

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MESKEN ELEKTRİK ABONELERİ İÇİN ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüsnü ALAY

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Belgin TÜRKEY

MAYIS 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MESKEN ELEKTRİK ABONELERİ İÇİN ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hüsnü ALAY
(504191025)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Belgin TÜRKAY

MAYIS 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**UTILIZATION OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS FOR RESIDENTIAL
ELECTRICITY CONSUMERS**

M.Sc. THESIS

**Hüsnü ALAY
(504191025)**

Department of Electrical Engineering

Electrical Engineering Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Belgin TÜRKAY

MAY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 504191025 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hüsnü ALAY, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MESKEN ELEKTRİK ABONELERİ İÇİN ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ KULLANIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Belgin TÜRKAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Suat İLHAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ozan ERDİNÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 24 Nisan 2024
Savunma Tarihi : 17 Mayıs 2024





Aileme,



ÖNSÖZ

İlk olarak tez çalışmamın oluşturulmasında, planlanmasında ve yürütülmesinde beni yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Belgin TÜRKAY'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte her zaman fikirlerine danıştığım, çalışmama büyük yardımları dokunmuş olan Dr. Mikail PÜRLÜ'ye ve Kerim ÖRÜKLÜ'ye teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca yanımda olan babam Adil ALAY'a, annem Raziye ALAY'a ve desteğini her zaman kalbimde hissettiğim yol arkadaşım, canım eşim Gamze KAŞ ALAY'a teşekkür ederim.

Mayıs 2024

Hüsnü ALAY
(Elektrik-Elektronik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Literatür Araştırması	3
1.3 Hipotez	8
2. MESKEN ELEKTRİK KULLANICILARI VE ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ	9
2.1 Mesken Elektrik Kullanıcıları	9
2.2 Enerji Yönetimi Sistemi	17
3. PROBLEMİN MODELLENMESİ	21
3.1 Çatı GES Modeli	22
3.2 Enerji Yönetimi Sistemi Tasarımı	25
3.2.1 Maliyet fonksiyonu	27
3.2.2 Sistem kısıtları	28
3.3 Ekonomik Analiz	30
4. UYGULAMA VE ANALİZ SONUÇLARI	33
4.1 Karadeniz Bölgesi	38
4.1.1 Kastamonu ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	41
4.1.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	41
4.1.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	43
4.1.2 Artvin ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	44
4.1.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	44
4.1.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	46
4.2 Akdeniz Bölgesi	48
4.2.1 Adana ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	51
4.2.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	51
4.2.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	52
4.2.2 Antalya ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	54
4.2.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	54
4.2.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	56
4.3 Ege Bölgesi	57
4.3.1 Denizli ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	60
4.3.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	60

4.3.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	62
4.3.2 İzmir ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması.....	63
4.3.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	63
4.3.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	65
4.4 İç Anadolu Bölgesi	67
4.4.1 Eskişehir ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	70
4.4.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	70
4.4.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	71
4.4.2 Konya ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması.....	73
4.4.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	73
4.4.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	75
4.5 Marmara Bölgesi	76
4.5.1 Çanakkale ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	79
4.5.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	79
4.5.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	81
4.5.2 İstanbul ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	82
4.5.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	82
4.5.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	84
4.6 Doğu Anadolu Bölgesi	86
4.6.1 Erzurum ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması	89
4.6.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	89
4.6.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	90
4.6.2 Van ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması.....	92
4.6.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	92
4.6.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	94
4.7 Güneydoğu Anadolu Bölgesi	95
4.7.1 Diyarbakır ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması.....	98
4.7.1.1 Çatı GES bağlı senaryo	98
4.7.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	100
4.7.2 Şanlıurfa ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması.....	101
4.7.2.1 Çatı GES bağlı senaryo	101
4.7.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo	103
5. SONUÇLARIN ÖZETİ	105
5.1 Çatı GES Bağlı Senaryo	108
5.2 Çatı GES ve EDS Bağlı Senaryo	113
5.3 Ekonomik Analiz.....	118
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	119
KAYNAKLAR.....	121
EKLER	127
ÖZGEÇMİŞ.....	131

KISALTMALAR

EDS	: Enerji Depolama Sistemi (ESS)
GES	: Güneş Enerjisi Sistemi
EYS	: Enerji Yönetimi Sistemi (EMS)
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
OEDI	: Open Energy Data Initiative
PV	: Fotovoltaik
TL	: Türk Lirası
TY	: Talep Yanıtı (DR)
SO_2	: Kükürt Dioksit
CO_2	: Karbon Dioksit
NO_x	: Azot Oksitler



SEMBOLLER

W	: Watt
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
Wp	: Watt güç
kWp	: Kilowatt güç
t	: Zaman
TL	: Türk Lirası
m²	: Metrekare



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 2017-2024 yılları arası ocak ayı müşteri sayıları (adet).	12
Çizelge 2.2 : 2017-2024 yılları arası ocak ayı elektrik tüketim miktarları (MWh)...	12
Çizelge 2.3 : Yerli enerji kaynaklarına ait kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının yıllar itibariyle gelişimi (MW) [35].	14
Çizelge 2.4 : Türkiye ortalama günlük güneşlenme süreleri	16
Çizelge 4.1 : Çatı GES uygulaması için seçilen illere ait bilgiler.	33
Çizelge 4.2 : Elektrik birim fiyatları (TL) [51].	34
Çizelge 4.3 : Mesken kullanıcı yük profilleri (kWh).....	34
Çizelge 4.4 : Çatı GES teknik ve maliyet bilgileri.	36
Çizelge 4.5 : Çevirici teknik ve maliyet bilgileri.....	37
Çizelge 4.6 : Batarya teknik ve maliyet bilgileri.	37
Çizelge 4.7 : Birinci senaryoda meskenlere ait aylık fatura tutarları.	37
Çizelge 4.8 : Kastamonu iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.....	38
Çizelge 4.9 : Artvin iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.....	38
Çizelge 4.10 : Kastamonu ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	42
Çizelge 4.11 : Kastamonu ili meskenlere ait net kar durumları.	42
Çizelge 4.12 : Kastamonu ili ekonomik analiz sonuçları.	42
Çizelge 4.13 : Kastamonu ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	43
Çizelge 4.14 : Kastamonu ili meskenlere ait net kar durumları.	44
Çizelge 4.15 : Kastamonu ili ekonomik analiz sonuçları.	44
Çizelge 4.16 : Artvin ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	45
Çizelge 4.17 : Artvin ili meskenlere ait net kar durumları.	45
Çizelge 4.18 : Artvin ili ekonomik analiz sonuçları.	46
Çizelge 4.19 : Artvin ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	47
Çizelge 4.20 : Artvin ili meskenlere ait net kar durumları.	47
Çizelge 4.21 : Artvin ili ekonomik analiz sonuçları.	47
Çizelge 4.22 : Adana iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	48
Çizelge 4.23 : Antalya iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	48
Çizelge 4.24 : Adana ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	51
Çizelge 4.25 : Adana ili meskenlere ait net kar durumları.	52
Çizelge 4.26 : Adana ili ekonomik analiz sonuçları.	52
Çizelge 4.27 : Adana ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	53
Çizelge 4.28 : Adana ili meskenlere ait net kar durumları.	53
Çizelge 4.29 : Adana ili ekonomik analiz sonuçları.	54
Çizelge 4.30 : Antalya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	55
Çizelge 4.31 : Antalya ili meskenlere ait net kar durumları.	55
Çizelge 4.32 : Antalya ili ekonomik analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.33 : Antalya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	56
Çizelge 4.34 : Antalya ili meskenlere ait net kar durumları.	57
Çizelge 4.35 : Antalya ili ekonomik analiz sonuçları.....	57

Çizelge 4.36 : Denizli iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	57
Çizelge 4.37 : İzmir iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	58
Çizelge 4.38 : Denizli ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	61
Çizelge 4.39 : Denizli ili meskenlere ait net kar durumları.	61
Çizelge 4.40 : Denizli ili ekonomik analiz sonuçları.	61
Çizelge 4.41 : Denizli ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	62
Çizelge 4.42 : Denizli ili meskenlere ait net kar durumları.	63
Çizelge 4.43 : Denizli ili ekonomik analiz sonuçları.	63
Çizelge 4.44 : İzmir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	64
Çizelge 4.45 : İzmir ili meskenlere ait net kar durumları.	64
Çizelge 4.46 : İzmir ili ekonomik analiz sonuçları.	65
Çizelge 4.47 : İzmir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	66
Çizelge 4.48 : İzmir ili meskenlere ait net kar durumları.	66
Çizelge 4.49 : İzmir ili ekonomik analiz sonuçları.	66
Çizelge 4.50 : Eskişehir iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	67
Çizelge 4.51 : Konya iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	67
Çizelge 4.52 : Eskişehir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	70
Çizelge 4.53 : Eskişehir ili meskenlere ait net kar durumları.	71
Çizelge 4.54 : Kastamonu ili ekonomik analiz sonuçları.	71
Çizelge 4.55 : Eskişehir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	72
Çizelge 4.56 : Eskişehir ili meskenlere ait net kar durumları.	72
Çizelge 4.57 : Eskişehir ili ekonomik analiz sonuçları.	73
Çizelge 4.58 : Konya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	74
Çizelge 4.59 : Konya ili meskenlere ait net kar durumları.	74
Çizelge 4.60 : Konya ili ekonomik analiz sonuçları.	74
Çizelge 4.61 : Konya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	75
Çizelge 4.62 : Konya ili meskenlere ait net kar durumları.	76
Çizelge 4.63 : Konya ili ekonomik analiz sonuçları.	76
Çizelge 4.64 : Çanakkale iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	76
Çizelge 4.65 : İstanbul iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	77
Çizelge 4.66 : Çanakkale ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	80
Çizelge 4.67 : Çanakkale ili meskenlere ait net kar durumları.	80
Çizelge 4.68 : Çanakkale ili ekonomik analiz sonuçları.	80
Çizelge 4.69 : Çanakkale ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	81
Çizelge 4.70 : Çanakkale ili meskenlere ait net kar durumları.	82
Çizelge 4.71 : Çanakkale ili ekonomik analiz sonuçları.	82
Çizelge 4.72 : İstanbul ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	83
Çizelge 4.73 : İstanbul ili meskenlere ait net kar durumları.	83
Çizelge 4.74 : İstanbul ili ekonomik analiz sonuçları.	84
Çizelge 4.75 : İstanbul ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	85
Çizelge 4.76 : İstanbul ili meskenlere ait net kar durumları.	85
Çizelge 4.77 : İstanbul ili ekonomik analiz sonuçları.	85
Çizelge 4.78 : Erzurum iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	86
Çizelge 4.79 : Van iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	86
Çizelge 4.80 : Erzurum ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	89
Çizelge 4.81 : Erzurum ili meskenlere ait net kar durumları.	90
Çizelge 4.82 : Erzurum ili ekonomik analiz sonuçları.	90
Çizelge 4.83 : Erzurum ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	91
Çizelge 4.84 : Erzurum ili meskenlere ait net kar durumları.	91
Çizelge 4.85 : Erzurum ili ekonomik analiz sonuçları.	92

Çizelge 4.86 : Van ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları	93
Çizelge 4.87 : Van ili meskenlere ait net kar durumları.	93
Çizelge 4.88 : Van ili ekonomik analiz sonuçları.....	93
Çizelge 4.89 : Van ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları	94
Çizelge 4.90 : Van ili meskenlere ait net kar durumları.	95
Çizelge 4.91 : Van ili ekonomik analiz sonuçları.....	95
Çizelge 4.92 : Diyarbakır iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.....	95
Çizelge 4.93 : Şanlıurfa iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.	96
Çizelge 4.94 : Diyarbakır ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	99
Çizelge 4.95 : Diyarbakır ili meskenlere ait net kar durumları.	99
Çizelge 4.96 : Diyarbakır ili ekonomik analiz sonuçları.	99
Çizelge 4.97 : Diyarbakır ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	100
Çizelge 4.98 : Diyarbakır ili meskenlere ait net kar durumları.	101
Çizelge 4.99 : Diyarbakır ili ekonomik analiz sonuçları.	101
Çizelge 4.100 : Şanlıurfa ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	102
Çizelge 4.101 : Şanlıurfa ili meskenlere ait net kar durumları.	102
Çizelge 4.102 : Şanlıurfa ili ekonomik analiz sonuçları.....	103
Çizelge 4.103 : Şanlıurfa ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.	104
Çizelge 4.104 : Şanlıurfa ili meskenlere ait net kar durumları.	104
Çizelge 4.105 : Şanlıurfa ili ekonomik analiz sonuçları.....	104
Çizelge 5.1 : Ortalama meteoroloji sonuçları.	105
Çizelge 5.2 : Çalışma yapılan illerde çatı GES üretim değerleri (kWh).	107
Çizelge 5.3 : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.....	108
Çizelge 5.4 : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.....	110
Çizelge 5.5 : Mesken – 2 net para akışı.	111
Çizelge 5.6 : Mesken – 3 net para akışı.	112
Çizelge 5.7 : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.....	113
Çizelge 5.8 : Mesken – 1 net para akışı.	115
Çizelge 5.9 : Mesken – 2 net para akışı.	116
Çizelge 5.10 : Mesken – 3 net para akışı.	117
Çizelge 5.11 : İllere ait ekonomik analiz sonuçları.	118



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Mesken kullanıcıların 2017-2023 yılları arasında üç zamanlı tarife değişimleri.	11
Şekil 2.2 : 2024 Ocak ayı elektrik tüketiminin tüketici türü bazında dağılımı.	13
Şekil 2.3 : 2022 Türkiye kurulu elektrik gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (MW) [34].	13
Şekil 2.4 : Dünya küresel yatay ışıınım haritası.	14
Şekil 2.5 : PV güneş enerjisi potansiyeli haritası.	15
Şekil 2.6 : Türkiye 2004-2021 yılları arası ortalama global güneş radyasyonu haritası [37].	15
Şekil 2.7 : Türkiye 1985-2023 yılları arası günlük ortalama güneşlenme süresi haritası [38].	16
Şekil 2.8 : Mesken abone için EYS görünümü.	17
Şekil 2.9 : EYS çalışma prensibi [42].	18
Şekil 3.1 : Çalışma akışı.	21
Şekil 3.2 : Mesken kullanıcı çatı GES bağlantı görünümü.	22
Şekil 3.3 : PVsyst 7.4 programında tasarlanan çatı GES görünümü.	23
Şekil 3.4 : Matlab üzerinde tasarlanan EYS görünümü [48].	26
Şekil 4.1 : Mesken – 1 kullanıcısı aylara göre saatlik yük profili (kWh).	35
Şekil 4.2 : Mesken – 2 kullanıcısı aylara göre saatlik yük profili (kWh).	35
Şekil 4.3 : Mesken – 3 kullanıcısı aylara göre saatlik yük profili (kWh).	36
Şekil 4.4 : Kastamonu ve Artvin illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.	39
Şekil 4.5 : Kastamonu ve Artvin illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.	40
Şekil 4.6 : Kastamonu iline ait verimlilik grafiği.	40
Şekil 4.7 : Artvin iline ait verimlilik grafiği.	40
Şekil 4.8 : Kastamonu ve Artvin illerine ait kayıplar grafiği.	41
Şekil 4.9 : Kastamonu ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	41
Şekil 4.10 : Kastamonu ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	43
Şekil 4.11 : Artvin ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	45
Şekil 4.12 : Artvin ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	46
Şekil 4.13 : Adana ve Antalya illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.	49
Şekil 4.14 : Adana ve Antalya illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.	49
Şekil 4.15 : Adana iline ait verimlilik grafiği.	50
Şekil 4.16 : Antalya iline ait verimlilik grafiği.	50
Şekil 4.17 : Adana ve Antalya illerine ait kayıplar grafiği.	50
Şekil 4.18 : Adana ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	51
Şekil 4.19 : Adana ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	53
Şekil 4.20 : Antalya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	54
Şekil 4.21 : Antalya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.	56
Şekil 4.22 : Denizli ve İzmir illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.	58
Şekil 4.23 : Denizli ve İzmir illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.	59
Şekil 4.24 : Denizli iline ait verimlilik grafiği.	59

Şekil 4.25 : İzmir iline ait verimlilik grafiği.....	59
Şekil 4.26 : Denizli ve İzmir illerine ait kayıplar grafiği.....	60
Şekil 4.27 : Denizli ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	60
Şekil 4.28 : Denizli ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	62
Şekil 4.29 : İzmir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	64
Şekil 4.30 : İzmir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	65
Şekil 4.31 : Eskişehir ve Konya illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.....	68
Şekil 4.32 : Eskişehir ve Konya illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.....	68
Şekil 4.33 : Eskişehir iline ait verimlilik grafiği.....	69
Şekil 4.34 : Konya iline ait verimlilik grafiği.....	69
Şekil 4.35 : Eskişehir ve Konya illerine ait kayıplar grafiği.....	69
Şekil 4.36 : Eskişehir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	70
Şekil 4.37 : Eskişehir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	72
Şekil 4.38 : Konya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	73
Şekil 4.39 : Konya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	75
Şekil 4.40 : Çanakkale ve İstanbul illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.....	77
Şekil 4.41 : Çanakkale ve İstanbul illerine ait çatı GES performans oranı grafiği....	78
Şekil 4.42 : Çanakkale iline ait verimlilik grafiği.....	78
Şekil 4.43 : İstanbul iline ait verimlilik grafiği.....	78
Şekil 4.44 : Çanakkale ve İstanbul illerine ait kayıplar grafiği.....	79
Şekil 4.45 : Çanakkale ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	79
Şekil 4.46 : Çanakkale ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	81
Şekil 4.47 : İstanbul ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	83
Şekil 4.48 : İstanbul ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	84
Şekil 4.49 : Erzurum ve Van illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.....	87
Şekil 4.50 : Erzurum ve Van illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.....	87
Şekil 4.51 : Erzurum iline ait verimlilik grafiği.....	88
Şekil 4.52 : Van iline ait verimlilik grafiği.....	88
Şekil 4.53 : Erzurum ve Van illerine ait kayıplar grafiği.....	88
Şekil 4.54 : Erzurum ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	89
Şekil 4.55 : Erzurum ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	91
Şekil 4.56 : Van ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	92
Şekil 4.57 : Van ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	94
Şekil 4.58 : Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.....	96
Şekil 4.59 : Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait çatı GES performans oranı grafiği..	97
Şekil 4.60 : Diyarbakır iline ait verimlilik grafiği.....	97
Şekil 4.61 : Şanlıurfa iline ait verimlilik grafiği.....	97
Şekil 4.62 : Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait kayıplar grafiği.....	98
Şekil 4.63 : Diyarbakır ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	98
Şekil 4.64 : Diyarbakır ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	100
Şekil 4.65 : Şanlıurfa ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	102
Şekil 4.66 : Şanlıurfa ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.....	103
Şekil 5.1 : Ortalama performans oranı ve kayıplar grafiği.....	105

MESKEN ELEKTRİK ABONELERİ İÇİN ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ KULLANIMI

ÖZET

Çağımızda elektrik tüm toplumlar için önemli bir enerji kaynağıdır. Hayatımızın neredeyse her alanında bu enerjiye ihtiyaç duymaktayız. Bu denli ihtiyaç duyduğumuz enerji kaynağı günümüzde fosil yakıtlardan, yenilebilir enerji kaynaklarından ve nükleer enerjiden üretilmektedir. Fosil yakıtların kullanım oranı bu kaynaklar içerisinde dünya üzerinde %87'dir. Fosil yakıtların sınırlı olması, enerji maliyetleri ve kullanımı sonrası ortaya çıkan gazların çevreye vermiş olduğu zararlar düşünüldüğünde artan enerji talebini karşılamak adına ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji kullanımına ve enerji kullanımında verimliliğe yönelik çalışmalarını hızlandırmaktalar.

