş sistemi ve sesli anons sistemi ile yolcuların otobüslerin ne zaman durağa geleceğinin bildirilmesi.
- 6- Soğuk hava koşullarındaki illerde kapalı akıllı duraklara konulan klimali sistemler.
- 7- Duraklara konulan güvenlik kamera sistemi ile yolcuların güvenliğini sağlama.
- 8- Akıllı duraklara konulacak priz sayesinde laptop şarjı olmak üzere kısa veya uzun süreli 220V AC enerji desteği verilmesi.
- 9- Durakların hemen yanına yerleştirilecek yer ısıtma sistemi ile kışın buzlu, karlı havalarda yolcuların kayıp, düşmelerinin engellenmesi.

10- Reklam panoları ile belediyelerin duyuruları ile firmaların reklamlarının sergilenmesi.

11- Ücretsiz Wi-Fi internet sistemiyle donatılan duraklarda yolcuların daha kolay seyahat edebilmesi ve yönlerini rahatça bulabilmesi için çeşitli haritalar ve şemalar yerleştirilmesi.

3.1. DA/AA Eviriciler (İnverterler)

Genel anlamda evirici, DA/AA dönüştürücü veya doğru akım kaynağından alternatif akım ile beslenen bir yüke veya bir alternatif akım şebekesine güç aktarımı yapan devredir. DA'dan AA' a dönüşüm yapan bu düzenlere (DC to AC converters, DC/AC converters, Inverters) özellikle DA kaynaktan sürekli beslenmesi gereken yükler, kesintisiz güç kaynakları, endüksiyonla ısıtma, ve frekans ayarı gereken motor denetimi uygulamalarda ihtiyaç duyulur. Girişe akü, yakıt hücresi, güneş veya rüzgar generatörü gibi yenilenebilir bir kaynak uygulanır. Çıkışı 220 V-50 Hz bir tek fazlı AA (üç fazlı sitem olarak 220/380 V-50Hz) olabilir. Devreler, girişindeki DA gerilimi çıkışında istenen genlik ve frekanstaki AA gerilime dönüştürürler. Çıkış gerilimi sabit veya değişken frekanslı olarak elde edilebilir. Çıkışta değişken bir gerilim elde edilmek istenirse, giriş DA gerilimi değiştirilebilir. Böylece evirici sabiti veya kazancı olarak tanımlanan bir değer oluşur. Girişteki DA gerilim denetlenebilir bir gerilim değil ve değiştirilemiyorsa, çıkış gerilimi, eviricinin kazancının DGA darbe genişlik ayarı (DGA=PWM: Pulse Width Modulation) gibi bir yöntemle değiştirilmesiyle ayarlanarak değiştirilebilir. Evirici kazancı, çıkış AA geriliminin giriş DA gerilimine oranı olarak tanımlanabilir [11].

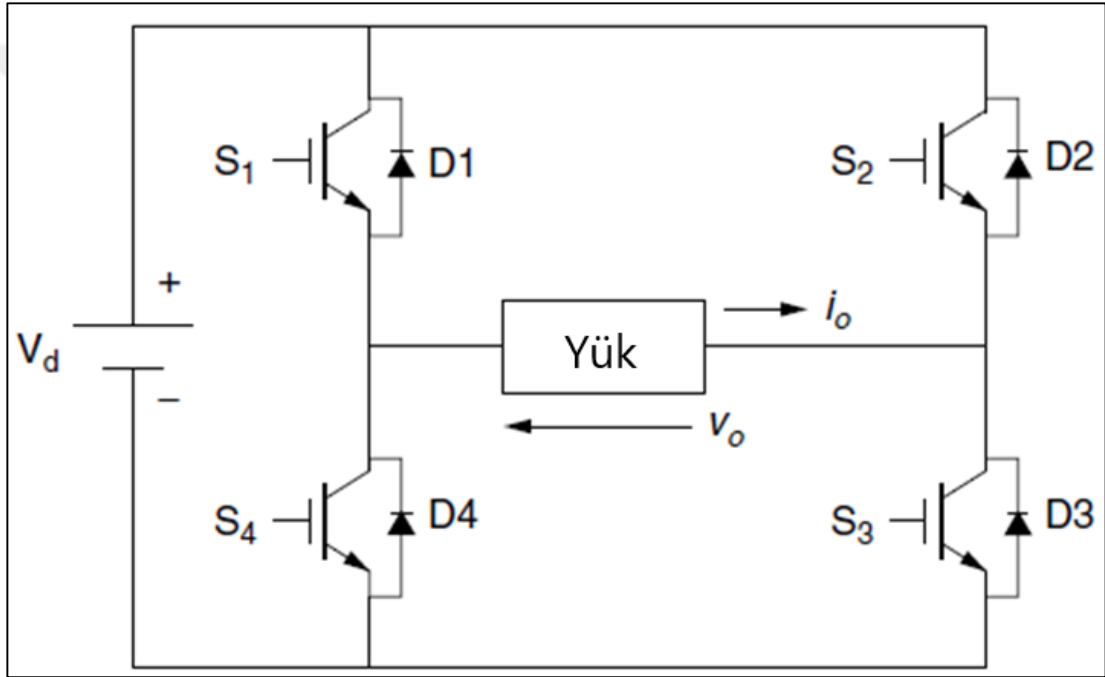
Normal bir işletme ortamında evirici çıkış geriliminin sinüzoidal olması gerekir. Ancak uygulamada salınım bileşenlerin etkisinden dolayı bu ideal sinüzoidal şekilde bozulmalar oluşur. Küçük ve orta büyüklükteki güçlerin denetiminde, evirici çıkış geriliminin şekli kare dalga veya kare dalgaya benzer bir şekilde olması kabul edilebilir. Büyük güçlerin denetiminde, bu şeklin sinüzoidale yakın olması istenir. Çıkış gerilimindeki salınımlar, hızlı yarıiletkenlerin kullanımıyla yapılacak anahtarlama teknikleriyle, azaltılarak yok edilmeye çalışılır. AA çıkışı anahtarlama işlemleri ile elde edildiğinden, çıkış dalga şekli gerilim parçacıklarından oluşur. Bu parçacıkların anlık değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ancak, genelde çıkışın sadece bir adet sıfır olmayan genliği olur.

Eviriciler genel anlamda Tek fazlı ve Çok (iki-üç) fazlı eviriciler olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Bu eviriciler de tristör ve tranzistörlü olarak tasarlanmasına göre

ve tristör söndürme tekniği göz önüne alınarak dört alt guruba ayrılabilir. I. DGA, II. Rezonans, III. Yardımcı söndürme devreli ve IV. Tümleyen söndürme devreli eviriciler olarak sınıflandırılabilir. Bununla beraber son zamanlarda bunların birkaçına benzeyen ortak özellikli veya çok özel eviriciler de geliştirilmektedir. Giriş ve çıkış gerilim-akım durumlarına göre ise; Giriş gerilimi sabit ise, gerilim beslemeli evirici, Giriş akımı sabit bir kaynaktan sağlanıyor ise, akım beslemeli evirici, giriş gerilimi denetlenebilir ise, doğru akım hatlı evirici olarak tanımlanmaktadır [11].

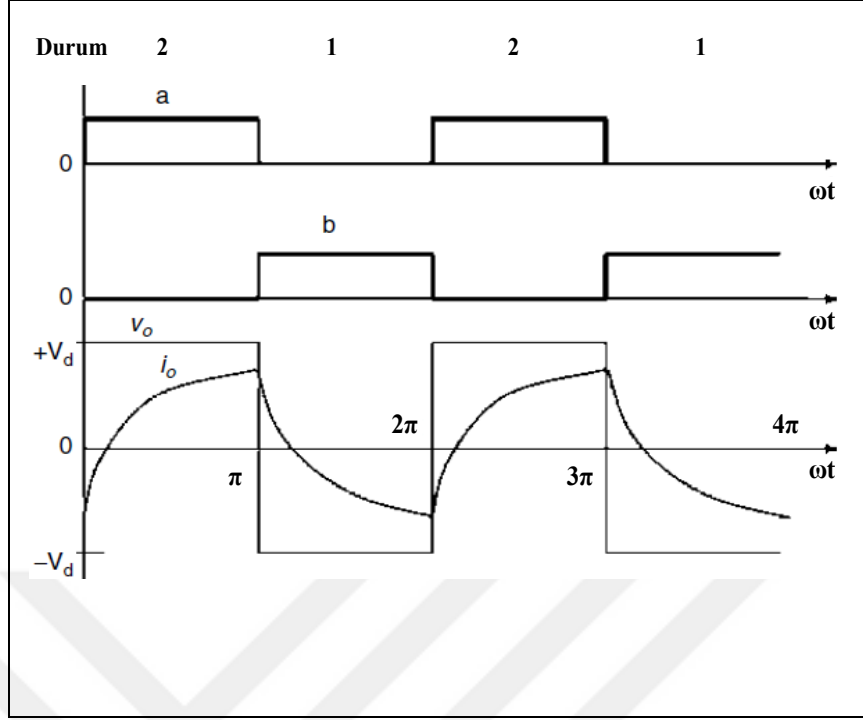
3.1.1. Tek fazlı eviriciler

Şekil 3.1'de gerilim kaynaklı tek fazlı tam köprü gerilim kaynaklı evirici gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Gerilim kaynaklı tek fazlı tam köprü evirici

Tek fazlı gerilim kaynaklı eviricide basit kare dalga uygulanarak yapılan anahtarlama ile elde edilen çıkış gerilim ve akım dalga formları Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kare dalga uygulanarak yapılan anahtarlama ile çıkış gerilim ve akım dalga formları

Tablo 3.1'de eviricinin anahtarlama parametreleri olan a ve b tanımlanmıştır.

Tablo 3.1. Eviricinin a ve b anahtarlama parametreleri

Anahtarlama değişkeni	ON (İletimde)	OFF (Kesimde)	Durum
a	S ₁	S ₄	1
	S ₄	S ₁	0
b	S ₂	S ₃	1
	S ₃	S ₂	0

Tek fazlı tam köprü eviricinin çıkış gerilimi Denklem (3.1)'de verildiği gibi;

$$V_o = (a - b) \cdot V_d \quad (3.1)$$

şeklindedir. Burada, a ve b anahtarlama elemanlarının doluluk oranını temsil etmektedir. V_d DC giriş gerilimini, V_o ise çıkış gerilimini ifade etmektedir. Bu evirici yapısında 2^2 olmak üzere 4 farklı durum vardır.

Tablo 3.2'de tek fazlı tam köprü eviricinin çalışma durumları verilmiştir.

Tablo 3.2. Tek fazlı tam köprü eviricinin çalışması

İletimdeki anahtarlar	Çıkış gücü	Durum
S_1 ve S_3	$+V_d$	2
S_2 ve S_3	$-V_d$	1
S_1 ve S_2	0	0
S_3 ve S_4	0	3

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç ve ilginin artmasıyla beraber, bu kaynaklardan elde edilen enerjinin kullanıma uygun hale getirilerek tüketiciye sunulabilmesi amacıyla eviricilerin kullanım alanları hızla genişlemektedir.

Eviriciler, zorlamalı komütasyonludur. Yüksek güç ve düşük frekanslarda SCR kullanılır. Orta güç ve orta frekanslarda BJT, düşük güç ve yüksek frekanslarda MOSFET kullanılır. Ayrıca, diğer güç elemanları, GTO yüksek güç ve düşük frekanslarda, IGBT ortanın üzerindeki güç ve frekanslarda, MCT yüksek güç ve orta frekanslarda kullanılmaktadır.

220 V AC çıkışlı olanları prensip olarak üç ana başlık altında toplamak mümkün olabilir. Bu çıkışlar; kare dalga, sinüs benzeşimli ve tam/saf sinüs dalga çıkış şeklindedir.

Eviricilerin uygulama alanlarından bazıları olarak mobil araçlar, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji uygulamaları, şebeke elektriğinin mevcut olmadığı uzak sahalar ve tüm haberleşme uygulamaları ile elektrik kesintilerine karşı batarya ile enerji yedeklemek sayılabilir.

Genellikle 12, 24, 48 Volt vb. DC girişli eviriciler ise şebeke elektriğinin hiç olmadığı ve/veya kesintilere tahammül olmayan yerlerde tercih edilmektedir. 12, 24, 48 Volt DC girişli eviriciler sayesinde güneş panellerinde üretilen enerjinin şebekeye aktarımı sağlanabilir [6].

3.1.2. Gerilim kontrollü DGM

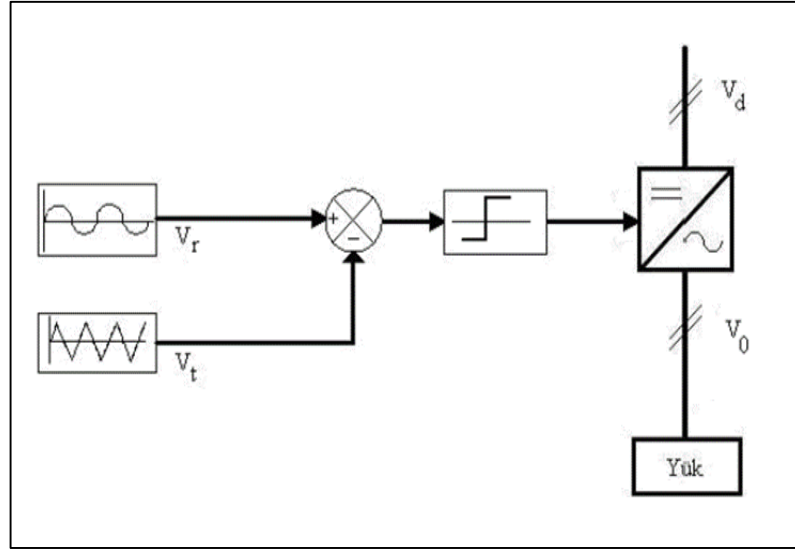
Literatürde gerilim kontrollü DGM açık döngü kontrol tekniği olarak adlandırılır. Açık kontrol tekniğinde bir referans giriş gerilimi alınarak sistemin sürekliliği gerçekleştirilir. Bu teknikte alınan giriş referans gerilimi işaretin farklı bir üçgen dalga işareti ile karşılaştırılması sonucu taşıyıcı temelli DGM oluşur [12].

Taşıyıcı temelli sinüsoidal DGM, eviricideki yarı-iletken anahtarlama elemanlarının tetikleme anlarını belirlemek ve eş zamanlamayı sağlayabilmek için sinüsoidal DGM metodu endüstriyel uygulamalarda çoğunlukla kullanılmaktadır [12].

Şekil 3.3'de gösterildiği gibi evirici çıkışının gerilimini ve frekansını belirleyecek bir sinüs referans işareti, frekans ve genliği sinüs işaretinden daha büyük bir üçgen dalga işaret ile karşılaştırılır. Bu iki işaretin kesiştiği noktalarda evirici içindeki aynı koldaki anahtarlama elemanları durum değiştirir [12].

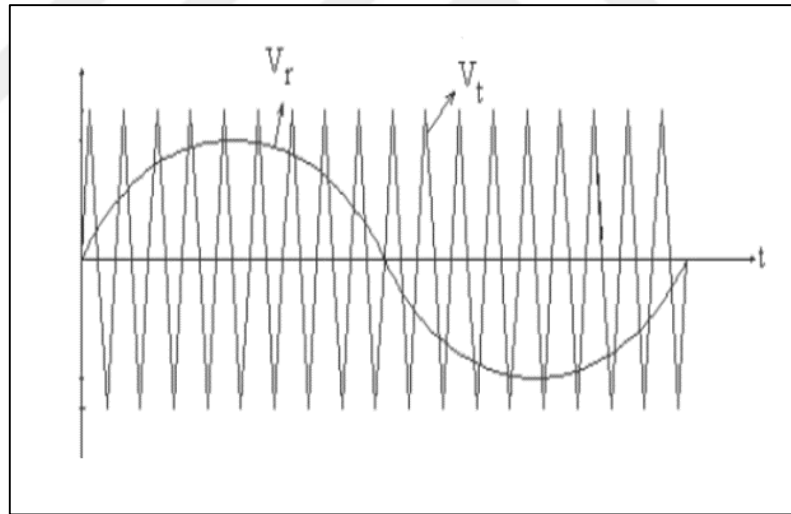
Evirici çıkış gerilimi ve frekansı değerinin değiştirilmesi için referans (kontrol) işareti genliğinin ve frekansının değiştirilmesi yeterli olacaktır. Genliği değişken sinüsoidal referans işareti, daha yüksek frekanslı üçgen dalga taşıyıcı işaretin karşılaştırılması yapılarak oluşan kesişme noktaları ile anahtarlama elemanlarının anahtarlama süreleri belirlenmektedir. Sinüs dalgasının genliğinin yükseltilip azaltılmasıyla, çıkışta elde edilen DGM işaretinin darbe genişliklerinin değişmesi, temel bileşenin genliğinde değişme sağlar [12].

Şekil 3.3'de sinüsoidal DGM kontrol blok şeması verilmiştir.



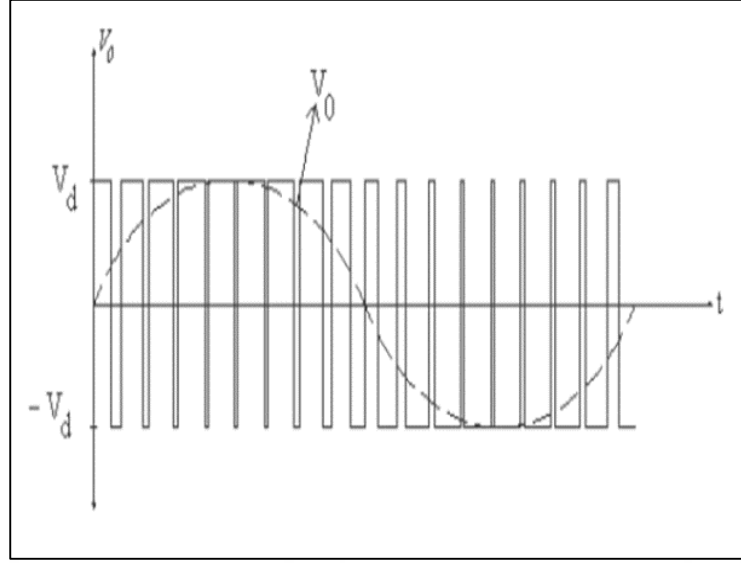
Şekil 3.3. Sinüsoidal DGM kontrol blok şeması

Çift yönlü gerilim anahtarlamaalı sinüsoidal DGM kontrol blok şemasına ait taşıyıcı gerilimi Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4.Çift yönlü gerilim anahtarlamaalı sinüsoidal DGM taşıyıcı ve referans gerilimleri

Çift yönlü gerilim anahtarlamaalı sinüsoidal DGM kontrol blok şemasına ait çıkış gerilimi Şekil 3.5'de verilmiştir [6].