Bu hususta mesken elektrik kullanıcılarının enerji tüketimleri, maliyetlerin azaltılması ve enerji kullanımında verimlilik konuları ön plana çıkmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu'na (DEF) göre, mesken ve ticari binalar küresel enerji tüketiminin %40'ından ve sera gazı emisyonlarının %33'ünden sorumludur. Türkiye'de de mesken elektrik kullanıcılarının tüketmiş olduğu elektrik, toplam tüketimin %29'unu oluşturmaktadır. Bu sebeple yenilebilir enerji kaynakları ve enerjinin verimli kullanılması mesken kullanıcılar için önem arz etmektedir.

Bu noktada Enerji Yönetimi Sistemi (EYS) karşımıza çıkmaktadır. Mesken kullanıcılara dahil edilecek yenilebilir enerji kaynakları ve enerji depolama sistemleri (EDS) sayesinde temiz ve sürdürülebilir enerji üretimi sağlanırken EYS sayesinde kullanıcının optimum verimle enerji kullanması sağlanacaktır. Bu sayede hem mesken kullanıcıların elektrik faturaları minimize edilecek hem de temiz ve devamlı enerji kullanımını mümkün kılacaktır.

Belirtilen amaçlar doğrultusunda bu tez çalışmasında Türkiye'nin 7 farklı bölgesinde yer alan 14 ilde üç farklı yük profiline sahip mesken kullanıcı türü için üç analiz yapılmıştır. İlk olarak, PVsyst 7.4 programı kullanılarak çatı Güneş Enerjisi Sistemi (GES) tasarımı yapılmış ve tüm illerde aynı model kullanılarak bir yıllık süreçte aylık olarak enerji üretim tahminlemesi gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak, mesken kullanıcıların aylık elektrik faturalarının düşürülmesi amaçlanarak Excel ortamında maliyet fonksiyonu çözdürülerek EYS tasarımı yapılmış ve Matlab programında uygulanmıştır. Bu tasarımlar üç mesken kullanıcı içinde (i) doğrudan şebekeye bağlı olduğu, (ii) çatı GES ile birlikte şebekeye bağlı olduğu, (iii) çatı GES ve EDS kullanılarak şebekeye bağlı olduğu senaryolarda 14 ilde aylık elektrik faturaları ve aylık net para akışları hesaplanmıştır. Son olarak ise her il için çatı GES ve EDS sisteminin ekonomik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre ilk olarak çatı GES üretim verileri incelendiğinde, en fazla üretimin Antalya ilinde gerçekleştiği görülmektedir. Tüm sonuçlara göre haritada kuzeyden güneye gidildikçe üretim artmaktadır.

İkinci olarak senaryolarda illere ve mesken kullanıcılara göre elektrik faturaları incelendiğinde; tüm kullanıcılar için çatı GES ile birlikte faturalarında iyileşmeler görülmektedir. Kullanıcıya EDS dahil edildiğinde ise şebekeye satmış olduğu elektrikten elde ettiği kar artmaktadır. Mesken kullanıcı profilleri sonuçları incelendiğinde ise literatürde yer alan çalışmalarla da karşılaştırıldığında EYS, tanımlanan amaç doğrultusunda belirtilen kısıtlarla birlikte doğru çalıştığı ortaya çıkmıştır.

Son olarak senaryolar da ekonomik analizler incelendiğinde; sadece çatı GES bağlı senaryoda PI değerleri Artvin, İstanbul ve Kastamonu illeri 1 değerinin altında sonuçlar vermekte ve uygulanabilirlik anlamında geride kalmaktadır. Uygulanabilirliği en yüksek il ise 1.31 değeri ile Antalya olarak karşımıza çıkmaktadır. Çatı GES ve EDS bağlı senaryoda değerler incelendiğinde PI değerleri 1 değerinin üzerinde hesaplanan ilimiz bulunmamaktadır.

Sonuç olarak, EYS sistemi kullanımıyla mesken kullanıcılara çatı GES ve EDS dahil edilerek aylık elektrik faturalarında azalmaya hatta üretilen enerjinin şebekeye satılmasıyla mesken kullanıcılar karlı duruma geçmektedir. Ancak EDS dahil edildiği durumda artan maliyetler sebebiyle kullanıcının geri dönüş süreleri artmaktadır.

Bu çalışma yüksek elektrik tüketimi olan veya çatı GES kurulumu imkanı olan elektrik aboneleri için bir örnek oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre EYS'yle birlikte mesken kullanıcılara çatı GES sistemi kurulumunun yapılması önerilmektedir. Güneş enerji kurumlarının yaygınlaştırılarak sürdürülebilir bir dünya için verimli enerji kullanıma katkı sağlanmalıdır. EDS için ise maliyetlerin azaltılması ve kullanım ömürlerinin arttırılması gerekmektedir Böylelikle mesken kullanıcılarda kullanımı daha da arttırılabilir. Ülkeler, GES kurulması için aboneleri teşvik etmeli ve EDS kullanımlarının yaygınlaştırılması için imkan sunmalıdır.

UTILIZATION OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS FOR RESIDENTIAL ELECTRICITY CONSUMERS

SUMMARY

Electricity stands as an indispensable resource within contemporary society, representing a cornerstone of our daily lives, essential for sustaining virtually every aspect of modern living. However, the simultaneous challenges of curbing electricity production and consumption costs while mitigating environmental pollution loom large as pressing concerns across societies globally. Moreover, the imperative for energy becomes increasingly pronounced with each passing day, assuming paramount importance in the agenda of policymakers and stakeholders alike. Presently, numerous nations grapple with a burgeoning crisis in fulfilling the burgeoning demands for electricity among their populace.

Energy resources are categorized as either non-renewable (fossil fuels) or renewable (solar, wind, geothermal). The usage rate of fossil fuels among these resources is 87% in the world. Fossil fuels, commonly used in most electric energy production systems, release emission gases (such as NO_x , SO_2 , CO_2) into the atmosphere when utilized in thermal generation units. The heightened greenhouse gas concentration resulting from these emissions, along with other factors, leads to the greenhouse effect. This phenomenon triggers various global challenges, including global warming, drought, climate change, and soil degradation. These adverse conditions pose significant threats to life on Earth, underscoring the critical importance of regulating emission gas density.

Given the finite nature of conventional fuels, coupled with their escalating energy costs and the environmental repercussions stemming from post-combustion emissions, nations have expedited their endeavors towards harnessing renewable energy sources and optimizing energy efficiency. This proactive approach is aimed at addressing the mounting energy demands while simultaneously mitigating environmental degradation associated with traditional energy production methods. Within this framework, the energy consumption patterns of residential electricity consumers emerge as a focal point, underscoring the critical need to address both cost reduction and efficiency enhancement measures. Citing data from the World Economic Forum (WEF), it is evident that residential and commercial buildings together constitute a significant portion, accounting for 40% of global energy consumption and a substantial 33% of greenhouse gas emissions worldwide. Delving into the specifics of Turkey's energy landscape, residential electricity consumers stand out, contributing to 29% of the nation's overall energy consumption. This data underscores the pivotal role that residential energy consumption plays in the broader context of both national and global energy usage patterns, thereby emphasizing the urgency for targeted interventions aimed at promoting energy efficiency and sustainability within this sector.

At this juncture, the Energy Management System (EMS) takes center stage. EMS is a sophisticated software-based platform meticulously engineered to monitor, regulate, and optimize energy utilization. Its overarching objectives encompass enhancing energy efficiency, curbing energy expenditures, and mitigating environmental footprints. Moreover, EMS plays a pivotal role in fostering sustainability initiatives and realizing cost-saving endeavors by facilitating judicious management of energy consumption patterns. The core objective of EMS revolves around ensuring the attainment and sustenance of optimal energy supply and utilization. Within this framework, paramount objectives include the minimization of energy expenditures and environmental impacts, all while safeguarding production processes and maintaining product quality standards. To this end, EMS harnesses a myriad of optimization methodologies tailored to meet predefined objectives and constraints, thereby ensuring alignment with organizational goals and operational imperatives.

The objective of energy management implemented for residential consumers is multifaceted. It aims to empower residential consumers to exercise autonomy over their energy usage and fulfill their energy needs by leveraging available production resources, whether they are interconnected with the distribution network or operating off-grid. By doing so, energy management systems bolster the resilience and efficiency of the overall energy network, facilitating controlled and reliable grid integration while actively participating in energy market dynamics. This strategic approach not only enhances consumption efficiency but also fosters greater flexibility and controllability, thereby optimizing economic efficiency within the energy ecosystem. By enabling residential consumers to engage more actively in energy decision-making processes and resource consumers strategies, energy management initiatives foster a symbiotic relationship between consumer empowerment and grid stability, ultimately contributing to a more sustainable and resilient energy landscape.

To realize these objectives for residential consumers, a comprehensive infrastructure comprising energy production sources, energy storage systems, inverters, and network connectivity is indispensable. These components collectively form the backbone of an integrated energy management system tailored to meet the unique requirements of residential consumers. Moreover, the seamless coordination and orchestration of these elements are essential to ensure the smooth flow of operations in alignment with the predefined goals and constraints established within the system. Central to this endeavor is the strategic consideration of network energy prices, which play a pivotal role in shaping consumption patterns and resource utilization strategies. By factoring in fluctuating energy prices, the energy management system can optimize decision-making processes and resource allocation, thereby maximizing cost savings and enhancing overall economic efficiency for residential consumers. In essence, the integration of energy production, storage, and distribution infrastructure, coupled with real-time price sensitivity, enables residential consumers to optimize their energy consumption patterns while contributing to the stability and sustainability of the broader energy grid.

The integration of renewable energy sources and energy storage systems (ESS) holds immense promise for residential consumers, ushering in an era of clean and sustainable energy production. By harnessing renewable sources such as solar, wind, or geothermal energy, coupled with advanced energy storage technologies, residential consumers can access a reliable and environmentally friendly energy supply. Moreover, the deployment of Energy Management Systems (EMS) further enhances the efficiency and effectiveness of energy utilization within residential settings. Through precise monitoring, control, and optimization of energy usage, EMS enables users to leverage renewable energy sources and storage systems with optimal efficiency. This not only minimizes electricity bills for residential consumers but also fosters a transition towards a greener and more resilient energy ecosystem. Ultimately, the synergy between renewable energy sources, energy storage systems, and EMS empowers residential consumers to embrace sustainable energy practices while enjoying cost savings and enhanced energy reliability. This transformative shift towards clean and continuous energy usage represents a significant step forward in fostering environmental stewardship and advancing towards a more sustainable future.

The study employed rooftop photovoltaic (PV) systems as the primary electricity generation source for residential consumers. The design and analysis of these systems were conducted using the PVsyst 7.4 program. PVsyst was chosen as the preferred software for this study due to its reputation for reliability, accuracy, and widespread use within the field of solar energy analysis and design. The selection of PVsyst underscores the importance of utilizing trusted and well-established software tools in conducting rigorous analysis and design of rooftop PV systems. By leveraging the capabilities of PVsyst, researchers were able to accurately model the performance and potential energy yield of rooftop PV installations under varying conditions, including factors such as location, tilt, orientation, shading, and system configuration. Overall, the utilization of PVsyst in the study ensured robustness and credibility in the design and assessment of rooftop PV systems, thereby providing valuable insights into their feasibility, performance, and potential benefits for residential electricity consumers. In pursuit of the stated objectives, this thesis study conducted three distinct analyses tailored to residential consumer types exhibiting three diverse load profiles across 14 provinces situated within seven distinct regions of Turkey.

Initially, a meticulous design of rooftop solar power systems was undertaken employing the PVsyst 7.4 program, complemented by the generation of monthly production forecasts spanning a year utilizing the same model across all provinces. Subsequently, with the primary goal of alleviating the monthly electricity expenses borne by residential consumers, an Energy Management System (EMS) was meticulously devised implemented within the MATLAB environment. The selection of the method using Excel, renowned for its classical efficacy, was motivated by its ability to minimize electricity bills by effectively formulating and solving optimization problems within predefined constraints. The study further encompassed the computation of monthly electricity bills and net monetary flows across the 14 provinces under three distinct scenarios: (i) direct grid connection, (ii) grid connection augmented by rooftop PV systems, and (iii) grid connection supplemented with both rooftop PV systems and Energy Storage Systems (ESS).

Finally, economic analyses were conducted to evaluate the financial viability and benefits associated with the deployment of rooftop PV systems and ESS within each province, providing valuable insights into their economic feasibility and potential contributions to the residential energy landscape.

According to the results obtained, when the rooftop solar power generation data is first examined, it is seen that the highest production occurs in Antalya. According to all results, production increases as you move from north to south on the map.

Secondly, when electricity bills are examined according to provinces and residential consumers in the scenarios; There are improvements in bills for all consumers with rooftop solar power system. When ESS is included for the consumer, the profit he earns from the electricity he sells to the grid increases. When the results of residential consumers profiles are examined and compared with the studies in the literature, it is revealed that the EMS works correctly with the specified constraints in line with the defined purpose.

Upon scrutinizing the economic analyses conducted across various scenarios, notable findings emerge. In scenarios where solely rooftop solar power is connected, the Profitability Index (PI) values for Artvin, Istanbul, and Kastamonu provinces fall below 1, indicating a lack of viability and applicability in these regions. Conversely, Antalya stands out as the most suitable location, boasting a PI value of 1.31, suggesting favorable economic prospects for rooftop solar power deployment. In contrast, when considering scenarios incorporating both rooftop PV and Energy Storage Systems (ESS), no province exhibits PI values exceeding 1. This observation underscores the challenges associated with integrating ESS into residential energy systems and highlights the need for further refinement and optimization to enhance economic viability. These findings underscore the nuanced interplay between geographical factors, technological considerations, and economic feasibility in shaping the adoption and implementation of renewable energy solutions. Moving forward, concerted efforts are warranted to address barriers to entry and enhance the economic attractiveness of renewable energy technologies, thereby fostering their widespread adoption and contributing to a more sustainable energy landscape

The implementation of an Energy Management System (EMS) enables residential consumers to integrate rooftop solar power systems and Energy Storage Systems (ESS), resulting in reduced monthly electricity bills and potential profitability through the sale of excess energy to the grid. However, the incorporation of ESS may lead to increased turnaround times for consumers due to heightened costs. This study serves as a valuable reference for electricity consumers with high energy consumption or those considering the installation of rooftop solar power systems. Based on the findings, it is recommended that residential consumers explore the adoption of rooftop solar power systems to capitalize on the benefits of renewable energy. Furthermore, there is a pressing need to expand the accessibility of solar energy technologies and promote their widespread adoption to foster efficient energy usage and contribute to a sustainable future. Regarding ESS, efforts should focus on reducing costs and extending the lifespan of these systems to enhance their viability and attractiveness for residential consumers. Governments and policymakers are encouraged to incentivize the establishment of photovoltaic (PV) systems and create opportunities for the proliferation of ESS utilization, thereby advancing the transition towards a cleaner and more sustainable energy landscape.

1. GİRİŞ

Elektrik, günümüz toplumunda önemli bir kaynaktır. Günlük yaşamımızın neredeyse her alanında bu enerjiye ihtiyaç duymaktayız. Evde, işte, okulda, fabrikalarda kısacası yaşamımızın her bölümünde yer almaktadır [1,2]. Artan insan nüfusu, bununla birlikte yükselen enerji tüketimi ve yüksek teknolojiye sahip ekipmanların kullanımının yaygınlaşmasıyla dünyada bu enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ayrıca, elektrik enerjisinin dünya genelindeki pazar payı, devletlerin ekonomik kalkınması ve refahı için en önemli faktörlerden biridir. [3].

Teknolojinin yıllar içerisindeki gelişimiyle birlikte enerjisiz bir yaşam neredeyse düşünülemez hale geldi. Bu denli ihtiyaç duyduğumuz enerji kaynağı günümüzde fosil yakıtlardan, yenilenebilir enerji kaynaklarından ve nükleer enerjiden üretilmektedir. Bu kaynaklar arasında dünya genelinde elektrik üretimi için yaygın olarak fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtların kullanım oranı bu kaynaklar içerisinde dünya üzerinde %87'dir [4]. Fosil yakıtların sınırlı olması, enerji maliyetleri ve fosil yakıtların kullanımı sonrası ortaya çıkan gazların çevreye vermiş olduğu zararlar düşünüldüğünde artan enerji talebini karşılamak adına ulusal ve küresel düzeyde yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji kullanımına yönelik çalışmalar hız kazanmaktadır [5].

Güneş veya rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının kullanılması sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilmektedir [1]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilave olarak, elektrik dağıtımının ve tüketiminin verimliliğinin artırılması, çevre üzerindeki bu olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Üstelik elektrik kullanımının verimliliğini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak, enerji israfının azaltılmasına ve elektrik faturalarının düşürülmesine de katkı sağlayabilir.

Mesken kullanıcılar da yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji depolama sistemleri (EDS) kullanımlarıyla hem elektrik faturalarının düşürülmesi sağlanabilir hem de dağıtım şebekesinde meydana gelecek sorunlar sebebiyle yaşanan elektrik kesintilerinden etkilenmelerinin önüne geçilebilir. Bunlar kullanıcılar için büyük önem

arz etmektedir. Ancak burada sürdürülebilir bir dünya için enerjinin verimli şekilde kullanılması daha fazla ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple, sistemden maksimum verim elde edilmesi enerjinin en verimli şekilde kullanılmasıyla sağlanabilmektedir [4].

Bu hususta meskenlerin enerji tüketimleri ve enerji kullanımında verimlilik konuları dikkat çekmektedir. Dünya Ekonomik Forumu'na (DEF) göre, mesken ve ticari binalar küresel enerji tüketiminin %40'ından ve sera gazı emisyonlarının %33'ünden sorumludur. Bu konularda yapılan çalışmalar incelendiğinde; verimli elektrik tüketimine odaklanması ve küresel ısınmanın artması nedeniyle mesken Enerji Yönetimi Sistemleri (EYS) önem kazanmıştır [7]. EYS, yeşil ve çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanıcıya entegre ederek enerji verimliliği sağlamanın yanı sıra sera gazı emisyonlarını azaltmak için mükemmel bir arayüz sağlamaktadır.

EYS; enerji kullanımını izlemek, kontrol etmek ve optimize etmek amacıyla tasarlanmış yazılım tabanlı bir sistemdir. Bu sistem, enerji verimliliğini artırmak, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkiyi en aza indirmek için kullanılmaktadır. Ayrıca, enerji tüketimini etkili bir şekilde yönetmeye yardımcı olarak sürdürülebilirlik ve maliyet tasarrufuna katkı sağlamaktadır. [8].

EYS'nin amacı, optimum enerji tedarikini ve kullanımını sağlamak ve sürdürmektir. Bu doğrultuda üretimi ve kaliteyi etkilemeden enerji maliyetlerini en aza indirmek, çevresel etkileri minimize etmek amaçları arasındadır. Belirtilen hedeflerin sağlanması için EYS çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu metotlar genel olarak klasik, meta-sezgisel ve yapay zeka olmak üzere 3 grup altında toplanmakta olup aşağıda yer almaktadır [9]. Klasik yaklaşımlar genellikle enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve sistemden maksimum fayda sağlamak için optimum sonuca ulaşmakta kullanılmaktadır.

Klasik yöntemler aşağıdaki gibidir [9].

- Lineer ve Lineer Olmayan Programlama Metodu
- Dinamik Programlama Metodu
- Tam Sayılı ve Tam Sayılı Olmayan Programlama Metodu

Meta-Sezgisel yöntemler aşağıdaki gibidir [9].

- Genetik Algoritma (GA)

- Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)
- Yarasa Algoritması
- Karınca Kolonisi Algoritması
- Gri Kurt Optimizasyon Algoritması
- Aydınlatma Arama Algoritması

Yapay zeka tabanlı yöntemler aşağıdaki gibidir [9].

- Yapay Sinir Ağları
- Bulanık Mantık Modeli
- Destek Vektör Makinesi

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, mesken kullanıcıların elektrik faturalarının minimize edilmesi ve enerji kullanımında yaşam kalitelerinin artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda mesken kullanıcılara çatı GES ve EDS dahil edilerek ve EYS kullanılarak aylık elektrik faturalarındaki değişimler gözlemlenmiştir. Çalışma Türkiye’de 14 farklı ilde gerçekleştirilmiş ve çatı GES modelinin farklı coğrafi ve hava koşullarında üretim değerleri araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca farklı yük profiline sahip üç mesken kullanıcı kullanılmış ve bu kullanıcıların (i) doğrudan şebekeye bağlı olduğu, (ii) çatı GES ile birlikte şebekeye bağlı olduğu, (iii) çatı GES ve EDS kullanılarak şebekeye bağlı olduğu senaryolarda elektrik faturalarındaki değişimler değerlendirilmiştir. Bu sayede, EYS yönteminin mesken kullanıcılar üzerindeki sonuçları incelenmiştir. Son olarak, çalışmada her il ve senaryo için ekonomik analiz gerçekleştirilmiş ve bu sayede illere ve senaryolarda göre tasarlanan sisteminin ekonomik değerlendirmelerinin yapılması hedeflenmiştir.

1.2 Literatür Araştırması

Literatürde, mesken kullanıcılar için GES, sürdürülebilir enerji için EDS kullanımları ve bu sistemlerin verimli ve daha faydalı çalışmaları için abonelerde EYS kullanımları büyük bir yer tutmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalarda, farklı optimizasyon metotları çeşitli sistemlere uygulanarak optimum sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

ve tasarlanan sistemlerin finansal durumları ve maliyet analizleri ele alınmıştır. Ayrıca GES tasarımı olarak PVsyst programının kullanıldığı çalışmalar oldukça fazladır.

Avrupa Birliği Enerji Teknolojisi Stratejisine göre tüketicilerin veya son kullanıcılarının gelecekteki enerji ortamında merkezi bir konuma sahip olmaları bekleniyor. Kullanıcılar tarafından güneş enerjisinin benimsenmesi ve kullanımı konusunda etkili bir strateji üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bununla birlikte GES'ler, öncelikle politika teşvikleri ve bununla ilişkili azalan maliyetlerle birlikte kullanıcılar için kullanılabilir olduğunu göstermiştir [10].

Sarı ve arkadaşları 2020 yılında yaptıkları çalışmada, Sivas ilinin beş ilçesine kurulacak olan GES'in tasarımını ele aldılar. PVsyst programı kullanılarak kurulacak konum için güneş ışıma değerleri, panellerin yerleşimi, gereken yerleşim alanı ve diğer parametreler belirlenmiştir. Çalışmada monokristal ve polikristal paneller ile iki farklı çalışma yapılarak sonuçlar analiz edilmiştir. Monokristal panellerde verimin daha yüksek olarak alındığı sonuç çıktıları arasında belirtilmiştir. Ayrıca sistemler, enerji üretimi, maliyet, karlılık açısından da değerlendirilmiştir [11].

Haydaroğlu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, Dicle Üniversitesi güneş enerji santrali verileriyle PVsyst programında modellenmesi sonucu alınan veriler değerlendirilmiştir. Simülasyon yapılmasının sistemin öngörülmesi açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Yapılan simülasyon sonucu 30°'lik açıyla yerleştirilmesinin güneş ışıma miktarını %11.7 artırdığı belirtilmiştir. PVsyst programıyla gerçek veriler karşılaştırıldığında Aralık ve Ocak ayında sonuçların birbirinden uzaklaştığı görülmüştür. Ocak ayı dışında ise gerçek üretim değerlerinin simülasyon değerlerinden büyük olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar analiz edildiğinde ise verimin en yüksek Ağustos ayında olduğu belirtilmiştir [12].

Luna ve arkadaşları, şebekeye bağlı ve bataryaya sahip olan bir mikro şebeke için "Karışık Tamsayılı Lineer Programlama" (MILP) optimizasyon yöntemini kullanan bir EYS tasarlamış ve test etmiştir. EYS farklı enerji kaynaklarıyla birlikte çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Teorik olarak yapılan varsayımlar, mikro şebekenin EYS ile ve EYS olmadan uygulanmasıyla deneysel olarak doğrulanmıştır. EYS'nin mikro şebekede maliyetin azaltılmasına olanak sağladığı ve ayrıca EDS'nin verimli biçimde yönetilebilmesi için belirli kısıtlamaları içerebildiği sonucuna varılmıştır [13].

Al Sumarmad ve arkadaşları, mikro şebekede gerçek zamanlı izleme ve kontrol yaklaşımını içeren EYS için yeni bir teknik önermektedir. Evsel mikro şebeke için EYS algoritması ve gerçek zamanlı bir izleme platformu geliştirilen bu çalışmada, GES, rüzgar türbini ve EDS kullanılmıştır. Önerilen EYS test edilmiş ve en iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Aynı zamanda, batarya sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretmediği zaman dilimlerinde sisteme sorun yaşatmadan enerji arzının devamlılığının sağlandığı görülmüştür. Buna ilave olarak, batarya kısıtları sebebiyle aşırı yüklenme ve boşalmalara karşı önlem almış ve bataryaya zarar gelmesini önlemiştir [14].

Suresh ve arkadaşları, Wroclaw Bilim ve Teknoloji üniversitesinde bulunan mikro şebeke için EYS tasarlamış ve önermiştir. Bu çalışmada tasarlanan EYS; derin öğrenme yöntemli tahmin algoritmasını, sezgisel optimizasyon yöntemini ve elektrik araç şarj istasyonu sistemini içermektedir. EYS optimizasyon yöntemi olarak; Matpower'ın hızını güç akışı problemini çözmek için ve Micado'nun optimum optimizasyon çözümü arama yeteneklerini etkili bir şekilde kullanmak amacıyla olan Micado – Matpower tabanlı birleşik optimizasyon algoritma kullanılmıştır. EYS'nin maliyet fonksiyonu, şebekeden enerji alışı minimize etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma sonucunda sistemin maksimum fayda sağladığı görülmüştür [15].

El-Hendawi ve arkadaşları, şebekeye bağlı bir mikro şebekenin işletme maliyetini en aza indirmek için bir kontrol algoritması ve EYS önermiştir. Tasarlanan EYS, maliyeti minimize etmek amacıyla şebeke, EDS, yükler arasında optimum güç akışını sağlamakla sorumludur. Yapılan test ve uygulamalarla çalışma sonucunda, maliyetin tasarlanan EYS sayesinde düşürüldüğü gözlenmiştir [16].

2022 yılında, Cabrera-Tobar ve arkadaşları, EYS'ndeki kullanılan mevcut teknikleri ele almışlardır. Çalışmadan ortaya çıkan sonuçlara göre EYS; faturaları en aza indirmeyi, kullanıcının konforunu en üst düzeye çıkarmayı ve CO_2 emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır. EYS içerisinde meydana gelen belirsizlikler için çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar arasında mikro şebeke yönetimi için en çok kullanılanlar model predictive control, stochastic, and robust optimization yöntemleridir [17].

Mohammad ve arkadaşları Talep Yanıtı (TY) yöntemini kullanarak çeşitli seviyelerde rüzgar üretimlerini karşılamak için bir elektrik piyasası takas modeli önermektedir.

Çalışmada, 3 farklı şiddette rüzgardan enerji üretimleri karşılaştırılmış ve yüksek rüzgar şiddetinde kullanıcıların minimum fiyatla işlem gördüğü ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, artan rüzgar seviyesi elektrik üretim seviyeleri (yüksek rüzgar durumu) rekabeti artırmakta ve piyasa takas fiyatını düşürmektedir. Ayrıca önerilen piyasa modeli sayesinde genel karbon emisyonunda da azalma sağlandığı görülmüştür [18].

Sadiq ve arkadaşları, LP yöntemini kullanarak MATLAB üzerinde bir maliyet optimizasyonu önermektedirler. Bu sayede hem elektrik enerjisinin maliyetini azaltmayı hem de jeneratörlerin üretim kapasitesini artırmayı amaçlamaktadırlar. Sistemde yer alan jeneratörlerin kapasitesi, üretimi ve birim başına maliyeti hesaplandıktan sonra, düşük fiyata fazla miktarda elektrik üreten ve yüksek maliyetle üretim yapan jeneratörler belirlenmiş ve çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, önerilen yöntem başarıyla uygulanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir [19].

Mateen ve arkadaşları, mesken EYS sistemi için yeni bir genetik çiçek tozlaşmasına dayalı optimizasyon ve planlama şeması önermiştir. Çalışmada, evlerde kullanılan cihazların planlamasında makul bir gecikmeyle elektrik maliyetini en aza indirmek amaçlanmış ve çalışma sonucunda belirlenen hedefe ulaşılmıştır. Aynı zamanda kullanıcı konforu en üst seviyeye çıkarılmıştır. Farklı çalışma zaman aralıkları ve değişken güç tüketimi kalıpları dikkate alınarak tekli ve çoklu evlerde simülasyonlar gerçekleştirilmiştir [20].

Aldahmashi ve arkadaşları, mesken EYS'lerin performansını optimize etmek, finansal hedeflerini karşılamak ve güç faktörünü de arttırmak için tasarlanmış bir model sunmaktadır. Önerilen modelde esnek yüklerin kullanıcının tercihleri doğrultusunda çalıştırılmasını ve hem batarya hem de elektrikli araç için aktif ve reaktif güç değerlerinin belirlenmesini içermektedir. Bu sayede maliyeti minimize ederek güç faktörünü maksimize etmektedir. Yapılan çalışmanın sonucunda hedeflendiği şekilde güç faktörü 0.44'ten 0.9'a çıkarabilmekte ve elektrik faturalarında %31.5 oranında azalma sağlanabilmektedir [21].

Chen ve arkadaşları, elektrik dağıtım şebekesine bağlı bir konut mikro şebekesinin yönetilmesi için uyarlanabilir yapay arı kolonisi optimizasyon yöntemini temel alan bir mesken EYS önermektedir. Önerilen sistem çatı GES, batarya ve yükleri içermektedir. Önerilen EYS, elektrik tüketim maliyetini en aza indirmek amacıyla yük

talebi ve elektrik oranına göre çatı GES, batarya ve ana şebeke arasındaki güç akış oranını optimize etmektedir. Çalışmada optimal güç akışı kontrolünün farklı elektrik yükü seviyeleri ve çatı GES üretim koşulları altındaki performansları incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, önerilen uyarlanabilir yapay arı kolonisi tabanlı EYS'nin, kural tabanlı kontrol stratejisi ve eşdeğer tüketim minimizasyon stratejisiyle karşılaştırıldığında elektrik tüketimi maliyeti açısından etkinliğini ve üstünlüğünü göstermektedir [22].

Han ve arkadaşları, mesken EYS'lerin son yıllardaki gelişimini ve zorluklarını analiz etmeyi ve özetlemeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, mesken EYS'lerde geçmişte ve bugün kullanılan mimarilerini değerlendirmiş ve iletişim teknolojilerini ele almıştır. Ek olarak, zamanlama optimizasyonu ile ilgili ortak hedefler ve kısıtlamalar sınıflandırılmış ve çeşitli akıllı algoritmalar da dahil olmak üzere literatürdeki çeşitli optimizasyon yöntemleri tanıtılmış, karşılaştırılmış ve eleştirel olarak analiz edilmiştir. Ayrıca deneysel çalışmalar ve gerçek dünyadaki zorluklar da özetlenerek önerilere yer verilmiştir [23].

Duman ve arkadaşları, Homer programını kullanarak Türkiye'de 3 farklı bölgede 9 ilde 5 kW gücünde çatı GES tasarlayarak illere göre fizibilite analizinin yapıldığı bir çalışma ele almıştır. Hesaplamaları yaparken Discounted Payback Period (DPBP), Internal Rate of Return (IRR) and Profitability Index (PI) değerlerini hesapladılar. İncelemelerde DPBP'nin 8 yılın altında olması, IRR'nin %13.12'nin üzerinde olması ve PI'nin 2'nin üzerinde olması kabul görür sınırlar olarak belirlidiler. Yapılan çalışmanın sonucunda, illere göre sistemlerin mevcut DPBP, IRR ve PI'sinin sırasıyla 7.75-14.43 yıl, %13.68 – %6.87 ve 2.02-1.28 aralığında olduğunu gösterdi. Türkiye’de güney kesimde yalnızca bir ilde cazip olup, kuzey kesimde yatırım yapılabilir olmaktan uzak olduğu sonucunu elde ettiler [24]

Libra ve arkadaşları, 2023 yılında Nijerya'nın 4 iklim bölgesinde (sıcak çöl, sıcak yarı kurak, tropikal savan ve muson iklimi) iklim değişikliğinin PV sistemlerinin performansı ve ekonomik uygulanabilirliği üzerindeki etkisini analiz ettiler. Elde edilen sonuçlarda, okyanustan gelen serin-nemli havanın etkisi, düşük sıcaklık ve bölgedeki artan bulut örtüsü nedeniyle muson ve tropikal savan ikliminde performans oranının yüksek olduğu sonucuna varıldı. Çalışmada en düşük performans oranı, Sahra Çölü'nden gelen tozlu rüzgar, bölgedeki nispeten yüksek sıcaklık ve düşük yağış nedeniyle sıcak çöl ve sıcak yarı kurak iklimde olduğu ortaya çıktı. Nijerya'daki güneş

enerjisi projesinin maliyet ve karlılık analizini değerlendirmek için the levelized cost of electricity (LCOE), net present value (NPV), internal rate of return (IRR) ve payback period (PP) parametreleri kullanıldı. İklim bölgeleri genelinde ortalama LCOE 0,21 \$/kWh olup, bu 0,25 \$/kWh şebeke tarifesine kıyasla daha düşüktür. Ortalama NPV ve IRR'nin sırasıyla 31.164 \$ ve %22 olduğu tespit edildi. Bu değerler projeyi ekonomik olarak uygulanabilir kılmaktadır. Ancak geri ödeme süresinin 3.7 ile 5.2 yıl arasında değiştiği görüldü. Böylelikle yapılan çalışmanın sonucu olarak Nijerya'da solar PV teknolojisinin ekonomik olarak uygulanabilir ve karlı olduğunu ortaya çıktı [25].

1.3 Hipotez

Gelişen teknolojiyle birlikte evlerimizde kullandığımız elektronik cihazların sayısı giderek artmakta ve elektrik faturamızda her geçen gün artış meydana gelmektedir. Diğer taraftan, GES ve EDS'lerde yaşanan olumlu gelişmeler ise evlerimizde bu sistemlerin kullanımını daha cazip hale getirmektedir. Buna ilave olarak, evlerimizde şebekeden bağımsız olarak enerji kullanabilmemiz de bu sistemin diğer bir olumlu yönüdür. Bu sebeple evlerimizde GES ve EDS'nin kullanımı için ihtiyaçlar her geçen gün artmaktadır. Bu kapsamda, çalışmadaki amaçlar hem sistem kısıtları dahilinde elektrik faturalarının minimize edilmesi hem de yaşam kalitesini artırmayı sağlamaktadır. Çünkü kullanılacak olan EDS ile kesintisiz elektrik olanağı sağlanacak olup bu da kullanıcıların daha az enerjisiz kalmasını ve dolaylı olarak yaşam kalitelerinin artmasını sağlayacaktır. İlave olarak, çalışmada kullanılacak olan EYS ile birlikte uygulamalarda optimum sonuçlar elde edilmesi öngörülmektedir.

2. MESKEN ELEKTRİK KULLANICILARI VE ENERJİ YÖNETİMİ SİSTEMİ

Bu bölümde ilk olarak mesken elektrik kullanıcılarından ve ülkemiz elektrik kullanımında mesken kullanıcıların konumundan bahsedilecektir. Devamında ise Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli ve mesken kullanıcılarda güneş enerjisi sistemleri kullanımı anlatılacaktır. Son olarak meskenlerde kullanılmak üzere enerji yönetimi sistemi paylaşılacaktır.

2.1 Mesken Elektrik Kullanıcıları

Türkiye'de mesken elektrik aboneleri; enerji ihtiyacını dağıtım şirketleri vasıtasıyla karşılayan ve elektrik şebekesine alçak gerilim seviyesinde bağlı olan kullanıcı türüdür [26]. Mesken aboneler ülkemizde kent, kent altı ve kırsal yerleşkelerde bulunmaktadır [27]. Enerji ihtiyaç türleri bulundukları konuma göre değişkenlik gösterse de genellikle ev içi cihazların çalıştırılmasında, ısınmada ve aydınlatma sistemlerinde enerjiyi kullanılmaktadır. Çoğu kullanıcıda alternatif bir enerji kaynağı olmadığı için ihtiyaçlarının büyük bir çoğunluğunu şebekeden karşılamakta ve şebekeye bağımlı olarak ihtiyaçlarını giderebilmektedir. Bu sebeple şebekede meydana gelebilecek herhangi bir olumsuzlukta doğrudan etkilenmektedirler. Bu olumsuzluklar genellikle gerilim dalgalanmaları ve elektrik kesintilerinden oluşmaktadır.