Şekil 3.5. Çift yönlü gerilim anahtarlamalı sinüsoidal DGM çıkış gerilimi

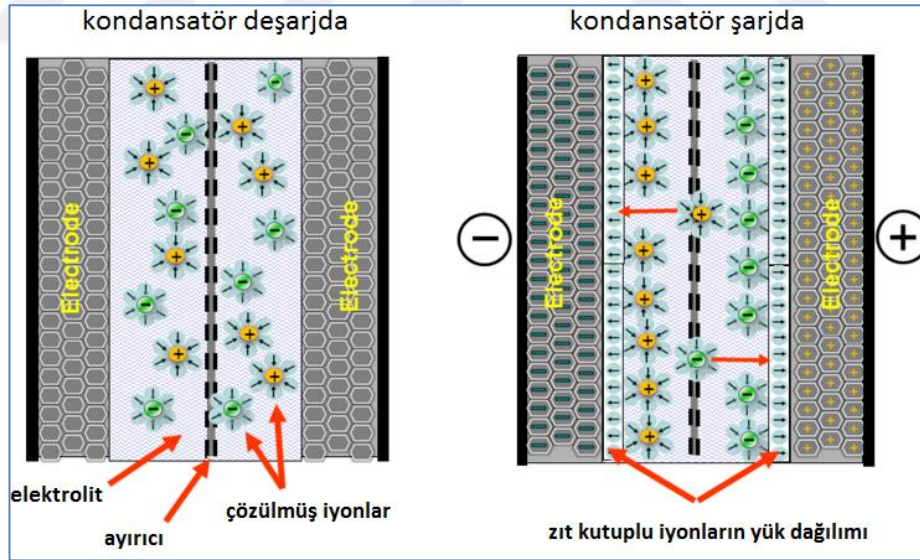
3.2. Elektriksel Enerji Depolama Sistemleri

Enerjinin istendiği zaman ve istenilen yerde kullanılmaya hazır olması istenir. Enerjii istediğimiz zaman kullanabilmek için onu saklamaya depolama denir. Bir depolamada aranan özellikler; yüksek depolama kapasitesi, yüksek şarj/deşarj verimi, kendiliğinden boşalmanın ve kapasite kayıplarının az olması, uzun ömür, ucuzluk, enerji yoğun olması (kWh/kg veya kWh/litre). Yani enerjii en az hacimde ve ağırlıkta depolayabilmelidir. Enerji çok değişik formlarda depolama yöntemleri vardır. Örneğin biyolojik depolama, kimyasal depolama, ısıl depolama, elektriksel depolama, potansiyel enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi, kinetik enerji vb [13].

Enerji depolama ile, bir yandan enerjinin kullanıldığı alanlarda oluşan atık enerjii depolama, diğer yandan, yalnız belirli zamanlarda enerji verebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisini depolayarak, enerji temin zamanı ile talebi arasında doğabilecek farkı gidermeye amaçlamaktadır. Ülkemizde ve Dünyada enerji kaynaklarının sınırlı olması ve giderek azalması sonucunda yenilenebilir enerji kaynakları ve üretilen enerjinin depolanması çok büyük önem arz etmektedir. Akıllı duraklarda güneş enerjisi ile elde edilen enerjinin bataryalar ile depolanarak, güneş ışınlarının olmadığı ya da az olduğu durumda depolanan enerji kullanılabilir [13].

3.2.1. Ultrakapasitörler / Süperkapasitörler

Elektrik enerjisi kondansatörlerde depolanabilir. Kondansatörler enerjiyi pozitif ve negatif elektrostatik yüklerin ayrışmasıyla depo eden cihazlardır. Kapasitörler iki tane iletken plaka ile bunları ayıran ve dielektrik olarak adlandırılan yalıtkanlardan oluşmaktadır. Dielektrik malzeme iki levha arasında ark oluşmasını önleyerek daha fazla şarj yapılmasına yardım eder. Klasik kapasitörlerin güç yoğunlukları çok yüksektir (yaklaşık olarak 10^{12} W/m^3). Fakat enerji yoğunlukları çok düşüktür (yaklaşık olarak 5 Wh/m^3). Klasik kapasitörler genel olarak elektrolitik kapasitörler olarak adlandırılırlar. Süperkapasitörler (Ultrakapasitör diye de adlandırılır) ise klasik kapasitörlerin geliştirilmiş olanlarıdır. Bu kondansatörlerin güç yoğunlukları 10^6 W/m^3 ve enerji yoğunlukları 10^4 Wh/m^3 değerindedir. Enerji yoğunlukları az fakat deşarj süreleri hızlı ve çevrim ömrü daha fazladır. Ancak kapasitörlerin asıl olarak boyut problemleri vardır. Kapasitörlerin kapasitesi ve dielektrik malzeme arasında lineer bir bağlantı vardır. Bu yüzden büyük kapasite gerekli olduğunda zorunlu olarak dielektrik malzeme de büyük olmak durumunda olmalıdır. Süperkasitörler yapıldıktan sonra çok büyük kapasiteler gayet küçük boyutlardaki kapasitörlerle yüksek enerji depolamaya olanak sağlanmıştır [14].



Şekil 3.6. Ultrakapasitörün yapısı.

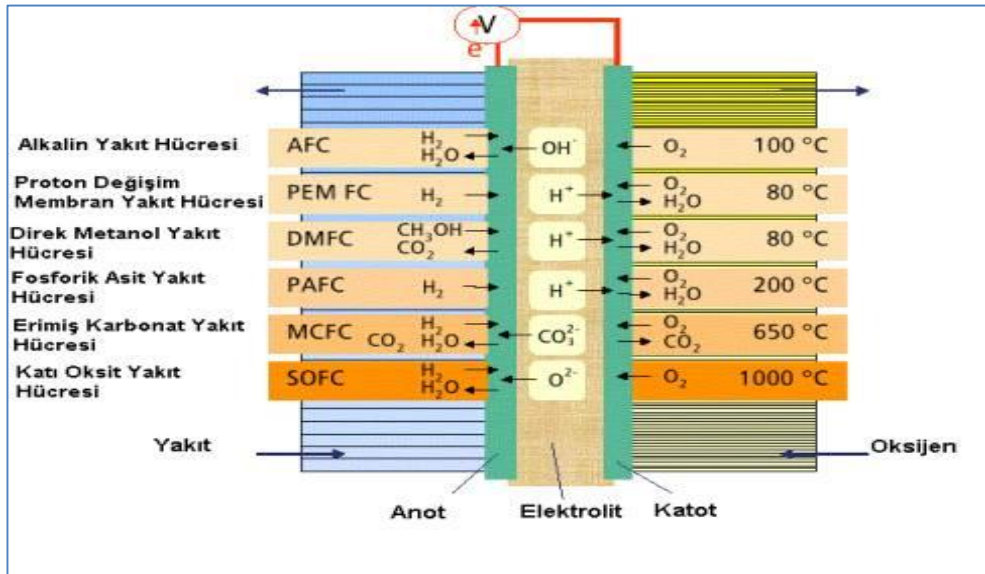
3.2.2. Süperiletken manyetik enerji depolama

Bu sistemlerde depolama şekli en basit anlatımla, süperiletken bobin içerisindeki akan akım ile oluşan manyetik alan içerisinde enerjinin depolanmasıdır. Süperiletken manyetik enerji depolama (SMES) sisteminin temel olarak içinde şu bileşenler vardır; süperiletken bobin (cryostat), enerji dönüşüm sistemi (bobin içi ve dışına enerji

transferi için) ve soğutma sistemidir. SMES'nin avantajları, çok yüksek verimlilik (yaklaşık %97–98), çok kısa sürede isteklere cevap verme (20–30 ms), aktif ve reaktif gücün bağımsız kullanılabilmesi, uzun ömürlü olmaları diye sıralanabilir. Yukarı da bahsedilen özellikleri ile birçok alanda kullanılan depolama tekniğidir. Özellikle elektrik şebeke sisteminde pik yüklerin karşılanması, frekans kontrolü, sistem kararlılığı ve yük akışı kontrolü gibi önemli noktalar için kullanılabilecek özellikleri ile diğer depolama tekniklerinden ayrılan yegâne depolama birimi denilebilir [15].

3.2.3. Yakıt hücreleri

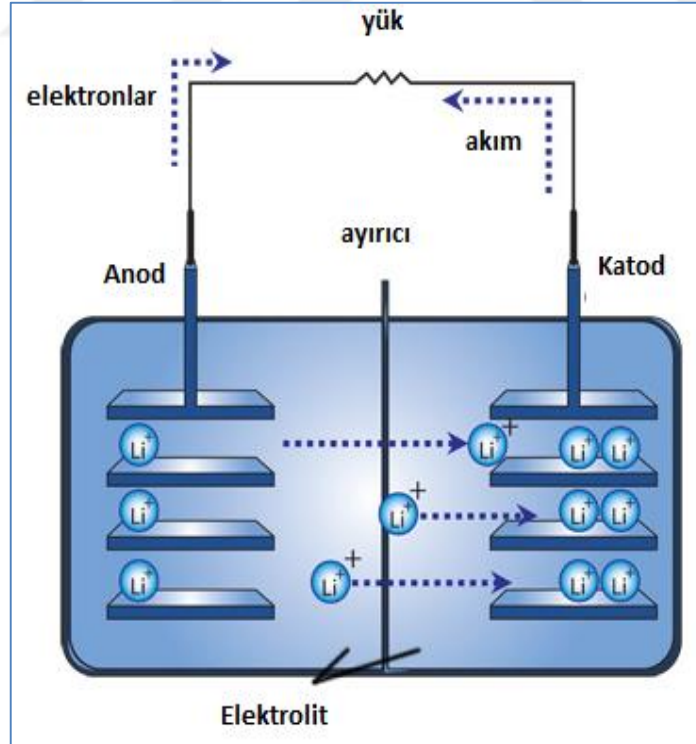
Yakıt hücrelerinin geçmişi bataryalardan çok daha eskiye uzanır. İlk olarak İngiltere'de Grove tarafından 1839'da hidrojen – oksijen hücre prensibi tanıtılmıştır. Yakıt hücreleri bataryalar gibi yakıt ve yakıcılarını bünyelerinde barındırmazlar. Bunun yerine bu iki kimyasal depo edildikleri harici bir kaynaktan sürekli olarak alırlar. Oysa bataryalar yakıt ve yakıcılarını kendi içyapılarında bulundurlar. Mesela, kursun – asit pillerinin yakıtı (kursun) anotta bulundurulurken, yakıcı maddesi (kursun dioksit) katotta bulundurulur, depo edilir. Yakıt hücresi özgül enerji değeri açısından bataryalardan daha yüksek bir değeri sağlayabilirken özgül güç bakımından daha kötü bir değere sahiptir. Bunun da ötesinde, yakıt hücreleri oldukça pahalıdırlar (1500 \$/KW, 1999 fiyatlarıyla) ve yük değişimlerine hızla adapte olamamaktadırlar. Bu sebeplerden burada tartışılan diğer teknolojilerle karşılaştırıldıklarında yüksek güç kapasitesine sahip değildirlar [15].



Şekil 3.7. Yakıt Pili prensip çalışması.

3.2.4. Lityum-İyon piller

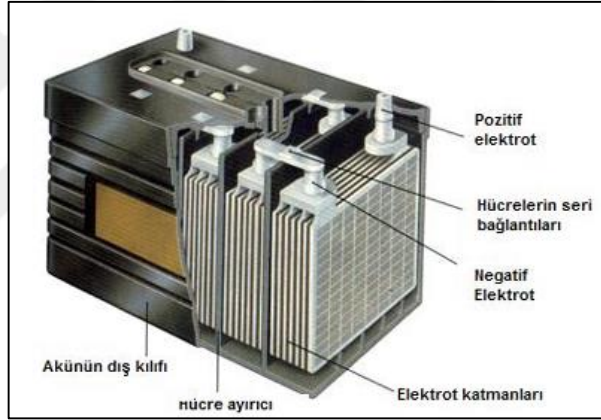
Günümüzde bu çeşit piller elektronik cihazların yaklaşık hepsinde kullanılmaktadır. Lityum iyon pil, yüksek enerji depolama kapasiteleri, düşük iç direnç ve %90'ın üzerinde verimliliğe sahip olmalarından dolayı kullanımları yaygındır. Teknik olarak uygun sıcaklık ve maksimum kapasitelerine dikkat edilerek çalıştırılmalıdır aksi halde lityum iyon pillerin verimleri azalır. Yüksek verimleri ve enerji yoğunlukları ile lityum iyon piller enerji kalitesinin önemli olduğu yerlerde, dağıtım sistemlerinde ve otomotiv alanlarında kullanım için çok uygundur. Teknik yapısı ise; pilin eksi kutbu lityum metal oksit ve artı kutbu grafik karbon tabakası ile yapılmıştır. Lityum tuzu içeren elektrotlar organik karbonatlarla çözülmektedir. Pil şarj edilirken, katottaki lityum atomları iyonlaşır ve elektronlar ile birleşirler daha sonra lityum atomları olarak karbon tabakaları arasında depolandıkları karbonlar anot yönünde elektrolit boyunca ilerlerler. Bu süreç boşalma süresince tersine hareket eder/ettirilir. Lityum iyon pillerinin birçok avantajı vardır. Bunlar; uzun süreli kullanım ömrü, yüksek enerji yoğunluğu, küçük taşınabilir olmaları, bakım gerektirmemesi, geniş sıcaklık aralığında çalışabilme diye sıralanabilir. Dezavantajları ise yüksek kurulum maliyeti ve kapasiteden fazla şarj olma tehlikesi denilebilir [15].



Şekil 3.8. Lityum İyon Bataryaların iç yapısı

3.2.5. Kurşun asit bataryalar

Kurşun asit pilleri en eski ve olgun teknolojiye sahiptir. Temel formda, negatif elektrotta kurşun içerir, pozitif elektrotta kurşun dioksit ve elektrik yalıtım tabakası bulunur. Deşarj için sulandırılmış sülfürik asit sülfat iyonları sağlar. Güç kalitesi için düşük maliyetli depolama uygulamalarında genellikle kurşun asit piller kullanılır. Uygulamaları sınırlıdır çünkü kısa bir kullanım ömrü vardır. Kurşun asit piller otomobillerde, motosikletlerde, botlarda ve çeşitli diğer endüstrilerde, çalışma, aydınlatma ve ateşleme amacı ile kullanılır. Avantajları ise düşük maliyeti, yüksek güç yoğunluğu, düşük ve yüksek sıcaklıklarda yüksek performans, servis ağının yüksek olması ile bakımının kolay olmasıdır. Dezavantajları ise kısa süreli kullanım ömrü, enerji saklama süresinin az olması (kendi kendine deşarj olması) ve deşarj olurken depolama yapmadaki zayıflığı diye sıralanabilir [15].



Şekil 3.9. Kurşun-Asit bataryanın iç yapısı

3.2.6. Nikel–Kadmiyum piller

Nikel kadmiyum piller bilinen en eski sekonder pillerdir. Ni-Cd pilin dış kabı çeliktir. Silindirik biçimde olanları içerisinde bir bobin şeklinde sarılmış artı ve eksi yüklü çelik bantlar elektrot görevini yaparlar. Bu bantların üstü çok delikli ve pozitif elektrot üzerine nikel tozu ve negatif elektroda kadmiyum hidroksit maddesi tatbik edilerek, çok gözenekli ve geniş aktif yüzeyler elde edilir. Pozitif ve negatif elektrotlar arasında kısa devreyi önleyen, ancak iyon geçişine her iki yönde müsaade eden elyaf esaslı separatörler (ayırıcılar) bulunur. Elektrolit malzemesi olarak genellikle potasyum Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü 16 hidroksit çözeltisi kullanılır. Pil bünyesinde kullanılan her türlü çelik bağlantı malzemeleri nikel kaplıdır ve bu suretle hem korozyon (aşınma) önlenir hem de iletkenlik artırılır. Ni-Cd pillerin en büyük avantajı; enerji yoğunluklarının düşük ve başlangıç maliyetlerinin yüksek

olmasına rağmen, yüzlerce kez şarj edilebildiklerinden uzun vadede çok ekonomik olmalarıdır. Uzun ömürlü ve özellikle güvenilir olmaları nedeniyle askeri amaçlı kullanımlarda her zaman tercih edilirler. Ni-Cd pillerin dezavantajı ise, zehirli kadmiyum maddesini içermeleridir [16].



Şekil 3.10. Nikel-Kadmiyum batarya

3.2.7. Nikel–Metal hidrit piller

Nikel metal hidrit (NiMH) pillerin yüksek enerji yoğunluğu ve içlerinde çevreyi kirletmeyen bileşim ve metaller bulunması en önemli özelliğidir. Günümüz nikelmetal hidrit pili normal bir nikel-kadmiyum pille karşılaştırıldığında %40 daha fazla enerji yoğunluğuna sahiptir. Aslında bileşimleri göz önüne alındığında daha da yüksek verim elde edilebilir ama bu kazanç ne yazık ki bazı yan etkileri de ortaya çıkardığı için tercih edilmemektedir. Hala bu piller yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir ancak diğer pil teknolojileri (lityum iyon gibi) çıkmasıyla birlikte aynı piyasada yer almaları kendi önünde bir engel oluşturabilir. NiMH pillerin avantajlarına bakılacak olursa: Nikelkadmiyum pillerden % 30–40 daha fazla kapasite ve bunun yanında bu değerlerin çok daha üstünde bir enerji yoğunluğuna erişilebileceği de öngörülmektedir. Hafıza etkisine nikel-kadmiyum pillerden daha az eğilimlidir ve daha az sayıda periyodik deşarj-şarj döngüsü gerektiriyor. Çevre dostu - çok hafif zehirli madde içerir; geri dönüşümü kolay ve etkindir, kullanım alanları çok geniştir [14].



Şekil 3.11. Nikel –Metal Hidrit batarya.

3.2.8. Na-NiC1 (Zebra) batarya

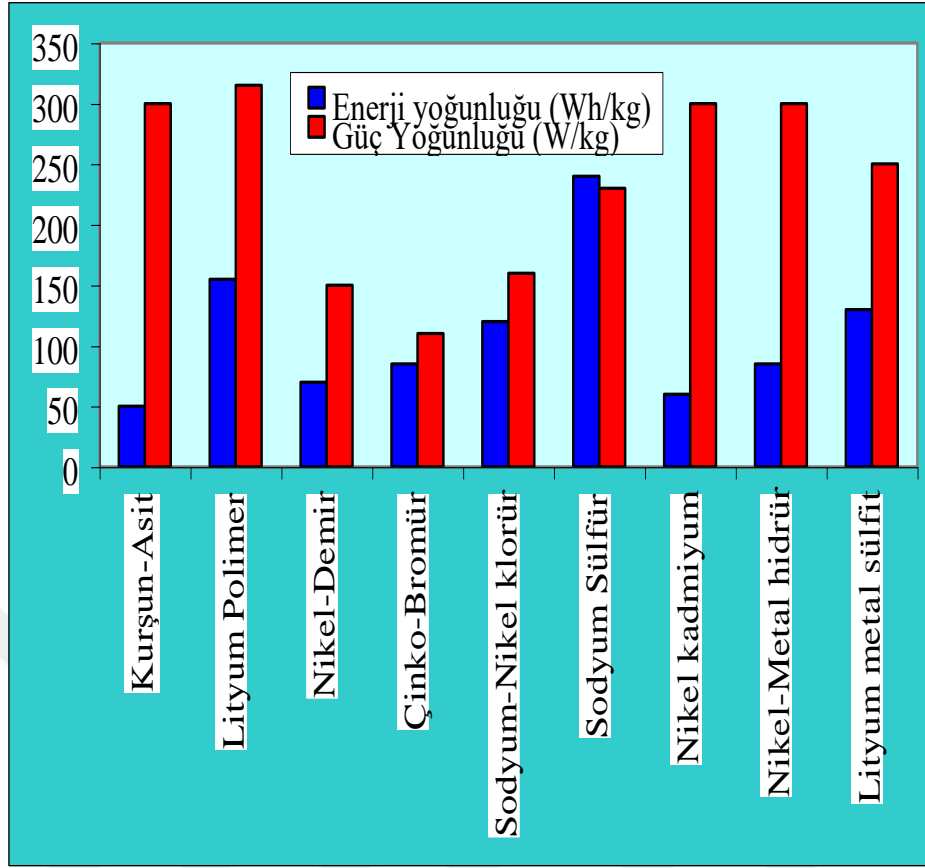
Na-NiC1 bataryalar 270 derece gibi yüksek sıcaklıklarda çalışırlar. İçi sıcak dışı soğuk özel bir kap içinde bulunmaları gerekir. ZEBRA bataryalar elektrikli araçlar için düşük maliyet, 1500 çevrim ömrü ve güvenilirliği ile iyi bir seçenek olarak durmaktadır. Bu bataryalar kendi çevrim ömürleri içinde %100 deşarj olma özelliğine sahiptirler. Özgül enerjisi 110 Wh/kg ve özgül gücü 150 W/kg'dır. 30 kWh'lik bir ZEBRA batarya 2009 yılı için yaklaşık 20.000 \$ civarındadır. Dolayısıyla kwh başına maliyet 700 \$ civarında olup Lityum iyon bataryalara göre üç kat daha ucuzdur.



Şekil 3.12. Zebra batarya.

Tablo 3.3. Bataryaların enerji ve güç yoğunluklarının karşılaştırılması

Batarya Tipi	Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Güç Yoğunluğu (W/kg)
Kurşun asit	35-40	75-300
Nikel Kadmiyum	40-60	150-300
Nikel Demir	50-70	70-150
Nikel Metal Hidrür	55-85	100-300
Çinko Bromür	70-85	90-110
Sodyum Nikel Klorür	80-120	130-160
Lityum Metal Sülfid	100-130	150-250
Lityum Polimer	155	100-315
Sodyum Sülfür	150-240	90-230



Şekil 3.13. Bataryaların enerji ve güç yoğunluklarının karşılaştırılması

3.3. Akü Şarj Regülatörü (Şarj Kontrol Cihazı)

Güneş panelinden gelen akımı ayarlayarak akünün tam dolmasını veya tamamen boşalmasını engeller. Tüketici için gerekli akım değerine göre sistemde uyumlu çalışabilecek tipte seçilmesi gereklidir. Ayrıca akü şarj regülatörünün, akü gerilimine uyumlu olması gerekmektedir. Bir regülatör seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli parametre, regülatörün gerekli olan maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Seçilen regülatörün, kullanılan batarya voltajı ile uyumlu olmasına da dikkat edilmelidir. Şarj regülatörleri kullanılacak sisteme göre 12V/24V/48V ve/veya 10A/20A/40A/60A gibi değerlerde değişir. Şarj regülatörleri aynı zamanda DC voltaj çıkışları olduğundan doğru akımla çalışan cihazlara direk gerilim verirler. Çoğu regülatörde şarj durumuna ait sayısal bilgileri gösteren ekran bulunmaktadır.

Şekil 3.14'de PV sistemlerinde kullanılan regülatör gösterilmiştir.



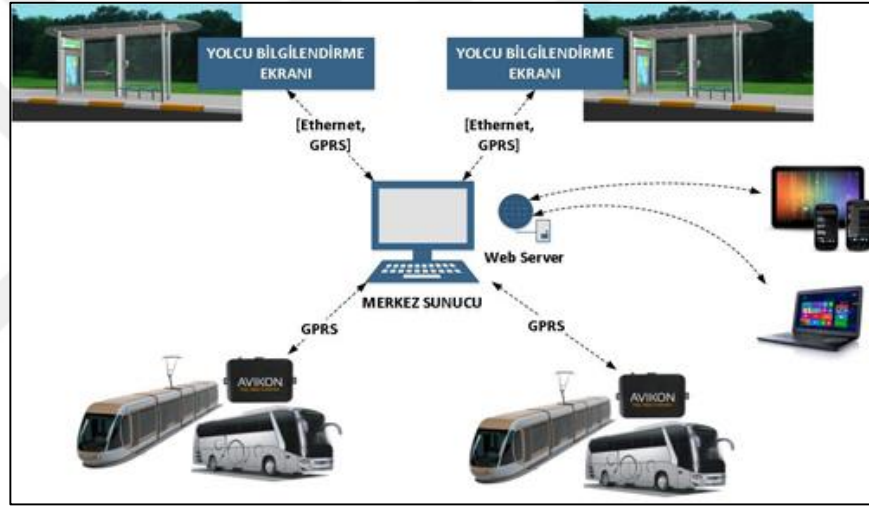
Şekil 3.14. PV Sistemlerinde kullanılan regülatör



4. AKILLI DURAK İÇİN ÖNEMLİ SİSTEMLER

4.1. Akıllı Duraklarda Araç Takip Sistemi

Akıllı Duraklarda Araç Takip Sistemi, raylı sistem ve karayollarında, toplu taşıma uygulamalarında araçlarla duraklar arasında kurduğu akıllı bir otomasyon sayesinde, duraklarda bekleyen yolcuların gidecekleri güzergaha ait aracın ne zaman geleceği bilgisini öğrenmelerini sağlamaktadır. Ayrıca merkezde kurulan bir sistem odası sayesinde de toplu taşıma organizasyonunun sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Akıllı Duraklarda Araç Takip Sistemi, “Merkez Sunucu”, “Yolcu Bilgilendirme Ekranları”, “Araç Takip Modülü” ve “Web Sitesi ve Mobil Erişim” bileşenlerinden meydana gelmektedir.



Şekil 4.1. Akıllı duraklarda araç takip sistemi

4.1.2. Merkez sunucu

Merkez Sunucu, araçlardan gerekli bilgileri alarak, üzerinde barındırdığı adaptif algoritmalar sayesinde araçların duraklara ulaşma sürelerini hesaplamak ve yolcu bilgilendirme ekranlarına gerekli bilgilerin gönderilmesini sağlamakla yükümlüdür. Akıllı Durak Sistemi, “Machine Learning” tekniğine dayalı adaptif hesaplama algoritması sayesinde, her bir araçtan aldığı verileri diğer araçların hesaplarına akıllı bir şekilde dahil etmektedir. Bu kendi kendine öğrenen yapı sayesinde, zaman içerisinde yapılan hesaplamalarda (trafik durumu, güzergah değişiklikleri vb. nedenlerle) bozulmalar olması engellenmekte ve her zaman en optimum hesapların yapılması sağlanmaktadır.

Merkez Sunucu yazılımı, Web tabanlı mimarisi ve esnek yetkilendirme özellikleri sayesinde farklı görevleri olan birden fazla operatörün kullanımına aynı anda açılabilir. Yazılım, aşağıdaki ekranlardan oluşmaktadır:

4.1.3. Harita ekranı

Akıllı Durak Sistemi kapsamında takip edilmekte olan araçlar, merkez sunucuya bağlı bir monitörde harita üzerinde sergilenmektedir. Kullanılan haritalar üzerinde araçların konumu, hızı, güzergahı, sonraki durak bilgileri, sonraki durağa olan mesafe, kalan süre, aracın sürücüsü gibi bilgiler anlık olarak görüntülenebilmektedir. Ayrıca, yazılımın ana sayfası üzerinden bu bilgiler kolayca değiştirilip, toplu taşıma organizasyonunun yapılmasına da olanak sağlanmaktadır.



Şekil 4.2. Akıllı durak haritası

4.1.4. Kontrol ekranı

Toplu taşıma operasyonundan sorumlu personelin, araçların güzergah, sürücü bilgilerini güncelleyebildiği ekranlardır. Ayrıca kontrol ekranları LED bilgilendirme ekranlarını da manuel olarak yönetebilme imkanı sağlamaktadır. Akıllı Durak Sistemi Merkez Sunucuda, araçlardan alınan hız, konum, katedilen mesafe gibi bilgiler anlık olarak kayıt altına alınmaktadır. Bu bilgiler kullanılarak kaza, çarpışma gibi durumlarda aracın hızı, konumu, sürücü gibi bilgilerin raporu alınabilmektedir. Bu raporlar sayısal ve grafiksel olarak merkez sunucu yazılımı tarafından oluşturulmaktadır. Ayrıca, toplu taşıma operasyonunun güvenliğinin sağlanması amacıyla, yazılım üzerinden alarmlar tanımlanabilmektedir. Böylece bir sürücünün hız limiti aşımı yapması gibi durumlarda merkezde bulunan operatörlere görsel ve işitsel uyarılar verilerek ulaşım güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

4.1.5. Bilgilendirme ekranları

Yolcu Bilgilendirme Ekranları, yerleştirildikleri duraklarda bekleyen yolculara, gelecek olan aracın numarası, güzergahı ve durağa olan varış süresi gibi bilgileri sergilemektedir. Ekranlar, uygulamaya göre LED Nokta-Matris ekran veya LCD monitör olarak seçilebilmektedir.

4.1.6. Led ekran

LED Ekranlar, uygulamaya ve durağın boyutlarına göre özel olarak farklı boyut ve renklerde tasarlanmaktadır. LED ekranlar uzaktan kontrol modülü ile kontrol edilirler. Bu modül, FiberOptik, Ethernet, GSM/GPRS gibi farklı haberleşme seçeneklerini sunmaktadır. Böylece, duraklarda bulunan haberleşme altyapısı (F/O, Ethernet, vb.) kullanılabilceği gibi, sistemin ekstra hiçbir altyapıya bağlı olmadan (GSM/GPRS üzerinden) çalışmasına da olanak sağlanmaktadır.

4.1.7. LCD monitör

LCD Monitörler, kullanılacağı alana göre farklı boyutlarda seçilebilmektedir. Akıllı duraklarda kullanılan monitörler dış ortamda kullanmaya uygun olacak şekilde sağlamlaştırılmışlardır. LCD monitörler, arkalarına yerleştirilen bir mikro-PC tarafından yönetilirler. Mikro-PC'ler merkez sunucu ile Ethernet, GSM/GPRS gibi farklı seçeneklerle haberleşmeye olanak sağlamaktadır. Araç Takip Modülü, yüksek performanslı bir entegre GPS/GSM modülüdür. Araç Takip Modülü, monte edildiği araçtan herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymadan aracın konumu, hızı, yönelimi ve katettiği mesafe gibi bilgileri merkez sunucuya otomatik olarak iletmektedir. Bunun yanısıra modül, genel amaçlı giriş/çıkış portları sayesinde araçtan istenilen bilgilerin alınabilmesine ve istenilen açma-kapatma kontrollerinin merkez sunucu üzerinden yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Akıllı Durak Sistemi, yaptığı hesaplardan elde ettiği Varış Süresi, Kalan Mesafe, Araç Pozisyonu gibi bilgileri Web Sitesi, Mobil Web Sitesi ve/veya Mobil Uygulama yöntemleriyle internet üzerinden kullanıma açabilmektedir. Böylece yolcuların duraklara ulaşmadan önce durak bilgilerini görüntülemesine olanak sağlanmaktadır.

4.2. Akıllı duraklarda USB şarj

USB, İngilizce "Universal Serial Bus" kelimesinin kısaltmasıdır. USB'nin türkçesi "Evrensel Seri Veriyolu"dur. USB dış donanımların bilgisayar ile bağlantı kurabilmesini sağlayan seri yapıllı bir bağlantı biçimidir. Son sürümü 3.1'dir. 1,22

GByte/sn'lik aktarım hızı vardır. Standart bir USB 2.0 veriyolu 5.00 volt, 500 mA çıkış verirken USB 3.0 veriyolu 900 mA çıkış değerine sahiptir. USB 3.1 ise 9.00 volt çıkış verebilmektedir. Tak Çalıştır (plug and play, PnP) özelliğinden dolayı birçok cihazın bağlantısında kullanılmaktadır. Evrensel seri veriyolu, çevre birimlerinin bilgisayara takıldıkları anda tanınıp otomatik çalışmalarını sağlamaktadır. Yani PnP'dir. Bu yolla 127 tür cihazı çalıştırma imkânı vardır, ek aparatlarla tek bağlantı noktasına birden fazla cihaz bağlanabilir.USB basit bir dört telli bağlantıdır. Veri kodlamasına NRZI (Non-return to Zero Inverted) denir. Modern anakartlarda en az 4 USB portu bulunmaktadır [17].

USB hızları

USB 1.0 ve 1.1: Hız 12 Mbit/sn (1,5 MByte/sn)

USB 2.0: Hız 480 Mbit/sn (60 MByte/sn)

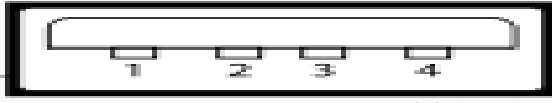
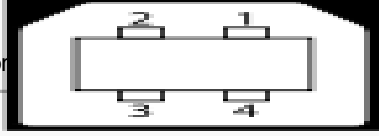
USB 3.0: Hız 4,80 Gbit/sn (600 MByte/sn)

USB 3.1: Hız 10 Gbit/sn (1,22 GByte/sn)

USB 2.0, 480 Mbps bant genişliği sunabilen USB sürümüdür. USB 1.1 de sunulabilen bant genişliği 12 Mbps ile sınırlıdır. USB 2.0, USB 1.1'in 40 katı kadar bant genişliği ile yüksek hız sağlar. Her iki sürümde de kablo yapısı ve bağlantı uçları aynıdır. USB 2.0, USB 1.1 ile uyumludur. Yüksek bağlantı hızı gerektiren harici CD/DVD yazıcı gibi cihazlar USB 2.0 standartını kullanırlar [17].

USB 3.0 yapılan testler sonucunda en fazla 1320 Mbit/sn ile sınırlı kaldı, beklenen yükseklikte bir hıza ulaşamadı. 2001 yılında benzer bir durum USB 2.0 için yaşandı. En yüksek hız olarak 250 Mbit hıza ulaşıldı ancak çalışmalar ilerledikçe USB 2.0 480 Mbit/sn hıza ulaştı ve kullanılmaya başlandı [17].

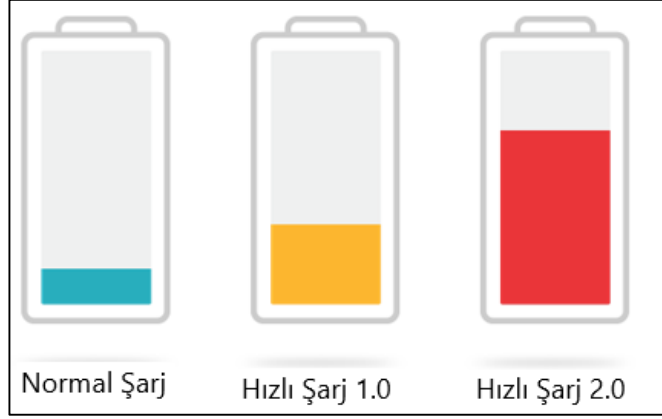
Günümüzdeki en son teknoloji USB 3.1' dir. USB 3.0 beklendiği gibi 5 Gbit hıza çıkmıştır. Günümüzde yeni üretilen anakartların neredeyse hepsinde USB 3.0 desteği vardır. Intel ve AMD'nin yeni yonga setlerinin yaygınlaşmasıyla USB 3.0 gittikçe yüksek hız gerektiren harici sabit diskler ve flash belleklerde kullanılmaya başlanmıştır. Harici sabit disklerin çoğunluğu USB 3.0 desteğine sahip olmasına rağmen flash belleklerde henüz USB 3.0 desteği yaygın değildir ve pahalıdır [17].