Dağıtım şebekesinde yük değişimleri sebebiyle meydana gelen gerilim dalgalanmalarından veya elektrik kesintilerinden kullanıcılar hem konfor hem de maddi anlamda zarar görmektedir. Şebekede meydana gelen gerilim dalgalanmaları kullanıcılarda cihaz hasarlarına ve farklı problemlere yol açmaktadır. Bu durum kullanıcılarda zaman ve para kaybı sonuçlarını meydana getirmektedir. Elektrik kesintileri ise kullanıcıların enerji arzının sağlanmasına engel olmaktadır.

Ülkemizin dağıtım şebekesi göz önüne alındığında genellikle şehir merkezlerini besleyen hatlar haricinde kent altı ve kırsal yerleşkelerde ring diye tabir edilen alternatif besleme kaynağı bulunmamaktadır. Bu sebeple kullanıcılar radyal hatlar

üzerinden dağıtım şebekesine bağlıdır. Bu durum sebebiyle dağıtım hattında meydana gelen arızalar kullanıcıları elektriksiz bırakmakta ve arızanın giderileceği zaman dilimine kadar enerji sağlanamamaktadır.

Ülkemizin coğrafi konumu da göz önüne alındığında kullanıcıların dağıtım şebekesinde meydana gelecek bir arızada elektriksiz kaldığı süre bazı zamanlarda bir haftayı bulmaktadır. Özellikle kış aylarında, kar yağışı ve soğuk havalar sebebiyle oluşan buz yükleri dağıtım şebekesinde ciddi hasarlara yol açmakta ve şebeke hattında iletken kopmalarına sebebiyet vermektedir. Eş zamanlı farklı noktalarda meydana gelen arızalar, arıza noktasına ulaşımında yaşanan zorluklar ve arızaya müdahale eden kişi sayıları düşünüldüğünde enerji arzının sağlanması uzun süreleri almaktadır. Bununla ilgili BBC haber sitesinde yer alan bir örnek bulunmaktadır. İlgili haberde, 3 Şubat 2022 tarihinde başlayan kar yağışı sebebiyle Isparta ilinde uzun süre enerji arzı sağlanamadığı paylaşılmıştır. [28]. Bu ve bunun gibi örnekler dağıtım sektöründe fazlasıyla bulunmaktadır.

Enerji arzında yaşanan sorunlar dışında ayrıca mesken kullanıcılar tüketimlerini sadece sayaç veya fatura üzerinden izleyebilmektedir. Bu durum onlara tüketimlerini kontrol altına imkanı tanımamaktadır. Çağımız imkanları göz önünde alındığında bu durum ilkel kalmaktadır.

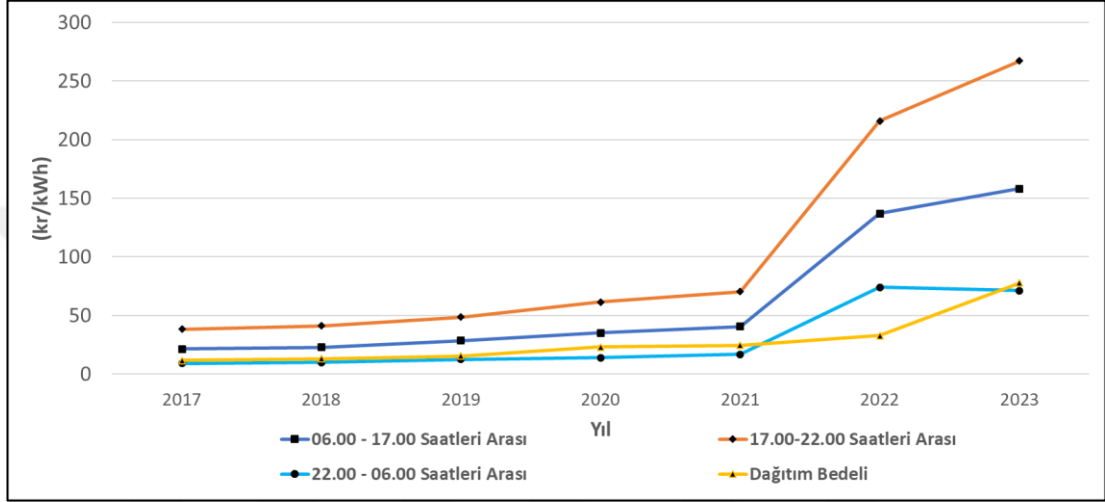
Mesken aboneler genellikle dağıtım şirketleri tarafından aylık olarak sayaçları okunarak faturalandırılırken, bazı kırsal bölgelerde bu süre üç aya kadar çıkabilmektedir. Yapılan faturalandırmada elektrik fiyatları ise mesken kullanıcının abonelik türüne göre tek zamanlı veya üç zamanlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Tek zamanlı tarife; tüketilen elektrik enerjisinin günün her anında aynı birim fiyat üzerinden hesaplandığı tarifiedir. Kullanıcıların tüketmiş olduğu elektrik sabit tek fiyat üzerinden hesaplanır [29].

Üç zamanlı tarife ise; elektrik birim fiyatları zaman dilimine göre değişkenlik gösterir. Abonelerin tüketmiş olduğu elektrik 3 ayrı birim fiyat üzerinden hesaplandığı tarifiedir. Abonenin, 06:00-17:00, 17:00-22:00 ve 22:00-06:00 zaman aralıklarında tüketim değerleri ayrı hesaplanarak faturalandırma yapılmaktadır [29].

Tek zamanlı tarifede tüketim maliyeti tek fiyat üzerinden olduğu için tüketicilerin enerji kullanımlarını planlamaları onlara maddi bir getiri sağlamamaktadır. Ayrıca bu tarife türünde birim fiyat yüksektir. Üç zamanlı tarifede ise tüketici enerji kullanımını

kontrol altına aldığı ve planlama yaptığı faturalarında iyileşme sağlayabilmektedir. Son yıllarda meydana gelen ekonomik gelişmeler enerji sektörünü de etkilemiştir. Şekil 2.1’de 2017-2023 yılları arasında mesken kullanıcılar için üç zamanlı AG tarifiede yaşanan fiyat değişimleri yer almaktadır [30]. Buna göre fiyat artışları son yıllarda ciddi oranda yükselmektedir. Mesken elektrik kullanıcıları elektrik fiyatlarında meydana gelen artışlardan ciddi oranda etkilenmektedir. Bu durum kullanıcıların elektrik faturalarında artışa sebebiyet vermektedir.



Şekil 2.1 : Mesken kullanıcıların 2017-2023 yılları arasında üç zamanlı tarife değişimleri.

Mesken kullanıcılar tüketim değerlerine bakıldığında da ülkemizde önemli bir yere sahiptir [31]. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ‘nun aylık olarak paylaştığı resmi istatistiklere göre Türkiye’de mesken elektrik kullanıcılarının tükettiği elektrik, toplam tüketimin %29’unu oluşturmaktadır. Şekil 2.2’de 2024 yılı Ocak ayı faturalanan elektrik tüketiminin tüketici türüne göre dağılımı yer almaktadır [30]. Buna göre en fazla tüketim %41 oranında sanayi sektöründe gerçekleşirken mesken tüketiciler hemen arkasından gelmektedir. Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de mesken kullanıcılara ait yıllara göre istatistikler yer almaktadır [32].

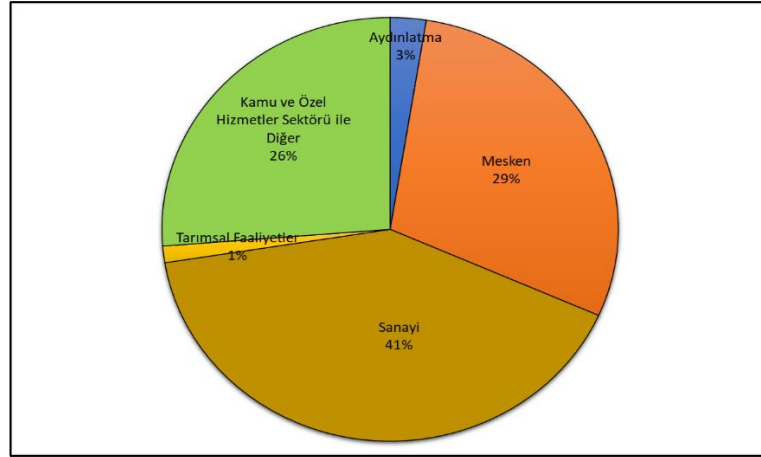
Çizelge 2.1’de yıllara göre tüketim türü elektrik abone sayıları ve Çizelge 2.2’de tüketim miktarları yer almaktadır. Tablolarda yer alan veriler ilgili yılın Ocak ayına aittir ve EPDK’dan temin edilmiştir. Buna göre mesken kullanıcı abone sayıları 2017 – 2024 yılları arasında devamlı olarak artış göstermektedir. Tüketim verileri incelendiğinde ise 2018 yılı haricinde mesken kullanım miktarı artmaktadır.

Çizelge 2.1 : 2017-2024 yılları arası ocak ayı müşteri sayıları (adet).

	Elektrik Abonesi Sayısı (adet)							
Tüketici Türü	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Aydınlatma	329473	338067	346701	33069	337104	343027	281962	279387
Mesken	33591691	34828937	35733449	37057111	37968389	38995140	40612418	41531954
Sanayi	60477	61723	66405	78608	81058	87283	73926	67233
Tarımsal Faaliyetler	609676	631859	648209	668613	688324	712134	738904	764153
Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer	6572086	6923636	6992030	6937130	7099622	7245222	6989022	7097353
Toplam	41163403	42784222	43786794	45072152	46174497	47382806	48696232	49740080

Çizelge 2.2 : 2017-2024 yılları arası ocak ayı elektrik tüketim miktarları (MWh).

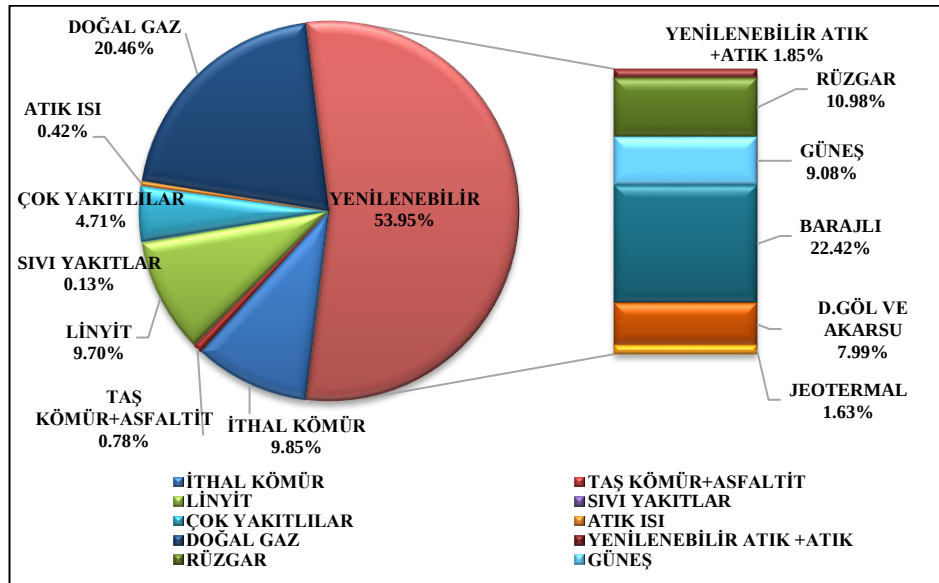
	Elektrik Tüketim Miktarı (MWh)							
Tüketici Türü	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Aydınlatma	430996	465582	480257	507451	525708	521966	567976	577124
Mesken	5345309	5061473	5351390	5416530	5630564	6035244	5794596	6627648
Sanayi	7463647	8324550	7387067	8369686	9092379	8693393	8925402	9286724
Tarımsal Faaliyetler	84359	281569	110908	129329	181007	302622	511785	288143
Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer	5743154	5718356	5886863	5613450	4540155	5617327	5466573	5975433
Toplam	19067465	19851530	19216484	20036447	19969814	21170551	21266331	22755072



Şekil 2.2 : 2024 Ocak ayı elektrik tüketiminin tüketici türü bazında dağılımı.

Bu verilerden yola çıkarak elektrik tüketiminde mesken kullanıcılar sektörde oldukça büyük yer tutmaktadır. Bu sebeple; elektrik enerjisine yönelik artan talebin karşılanması, mevcut dağıtım şebekesinin verimsizliği ve enerjinin üretimi için kullanılan fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu etkiler göz önüne alındığında temiz ve sürdürülebilir enerjinin artırılması ve bundan fayda sağlanmasında mesken kullanıcılar büyük etkiye sahip olabilir. Bu noktada, yenilebilir enerji kaynakları ve enerjinin verimli kullanılması mesken kullanıcılar için önem arz etmektedir [33].

Yenilebilir enerji kaynaklarıyla ilgili Türkiye’de 2022 yılına ait üretim durumu Şekil 2.3’de yer almaktadır. Burada yenilebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji %53.95 oranındadır. Güneş enerjisinin bu pastanın içerisindeki payı ise %9.08 oranındadır.

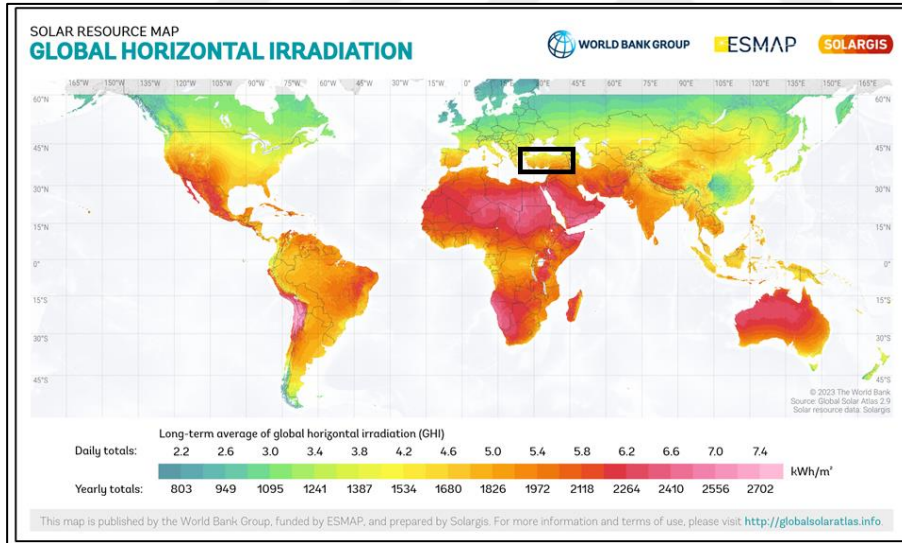


Şekil 2.3 : 2022 Türkiye kurulu elektrik gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (MW) [34].

Çizelge 2.3 : Yerli enerji kaynaklarına ait kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının yıllar itibariyle gelişimi (MW) [35].

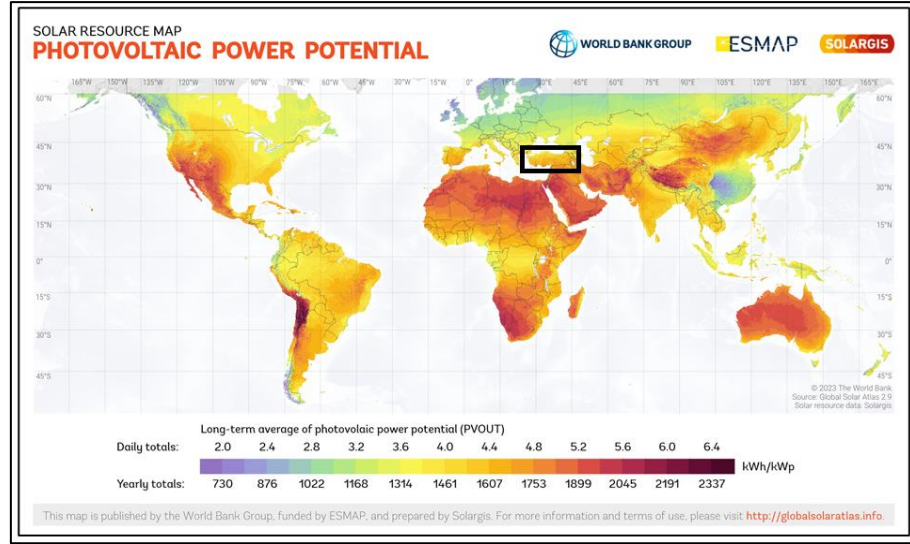
Yıllar	Toplam Kurulu Güç	Yerli Kaynak Kurulu Güç	Hidroelektrik	Jeotermal	Rüzgar	Güneş	Linyit
2017	85.200	48.827	27.273	1.064	6.516	3.421	9.129
2018	88.551	52.700	28.291	1.283	7.005	5.063	9.456
2019	91.267	55.523	28.503	1.515	7.591	5.995	9.966
2020	95.891	60.371	30.984	1.613	8.832	6.667	9.989
2021	99.820	64.035	31.493	1.676	10.607	7.816	9.989
2022	103.809	66.885	31.571	1.691	11.396	9.425	10.066

Çizelge 2.3’de yıllara göre yenilebilir enerji kaynaklarının dağılımı yer almaktadır. Burada güneş enerjisinden üretilen enerjinin son yıllardaki artışı gözükmemektedir. Ülkenin coğrafi durumu konumu düşünüldüğünde güneş enerjisi potansiyeli bir hayli yüksektir. Avrupa’da İspanya’dan sonra en yüksek güneşlenme verisine sahip ülke konumundadır. [36]. Şekil 2.4’de ülkelerin yıllık radyasyon değerlerinin yer aldığı harita yer almaktadır.