Elektriksel Özellikler	
Maksimum Voltaj	5.00+0.25 -0.60 V 5.00+0.25 -0.55 V (USB 3.0) 20.00 V (PD)
Maksimum Akım	0.5 A (USB 2.0) 0.9 A (USB 3.0) 5 A (BC 1.2) 3 A (type-C) Up to 5 A (PD)
Veri Sinyali	Paket verileri
Genişlik	12Mbit/s-10Gbit/s
Bant Genişliği	1.5MB/s-1250MB/s(USB3.1)
Maksimum Veri Aygıtı	127
Bağlantı Türü	Seri
Pin Sayısı	4
Pin Görünümü	
	
Pin 1	VCC (+5V)
Pin 2	Data-
Pin 3	Data+
Pin 4	Ground

Şekil 4.3. USB Bağlantı türü elektriksel özellikleri [17].

4.3. Akıllı Duraklarda Hızlı Şarj Sistemi

Akıllı telefonlar yaşamımızın bir parçası haline geldi. Duraklarda bekleyen yolcuların cep telefonlarını hızlı şarj sistemi ile şarj etmesi avantaj sağlamaktadır. Ortalama bir yolcu durakta 10-15 dk beklemektedirler. Hızlı Şarj (Quick Charge) 2.0 ile birlikte normal şarj süresine göre telefonunuzu %75'e kadar daha hızlı şarj edilebilir hale getiriyor. Laboratuvarda yapılan testlere göre 3300mAh kapasitedeki bataryası olan telefonda (9V 2A adaptör ile), bataryayı %0 dan %60 a 30 dakikada şarj edebiliyor. Normal adaptörle aynı batarya (Quick Charge 2.0 olmayan 5V 1A) aynı 30 dakikada %0 dan sadece %12'ye kadar şarj edebiliyor. Cihazı Hızlı Şarj (Quick Charge) 1.0 desteği ile şarj edersek de 30 dakikada %0'dan %30'a şarj edebiliyoruz. Aslında olaya basit bir dille bakarsak 30 dakikalık şarj sonucunda Hızlı Şarj (Quick Charge) 2.0 telefonunuza bir gün yetecek güç depolayabiliyor.

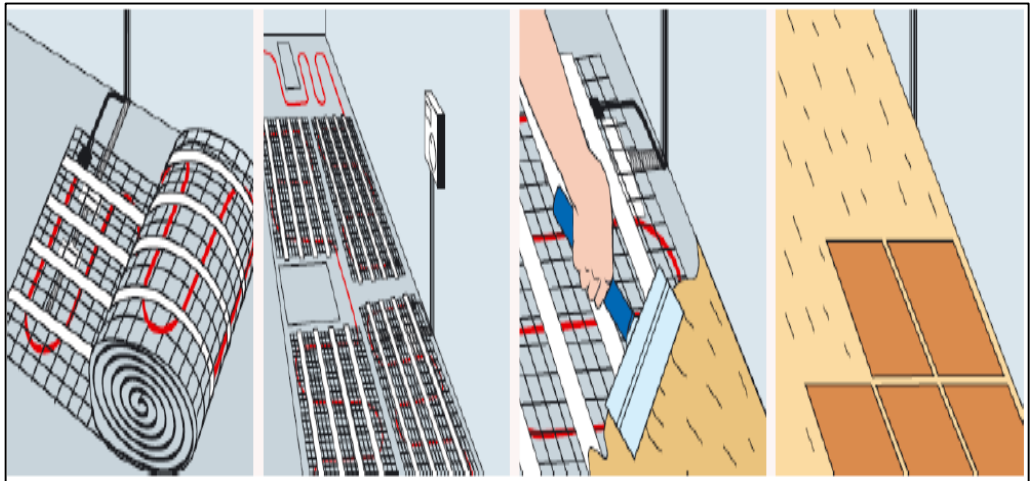


Şekil 4.4. Hızlı şarj sistemi

4.4. Akıllı Duraklarda Kar - Buz Birikimini Engelleme Sistemleri

Kar - Buz Birikimini Engelleme Sistemi, farklı tipte Isıtma Kabloları, Dijital Termostatlar, Sensörler (Nem ve sıcaklığı algılayan) kurulum aksesuarlarından oluşur. Sistem, kar birikimi ve buzlanmanın istenmediği veya tehlike yaratabileceği yerlerde güvenli ortamlar sağlamaktadır [18].

Kullanım alanları; çatı yüzeyleri, yağmur dereleri ve iniş boruları, araç ve yaya yolları, otopark girişleri, rampalar, merdivenler, köprüler ve spor sahaları gibi yerler sayılabilir. Asfalt, beton, seramik vb. gibi her türlü döşeme malzemesi altında uygulama yapma imkanı vardır [18]. Şekil 4.5'de yer ısıtma şilteleri uygulaması görülmektedir.



Şekil 4.5. Yer ısıtma şilteleri uygulaması

Kar-Buz Birikimini Engelleme Sistemleri;

- Kışın yürüme yollarında insanlar için
- Alt ve üst geçitler, durak önleri, köprüler ve garaj rampaları gibi yerlerde araçlar için
- Çatı yüzeyi, yağmur deresi ve iniş borularında binalar için güvenli bir ortamlar sağlar.

Kar-Buz Birikimini Engelleme Sistemleri; asfalt, beton ve seramik gibi birçok yüzey döşeme kaplama malzemesiyle birlikte uygulanabilmektedir. Sistem ayrıca; çeşitli tipteki çatı, saçak ve yağmur iniş borularında kar-buz birikimini engeller. Bu sebeple insanlara ve bina donatılarına gelmesi muhtemel zararlar engellenmiş olur [18]. Şekil 4.6'da sistemin uygulama aşamaları görülmektedir.



Şekil 4.6. Sistemin uygulama aşamaları önce ve sonrası

5. DURAKTA KULLANILACAK YÜK TIPLERİNİN BELİRLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASI

Önerilen akıllı enerji yönetim algoritmasında, üretilen güç ile kıyası yapılacak olan talep edilen gücün belirlenmesi gerekmektedir. Önerilen akıllı enerji yönetim algoritması için yükler Tablo 5.1’de 2 gruba ayrılarak enerji yönetimi bu 2 yük tipi dikkate alınarak yapılmaktadır. Bu belirlenen 2 yük tipi kullanıcı temelli olup, üretilen güce ve talep edilen güç kapasitesine göre kullanıcı tercihine bağlı olarak tekrardan belirlenebilir.

Bu önerilen sistem için yük tiplerinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasında besleme tipine bağlı olmaksızın kullanılma ve ihtiyaç duyulma durumları esas alınmıştır. Amaç öncelikli yüklerin enerjisiz kalmamasının sağlanmasıdır. İlk grupta en çok kullanılan ve ihtiyaç duyulan yükler yer almaktadır. Belirlenen ikinci grupta ise daha az kullanılan ve genelde büyük güçlü yükler yer almaktadır.

Öncelikli yük tipi PL1 olarak isimlendirilmiştir. PL1 yük tipi günümüzde duraklarda bulunması aydınlatma yükleri olan durak içi Led lambalar ve reklam pano Led lambalarıdır. Bu yükler öncelikli yük olarak öngörülmüş olup, her durumda yüke enerji verilebilmelidir. İkinci yük tipi olan PL2 ise USB şarjları, dijital panel, modem, ve priz yükleridir.

Oluşturulan tablolarda akıllı duraklarda yüklerin güçleri ve tahmini kullanım sürelerinden hareketle günlük muhtemel enerji tüketimleri belirlenmiştir. Tahmini çalışma süresi priz yükü için 4 saat, aydınlatma yükleri için 12 saat, USB şarj için 12 saat, dijital panel için 18 saat ve modem için 24 saat olarak belirlenmiştir. Yüklerin günlük tüketim miktarlarının bulmak için harcanan güç ile tahmini günlük çalışma saatleri çarpılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Yük cinsine göre tüketim miktarları

Yük Tipi	Yükün Cinsi	Harcadığı Güç (Watt)	Tipi	Tahmini Günlük Çalışma Süresi	Tahmini Günlük Tüketim (Watt-saat)
PL1	Reklam Panosu Aydınlatması	20	AC	12 Saat	240
PL1	Durak İçi Aydınlatma	9	AC	12 Saat	108
PL2	USB Şarj	31,5	DC	12 Saat	380
PL2	Priz (Laptop Şarj vs.)	150	AC	4 saat	600
PL2	Dijital Panel	20	DC	18 saat	360
PL2	Modem	10	DC	24 saat	240

5.1. Aydınlatma Yükleri

Akıllı durakta aydınlatma yükü olarak 3W'lık LED'lerden 3 adet kullanılmıştır. Durak içi aydınlatma akşamleyin hava kararması ile gece otobüs hatlarının son servis saati olan 01:00'a kadar ledler devrede olacaktır. Reklam panosu aydınlatması ise akşam havanın kararmasından, gün doğumuna kadar devrede kalacaktır. Kışın aydınlatma yükleri daha fazla enerji harcayacaklardır. Yazın karanlık saatinin az olmasından dolayı aydınlatma yükleri daha az enerji harcayacaklardır. Hesaplamalar en kötü duruma göre yapılacağından LED'lerin 12 saat yanabileceği düşünülmüştür.

Aydınlatma yükleri öncelikli yük olarak kabul edilip Enerji Yönetim Algoritmasında (EYA) reklam ve durak içi aydınlatma yükleri aydınlık ve karanlık saatlerine göre kontrol edilecektir. Tablo 5.2'de akıllı durakta ihtiyaç duyulan aydınlatma yükleri gösterilmiştir.

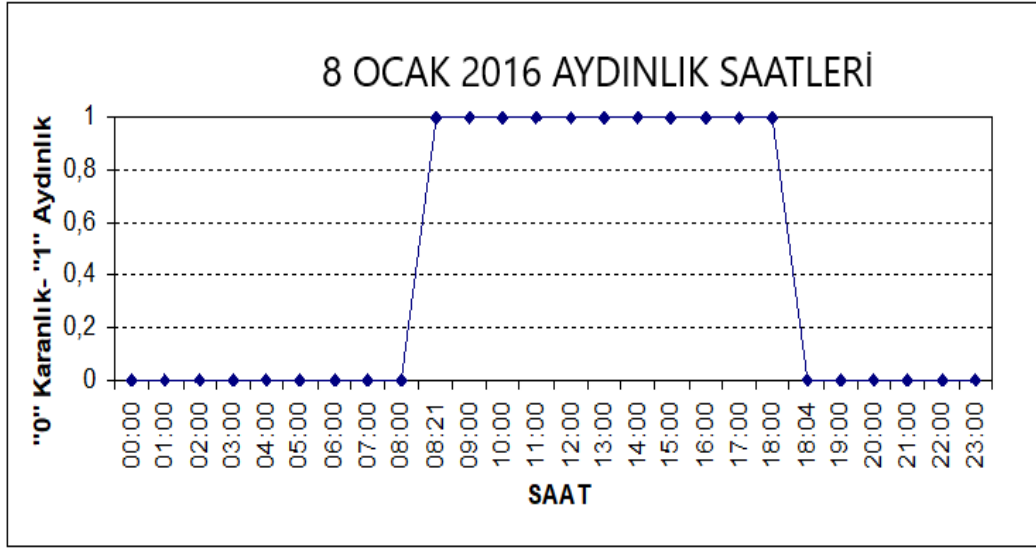
Tablo 5.2. Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan aydınlatma yükleri

AYDINLATMA YÜKLERİ	Led Sayısı (Adet)	Güç (Watt)	Süre (Saat)	Enerji (Wh)
Reklam Panosu aydınlatma	2	10	12	240
Durak içi aydınlatma	3	3	12	108
			TOPLAM	348

Meteoroloji Enstitüsünden alınan ve Ocak 2016 ayının 1.haftasına göre aydınlık ve karanlık sürelerini içeren bilgiler Tablo 5.3'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Ocak ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.01.2016	08:21	17:57	09:36	14:24
2.01.2016	08:21	17:58	09:37	14:23
3.01.2016	08:21	17:59	09:38	14:22
4.01.2016	08:21	18:00	09:39	14:21
5.01.2016	08:21	18:01	09:40	14:20
6.01.2016	08:21	18:02	09:41	14:19
7.01.2016	08:21	18:03	09:42	14:18
8.01.2016	08:21	18:04	09:43	14:17



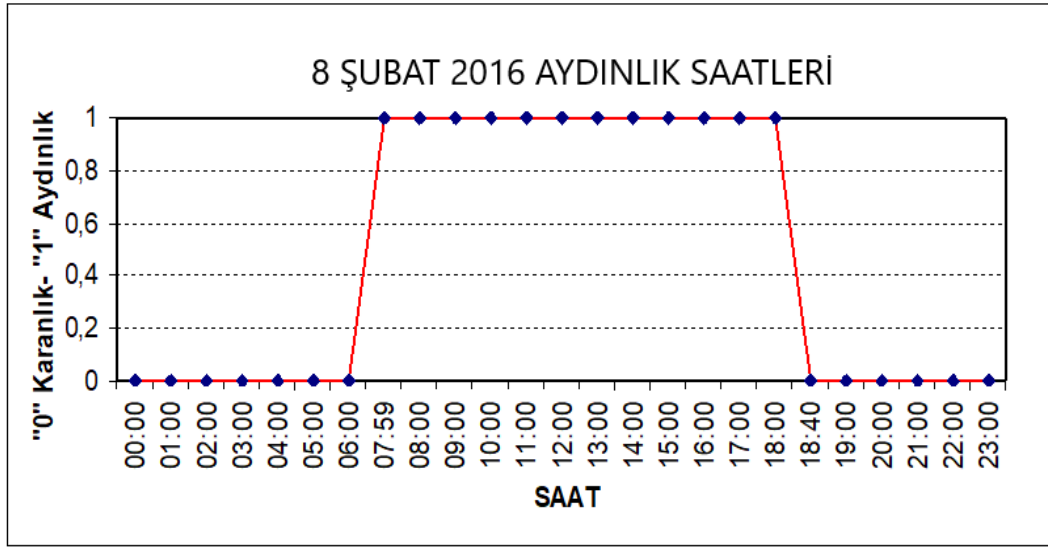
Şekil 5.1. Ocak 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Şubat ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre şubat ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreler hesaplanmıştır. Tablo 5.4'de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Şubat ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlik Saati	Karanlık Saati
1.02.2016	08:07	18:32	10:25	13:35
2.02.2016	08:06	18:33	10:27	13:33
3.02.2016	08:04	18:34	10:30	13:30
4.02.2016	08:03	18:35	10:32	13:28
5.02.2016	08:02	18:37	10:35	13:25
6.02.2016	08:01	18:38	10:37	13:23
7.02.2016	08:00	18:39	10:39	13:21
8.02.2016	07:59	18:40	10:41	13:19

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.2'de gösterilen grafik elde edilmiş olur.



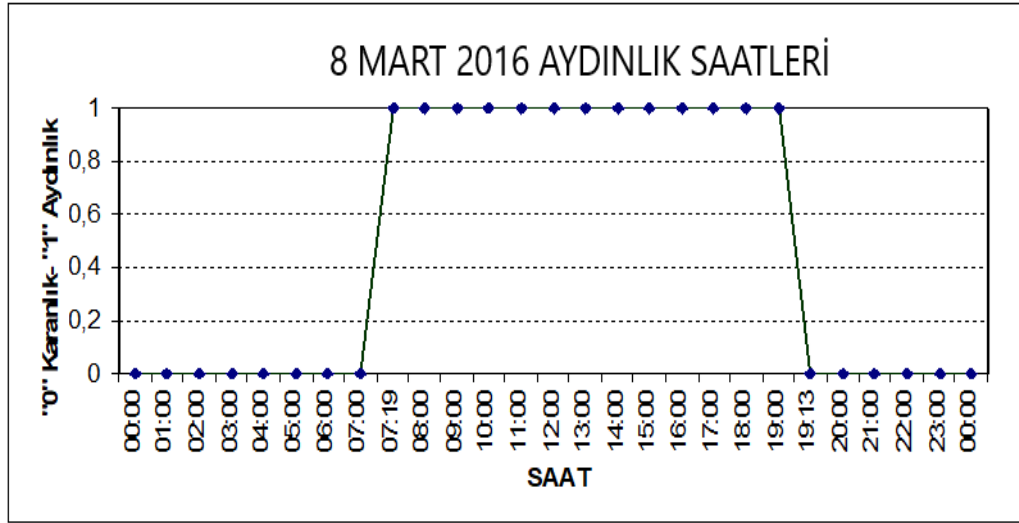
Şekil 5.2. Şubat 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Mart ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre mart ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreler hesaplanmıştır. Tablo 5.5'de gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Mart ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.03.2016	07:30	19:05	11:35	12:25
2.03.2016	07:29	19:07	11:38	12:22
3.03.2016	07:27	19:08	11:41	12:19
4.03.2016	07:26	19:09	11:43	12:17
5.03.2016	07:24	19:10	11:46	12:14
6.03.2016	07:22	19:11	11:49	12:11
7.03.2016	07:21	19:12	11:51	12:09
8.03.2016	07:19	19:13	11:54	12:06

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.3'de gösterilen grafik elde edilmiş olur.



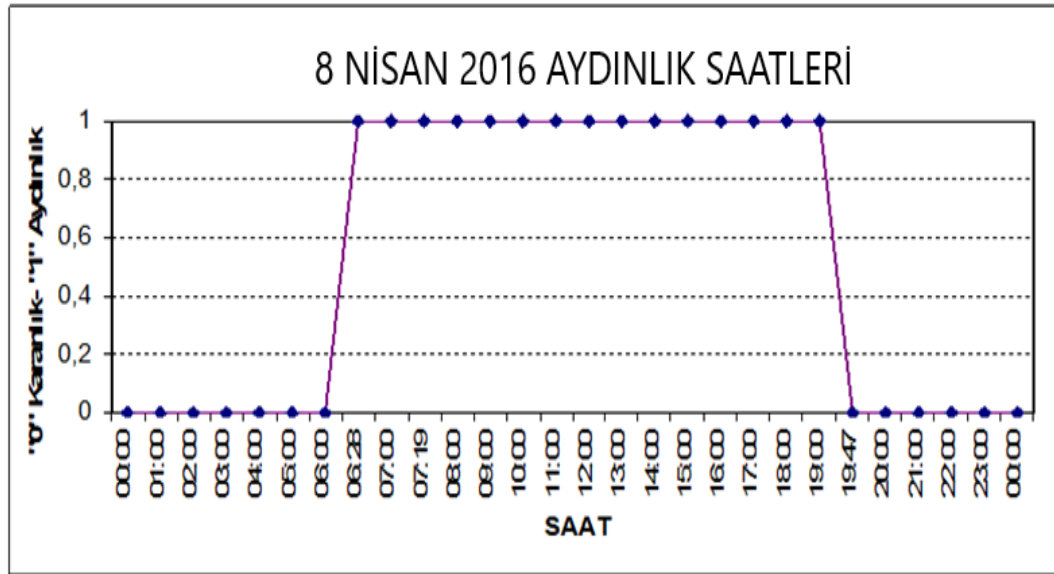
Şekil 5.3. Mart 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Nisan ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre nisan ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreler hesaplanmıştır. Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Nisan ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.04.2016	06:39	19:39	13:00	11:00
2.04.2016	06:38	19:40	13:02	10:58
3.04.2016	06:36	19:42	13:06	10:54
4.04.2016	06:34	19:43	13:09	10:51
5.04.2016	06:33	19:44	13:11	10:49
6.04.2016	06:31	19:45	13:14	10:46
7.04.2016	06:30	19:46	13:16	10:44
8.04.2016	06:28	19:47	13:19	10:41

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.4'de gösterilen grafik elde edilmiş olur.



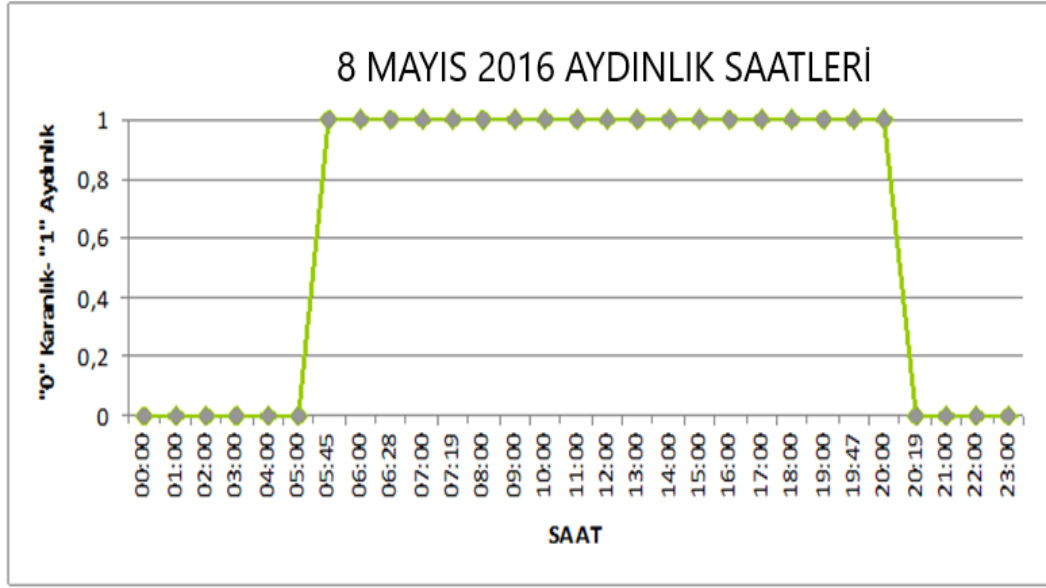
Şekil 5.4. Nisan 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Mayıs ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre mayıs ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Mayıs ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.05.2016	05:54	20:11	14:17	09:43
2.05.2016	05:53	20:12	14:19	09:41
3.05.2016	05:51	20:13	14:22	09:38
4.05.2016	05:50	20:15	14:25	09:35
5.05.2016	05:49	20:16	14:27	09:33
6.05.2016	05:48	20:17	14:29	09:31
7.05.2016	05:46	20:18	14:32	09:28
8.05.2016	05:45	20:19	14:34	09:26

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.5'te gösterilen grafik elde edilmiş olur.



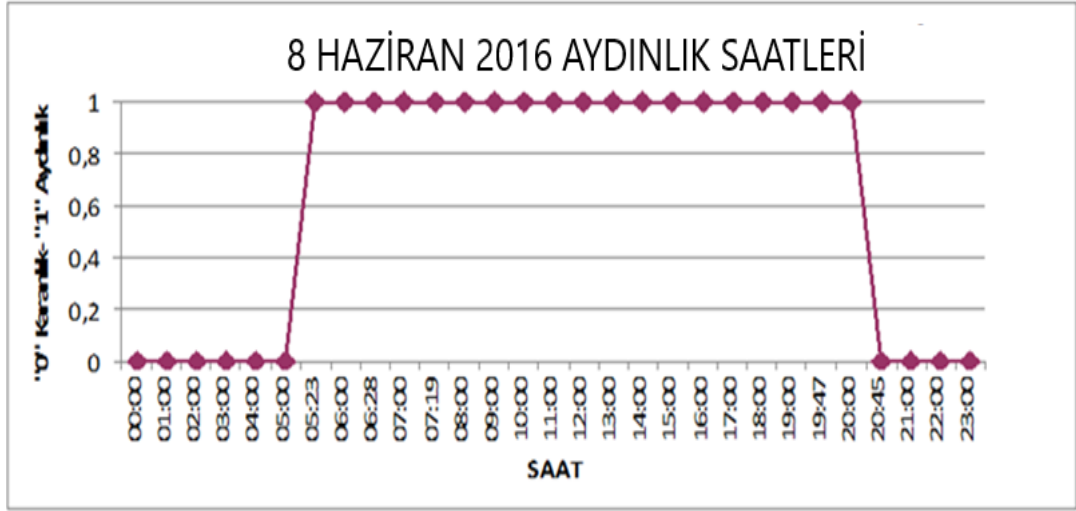
Şekil 5.5. Mayıs 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Haziran ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre haziran ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.8'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Haziran ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.06.2016	05:26	20:41	15:15	08:45
2.06.2016	05:25	20:42	15:17	08:43
3.06.2016	05:25	20:42	15:17	08:43
4.06.2016	05:25	20:43	15:18	08:42
5.06.2016	05:24	20:44	15:20	08:40
6.06.2016	05:24	20:44	15:20	08:40
7.06.2016	05:24	20:45	15:21	08:39
8.06.2016	05:23	20:45	15:22	08:38

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.6'da gösterilen grafik elde edilmiş olur.



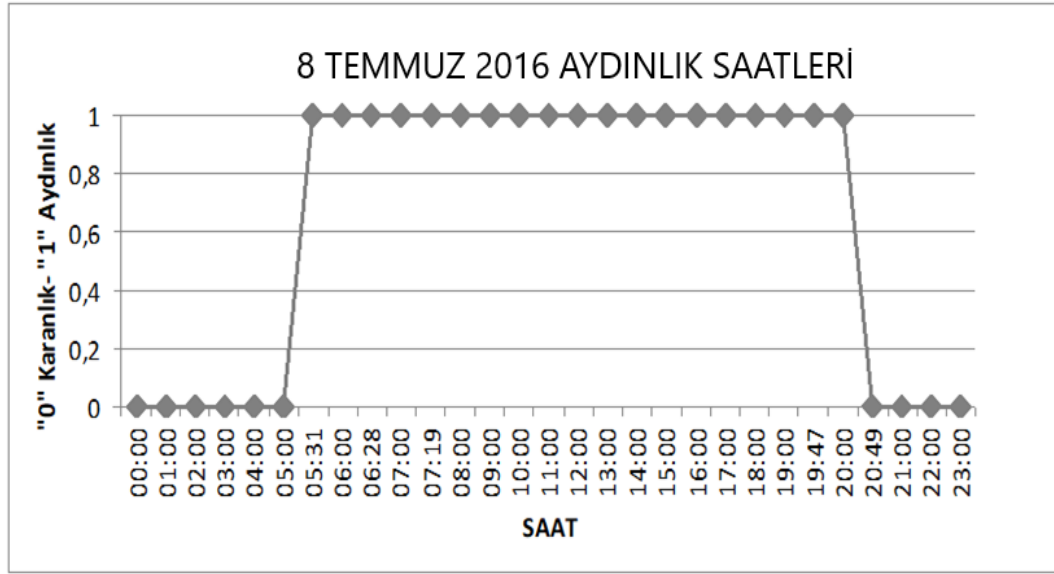
Şekil 5.6. Haziran 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Temmuz ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre temmuz ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

Tablo 5.9. Temmuz ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.07.2016	05:27	20:51	15:24	08:36
2.07.2016	05:28	20:51	15:23	08:37
3.07.2016	05:28	20:51	15:23	08:37
4.07.2016	05:29	20:50	15:21	08:39
5.07.2016	05:29	20:50	15:21	08:39
6.07.2016	05:30	20:50	15:20	08:40
7.07.2016	05:31	20:49	15:18	08:42
8.07.2016	05:31	20:49	15:18	08:42

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.7'de gösterilen grafik elde edilmiş olur.



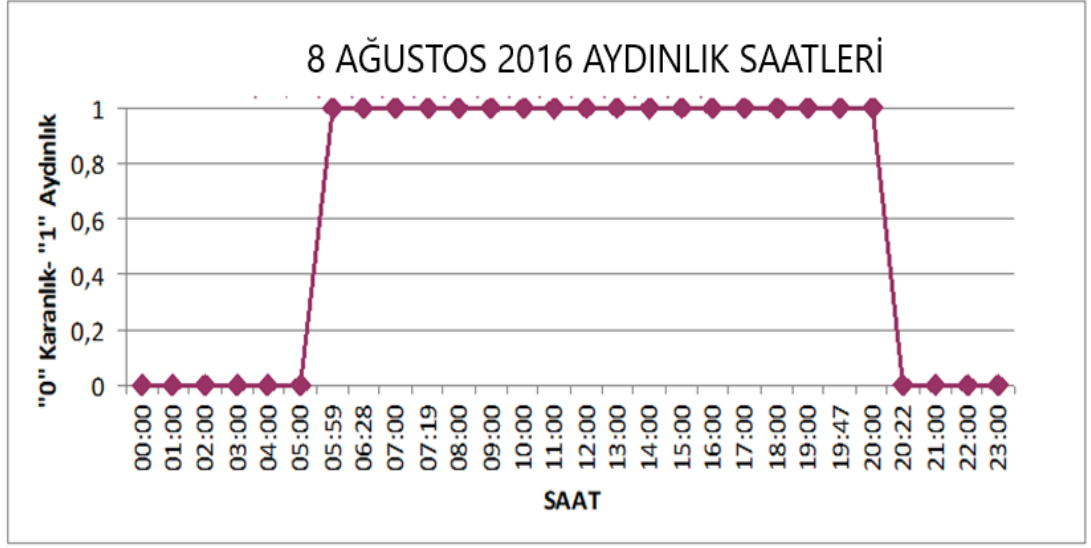
Şekil 5.7. Temmuz 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Ağustos ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre ağustos ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.10. Ağustos ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.08.2016	05:52	20:31	14:39	09:21
2.08.2016	05:53	20:30	14:37	09:23
3.08.2016	05:54	20:29	14:35	09:25
4.08.2016	05:55	20:27	14:32	09:28
5.08.2016	05:56	20:26	14:30	09:30
6.08.2016	05:57	20:25	14:28	09:32
7.08.2016	05:58	20:24	14:26	09:34
8.08.2016	05:59	20:22	14:23	09:37

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.8'de gösterilen grafik elde edilmiş olur.



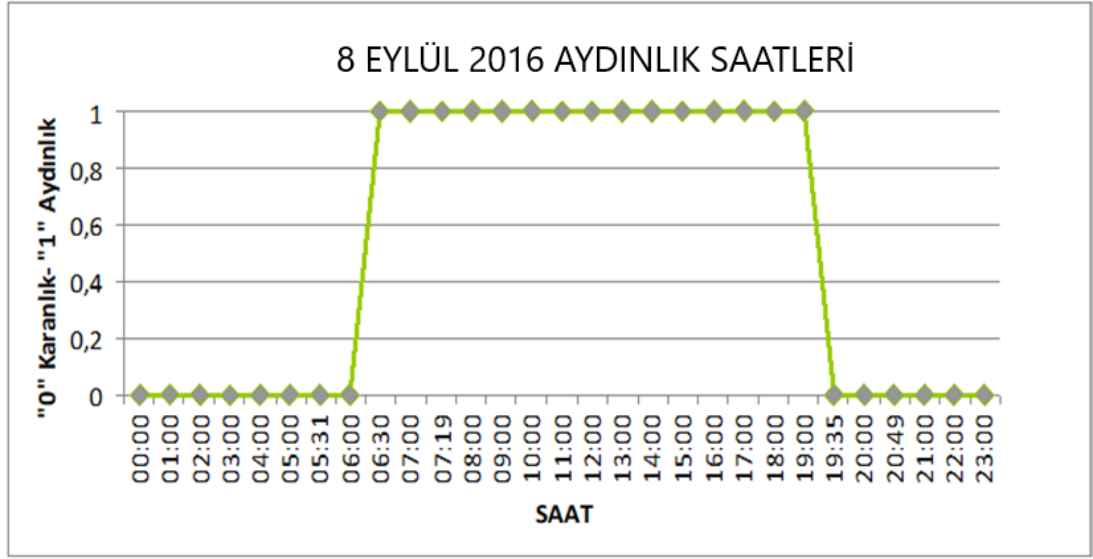
Şekil 5.8. Ağustos 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Eylül ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre eylül ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.11'de gösterilmiştir.

Tablo 5.11. Eylül ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.09.2016	06:23	19:47	13:24	10:36
2.09.2016	06:24	19:45	13:21	10:39
3.09.2016	06:25	19:44	13:19	10:41
4.09.2016	06:26	19:42	13:16	10:44
5.09.2016	06:27	19:40	13:13	10:47
6.09.2016	06:28	19:39	13:11	10:49
7.09.2016	06:29	19:37	13:08	10:52
8.09.2016	06:30	19:35	13:05	10:55

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.9'da gösterilen grafik elde edilmiş olur.



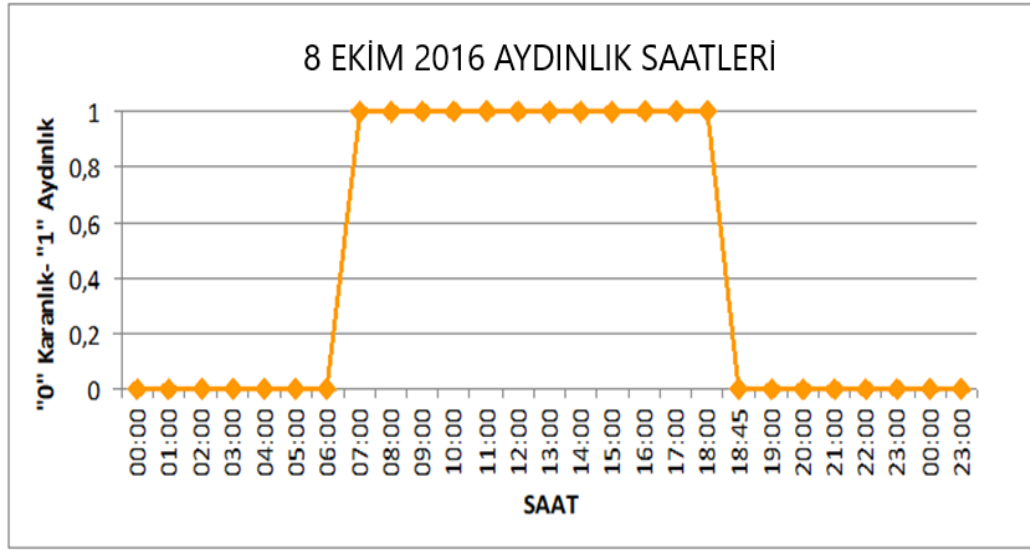
Şekil 5.9. Eylül 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Ekim ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre ekim ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.12'de gösterilmiştir.

Tablo 5.12. Ekim ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlik Saati	Karanlık Saati
1.10.2016	06:53	18:56	12:03	11:57
2.10.2016	06:54	18:55	12:01	11:59
3.10.2016	06:55	18:53	11:58	12:02
4.10.2016	06:56	18:51	11:55	12:05
5.10.2016	06:57	18:50	11:53	12:07
6.10.2016	06:58	18:48	11:50	12:10
7.10.2016	06:59	18:47	11:48	12:12
8.10.2016	07:00	18:45	11:45	12:15

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.10'da gösterilen grafik elde edilmiş olur.



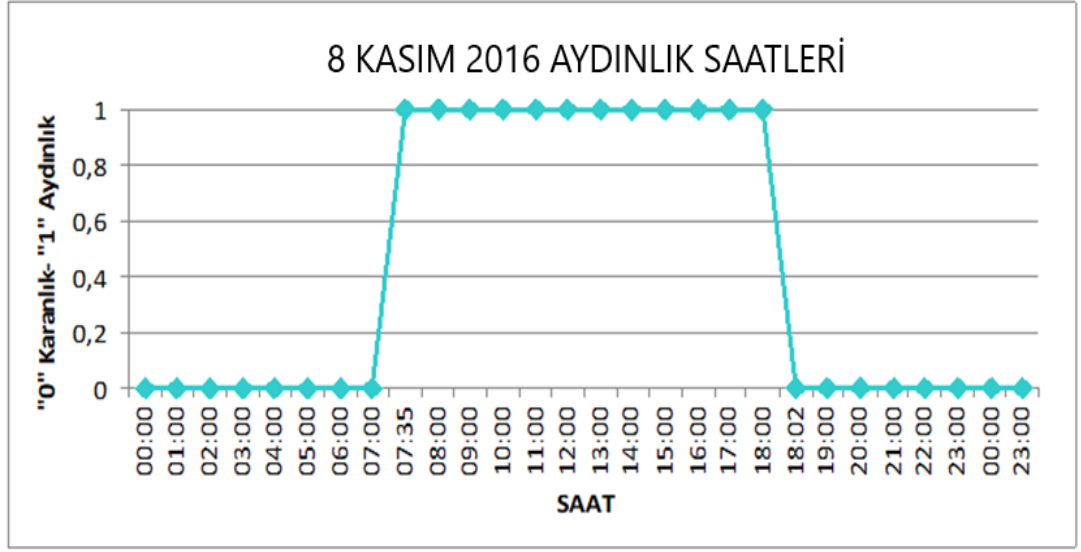
Şekil 5.10. Ekim Ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Kasım ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre kasım ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.13'de gösterilmiştir.