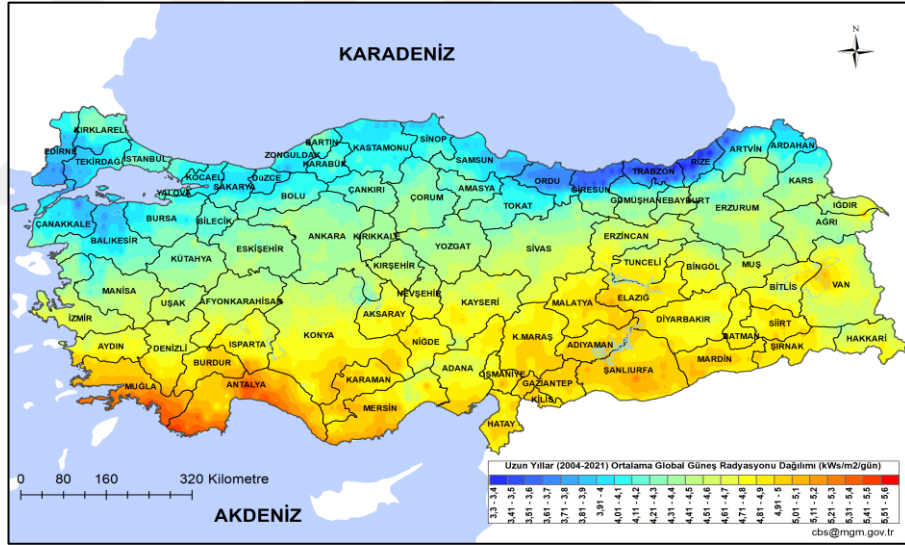
Şekil 2.4 : Dünya küresel yatay ışınlm haritası.

Yıllık radyasyon değerlerinden yola çıkarak ülkenin güneş enerjisi potansiyeli de fazladır. Dünya güneş enerjisi potansiyelini gösteren harita Şekil 2.5’de yer almaktadır.



Şekil 2.5 : PV güneş enerjisi potansiyeli haritası.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) üzerinden alınan Türkiye'nin global güneş radyasyonunu belirten harita Şekil 2.6'da yer almaktadır

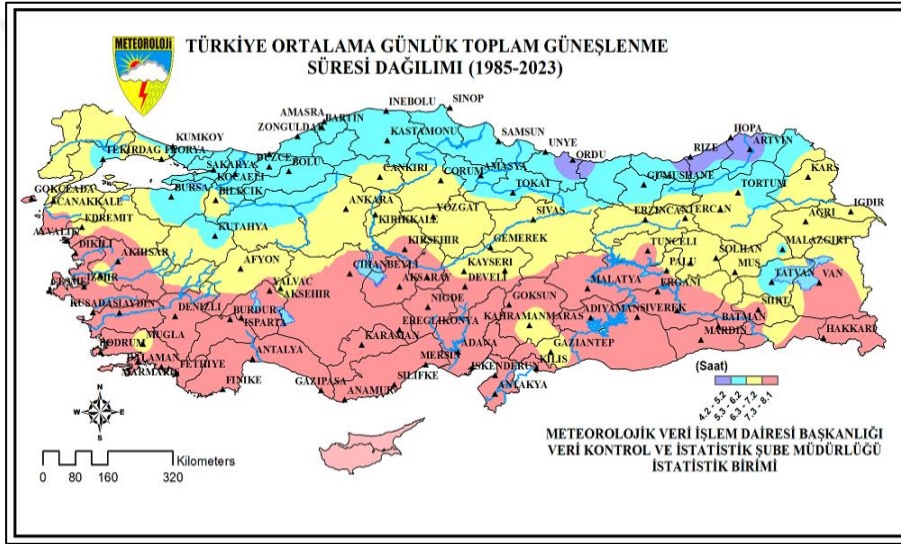


Şekil 2.6 : Türkiye 2004-2021 yılları arası ortalama global güneş radyasyonu haritası [37].

Türkiye'nin aylara göre günlük ortalama süreleri Çizelge 2.4'de verilmiştir. İllere göre dağılımı gösteren harita ise Şekil 2.7'de yer almaktadır. Haritaya göre güney bölgelere gidildikçe güneşlenme süreleri artmaktadır. Yine Şekil 2.7'e göre güney bölgelerde radyasyon şiddeti de yükselmektedir.

Çizelge 2.4 : Türkiye ortalama günlük güneşlenme süreleri

Ay	Güneşlenme Süresi (saat/gün)
Ocak	3,3
Şubat	4,3
Mart	5,3
Nisan	6,6
Mayıs	8,2
Haziran	9,8
Temmuz	10,6
Ağustos	10,0
Eylül	8,6
Ekim	6,3
Kasım	4,6
Aralık	3,1



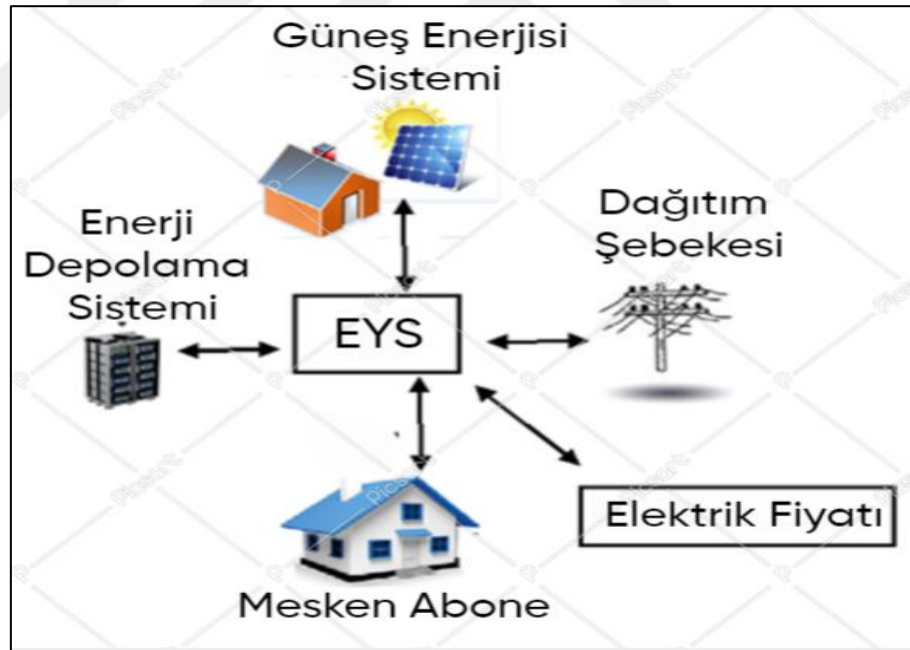
Şekil 2.7 : Türkiye 1985-2023 yılları arası günlük ortalama güneşlenme süresi haritası [38]

Bu veriler doğrultusunda güneş enerjisi mesken kullanıcılar için birincil tercih konumundadır. Enerji verimliliği konusunda ise EYS ön plana çıkmaktadır. Mesken kullanıcılara uygulanacak EYS planı ile hem kullanıcının konforun artması ve faturasında iyileşmeye olanak tanınırken hem de şebekeye ve çevreye etkilerinden dolayı büyük çaplı bir iyileşme görülmesi kaçınılmaz hale gelebilir [39]. Bir sonraki bölümde EYS'ye yer verilmiştir.

2.2 Enerji Yönetimi Sistemi

Enerji Yönetimi Sistemi, dağıtılmış enerji kaynaklarından üretilen enerjiyi, sistemde var olan yüke ve elektrik fiyatlarına bağlı olarak sistemin verimliliğini ve ekonomik faaliyetini sürdürmesini sağlar. EYS, herhangi bir zaman dilimi içinde üretilen ve depolanan enerjiyi ve yük miktarıyla birlikte değerlendirerek optimum şekilde enerji akışına olanak tanır. [40]. EYS günlük işletme maliyetlerinin en aza indirilmesi, gücün gerçek ve reaktif olarak izlenmesi, kayıpların azaltılması ve iletim hatlarındaki enerjinin dengelenmesi gibi tek veya birden fazla hedefe ulaşmak için kullanılabilir. Bu durumda, evlere kurulacak sistemlerin verimli çalışması, güvenilirliğini sağlaması ve hem kısa hem de uzun vadede güç dengesini sağlaması için EYS kritik öneme sahiptir.

Şekil 2.8’de mesken kullanıcı için örnek bir EYS görünümü yer almaktadır. Burada mesken kullanıcıya eklenecek GES, EDS sistemiyle birlikte enerji fiyatları ve diğer durumlar göz önüne alınarak EYS tarafından bir karar mekanizması oluşturulmaktadır.



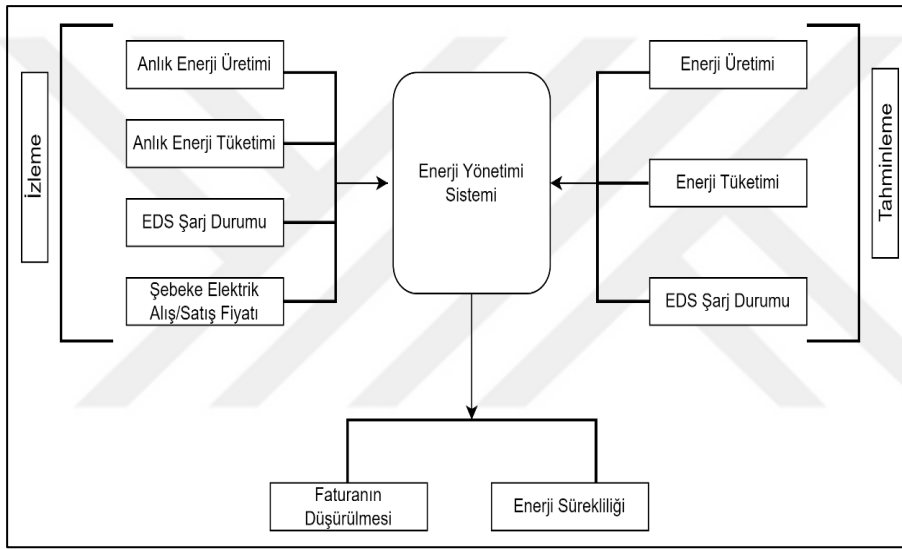
Şekil 2.8 : Mesken abone için EYS görünümü.

Mesken abonede gerçekleştirilen enerji yönetiminin amacı, mesken abonelerinin kendi kendini kontrol etmesini sağlamak, dağıtım şebekesine bağlı veya bağlı olmadığı durumlarda planlama yaparak enerji üretim kaynaklarıyla ihtiyaçlarını gidermesidir. Bu sayede kontrollü, güvenilir ve verimli bir şekilde şebekeye bağlanarak, şebekeyi destekler ve enerji piyasasının işleyişine katılır [41]. Böylece ekonomik verimliliği

artırmak için esneklik ve kontrol edilebilirlik sağlanırken tüketim verimliliği de artırılabilir.

Mesken abonede tüm bunları gerçekleştirmek için enerji üretim kaynaklarına, enerji depolama sistemlerine, çeviriciye ve şebekeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlarla birlikte şebeke enerji fiyatını da göz önüne alarak sisteme tanımlanan amaç ve kısıtlar doğrultusunda sürecin akışını sağlamaktadır. Kullanıcının maksimum fayda sağlaması adına EYS ayrıca bir optimizasyon gerçekleştirir. Bölümün devamında enerji üretim kaynağından, depolama sisteminden, çeviriciden ve optimizasyondan bahsedilecektir.

Şekil 2.9’de EYS içerisinde gerçekleştirilen süreçler ve işlemler gösterilmiştir.



Şekil 2.9 : EYS çalışma prensibi [42].

Enerji üretim kaynağı olarak; mesken aboneler, enerji üretimi ve yenilenebilir enerji denilince akla ilk gelen sistemlerden biri güneş enerjisi sistemleridir. Güneşi doğrudan enerji hammaddesi olarak kullanan bu sistemler, arz çeşitlendirme politikalarında önemli bir alan olarak dikkat çekmektedir. Özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkelerde dışa bağımlılığın azaltılması ve enerji politikalarının yerelleştirilmesi için bir fırsat oluşturmaktadır. Fotovoltaik sistemler, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren enerji üretim sistemleridir. Yani üzerlerine ışık düştüğünde uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Modülün verdiği enerjinin kaynağı doğrudan güneşten alınan enerjidir. Enerji üreten modüller istenilen akım, gerilim ve güç değerlerini elde edecek şekilde seri ve paralel bağlanır. Güneş panelleri kristal silikon, galyum arsenit, amorf silikon, kadmiyum uydu, bakır indiyum diselenit, optik

yoğunlaştırıcı hücreler kullanılarak üretilir. PV sistemler doğru akım üretir, kullanılacağı alanlara göre DC ve AC formda kullanılabilir. Alternatif enerji formuna dönüşüm çeviriciler yardımıyla yapılmaktadır. PV sistemler şebekeye bağlı (on-grid) ve şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler olarak sınıflandırılır. Şebekeye bağlı sistemler, arz fazlası enerjiyi şebekeye verebilir ve fazla talebi şebekeden alabilir. Belirlenen fiyatlama politikaları ile gelir elde edebilirler. Off-grid sistemler ise şebekeye erişimin olmadığı veya erişimin zor olduğu yerlerde doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Şebekeden bağımsız sistemlerin temel amacı ihtiyaçların karşılanması olup gelir elde edilmesi mümkün değildir. Fotovoltaik sistemler kurulum alanına göre 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar çatı ve arazi tipi üretim tesisleridir. Arazi tipi fotovoltaik sistemler ticari gelir elde etmek amacıyla kurulan ve ihtiyacı karşılamaktan ziyade enerji santrali olarak üretim amacı taşıyan sistemlerdir. Çatı üstü sistemler ise konut ve ticari çatı üstü enerji santralleri olarak sınıflandırılabilir. Bu sistemlerin temel amacı iç tüketimin karşılanmasıdır. İç tüketim fazlası enerji ulusal şebekelere verilebilmekte ve karşılığında kazanç, prim gibi girdiler elde edilebilmektedir [43]. Çalışmada çatı GES kullanımı tercih edilmiştir.

Çeviriciler şebekeye bağlantılarına göre dizi çeviriciler ve merkezi çeviriciler olarak ikiye ayrılır. Bu çeviricilerin seçiminde kurulacak PV güç seviyesi, kurulacak bölge, şebekeye bağlantı noktası gibi kriterler etkilidir. Çevirici tipi seçiminde güç aralıklarına göre de tercih yapılır. 2 ile 33 kW arası dizi çeviriciler ve 100 ile 2000 kW arası merkezi çeviriciler tercih edilmektedir.

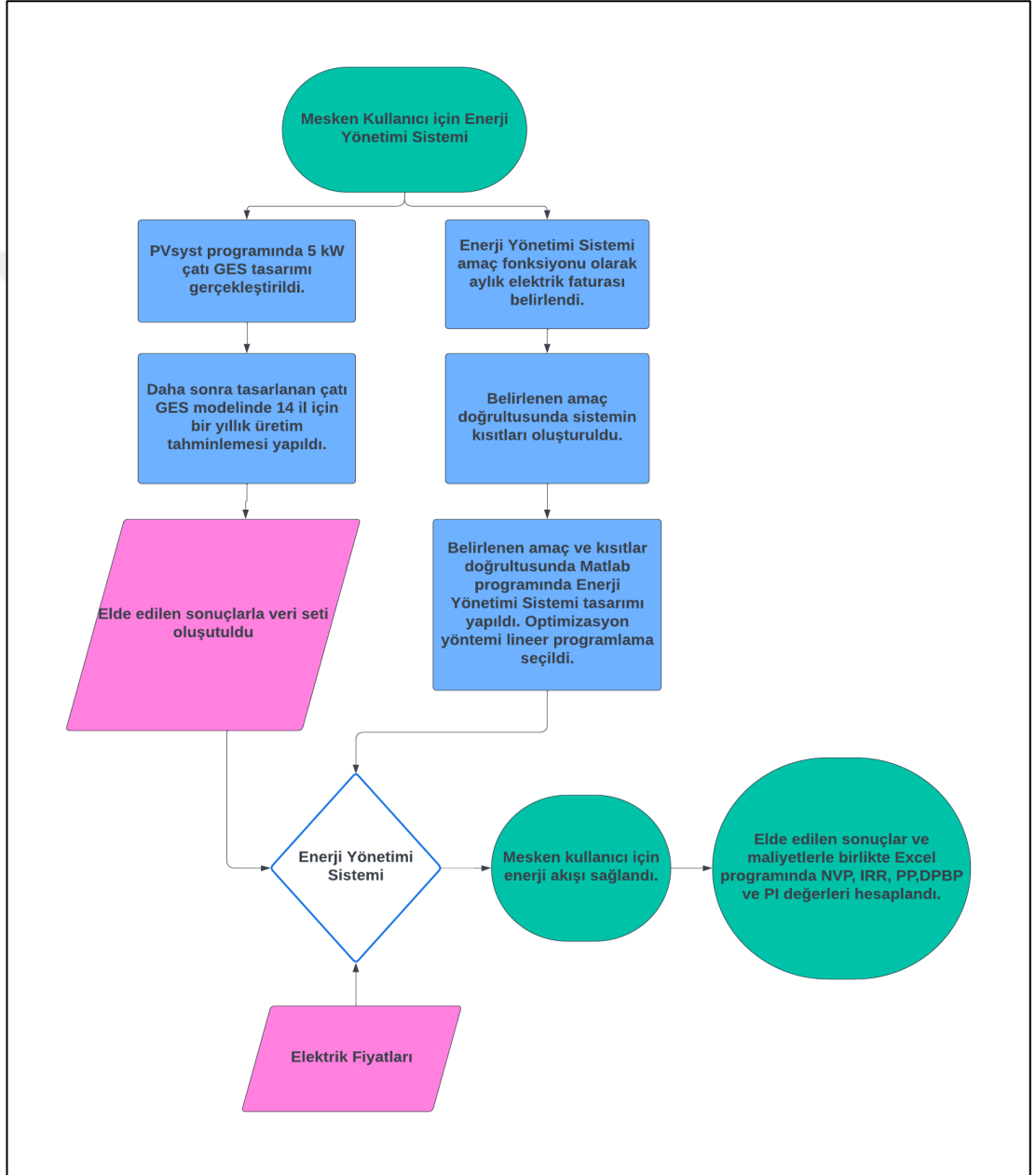
Enerji depolama sistemi, elektrik enerjisini depolanabilir forma dönüştürebilen ve ihtiyaç duyulduğunda tekrar elektriğe dönüştürebilen bir cihazdır. [44].

Optimizasyon yöntemleri olarak çok fazla seçenek bulunmaktadır, Çalışmada Excel ortamında maliyet fonksiyonu çözdürülmüştür.



3. PROBLEMİN MODELLENMESİ

Bu bölümde sırasıyla çalışmada kullanılan çatı GES modelinden, tasarlanan EYS'den ve sistemin maliyet ve amortisman sürelerinin değerlendirilmesinin yapıldığı ekonomik analiz hesaplamaları konularından bahsedilerek ilgili başlıklara ait bilgiler verilecektir. Tezde yapılan çalışmaya ilişkin akış Şekil 3.1'de paylaşılmıştır.