Tablo 5.13. Kasım ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.11.2016	07:27	18:10	10:43	13:17
2.11.2016	07:28	18:09	10:41	13:19
3.11.2016	07:29	18:08	10:39	13:21
4.11.2016	07:30	18:07	10:37	13:23
5.11.2016	07:31	18:06	10:35	13:25
6.11.2016	07:33	18:05	10:32	13:28
7.11.2016	07:34	18:03	10:29	13:31
8.11.2016	07:35	18:02	10:27	13:33

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.11'de gösterilen grafik elde edilmiş olur.



Şekil 5.11. Kasım ayı 1.Hafta aydınlık ve karanlık süreleri gösteren grafik

Meteoroloji Enstitüsünden alınan 2016 Aralık ayı gün doğum ve gün batım değerlerine göre aralık ayının 1.haftası aydınlık ve karanlık süreleri hesaplanmıştır. Tablo 5.14'de gösterilmiştir.

Tablo 5.14. Aralık 1.Hafta aydınlık ve karanlık saati süreleri

Tarih	Güneş	Akşam	Aydınlık Saati	Karanlık Saati
1.12.2016	08:01	17:47	09:46	14:14
2.12.2016	08:02	17:47	09:45	14:15
3.12.2016	08:03	17:47	09:44	14:16
4.12.2016	08:04	17:46	09:42	14:18
5.12.2016	08:05	17:46	09:41	14:19
6.12.2016	08:06	17:46	09:40	14:20
7.12.2016	08:07	17:46	09:39	14:21
8.12.2016	08:08	17:46	09:38	14:22

Gün içerisinde aydınlık saatler için "1" karanlık saatler için "0" verisini grafik olarak çıkartırsak, Şekil 5.12'de gösterilen grafik elde edilmiş olur. 2016 Yılına ait aydınlık ve karanlık saatleri Şekil 5.13'de gösterilmiştir.

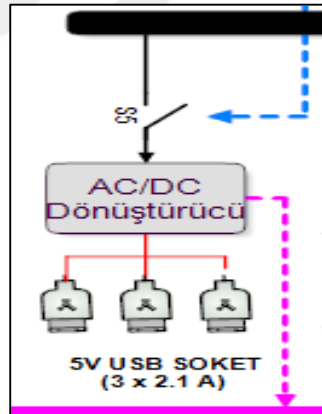
5.2. USB Yükleri

Durakta bekleyen yolcuların telefonlarını şarj edebilmeleri için üç adet USB girişi kullanılmaktadır. USB çıkışları dişi tip seçilmiştir. Hızlı şarj için USB akımı 2.1 A olarak belirlenmiştir. Yolcunun bulunduğu her zaman gerekli enerji var ise USB uçları aktif olacaktır. Seçilen durakta sürekli yolcu bulunduğu için kullanım süresi ortalama 12 saat olarak alınmıştır. Bir günde USB giriş için harcanacak enerji Tablo 5.15'deki gibi olacaktır.

Tablo 5.15. Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan USB yükleri

ELEKTRİK YÜKLERİ	Adet	Güç (Watt)	Süre (Saat)	Enerji (Wh)
USB Şarj telefon	3	10,5	12	378

USB yüklerinin bağlı olduğu anahtar numarası daha önce verilen sistem şemasında S5 anahtarı ile gösterilmiştir. USB yüklerinin bağlı olduğu S5 anahtarı Şekil 5.14'de gösterilmiştir



Şekil 5.14.USB yüklerinin sistem tanımlamadaki gösterimi ve S5 anahtarı

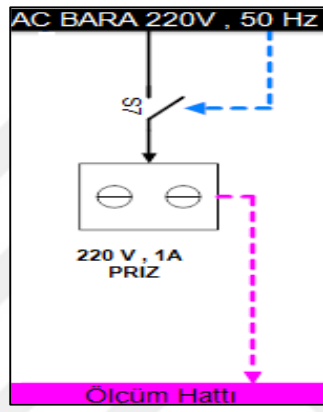
5.3. Priz Yükleri

Sistem 220V AC baradan beslendiği için 1 adet 220V AC priz durağa eklenmiştir. Yolcular telefon dışındaki pek çok cihaz için (laptop şarjı, tablet şarj vs.) bu çıkışı kullanabilecektir. Fakat priz yükleri acil yük olarak kabul edilmemektedir. Enerji planlamasına göre ilk devreden çıkarılacak yüküdür. Günlük priz yükleri için harcanacak tahmini enerji miktarı Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16. Akıllı Durakta ihtiyaç duyulan Priz yükleri

ELEKTRİK YÜKLERİ	Adet	Güç (Watt)	Süre (Saat)	Enerji (Wh)
Priz (tablet-laptop şarjı)	1	150	4	600

Priz yüklerinin bağlı olduğu anahtar numarası daha önce verilen sistem şemasında S7 anahtarı ile gösterilmiştir. Priz yüklerinin bağlı olduğu S7 anahtarı Şekil 5.15'de gösterilmiştir.



Şekil 5.15.Priz yüklerinin sistem tanımlamadaki gösterimi ve S7 anahtarı

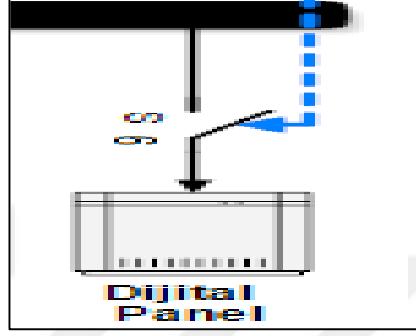
5.4.Dijital Panel / Haberleşme Modülü Panosu

Durakla haberleşecek olan otobüslerin ne kadar süre sonra durağa varacağı ve sefer bilgilerinin öğrenileceği dijital paneller acil yük olarak kullanılıp otobüslerin sefer saatleri içerisinde enerjisinin kesinlikle kesilmemesini sağlayacaktır. Merkez ve ulaşım araçları ile haberleşmek için bir kablosuz haberleşme cihazı kullanılacak ve acil yük olarak değerlendirilecektir. Tablo 5.17'de yüklerin yaklaşık güçleri ve enerjileri verilmiştir.

Tablo 5.17 Dijital panel/Haberleşme modülü yükleri

ELEKTRİK YÜKLERİ	Adet	Güç (Watt)	Süre (Saat)	Enerji (Wh)
Dijital panel	1	20	18	360
Modem	1	10	24	240
TOPLAM				700

Dijital Panel / Haberleşme Modülü yüklerinin bağlı olduğu anahtar numarası daha önce verilen sistem şemasında S6 anahtarı ile gösterilmiştir. Tüm bu yükler sistem tanımlamada dijital panel yükü adı altında gösterilmiştir. Dijital Panel / Haberleşme Modülü yüklerinin bağlı olduğu S6 anahtarı Şekil 5.16'da gösterilmiştir.



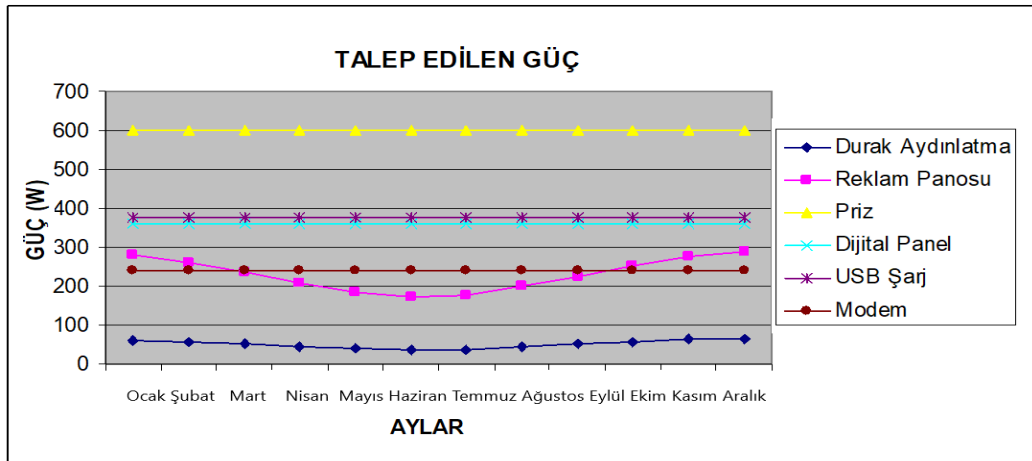
Şekil 5.16.Dijital panel yüklerinin sistem tanımlamadaki gösterimi ve S6 anahtarı

5.5. Toplam Talep Gücünün Belirlenmesi

Durak içi aydınlatmadaki ledler akşam hava kararmasından gece 01:00 'a kadar yanık kalacaklardır. Reklam pano aydınlatması ise akşam havanın kararmasından güneşin doğuşuna kadar ledler yanacaklardır. Aylara göre güneş doğuş ve batım saatleri değiştiği için aydınlatma enerji talebi farklılık göstermiştir. En az talep Haziran ayında, en çok enerji talebi ise Aralık ayında gerçekleşmiştir. Ortalama enerji talebimiz 1900 Wh olmuştur. Aylara göre enerji talebi Tablo 5.18'de verilmiştir. Şekil 5.17'de talep edilen gücün grafiği verilmiştir.

Tablo 5.18. Yüklere göre toplam talep gücünün ay bazında listesi

YÜKLER	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Durak İçi Aydınlatma (Akşam-Gece 01:00)	61	55	51	46	41	38	38	43	51	58	63	65
Reklam Panosu Aydınlatma (Akşam-Güneş)	280	260	235	207	184	172	178	199	225	252	276	288
Priz	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Dijital Panel	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360
USB Şarj	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378	378
Modem	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
TOPLAM TALEP GÜCÜ (Wh)	1919	1893	1864	1831	1803	1788	1794	1820	1854	1888	1917	1931



Şekil 5.17. Yüklere göre toplam talep gücünün ay bazında listesi

6. ÜRETİLEN GÜCÜN TAHMİNİ

Geçmiş hava durumlarına ait solar ışımaya verileri temelinde yakın dönemin hava durumu tahminleri alınarak solar ışımaya tahmin edilebilir ve buradan FV güç çıkışı tahmin edilebilir. Eğer kullanılan FV sistemin geçmiş yıllara ait verileri mevcut ise uygulanacak yöntemler temel olarak iki grupta incelenir.

1-Geçmiş yıllara aynı tarihlerde üretilen ortalama güç değerleri baz alınarak yaklaşık olarak üretilen güç tahmini yapılabilir.

2-Hava tahminin raporlarına bakılarak geçmişte benzer hava durumları için elde edilen güç değerleri sistem geçmişinden bulunarak üretilen güç için yaklaşık tahminde bulunabilir.

Eğer sistem yeni kurulmuşsa veya kurulacaksa solar ışımaya etkileyen faktörler dikkate alınarak burada üretilen gücün tahmini yapılabilir. Saat yani güneş ışınlarının gelme açısı, sıcaklık, yağış, bulutluluk gibi durumlar solar ışımaya etkileyen faktörlerdir.

6.1. Durakta Kullanılacak Olan Güneş Panel Bilgileri.

Duraklarımızda GE CIGS İnce Film Güneş Modülü 140 W panelden 3 adet kullanılacaktır. Panele ait katalog değerleri aşağıdadır.

Nominal Güç:140 W

Gerilim (V_{mpp}):77V

Akım (I_{mpp}):1.82A

Açık devre gerilimi (V_{oc}) :106V

Kısa devre akımı (I_{sc}):2.10 A

ÖLÇÜLER:

Uzunluk:1257mm

Derinlik:954 mm

Kalınlık:35 mm

Ağırlık:20 kg

Ön yüz camı:3,2 mm Şeffaf Temperli Cam

Çerçeve: Eloksal Alüminyum Alaşımli
Hücre Tipi: CIGS, Alt tabaka cam.

6.2. Panellerden Elde Edilecek Güçlerin Tahmini

Kocaeli Üniversitesinde kurulu panellerden alınan ölçüm değerleri baz alınarak, durakta kullanabileceğimiz 3 adet panelden alınabilecek enerji hesaplanmıştır. Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsünde 8 adet güneş paneli kullanılmıştır. Durakta kullanılacak 3 adet paneline göre bir orantı kurularak, Tablo 6.1.ve Tablo 6.2 oluşturulmuştur.

Tablo 6.1'de Ocak 2016- Haziran 2016 ayları arasında güneş panellerindeki günlük sayaç değişim değerleri bulunmaktadır. Tablo 6.2'de ise Temmuz 2016- Aralık 2016 ayları arasında güneş panellerindeki günlük sayaç değişim değerleri bulunmaktadır.

Havanın 4 farklı durumu için sayaç değişimleri farklılıklar göstermektedir.

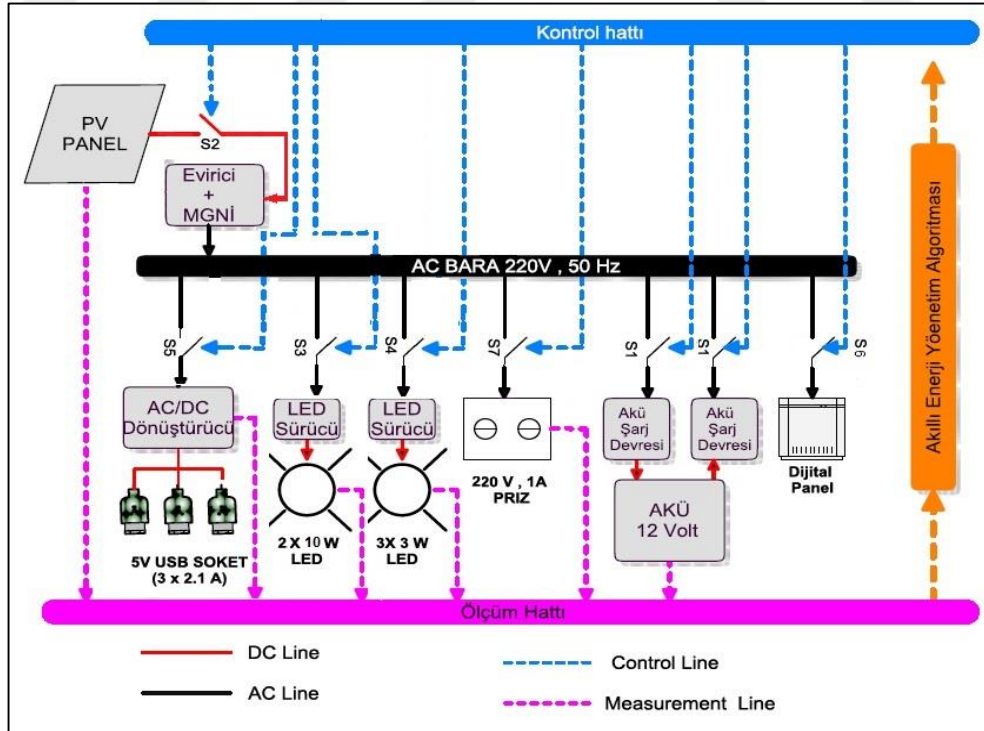
Tablo 6.2. Temmuz 2016-Aralık 2016 panellerden elde edilen enerji