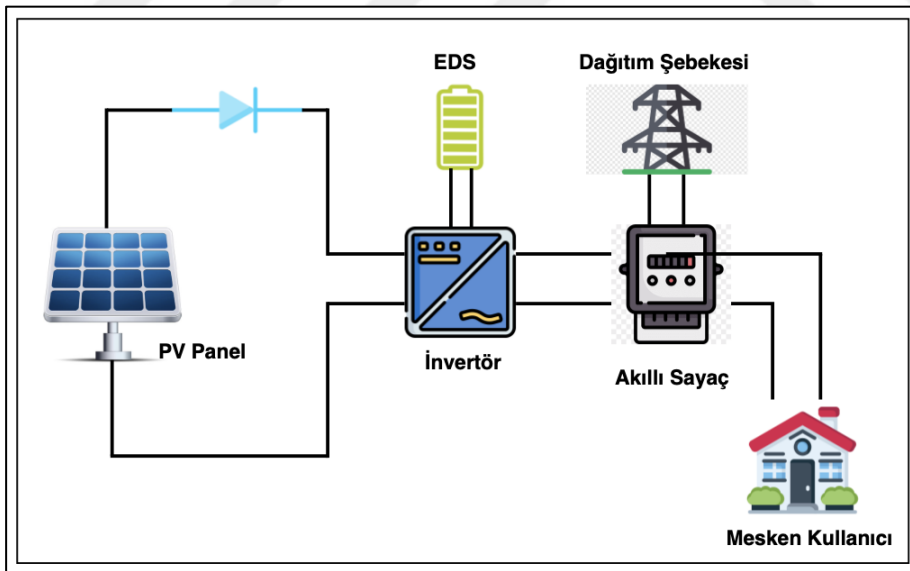
Şekil 3.1 : Çalışma akışı.

3.1 Çatı GES Modeli

Çalışmada mesken aboneleri için elektrik üretim kaynağı olarak çatı GES kullanılmış olup tasarımı PVsyst 7.4 programında gerçekleştirilmiştir. PVsyst'in güvenilirliği, doğruluğu ve yaygınlığı nedeniyle bu çalışmada PVsyst programı tercih edilmiştir [45].

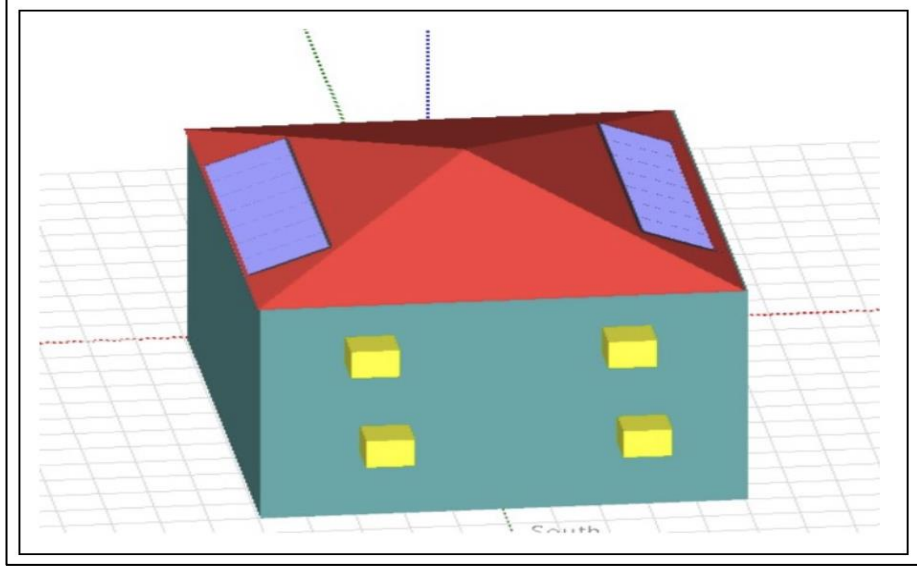
PVsyst programı, güneş enerjisi sistemleri için geliştirilmiş bilgisayar tabanlı bir yazılımdır. Karmaşık matematiksel modeller ve simülasyon tekniklerini kullanarak güneş enerjisi sistemlerinin performansını analiz eder ve tasarım sürecini kolaylaştırır. Ayrıca, güneş enerjisi projelerinin performansını optimize etmek, enerji üretim tahminleri yapmak ve finansal analiz yapmak için kullanılmaktadır. PVsyst, kullanıcıların profesyonel tasarımlar yapmalarına yardımcı olurken, enerji verimliliği hesaplamaları yapma, panel konumlandırılmasını optimize etme, enerji üretim tahminlerinde bulunma ve finansal analiz gibi önemli işlemlere sahiptir [4].

Program sayesinde bir yıllık süreçte çatı GES'in üretim değerleri elde edilmiştir. Tasarlanan çatı GES'in şebeke, mesken kullanıcı ve EDS bağlantıları şekil 3.2'de paylaşılmıştır.



Şekil 3.2 : Mesken kullanıcı çatı GES bağlantı görünümü.

PVsyst programında tasarlanan çatı GES görünümü Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Tasarım aşamasında PV paneller çatının 2 cephesine konulmuştur.



Şekil 3.3 : PVsyst 7.4 programında tasarlanan çatı GES görünümü.

Çatı GES değerleri için program aşağıda yer alan formülleri kullanmaktadır [46]. Bölüm 3.2’de bahsedilecek olan meskenin çatı GES’den ürettiği enerji miktarını belirten $P_t^{T,PV}$ Denklem 3.1’de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır. Bu değer PVsyst programından elde edilmiştir.

$$P_t^{T,PV} = \eta_{inv} \cdot P_t^{DC}, \forall t \quad (3.1)$$

Burada P_t^{DC} t anında üretilen doğru akım enerji değerini belirtmektedir. Mesken kullanıcının kullanabileceği enerji değeri ise η_{inv} ile gösterilen çevirici verimi ile çarpılarak elde edilmektedir. Sistemden üretilen doğru akım enerji miktarı ise Denklem 3.2’de olduğu gibi hesaplanmaktadır. V^{DC} ve I^{DC} sırasıyla panellerin çıkış gerilim ve akımını ifade etmektedir.

$$P^{DC} = V^{DC} \cdot I^{DC} \cdot t, \forall t \quad (3.2)$$

Tasarlanan Çatı GES’in illere göre PVsyst programında başarısı aşağı belirtilen maddelerin performans endekslerinin değerlendirilmesinden oluşur [47]. Program çıktı olarak bu sonuçları vermektedir. Bölüm 4’de paylaşılan grafiklerde İngilizce karşılıkları kullanılmıştır.

- Referans Verimi (Reference Yield)
- Panel Verimi (Array Yield)

- Nihai Verim (Final Yield)
- Performans Oranı (Performance Ratio)
- PV Yakalama ve Sistem Kayıpları (Array Capture and System Losses)
- PV Panel ve Sistem Verimliliği (PV Array and System Efficiency)

Referans verimi y_r ile gösterilmektedir ve PV panel üzerine düşen ışınlam ile standart test koşulları (STC) ışınlamı arasındaki orandır. Aşağıdaki denklem kullanılarak değerlendirilir.

$$y_r = \frac{G}{G_{STC}} \quad (3.3)$$

Burada G (kWh/m^2) ölçülen ışınlam ve G_{STC} ($1000 W/m^2$) ise STC küresel ışınlam değerini simgelemektedir.

Çatı GES sisteminin panel verimi y_a ile gösterilmektedir. Panellerden üretilen doğru akım enerji miktarının panelin nominal gücüne oranı olarak hesaplanmaktadır. Denklem 3.4’de gösterilmiştir.

$$y_a = \frac{P^{DC}}{P_o} \quad (3.4)$$

Sistemin nihai verimi ise y_f ile ifade edilmektedir. Üretilen enerjinin, STC durumunda üretilcek enerji miktarına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Denklem 3.5’de gösterilmektedir. Burada $P^{T,PV}$ çevirici çıkışındaki enerji miktarıdır.

$$y_f = \frac{P^{T,PV}}{P_o} \quad (3.5)$$

Performans oranı (PR) genel kayıplar dikkate alarak tesisin gerçek performansını ideal performansa göre belirler. Yüksek PR değerleri tesisin daha verimli olduğunu gösterir. Denklem 3.6’da PR değerinin hesaplama yöntemi yer almaktadır.

$$PR (\%) = \frac{y_f}{y_r} \times 100 \quad (3.6)$$

PV panelin yakalama kaybı (L_c), çatı GES'in DC tarafında meydana gelen kayıplardır ve aşağıda yer alan denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$L_c = y_r - y_a \quad (3.7)$$

Çatı GES'in kaybı; (L_s) çeviricinin çalışma kayıpları, çeviricinin kesintili çalışmasından kaynaklanan kayıplar, trafo kayıpları ve AC kablolama kaybından oluşan, çatı GES'in AC tarafında meydana gelen kayıplardır. Denklem 3.8 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$L_s = y_a - y_f \quad (3.8)$$

Panel verimliliği (η_{array}); PV panel üretiminin, PV panel alanı üzerinde alınan güneş ışığına oranıdır ve Denklem 3.9 kullanılarak değerlendirilmektedir.

$$\eta_{array}(\%) = \frac{P_{array}(kWh)}{G_{total} \left(\frac{kWh}{m^2} \right) \times A_{pv}(m^2)} \times 100 \quad (3.9)$$

Çatı GES'in verimliliği (η_{sys}); PV sistem tarafından üretilen enerjinin, PV panellerin alanı üzerindeki güneş ışınımına oranıdır ve aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\eta_{sys}(\%) = \frac{P^{T,PV}(kWh)}{G_{total} \left(\frac{kWh}{m^2} \right) \times A_{pv}(m^2)} \times 100 \quad (3.10)$$

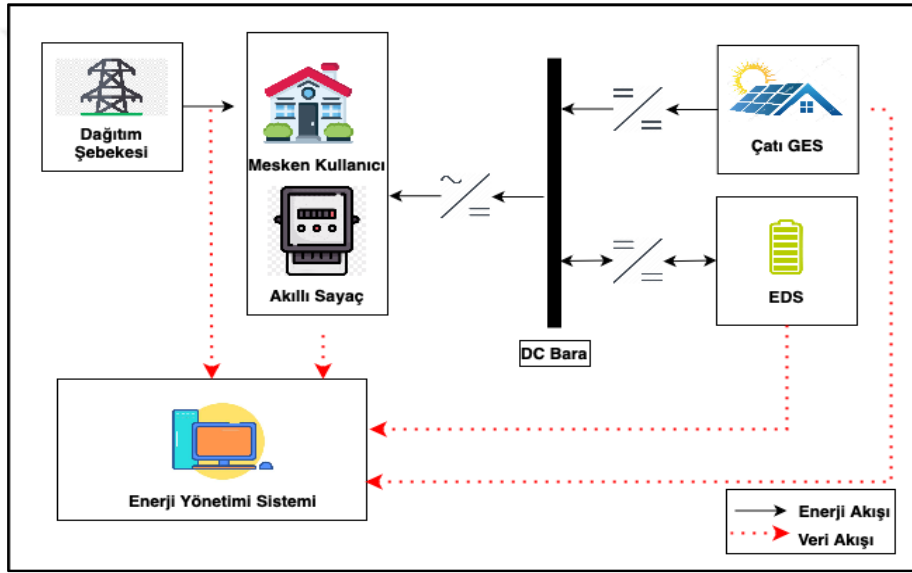
3.2 Enerji Yönetimi Sistemi Tasarımı

Bu tezde mesken elektrik kullanıcıları için EYS tasarlanmıştır. Mesken kullanıcıları EYS uygulaması altında çatı GES ve EDS kullanımı sağlanmıştır. Tasarlanan EYS'de ilk olarak maliyet fonksiyonu belirlenmiş ve bu doğrultuda sistemin kısıtları oluşturulmuştur. EYS, Matlab R2022a programı kullanılarak oluşturulmuştur.

Matlab bir yazılım programı ve programlama dili olan bir matematiksel hesaplama ve görselleştirme aracıdır. Matlab adı, "MATrix LABoratory" kelimelerinin birleşiminden gelir. Matlab, matematiksel işlemler yapmak, veri analizi yapmak, algoritmalar geliştirmek, modelleme ve simülasyon yapmak için kullanılır. Matlab'ın temel özellikleri şu şekildedir. Doğrusal cebir, diferansiyel denklemler, optimizasyon

ve istatistik gibi çeşitli matematiksel işlemleri gerçekleştirebilir. 2B ve 3B grafikler, çizelgeler ve diğer görsel formatlar kullanarak verileri görselleştirebilir. Kendi programlama diliyle birlikte fonksiyonlar, döngüler, koşullu ifadeler ve diğer programlama yapılarını destekler. Veri işleme, filtreleme, istatistiksel analiz ve modelleme için kapsamlı bir araç seti sunar. Çeşitli sistemlerin simülasyonunu gerçekleştirebilir.

Program içerisinde dizayn edilen çalışmada tüm kayıplar ihmal edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Sistemin belirlenen amaç doğrultusunda optimum verimle çalışması için Excel ortamında tasarlanan program kullanılmış ve optimizasyon gerçekleştirilmiştir. EYS tasarımı a ait görüntü Şekil 3.4’de yer almaktadır.



Şekil 3.4 : Matlab üzerinde tasarlanan EYS görünümü [48].

Burada mesken kullanıcı hem dağıtım şebekesinden elektrik arzını sağlarken hem de çatı GES üretiminden yararlanarak elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Elektrik üretim ve tüketimine ilişkin veriler akıllı sayaç yardımıyla elde edilmektedir. Çatı GES ve EDS’de üretilen ve depolanan enerji DC/AC çevirici yardımıyla mesken abonenin kullanımına sunulmaktadır. EYS, mesken abonenin çatı GES üretim, tüketim, EDS şarj durumu ve şebeke elektrik fiyatına göre karar almakta ve enerji akışının belirlenen amaç doğrultusunda devam etmesini sağlamaktadır. Elektrik abonesi ilgili zaman diliminde ihtiyaç fazlası üretilen enerjiyi duruma göre EDS’de depolayabilir veya doğrudan şebekeye satışını sağlayabilir. Şebekeye enerji satışı durumunda abone gelir sağlamaktadır. Ayrıca abone yük ihtiyacını gerekli durumlarda şebekeden temin ederken yine bataryayı da şebekeden sağlanacak enerjiyle doldurabilmektedir.

3.2.1 Maliyet fonksiyonu

İsimlendirme		Değişkenler	
Kısaltmalar			
EYS	Enerji Yönetimi Sistemi	$P_t^{Yük}$	t anında mesken kullanıcı yükü (kW)
GES	Güneş Enerjisi Sistemi	$P_t^{Deşarj,Batarya}$	t anında batarya deşarj olma gücü (kW)
EDS	Enerji Depolama Sistemi	$SoE_t^{Batarya}$	t anında batarya güç durumu (kWh)
PV	Fotovoltaik	$P_t^{Şarj,Batarya}$	t anında batarya şarj olma gücü (kW)
SoE	Batarya Enerji Durumu	C	Aylık elektrik faturası (₺)
		$P_t^{Satın\ alınan,T}$	t anında satın alınan toplam güç (kW)
		$P_t^{Satın\ alınan,Şebeke}$	t anında şebekeden satın alınan güç (kW)
		$P_t^{Satılan,T}$	t anında satılan toplam güç (kW)
		$P_t^{Satılan,Batarya}$	t anında bataryadan satılan güç (kW)
		$SoE_{t-1}^{Batarya}$	t - 1 anında batarya enerji durumu (kWh)
		$u_t^{Batarya}$	Binary değişken batarya şarj durumu
		u_t^G	Binary değişken şebeke alışverişi
		$P_t^{Satılan,Şebeke}$	t anında mesken kullanıcının şebekeye sattığı güç (kW)
		$P_t^{Satılan,PV}$	t anında güneş panelinden satılan güç (kW)
		$P_t^{Kullanılan,PV}$	t anında meskenin güneş panelinden kullanılan güç (kW)
		$P_t^{Kullanılan,Batarya}$	t anında meskenin bataryadan kullanılan güç (kW)
		$P_t^{T,PV}$	t anında pv panelden üretilen toplam güç (kW)
İndeksler			
t	Zaman indeksi		
Parametreler			
λ_t	t anında şebeke alış-satış fiyatı (₺)		
$CR^{Batarya}$	Batarya şarj oranı (kW)		
$DR^{Batarya}$	Batarya deşarj oranı (kW)		
$SoE^{Maks,Batarya}$	Maksimum batarya güç durumu (kWh)		
$SoE^{Min,Batarya}$	Minimum batarya güç durumu (kWh)		
$SoE_t^{Başlangıç,Batarya}$	Batarya başlangıç enerji durumu (kWh)		
N_1	Şebekeden satın alınabilecek maksimum güç (kW)		
N_2	Şebekeye satılabilecek maksimum güç (kW)		

Çalışmada, Denklem 3.11’de de ifade edildiği gibi mesken kullanıcısının minimum maliyetle enerji tüketimini gerçekleştirebilmesi için elektrik faturasının minimize edilmesi amaçlanmıştır. Denklemde fatura miktarı saatlik olarak hesaplanırken işlem sonucunda aylık bazda fatura oluşturulması için saatlik tüketimler toplanmaktadır.

Mesken kullanıcı enerji ihtiyacını dağıtım şirketinden, çatı GES'den veya EDS'den karşılayabilmekte olup ayrıca talep fazlası enerjiyi şebekeye satabilmektedir. Şebekeden alınan enerji miktarıyla şebekeye satılan enerji miktarının fatura karşılıklarının farkı elektrik faturası olarak hesaplanmaktadır. EYS'de kullanılan tüm formüller aşağıda ve bölüm 3.2.2'de yer almaktadır [49].

$$C = \min \sum_{t=0}^{8760} (\lambda_t \cdot P_t^{\text{Satın alınan, Şebeke}} \cdot \Delta T - \lambda_t \cdot P_t^{\text{Satılan, Şebeke}} \cdot \Delta T), \forall t \quad (3.11)$$

3.2.2 Sistem kısıtları

Mesken kullanıcısının optimum enerji kullanımını gerçekleştirebilmesi için sistem bazı kısıtlara ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple, maliyet fonksiyonunun istenildiği şekilde sonuç verebilmesi için aşağıda belirtilen kısıtlara uyulması gerekmektedir [49].