GÜNLER	Temmuz (kWh) Sayaç Değişimi			Ağustos (kWh) Sayaç Değişimi			Eylül (kWh) Sayaç Değişimi			Ekim (kWh) Sayaç Değişimi			Kasım (kWh) Sayaç Değişimi			Aralık (kWh) Sayaç Değişimi		
	3 Panelden elde edilen güç (kWh)	Hava Durumu		3 Panelden elde edilen güç (kWh)	Hava Durumu		3 Panelden elde edilen güç (kWh)	Hava Durumu		3 Panelden elde edilen güç (kWh)	Hava Durumu		3 Panelden elde edilen güç (kWh)	Hava Durumu		3 Panelden elde edilen güç (kWh)	Hava Durumu	
1	6	2,2	G	7,6	2,9	G	6,7	2,5	G	7,5	2,8	G	1	0,4	Y	0,7	0,3	B
2	5,9	2,2	G	7,5	2,8	G	6,6	2,5	G	7,3	2,8	G	7,1	2,7	G	4,1	1,5	G
3	5,2	2	G	6,3	2,4	G	4,9	1,8	G	6,4	2,4	G	7	2,6	G	3,6	1,3	B
4	8	3	G	6,4	2,4	G	6,6	2,5	G	6,7	2,5	G	0,1	0	Y	5	1,9	G
5	5,5	2,1	G	7,3	2,7	G	6,1	2,3	G	0,6	0,2	Y	1,4	0,5	Y	3,4	1,3	B
6	7,1	2,7	G	6,8	2,6	G	7,2	2,7	G	1,8	0,7	B	4,1	1,5	G	6,2	2,3	G
7	4,4	1,7	G	6,2	2,3	G	6,4	2,4	G	7,2	2,7	G	3,8	1,4	B	0,8	0,3	Y
8	8	3	G	7,5	2,8	G	6,9	2,6	G	3,5	1,3	Y	2,8	1,1	B	5,6	2,1	G
9	8,1	3	G	6,7	2,5	G	7,3	2,8	G	2,9	1,1	B	0,8	0,3	Y	6,1	2,3	G
10	7,3	2,7	G	5,9	2,2	G	7,5	2,8	G	6,8	2,6	G	5	1,9	G	4,3	1,6	G
11	6,8	2,6	G	7,5	2,8	G	5,6	2,1	G	5,9	2,2	G	2,8	1,1	Y	5,8	2,2	G
12	7,8	2,9	G	6,1	2,3	G	3,8	1,4	B	6,2	2,3	G	4,5	1,7	G	0,4	0,2	Y
13	7,4	2,8	G	0,9	0,3	Y	2,1	0,8	B	3	1,1	Y	4,5	1,7	G	0,2	0,1	Y
14	6,3	2,3	G	6,1	2,3	G	5,2	2	G	4,2	1,6	G	0,7	0,2	B	2	0,8	K
15	7,9	3	G	7,9	3	G	7,2	2,7	G	3,7	1,4	G	0,6	0,2	Y	0,5	0,2	Y
16	7,7	2,9	G	7,2	2,7	G	6,5	2,4	G	5,8	2,2	G	3	1,1	Y	0	0	Y
17	7,1	2,7	G	7,1	2,7	G	7,6	2,9	G	0,3	0,1	Y	6,6	2,5	G	0,4	0,1	Y
18	1,8	0,7	G	7,9	3	G	7,4	2,8	G	6,9	2,6	G	6,5	2,4	G	4,6	1,7	G
19	2,7	1	G	7,8	2,9	G	6,8	2,5	G	6	2,2	G	6,2	2,3	G	5,9	2,2	G
20	6,3	2,4	G	4,3	1,6	G	2,3	0,9	Y	5,1	1,9	G	5,9	2,2	G	2,2	0,8	Y
21	7,8	2,9	G	3,8	1,4	Y	0,4	0,1	Y	6,2	2,3	G	3,4	1,3	G	0,1	0	Y
22	7,9	2,9	G	7,4	2,8	G	1,7	0,6	Y	6,3	2,3	G	3,4	1,3	G	0,7	0,3	Y
23	7,7	2,9	G	5,6	2,1	G	3,7	1,4	B	1,2	0,4	B	5,2	2	G	0,1	0	Y
24	7,8	2,9	G	4,8	1,8	G	4,6	1,7	G	3,4	1,3	Y	4,8	1,8	G	0,2	0,1	Y
25	7,1	2,7	G	1,9	0,7	Y	6,4	2,4	G	2,7	1	Y	5,2	2	G	1,5	0,6	Y
26	7,6	2,8	G	5	1,9	G	4,8	1,8	G	3,8	1,4	G	4,5	1,7	G	1,7	0,7	Y
27	6,9	2,6	G	5,9	2,2	G	4,6	1,7	G	1,3	0,5	Y	4,6	1,7	G	3,8	1,4	Y
28	7,5	2,8	G	3,8	1,4	G	3,3	1,2	Y	1	0,4	Y	0,2	0,1	Y	0,4	0,2	Y
29	7,7	2,9	G	3,7	1,4	G	7,7	2,9	G	0,7	0,3	Y	0,1	0	Y	0	0	Y
30	6,8	2,5	G	3,5	1,3	G	7,6	2,9	G	1,9	0,7	B	0,7	0,3	Y	0	0	Y
31	7,8	2,9	G	4,9	1,9	G				2	0,7	Y				0	0	Y
TOF	210			181			166			128			106			70		
"K" KARLI				"Y" YAĞIŞLI				"G" GÜNEŞLİ				"B" BULUTLU						

7. ÖNERİLEN AKILLI ENERJİ VE DEPOLAMA YÖNETİM ALGORİTMASI

Önerilen akıllı enerji kaynağına sahip durakta birincil kaynak olarak güneş pili kullanılacaktır. Depolama ünitesi olarak ise batarya grubu kullanılacaktır. Fakat önerilen sistem şebekeden bağımsız (grid-off) olarak dizayn edilmiştir. Akıllı enerji depolama ve yönetim sisteminde; DC güç ağı, AC güç ağı, akıllı enerji yönetim ağı ile DC ve AC baralar ile kaynaklar arasında enerjinin dönüştürülmesini ve düzenlenmesini sağlayan evirici, doğrultucu, DC-DC dönüştürücü ve Maksimum Güç Noktası İzleyicisi (MGNI), reklam ve tavan aydınlatmaları için led lambalar, dijital panel ve 220V AC priz yer almaktadır.

Bu tasarım ekonomik katkısının yanı sıra güvenilir, yeterli ve verimli enerji sunmaktadır. Sistem temel olarak 4 ana katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar doğru akım hattı (DC Line), alternatif akım hattı (AC Line), kontrol hattı (Control Line), ölçüm hattı (Measurement Line) şeklindedir. Güneş enerjisi ile beslenen durakta akıllı enerji yönetim ve depolama sisteminin prensip şeması Şekil 7.1'de gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Akıllı enerji yönetim ve depolama sisteminin prensip şeması.

7.1. Anahtarlama Türleri

Sistem tanımlamada gösterildiği gibi seçilen anahtar S1 akü şarj, S2 akü deşarj, S3 reklam aydınlatma, S4 durak tavan aydınlatma, S5 USB beslemeleri, S6 dijital panel ve S7 priz besleme anahtarı olarak isimlendirilmiştir.

Sistemin algoritmasında 9 adet çalışma modu bulunmaktadır. Sistemde 3 farklı değişken durum bulunmaktadır. Bunlar akülerden alınan güç, havanın güneşli, yağışlı ya da bulutlu olma durumu ve havanın aydınlık durumudur.

7.2. Çalışma Modları

MOD1- Yarın üretilecek güneş enerjisi (W_G) ile ihtiyaç duyulacak yarın için harcanacak enerji (W_h) karşılaştırılıyor. $W_G > W_h$ ve hava aydınlık ise durak tavan aydınlatması hariç tüm yükler USB yükleri, reklam aydınlatma yükleri, AC priz ve dijital panel yükler devrededir. Güneş panelinden en yüksek verim elde ediliyor. Akülerimiz şarj durumundadır.

MOD2- $W_G > W_h$ ve hava karanlık ise durak tavan aydınlatması dahil tüm yükler USB yükleri, reklam aydınlatma yükleri, AC priz ve dijital panel yükler devrededir. Akülerimiz deşarj durumundadır.

MOD3- $W_G + W_{bat} > W_h$ ve hava aydınlık ise panel gücünün gündüzleyin yetmediği durumda akülerde depolanan enerji takviyesi yapılıyor. Havanın bulutlu olma durumunda güneş panelinden istenilen verim elde edilemiyor. Durak tavan aydınlatması hariç tüm yükler USB yükleri, reklam aydınlatma yükleri, AC priz ve dijital panel yükler devrededir. Akülerimiz hava aydınlık olduğunda şarj olmaya devam ediyor, havada bulut olduğunda deşarj olmaktadır.

MOD4- $W_G + W_{bat} > W_h$ ve hava karanlık ise durak tavan aydınlatma yükleri, USB yükleri, reklam aydınlatma yükleri, AC priz ve dijital panel yükler devrededir. Aküler deşarj durumundadır.

MOD5- $W_G + W_{bat} > 0,7W_h$ ve hava aydınlık ise priz yükü ve durak tavan aydınlatması hariç tüm yükler devrededir.

MOD6- $W_G + W_{bat} > 0,7W_h$ ve hava karanlık ise priz yükü hariç USB yükleri, reklam aydınlatma yükleri, durak tavan aydınlatma yükleri ve dijital panel yükleri devrededir.

MOD7- $W_G+W_{bat}>0,4Wh$ ve hava aydınlık ise reklam aydınlatma yükleri, durak tavan aydınlatma yükleri ve priz yükü devre dışı sadece dijital panel ve USB yükleri devrededir.

MOD8- $W_G+W_{bat}>0,4Wh$ ve hava karanlık ise reklam aydınlatma yükleri, durak tavan aydınlatma yükleri ve dijital panel yükleri devrededir.

MOD9- $W_G+W_{bat}<0,4Wh$ en kritik yük olan durak tavan aydınlatma yükü ile dijital panel yükü devrededir. Tablo 7.1'de çalışma modları gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Çalışma Modları

MODLAR	DURUM	HAVANIN DURUMU (Aydınlık-Karanlık)	AKÜ ŞARJ	AKÜ DEŞARJ	REKLAM AYDINLATMA	DURAK TAVAN AYDINLATMA	USB BESLEME	DİJİTAL PANEL	PRİZ BESLEME
ÇALIŞMA	KARŞILAŞTIRMA	T	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
MOD1	$WG>Wh$	Aydınlık	1	0	1	0	1	1	1
MOD2	$WG>Wh$	Karanlık	0	1	1	1	1	1	1
MOD3	$WG+W_{bat}>Wh$	Aydınlık	1	1	1	0	1	1	1
MOD4	$WG+W_{bat}>Wh$	Karanlık	0	1	1	1	1	1	1
MOD5	$(WG+W_{bat})>0,7Wh$	Aydınlık	1	1	0	0	1	1	0
MOD6	$(WG+W_{bat})>0,7Wh$	Karanlık	0	1	1	1	0	1	0
MOD7	$(WG+W_{bat})>0,4Wh$	Aydınlık	1	1	0	0	1	1	0
MOD8	$(WG+W_{bat})>0,4Wh$	Karanlık	0	1	1	1	0	1	0
MOD9	$(WG+W_{bat})<0,4Wh$	Önemsiz	0	1	0	1	0	1	0

7.3. Enerji Yönetim Algoritması Ana Plan

Güneş enerjisinin durakta etkin ve verimli kullanımı için oluşturulan Enerji Yönetim Algoritması Şekil 7.6'da verilmiştir. Algoritma güneş pilinin üretim bilgisi, akünün doluluk oranı ve zaman bilgilerini kullanarak yüklerin hangilerinin aktif olarak kullanımda olacağını kontrol etmektedir. Algoritma bu girdilerin değer ve/veya durumlarına göre işletilmektedir.

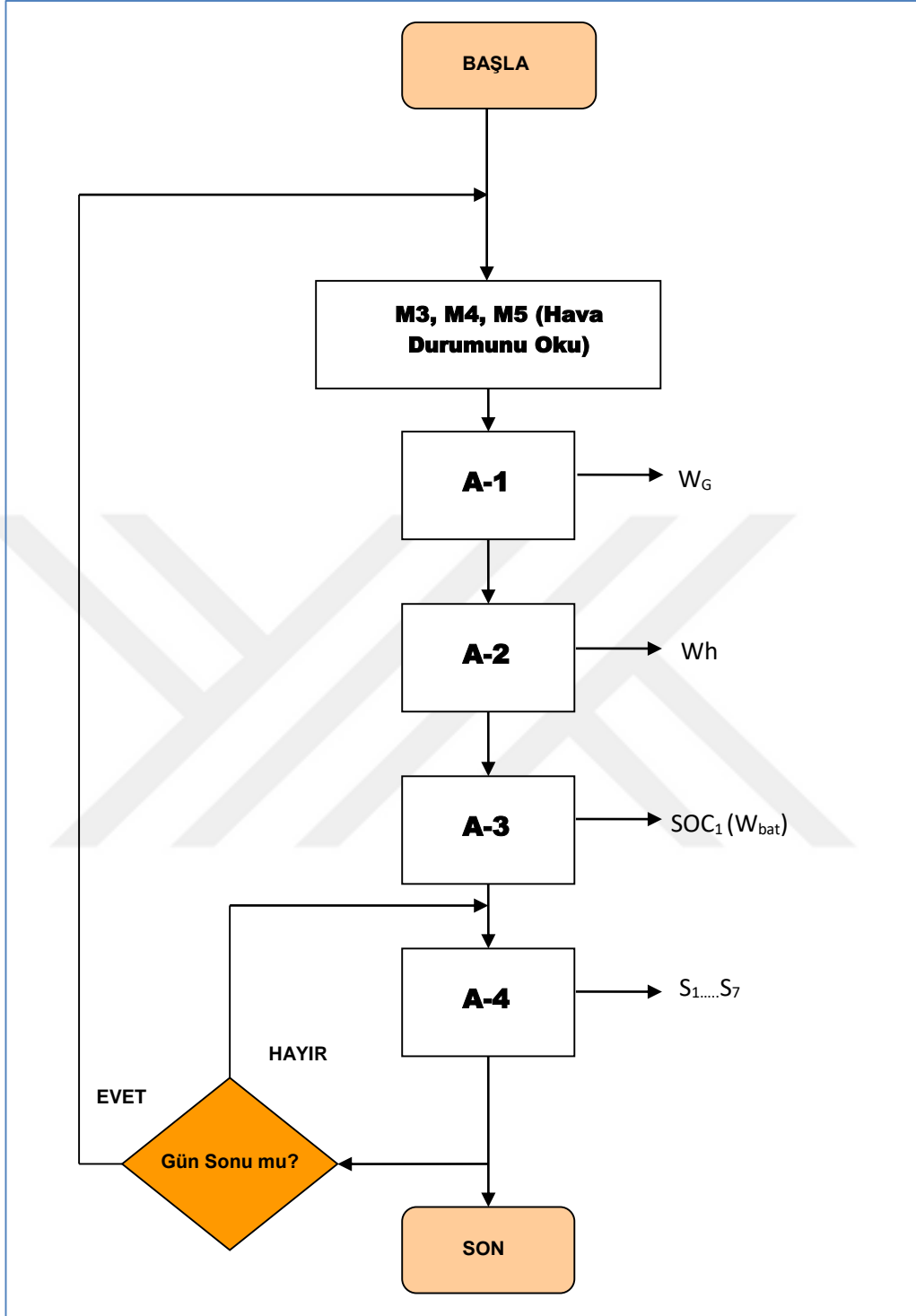
Algoritmada A1, A2, A3 ve A4 olmak üzere 4 algoritmadan oluşmaktadır.

A1 nolu alt algoritmada yarın üretilecek güneş enerjisi hesaplanmaktadır. Havanın güneşli, yağışlı yada bulutlu olmasına göre üretilecek W_g güneş enerjisi değişim gösterecektir. A1 alt algoritması Şekil 7.3'de verilmiştir.

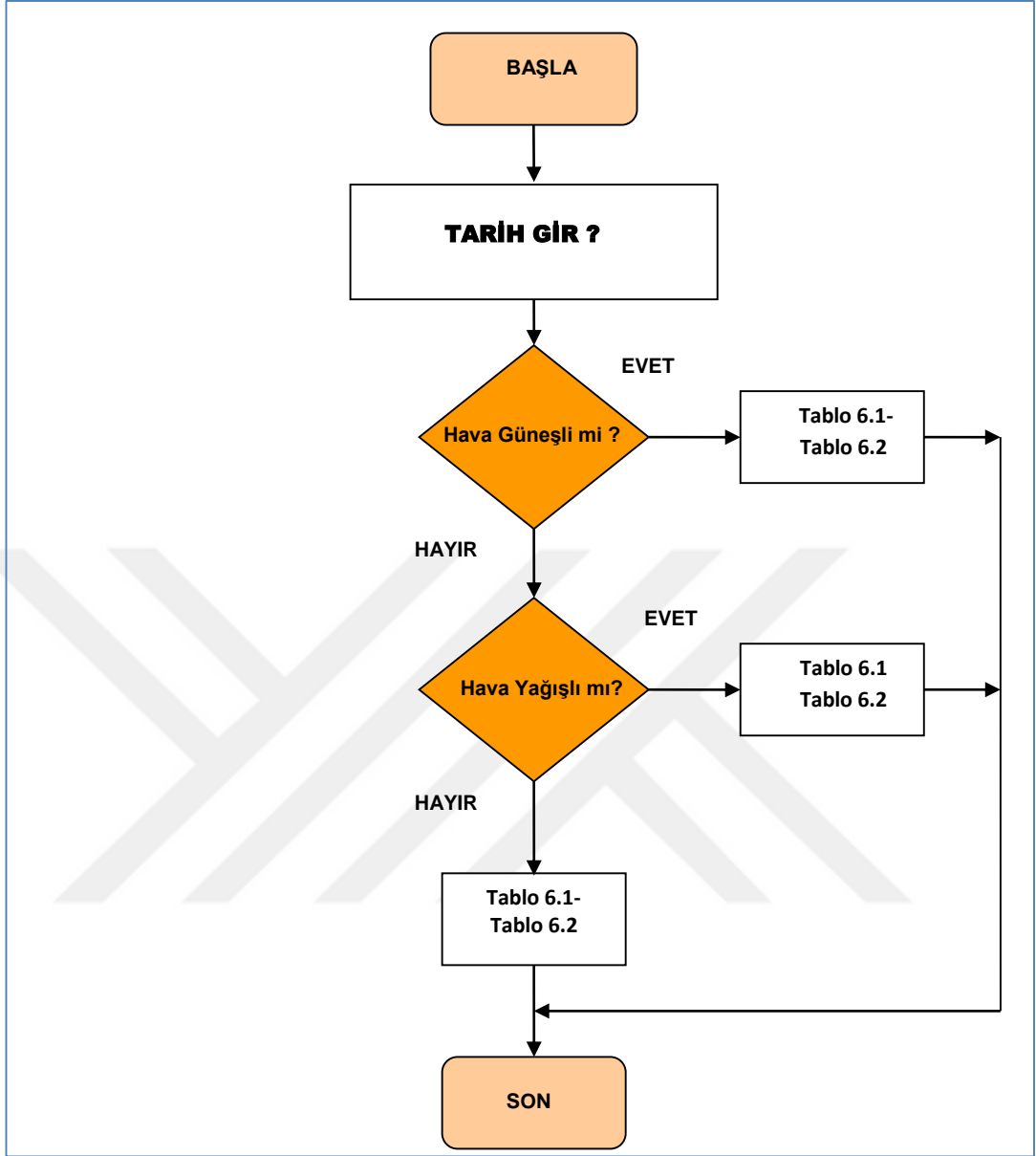
A2 nolu alt algoritmada yarın ihtiyaç duyulacak harcanan enerji W_h hesaplanacaktır. A2 alt algoritması Şekil 7.4'de verilmiştir.

A3 nolu alt algoritmada akülerin doluluk oranı SOC (State of Charge) yani W_{bat} okunacaktır. A3 alt algoritması Şekil 7.5'de verilmiştir.

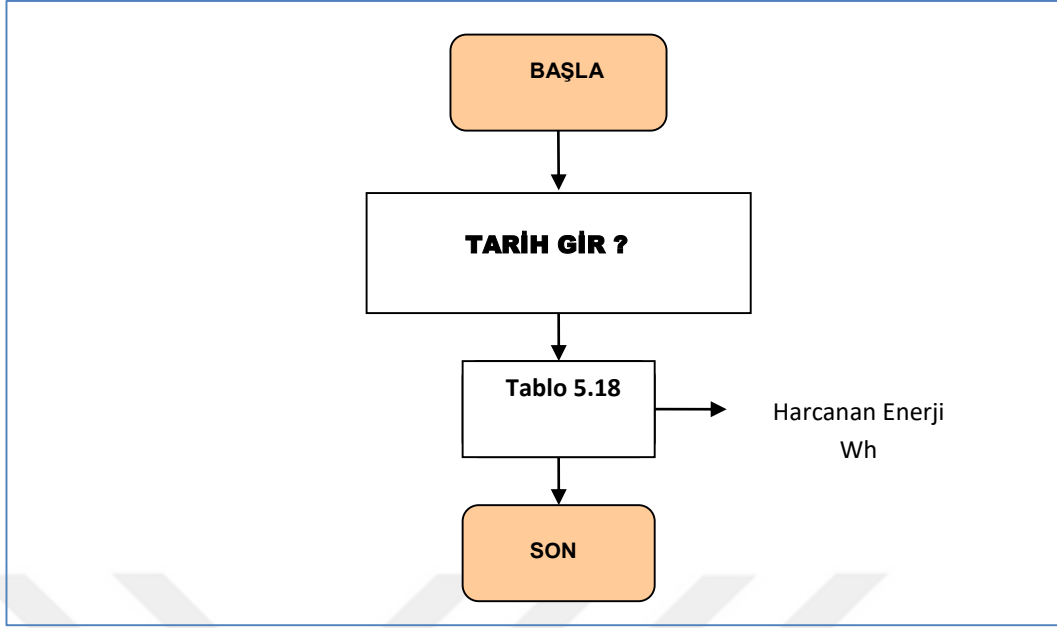
A4 Ana Enerji Yönetim Algoritmasına ait olup SOC , W_h , W_g , T okudukları değerlere göre çıkışta S1....S7 anahtarları kumanda edilecektir. A4 Ana Enerji Yönetim Algoritması Şekil 7.6'da verilmiştir.



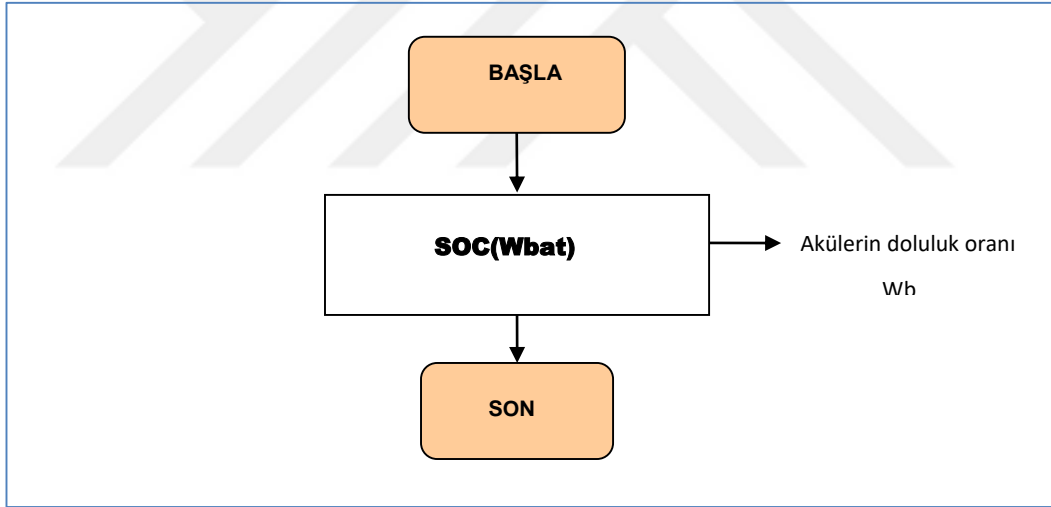
Şekil 7.2. Enerji Yönetim Algoritması Ana Planlama



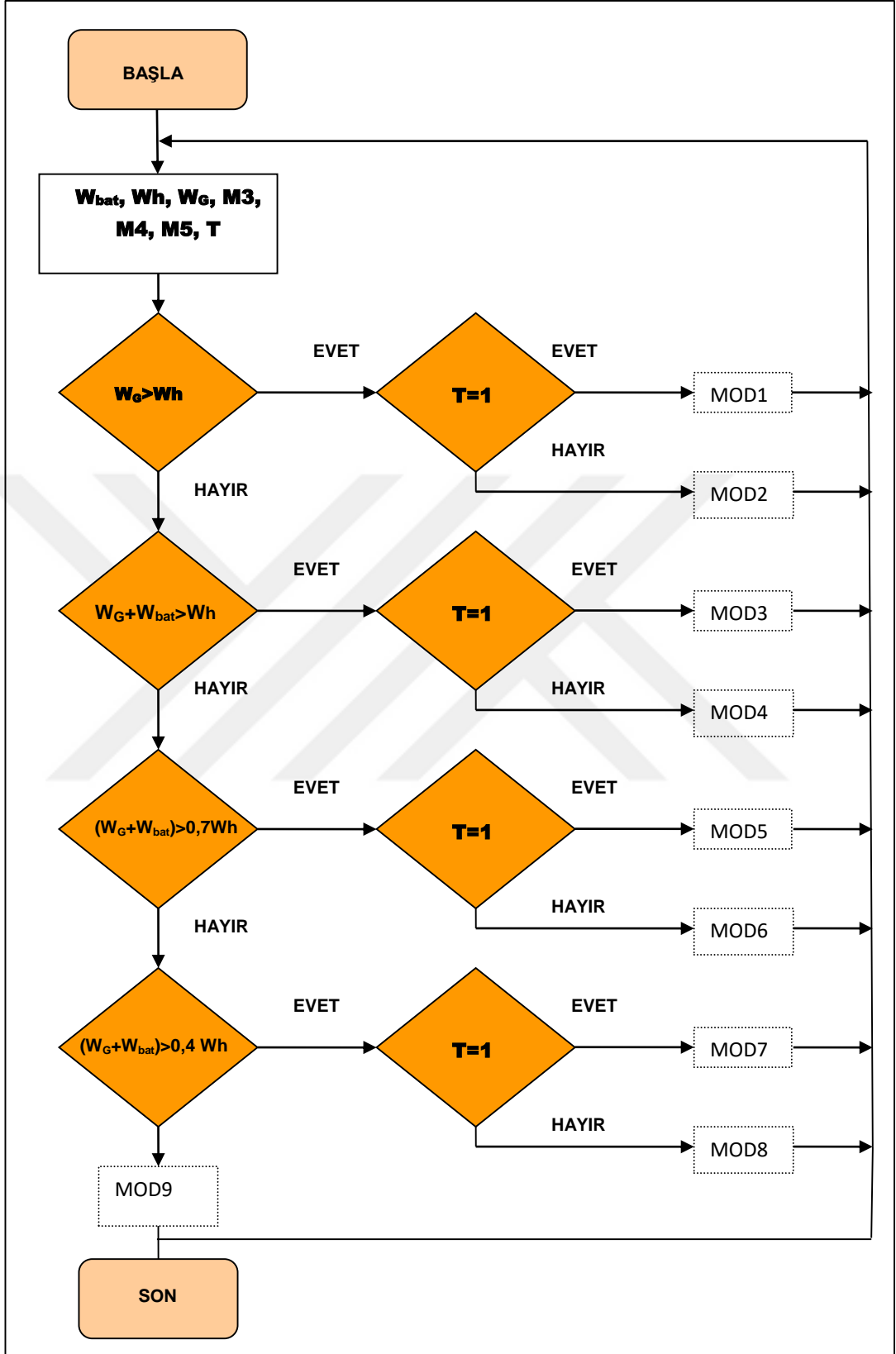
Şekil 7.3. Yarın üretilecek güneş enerjisinin (W_g) hesaplanması A1 algoritması



Şekil 7.4. Yarın ihtiyaç duyulacak harcanacak enerjiyi (Wh) hesaplayan A2 algoritması



Şekil 7.5. Akülerin doluluk oranı SOC oku (Wh) A3 algoritması



Şekil 7.6. Enerji Yönetim Algoritması (A4)

7.4. Senaryo-1 Yağışlı Hava

01/03/2016 Tarihinde hava güneşli olup $W_G=2200$ W, $W_H=1864$ W.

$W_G > W_H$ Olduğundan tüm yükler devrede akü şarjda. Geceleyin aydınlatma yükleri devrededir.

02/03/2016 Tarihinde hava yağmurlu olup $W_G=800$ W, $W_H=1864$ W.

$W_G < W_H$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. $W_G + W_{bat} > W_H$ Bataryanın gücü ile panellerden elde edilen gücü sistemin enerjisi sağlayacak. Tüm yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

03/03/2016 Tarihinde hava yağmurlu olup $W_G=500$ W, $W_H=1864$ W.

$W_G < W_H$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. $W_G + W_{bat} > W_H$ Bataryanın gücü ile panellerden elde edilen gücü sistemin enerjisi sağlayacak. Tüm yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

04/03/2016 Tarihinde hava yağmurlu olup $W_G=1000$ W, $W_H=1864$ W.

$W_G < W_H$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. $W_G + W_{bat} > W_H$ Bataryanın gücü ile panellerden elde edilen gücü sistemin enerjisi sağlayacak. Tüm yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

05/03/2016 Tarihinde hava yağmurlu olup $W_G=400$ W, $W_H=1264$ W.

$(W_G + W_{bat}) > 0,7Wh$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. Priz hariç diğer yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

06/03/2016 Tarihinde hava güneşli olup $W_G=2700$ W, $W_H=1864$ W.

$W_G > W_H$ Olduğundan tüm yükler devrede akü şarjda. Geceleyin aydınlatma yükleri devrededir.

7.5. Senaryo-2 Karlı Hava

01/01/2016 Tarihinde hava karlı olup $W_G=0$ W, $W_H=1919$ W.

$W_G < W_H$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. $W_G + W_{bat} > W_H$ Bataryanın gücü ile panellerden elde edilen gücü sistemin enerjisi sağlayacak. Tüm yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

02/01/2016 Tarihinde hava karlı olup $W_G=200$ W, $W_H=1919$ W.

$W_G < W_H$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak.

$(W_G+W_{bat})>0,7Wh$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. Priz hariç diğer yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

03/01/2016 Tarihinde hava karlı olup $W_G=0 W$, $W_H=1919 W$.

$(W_G+W_{bat})>0,4Wh$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. Priz, USB yükü hariç diğer yükler devrede, geceleyin aydınlatma yükleri devrede olacaktır.

03/01/2016 Tarihinde hava yağışlı olup $W_G=100 W$, $W_H=1919 W$.

$(W_G+W_{bat})<0,4Wh$ Panel gücü yetersiz, bataryalardan sisteme enerji takviyesi yapılacak. Gündüzleyin sadece dijital panel yükü devrede, geceleyin sadece durak tavan aydınlatması yükü devrede olacak. En kritik yük devrede olacaktır.

7.6. Senaryo-3 Güneşli Hava

06/03/2016 Tarihinde hava güneşli olup $W_G=2200 W$, $W_H=1788 W$.

$W_G>W_H$ Olduğundan tüm yükler devrede akü şarjda. Geceleyin aydınlatma yükleri devrededir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde insanlar seyahat ederken, işe giderken, okuluna giderken otobüs duraklarını kullanmaktadırlar. Duraklarda bulunan kişiler kendilerini güvende hissetmelidirler. Belediyelerin en önemli görevlerinden birisi de kişilerin can güvenliğini sağlamalarıdır. Durakların tamamının geceleyin aydınlatılmasına ihtiyaç vardır. Aynı zamanda kişilerin iletişim için kullandıkları cep telefonlarının şarjına, engelli bireylerin kullandıkları araçların şarj edilebilmeleri önem arz etmektedir. Ayrıca duraklar arası haberleşme için sürekli bir elektrige de ihtiyaç bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında Kocaeli İli Kartepe - İzmit hattındaki durakları gözlemlenmiştir. Mahalle arasında bulunan tüm duraklarda elektrik olmadığı, İzmit'teki duraklarda da durak içi aydınlatma olmadığı, durağa yakın bir yerdeki elektrik aydınlatma direğindeki sokak lambaları ile aydınlatmanın lokal olarak yapıldığı tespit edilmiş bulunmaktadır.

Elektrik şebekesinin durağa bağlantısının mümkün olmadığı mahalle, köy vs. yerleşim yerleri için enerjinin alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile karşılanabilmelidir. Bu tez çalışmasında güneş enerjisi ile beslenen akıllı durak kendi enerjisini kendisi karşılayabilmektedir. Gündüzleyin güneş panelleri ile elde edilen enerji sistemde bulunan aküler vasıtasıyla depo edilmektedir. Geceleyin depo edilen enerji tezde önerilen enerji yönetim algoritması ile durakta istenilen yükün devrede olabilmelerini sağlayabilmektedir.

Güneş enerjisi ile beslenen akıllı duraklarda en önemli parçalar değişken çıkış gücüne sahip güneş ve günlük olarak değişen aydınlatma güç talebidir. Güneş enerjisi ile beslenen akıllı duraklarda sistemin kurulacağı bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla Kocaeli bölgesinin güneş enerjisi potansiyeli incelenmiştir. Kocaeli üniversitesinde yerleştirilen PV panellerin yıl boyunca günlük enerji üretimleri için ölçülen değerler için havanın güneşli, bulutlu, yağışlı olma durumuna göre tabloya aktarılmıştır. Akıllı durakta harcanan yük türlerine göre talep edilen enerji miktarı için de tablo oluşturulmuştur. Enerji yönetim algoritması ile gündüzleyin üretilen enerjinin talep edilen enerjiyi karşılamasını belli şartlarda sağlamıştır.

Durakta harcanan yükler kategorize edilmiş, en kritik yük olarak tavan aydınlatması seçilmiştir. En kötü senaryoda, en kritik yükün belirtilen şartlarda devrede kalması sağlanmıştır.

Havanın güneşli olması durumunda aküler tam olarak şarj olabildiklerinden, gündüz ve geceleyin istenilen tüm yüklerin devrede kalmasında herhangi bir problem olmamaktadır. Kış aylarında karlı ve yağışlı havalarda önerilen enerji yönetim algoritması ile belli yüklerin devrede kalıp, belli yüklerin devreden çıkması sağlanmıştır. Önerilen bu algoritma güneş enerjisinin duraklarda en verimli yönden kullanılmasını sağladığı için tasarruf yapılmasına imkan vermektedir.



KAYNAKLAR

- [1] <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Faaliyet-Raporlari/Faaliyet-Raporlari> (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2015).
- [2] <http://www.iskilipenerji.com> (Ziyaret tarihi: 19 Aralık 2016).
- [3] http://www.normenerji.com.tr/menu_detay.asp?id=8852 (Ziyaret tarihi: 19 Aralık 2016).
- [4] <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?m=KOCAELI> (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2015).
- [5] <http://www.most.com.tr/> (Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2012).
- [6] Alkan A., Yenilenebilir Hibrit Enerji Kaynakları ile Beslenen Konutlarda Akıllı Enerji Depolama ve Yönetim Sistemi , Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli 2016, 423764.
- [7] <http://www.gunessistemleri.com/isil.php#> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2016).
- [8] <http://www.eurosolar.org.tr/eng> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2016).
- [9] <http://www.thecityfixturkiye.com/otobus-duraklarinin-olusturulmasinda-temel-prensipier/> (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2016).
- [10] <http://engelsizkent.org/> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2016).
- [11] <https://www.coursehero.com/file/13899850/ELktrikMuhneGiris3Bolum/> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2017).
- [12] <http://www.megep.meb.gov.tr> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2016).
- [13] <http://www.edergi.sdu.edu.tr> (Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2016).
- [14] <https://polen.itu.edu.tr/> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2016).
- [15] Kuşdoğan Şule, Perdahçı Canan., Enerji Depolama Sistemleri, NEU-CEE 2001 *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Lefkoşa-Kıbrıs, 23-25 Mayıs 2001.
- [16] <http://www.cygm.gov.tr/cygm/files/yayinlar/kitap/pilaku.pdf> (Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2017).
- [17] <http://www.tr.wikipedia.org> (Ziyaret Tarihi: 7 Haziran 2016).
- [18] <http://www.dosemedenisitma.com/> (Ziyaret tarihi: 10 Kasım 2017)

ÖZGEÇMİŞ

1971 tarihinde İzmit'te doğdu. İlkokul ve ortaokulu Derince' de tamamladı. Ortaöğrenimini İzmit Teknik Lisesi Elektronik alanı bitirerek tamamladı. Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümünden 1993 yılında mezun oldu. 1994-1995 Yılları arasında askerliğini Adana İnşaat Emlak Başkanlığında mühendis asteğmen olarak yaptı. Askerdeyken Çukurova Üniversitesinden öğretmenlik formasyon eğitimini aldı. 1995 yılında İzmit' teki Elimsan A.Ş. de 6 ay süresince satış mühendisliği yaptı. 1995 sonbaharında Milli Eğitim Bakanlığına öğretmen alımı için müracaat etti. Aynı yıl ataması Gaziantep Nizip Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Öğretmeni olarak ataması yapıldı. 1996 yılında İzmit Atatürk Endüstri Meslek Lisesine öğretmen olarak iller arası ataması yapıldı. 2000 yılında aynı okulda müdür yardımcısı olarak görevlendirildi. 2005 yılında uzman öğretmen sınavını kazandı. 2011 yılında rotasyona bağlı atama ile Kartepe Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesine ataması yapıldı. Halen o okulda müdür yardımcısı olarak görev yapmaktadır. 2007-2014 yılında Seka Devlet Hastanesinde Hasta Hakları kurul üyesi olarak görev yaptı. Halen Kocaeli İl Sağlık Müdürlüğünce İl Hasta Hakları Kurul Üyeliği görevi bulunmaktadır. Evli ve üç çocuk babasıdır. 2000 Yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Başlıca çalışma konuları yenilenebilir enerji kaynakları, elektrik makinalarında sarım teknikleri olarak sıralanabilir.