Denklem 3.12'de mesken kullanıcısının her t anı için güç dengesi belirtilmiştir. Denklemin sağ tarafında enerjinin tüketileceği yükler gösterilmişken sol tarafında ise bu yüklerin hangi kaynaklardan karşılanabileceği belirtilmiştir.

$$P_t^{\text{Satın alınan, Şebeke}} + P_t^{\text{Kullanılan, PV}} + P_t^{\text{Kullanılan, Batarya}} = P_t^{\text{Yük}} + P_t^{\text{Şarj, Batarya}}, \forall t \quad (3.12)$$

Sistemde t anında satın alınan toplam enerji, şebekeden satın alınan enerji miktarına eşittir. Bu durum Denklem 3.13'de gösterilmektedir.

$$P_t^{\text{Satın alınan, T}} = P_t^{\text{Satın alınan, Şebeke}}, \forall t \quad (3.13)$$

Denklem 3.14'de t anında şebekeye satılan toplam enerji, mesken kullanıcısının satmış olduğu enerji miktarı olarak belirtilmiştir.

$$P_t^{\text{Satılan, T}} = P_t^{\text{Satılan, Şebeke}}, \forall t \quad (3.14)$$

Mesken kullanıcının t anında satmış olduğu enerji miktarı ise Denklem 3.15 ile ifade edilmektedir. Burada mesken kullanıcı şebekeye çatı GES'den üretmiş olduğu fazla enerjiyi veya EDS'de bulunan enerjiyi satabilmektedir.

$$P_t^{\text{Satılan, Şebeke}} = P_t^{\text{Satılan, PV}} + P_t^{\text{Satılan, Batarya}}, \forall t \quad (3.15)$$

Denklem 3.16 ve 3.17’de sırasıyla şebekeye satılan ve şebekeden satın alınan toplam enerji miktarları kısıtlanmıştır. Herhangi bir t anında u_t binary değişkeni sayesinde aynı anda hem şebekeye enerji satışı hemde şebekeden enerji alışı gerçekleşemez. Ayrıca, N_1 ve N_2 değerleri büyük değerler olarak kabul edilmiştir.

$$0 \leq P_t^{Satılan,T} \leq N_1 \cdot u_t^G, \quad \forall t \quad (3.16)$$

$$0 \leq P_t^{Satın alınan,T} \leq N_2 \cdot (1-u_t^G), \quad \forall t \quad (3.17)$$

Çatı GES’den üretilen enerjiye ait kısıtlar Denklem 3.18’de gösterilmektedir. Üretilen enerji miktarı mesken kullanıcın yük durumuna ve EDS’nin şarj durumuna göre ihtiyaç fazlası olarak şebekeye satılabilmektedir.

$$P_t^{T,PV} = P_t^{Satılan, PV} + P_t^{Kullanılan, PV}, \quad \forall t \quad (3.18)$$

EDS’ye ait kısıtlar Denklem 3.19 ile 3.24 arasında gösterilmiştir. Denklem 3.20’de herhangi bir t anında EDS’den boşalan enerji; EDS’den şebekeye satılan ve mesken kullanıcının kullanmış olduğu enerjinin toplamına eşit olduğu gösterilmektedir. Denklem 3.20 ve 3.21 bataryanın şarj ve deşarj gücünü sınırlarken aynı zamanda bataryanın eş zamanlı olarak şarj ve deşarj olmasını engellemektedir.

$$P_t^{Kullanılan,Batarya} + P_t^{Satılan,Batarya} = P_t^{Deşarj,Batarya}, \quad \forall t \quad (3.19)$$

$$0 \leq P_t^{Şarj,Batarya} \leq CR^{Batarya} \cdot u_t^{Batarya}, \quad \forall t \quad (3.20)$$

$$0 \leq P_t^{Deşarj,Batarya} \leq DR^{Batarya} \cdot (1-u_t^{Batarya}), \quad \forall t \quad (3.21)$$

$$SoE_t^{Batarya} = SoE_{t-1}^{Batarya} + (P_t^{Şarj,Batarya} \cdot \Delta T) - (P_t^{Deşarj,Batarya} \cdot \Delta T), \quad t > 1 \quad (3.22)$$

$$SoE_t^{Batarya} = SoE_t^{Başlangıç,Batarya} (\%50), \quad t=1 \quad (3.23)$$

$$SoE^{Min,Batarya} (\%15) \leq SoE_t^{Batarya} \leq SoE^{Maks,Batarya} (\%85), \quad \forall t \quad (3.24)$$

Denklem 3.22’de ise bataryanın t anında şarj durumunu göstermektedir. Denklem 3.23’de bataryanın başlangıçta şarj değeri ifade edilirken, Denklem 3.24’de bataryanın

maksimum ve minimum şarj değerleri belirtilmektedir. Bu kısıtlama bataryanın ömrünü uzatmaya yardımcı olmaktadır.

3.3 Ekonomik Analiz

Çatı GES yatırımının mesken aboneleri için ekonomik verimliliğini bulmak için aşağıdaki parametreler hesaplanmıştır. Parametreler hesaplanırken belirtilen formüller kullanılmıştır.

- Net Bugünkü Değer – Net Present Value (NPV)
- İç Karlılık Oranı - Internal Rate of Return (IRR)
- Geri Ödeme Süresi - Payback Period (PP)
- İndirimli Geri Ödeme Süresi - Discounted Payback Period (DPBP)
- Karlılık İndeksi - Profitability Index (PI)

NPV hesaplaması, bir yatırım veya proje için beklenen nakit akımlarının bugünkü değerini belirlemek için kullanılır. Bu hesaplama, gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerini bulmak için bir iskonto oranı kullanır. İskonto oranı, yatırımın riskini ve zaman değerini yansıtır. NPV hesaplaması, bir yatırımın veya projenin bugünkü değerini objektif bir şekilde değerlendirmek için önemli bir araçtır. Bu değerlendirme, yatırım kararları alırken veya farklı projeler arasında seçim yaparken kullanılır. Hesaplama yöntemi Denklem 3.25’de verilmiştir [50]. Eğer NPV 0’dan büyükse, mesken kullanıcı yatırım maliyetinden daha büyük bir getiri elde edecektir. Böylelikle yatırım yapmak kullanıcı için uygun olacaktır. Ancak aksi durumda yatırım yapmak kullanıcı için maddi açıdan zararlı hale gelecektir.

$$NPV = -C_o + \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (3.25)$$

Burada C_o ilk yatırım maliyetini, C_t net nakit akışını, i gerçek indirim oranını, N yatırımın ömrünü ve t ise ilgili yılı ifade etmektedir. C_t ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. $P_t^{T,PV}$ ilgili yılda çatı GES’den üretilen toplam elektrik enerjisini, λ_t

enerjinin şebekeye satış fiyatını ve **Mo** ilgili yıla ait işletme ve bakım maliyetini belirtmektedir.

$$C_t = \text{Gelen para-giden para} \quad (3.26)$$

$$C_t = P_t^{T,PV} x \lambda_t - Mo \quad (3.27)$$

IRR, bir yatırımın veya projenin iç getirisini ölçen bir finansal metriktir. IRR, bir projenin ilk maliyetine eşit olan iskonto oranını temsil eder. Yani, bir projenin IRR'si, projenin net bugünkü değerinin sıfır olduğu noktadaki iskonto oranıdır. Eğer bir projenin IRR'si, projenin maliyeti veya sermaye maliyetinden (iskonto oranından) daha yüksekse, projenin kabul edilebilir olduğu düşünülür. Ancak, birden fazla IRR olabilir veya projenin IRR'si yüksek riskli olduğunda gerçekçi bir değerlendirme sağlamayabilir. Bu nedenle, NPV gibi diğer finansal ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi önemlidir. IRR aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [50].

$$\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+IRR)^t} - C_o = 0 \quad (3.28)$$

PP, bir yatırımın başlangıç maliyetini geri kazanmak için geçen süreyi ifade eder. Basitçe söylemek gerekirse, payback periodu, bir yatırımın maliyetini kazanmaya başlaması için gereken süreyi ölçer. Bu süre genellikle yatırımın beklenen yıllık nakit akımlarının toplamının başlangıç yatırım maliyetine bölünmesiyle hesaplanmaktadır ve aşağıda belirtilmiştir [25].

$$PP = \frac{C_o}{C_t} \quad (3.29)$$

DPBP, bir yatırımın başlangıç maliyetini indirimli nakit akışıyla geri kazanmak için gereken süreyi ifade eder. Bu parametre, basit payback periodundan farklı olarak, gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerini dikkate alır. İndirimli geri ödeme süresi hesaplanırken, yatırımın beklenen net nakit akışları iskonto edilir (bugünkü değerleri bulunur) ve ardından toplam net bugünkü değer, başlangıç yatırım maliyetine ulaşana kadar geçen süre hesaplanır. İndirimli geri ödeme süresi, basit payback periodundan daha kapsamlı bir analiz sağlar çünkü gelecekteki nakit akımlarının

bugünkü değerini dikkate alarak yatırımın geri dönüş süresini belirler. Bu nedenle, projenin sermaye maliyetini ve riskini daha doğru bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olur. DPBP ne kadar uzun olursa, yatırımın beklenen getiriye alamama riski de o kadar yüksek olur. Ancak DPBP, geri ödeme süresinden sonra ortaya çıkan nakit akışlarını göz ardı eder ve yatırımın toplam karlılığı hakkında bilgi vermez. DPBP aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [25].

$$\sum_{t=1}^{DPBP} \frac{C_t}{(1+i)^t} = C_o \quad (3.30)$$

PI gelecekteki nakit akışlarının bugünkü değeri ile ilk yatırım arasındaki oranı ölçen bir endekstir. PI yatırımları sıralamak için kullanışlı bir yöntemdir. PI'nin 1'e eşit olması yatırımın başa baş noktasını belirtir ve PI'nin 1'den büyük olması yatırımın kar getireceği anlamına gelir. PI'nin arttırılması, uzun ömürlü yatırımlar için karlılığın arttığını ve riskin azaldığını belirtir. PI'nin 1'den küçük olması, yatırımın değerini yok ettiği ve gelirlerin giderleri karşılamadığı anlamına gelir. PI aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [24].

$$PI = \frac{NPV}{C_o} + 1 \quad (3.32)$$

4. UYGULAMA VE ANALİZ SONUÇLARI

Bu bölümde tezde yapılan uygulamalar ve alınan sonuçlar paylaşılacaktır. Tezde farklı yük profiline sahip üç mesken kullanıcısının Türkiye'nin 7 farklı bölgesinde yer alan 14 ilde aynı çatı GES modellemesi kullanılarak elektrik üretimleri, aylık elektrik fatura tutarları ve kurulan sistemin maliyet ve getiri sürelerinin hesaplanması konularında çalışmalar yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Elektrik üretimleri ve elektrik faturaları bir yıllık süreçte aylık olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada çatı GES uygulaması yapılan illere ait bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Türkiye'de yer alan her bölge için iki il seçilerek çalışma gerçekleştirilmiştir. Çatı GES uygulaması PVsyst 7.4 programı kullanılarak gerçekleştirilmiş, üretim ve performans değerleri bu program aracılığıyla elde edilmiştir. PVsyst 7.4 simülasyon programı farklı veri tabanları kullanarak meteorolojik veriler üretebilmekte ve bu sayede GES üretim tahminlemesi yapabilmektedir. Bu çalışmada NASA-SSE veri tabanı kullanılarak illere ait veriler elde edilmiş ve üretim tahminlemesi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1 : Çatı GES uygulaması için seçilen illere ait bilgiler.

Bölge	İl	Enlem	Boylam
Karadeniz	Kastamonu	41° 22'	33° 46'
	Artvin	41° 12'	41° 49'
Marmara	İstanbul	41° 02'	28° 58'
	Çanakkale	40° 10'	26° 24'
İç Anadolu	Eskişehir	39° 53'	30° 32'
	Konya	37° 52'	32° 29'
Doğu Anadolu	Van	38° 31'	43° 22'
	Erzurum	39° 54'	41° 16'
Ege	İzmir	38° 25'	27° 8'
	Denizli	37° 51'	29° 05'
Akdeniz	Adana	37° 02'	35° 18'
	Antalya	36° 57'	31° 06'
Güney Doğu Anadolu	Şanlıurfa	37° 9'	38° 47'
	Diyarbakır	37° 54'	40° 13'

Çalışmada EYS uygulamasında; her il için üç farklı mesken türünde üç farklı senaryoda analizler yapılmış ve elektrik faturaları hesaplanmıştır. Senaryolar; (i) doğrudan şebekeye bağlı olduğu, (ii) çatı GES ile birlikte şebekeye bağlı olduğu ve (iii) çatı GES ve EDS kullanılarak kullanıcının şebekeye bağlı olduğu şeklindedir. Uygulama MATLAB programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fatura tutarları

hesaplanırken Çizelge 4.2’de yer alan elektrik birim fiyatları kullanılmıştır. Doğrudan şebekeye bağlı olunan senaryoda elektrik ihtiyacının tamamı şebekeden karşılanmaktadır. Çatı GES ile birlikte mesken kullanıcıların şebekeye bağlı olduğu senaryoda; kullanıcılar üretmiş oldukları enerjiyi evlerinde kullanmakta ve üretimin tüketimden fazla olduğu zaman dilimlerinde şebekeye alış fiyatından satabilmektedir. Kullanıcıların çatı GES ve EDS kurulu olduğu ve şebekeye bağlı olduğu senaryoda; kullanıcılar üretmiş oldukları enerjiyi, tüketebilir, şebekeye satabilir veya EDS’de depolama yapabilmektedir.

Çizelge 4.2 : Elektrik birim fiyatları (TL) [51].

Saat Aralığı	Elektrik Fiyatı
06:00 – 17:00	2.28
17:00 – 22:00	3.35
22:00 – 06 :00	1.43

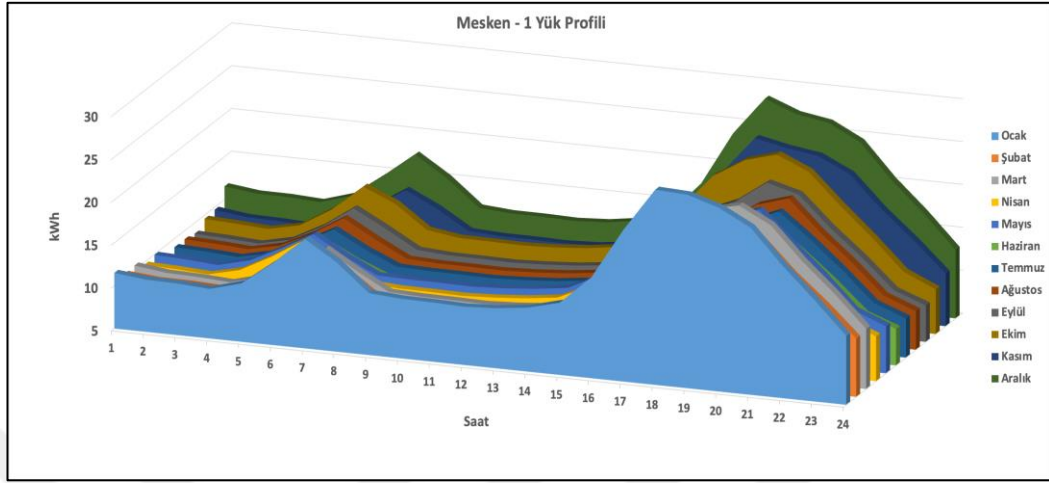
Çalışmada kullanılan mesken yük profilleri aylık olarak Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Ayrıca meskenlerin tüketim verileri yıl boyunca saatlik olarak Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de paylaşılmıştır. Mesken yük verileri Amerika’da National Renewable Energy Laboratory tarafından oluşturulan Open Energy Data Initiative (OEDI) websayfası üzerinden temin edilmiştir [52].

Çizelge 4.3 : Mesken kullanıcı yük profilleri (kWh).

Mesken Yük Profilleri (kWh)			
Ay	Mesken – 1	Mesken – 2	Mesken – 3
Ocak	385.8	468.6	658.3
Şubat	340.7	411.5	590.1
Mart	337.6	401.8	588.4
Nisan	315.2	357.0	530.6
Mayıs	318.0	344.3	493.5
Haziran	279.3	294.6	500.6
Temmuz	288.9	303.5	667.7
Ağustos	292.0	307.4	646.6
Eylül	294.0	312.6	633.6
Ekim	330.3	373.7	540.2
Kasım	331.3	395.8	546.8
Aralık	387.3	463.3	614.1
Toplam	3900.3	4434.3	7010.4

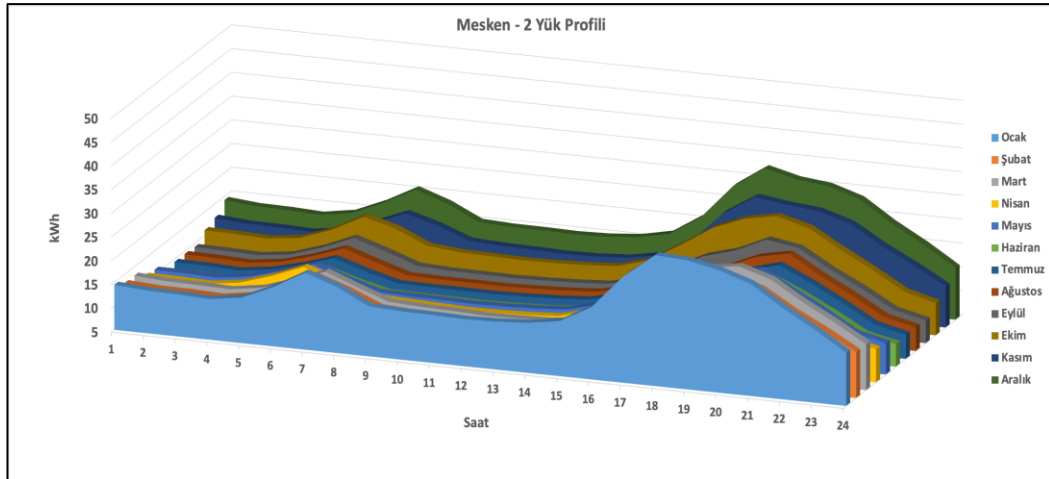
Mesken tüketim verileri incelendiğinde; ailede yaşayan kişi sayısına göre tüketim verileri değişmektedir. Mesken – 1 yük profili iki kişilik bir aile yapısına ait tüketim

verilerine aitken, mesken – 2 yük profili üç kişilik bir aile yapısına ait tüketim verilerine sahiptir. Mesken – 3 yük profili ise daha geniş bir hanenin tüketim verilerini göstermektedir.



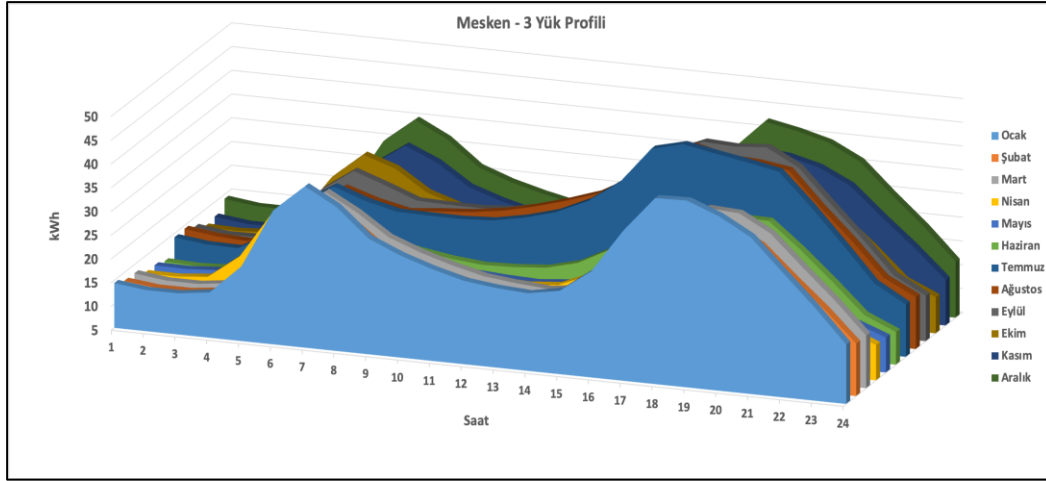
Şekil 4.1 : Mesken – 1 kullanıcısı aylara göre saatlik yük profili (kWh).

Şekil 4.1’de yer alan mesken – 1 verisinde tüketim değerleri akşam saatlerinde artış göstermekte ve yoğunluğun burada arttığı görülmektedir. Sabah saatleri tüketimleri gün içerisinde diğer zaman dilimlerine göre yüksek değerlere sahiptir. Çalışan iki kişinin yaşadığı mesken tipine örnektir.



Şekil 4.2 : Mesken – 2 kullanıcısı aylara göre saatlik yük profili (kWh).

Şekil 4.2’de yer alan mesken – 2’ye ait tüketim verisi incelendiğinde; tüketim değerlerinin dağılımları mesken – 1’e ait dağılımla benzerlik göstermektedir. Çalışan iki kişinin ve okula giden bir çocuğun yaşadığı üç kişilik mesken tipine örnektir.



Şekil 4.3 : Mesken – 3 kullanıcısı aylara göre saatlik yük profili (kWh).

Şekil 4.3’de yer alan mesken – 3’e ait tüketim verileri ele alındığında tüketimlerin gün içerisinde farklılık gösterdiği görülmekte olup sabah ve akşam saatlerinde yoğunluk artmaktadır. Ancak diğer mesken tiplerinden farklı olarak gün içerisinde de tüketimde artış göstermekte. Geniş aile yapısına sahip mesken tipine örnek olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada kullanılan panel, çevirici ve bataryaya ait teknik bilgiler ve sistemlerin kurulum, işletme, bakım ve yenileme maliyetleri sırasıyla Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verilmiştir. Ekonomik analizler gerçekleştirilirken burada yer alan veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda gerçek indirim oranı (i) -1.82% olarak alınmıştır. Ayrıca ekonomik hesaplamalar yapılırken şebeke alış ve satış fiyatı 0.106\$/kWh olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 : Çatı GES teknik ve maliyet bilgileri.

Parametre	Özellik
Nominal Kapasite	325 W
Panel Sayısı	16
Panel Türü	Monokristal
Panel Boyutu	1068mmx1007mmx35mm
Nominal Verim	19.34%
Kurulum Maliyeti	574.52 \$/kW
Yenileme Maliyeti	574.52 \$/kW
İşletme ve Bakım Maliyeti	10 \$/kW/yıl
Ömür Süresi	20 yıl

Çizelge 4.5 : Çevirici teknik ve maliyet bilgileri.

Parametre	Özellik
Kapasite	5 kW
Verim	98.4%
Boyutu	365mmx365mmx156mm
Kurulum Maliyeti	1394.04\$
Yenileme Maliyeti	1394.04\$
İşletme ve Bakım Maliyeti	20 \$/yıl
Ömür Süresi	10 yıl

Çizelge 4.6 : Batarya teknik ve maliyet bilgileri.

Parametre	Özellik
Nominal Gerilim	51.2 V
Batarya Kapasitesi	100 Ah
Nominal Kapasite	5 kWh
Batarya Türü	Lityum İyon
Boyutu	670mmx540mmx91mm
Kurulum Maliyeti	1444 \$
Yenileme Maliyeti	1444 \$
İşletme ve Bakım Maliyeti	10 \$/yıl
Ömür Süresi	6000 çevrim

EYS uygulamasında tüm iller için mesken kullanıcıların doğrudan şebekeye bağlı olduğu senaryoda yüklerinin tamamı şebekeden karşılanmaktadır. Bundan dolayı bu senaryo için il değişimi fark etmeksizin aynı fatura değerleri elde edilmektedir. Elde edilen değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Birinci senaryoda meskenlere ait aylık fatura tutarları.

Doğrudan şebekeye bağlı senaryo aylık fatura tutarları					
Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3
Ocak	₺	926.93	₺	1,118.84	₺ 1,592.00
Şubat	₺	814.74	₺	977.49	₺ 1,422.90
Mart	₺	806.11	₺	951.48	₺ 1,417.95
Nisan	₺	751.10	₺	844.76	₺ 1,269.54
Mayıs	₺	755.81	₺	814.93	₺ 1,177.84
Haziran	₺	663.18	₺	699.72	₺ 1,210.13
Temmuz	₺	685.81	₺	721.56	₺ 1,620.08
Ağustos	₺	695.52	₺	733.43	₺ 1,565.99
Eylül	₺	705.18	₺	750.38	₺ 1,540.27
Ekim	₺	795.04	₺	894.98	₺ 1,303.35
Kasım	₺	800.10	₺	949.14	₺ 1,327.37
Aralık	₺	931.28	₺	1,108.14	₺ 1,485.69
Toplam	₺	9,330.81	₺	10,564.85	₺ 16,933.11

Tablodaki tüketim verilerine göre mesken - 1 kullanıcısı yıllık 9,330 ₺ , mesken – 2 kullanıcısı 10,564 ₺ ve mesken – 3 kullanıcısı ise 16,933 ₺ fatura ödemektedir.

Bu bölümün devamında illerde yapılan çalışmalara ait veriler detaylı olarak verilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği üzere birinci senaryoya ait veriler bölümün devamında yer almamaktadır. Ekonomik analizler her il ve senaryo için ayrı olarak gösterilmiştir.

4.1 Karadeniz Bölgesi

Karadeniz bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Kastamonu ve Artvin illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da sırasıyla Kastamonu ve Artvin illerine ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.8 : Kastamonu iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

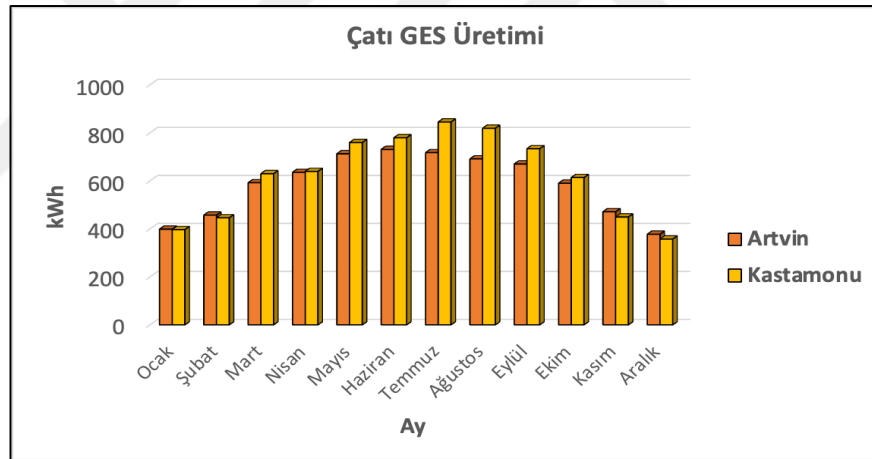
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	1.56	0.76	0.39	2.21
Şubat	2.26	1.07	0.4	2
Mart	3.39	1.51	0.45	4.59
Nisan	4.21	1.98	0.44	9.83
Mayıs	5.5	2.28	0.5	14.16
Haziran	6.2	2.36	0.53	17.77
Temmuz	6.52	2.15	0.58	20.45
Ağustos	5.68	1.9	0.56	20.34
Eylül	4.47	1.53	0.54	17.15
Ekim	2.99	1.16	0.48	12.92
Kasım	1.87	0.82	0.42	7.64
Aralık	1.32	0.66	0.37	3.52

Meteorolojik veriler aynı bölgede yer almalarına rağmen haritadaki konumlarına göre farklılık göstermektedir. Her ay birbirinden farklılık gösterse de Kastamonu ilinin radyasyon ve sıcaklık verileri Artvin iline göre yıl içerisinde yüksek gözükmemektedir. Bu durum hem panellerin performansına hem de üretimden elde edilecek enerji değerinin farklılık göstermesine sebep olacaktır. Burada bahsedilen durum tüm bölgelerde ele alınan illerimiz için aynı sonuca sebebiyet vermektedir.

Çizelge 4.9 : Artvin iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

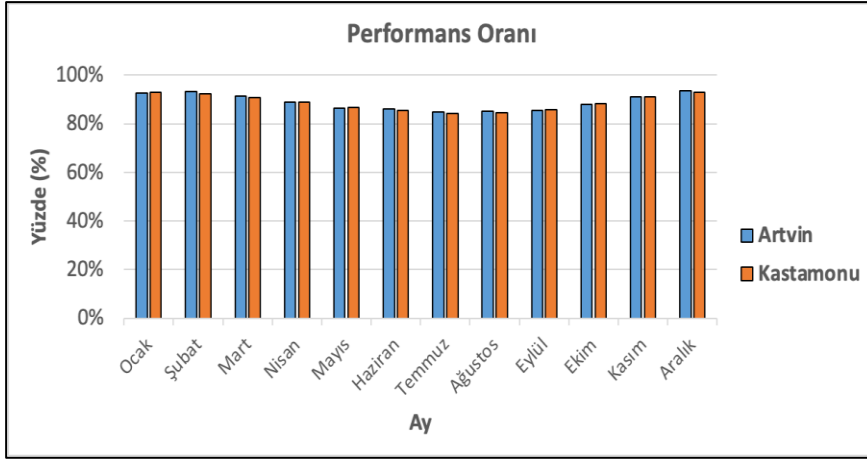
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	1.58	0.76	0.39	0.41
Şubat	2.26	1.07	0.40	0.27
Mart	3.20	1.51	0.43	3.48
Nisan	4.20	1.99	0.44	8.95
Mayıs	5.32	2.30	0.48	12.87
Haziran	5.91	2.42	0.51	16.17
Temmuz	5.54	2.35	0.49	19.42
Ağustos	4.82	2.07	0.47	19.39
Eylül	4.14	1.60	0.50	16.44
Ekim	2.94	1.17	0.47	12.51
Kasım	1.92	0.82	0.43	6.86
Aralık	1.36	0.66	0.38	2.28

Kastamonu ve Artvin illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir.

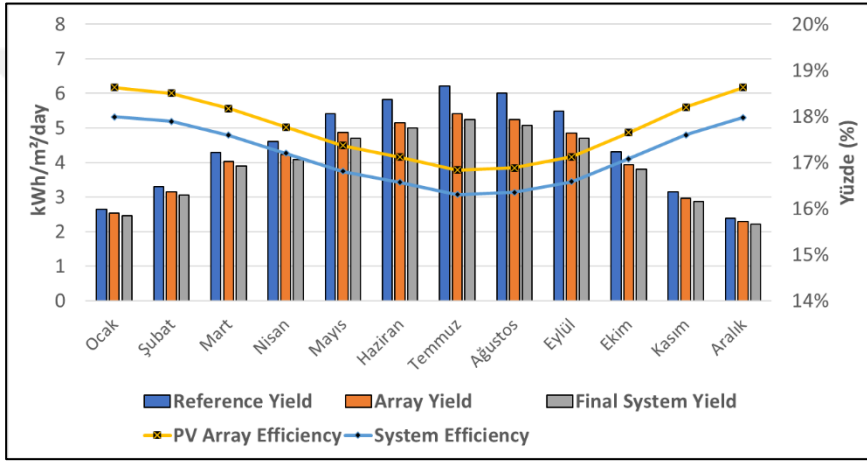


Şekil 4.4 : Kastamonu ve Artvin illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

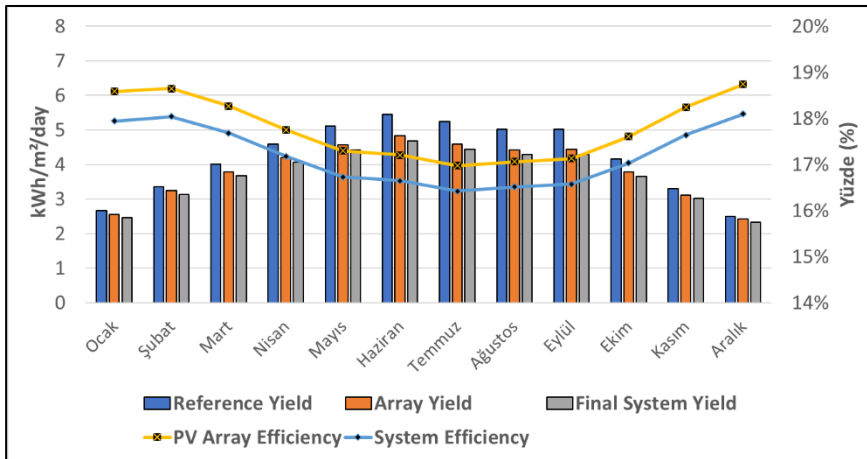
Şekil 4.5 ve Şekil 4.8 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1’de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Kastamonu ve Artvin iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Kastamonu ve Artvin illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



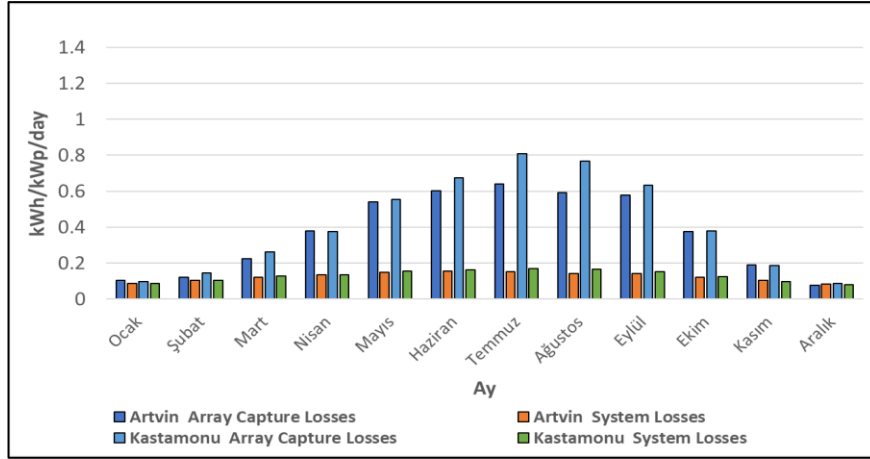
Şekil 4.5 : Kastamonu ve Artvin illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.6 : Kastamonu iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.7 : Artvin iline ait verimlilik grafiği.



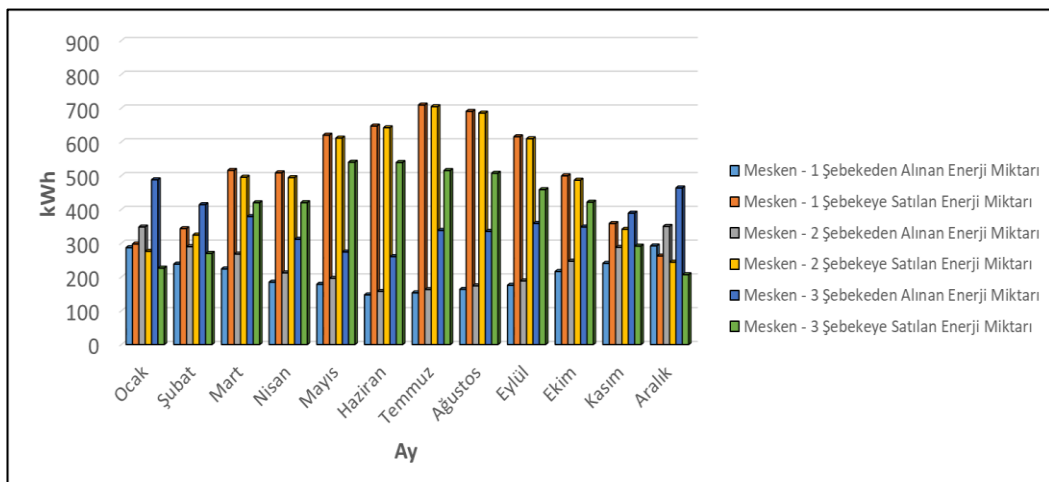
Şekil 4.8 : Kastamonu ve Artvin illerine ait kayıplar grafiği.

4.1.1 Kastamonu ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.1.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.9'da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.10'da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.11'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.9 : Kastamonu ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.10 : Kastamonu ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺700.81	₺678.95	₺843.46	₺629.70	₺1,202.89	₺515.98
Şubat	₺568.51	₺784.99	₺686.38	₺740.11	₺1,007.16	₺615.47
Mart	₺532.48	₺1,182.10	₺630.42	₺1,134.66	₺921.53	₺959.31
Nisan	₺430.59	₺1,169.06	₺490.30	₺1,135.12	₺740.14	₺960.17
Mayıs	₺412.45	₺1,425.55	₺451.25	₺1,405.23	₺645.49	₺1,236.57
Haziran	₺330.81	₺1,492.29	₺355.20	₺1,480.14	₺619.62	₺1,234.16
Temmuz	₺345.26	₺1,640.35	₺369.17	₺1,628.51	₺815.07	₺1,175.89
Ağustos	₺377.30	₺1,591.80	₺402.90	₺1,579.49	₺813.19	₺1,157.23
Eylül	₺416.46	₺1,411.81	₺447.65	₺1,397.79	₺885.90	₺1,046.15
Ekim	₺526.66	₺1,139.49	₺596.95	₺1,109.83	₺856.63	₺961.14
Kasım	₺592.61	₺816.94	₺702.71	₺778.01	₺967.44	₺664.50
Aralık	₺714.38	₺597.80	₺849.73	₺556.28	₺1,142.69	₺471.68
Toplam	₺5,948.32	₺13,931.14	₺6,826.1	₺13,574.8	₺10,617.7	₺10,998.26

Çizelge 4.11 : Kastamonu ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	-₺21.85	-₺213.76	-₺686.91
Şubat	₺216.48	₺53.73	-₺391.68
Mart	₺649.63	₺504.25	₺37.78
Nisan	₺738.47	₺644.81	₺220.03
Mayıs	₺1,013.10	₺953.98	₺591.08
Haziran	₺1,161.48	₺1,124.94	₺614.53
Temmuz	₺1,295.09	₺1,259.34	₺360.83
Ağustos	₺1,214.51	₺1,176.59	₺344.04
Eylül	₺995.35	₺950.14	₺160.25
Ekim	₺612.82	₺512.88	₺104.51
Kasım	₺224.34	₺75.30	-₺302.93
Aralık	-₺116.59	-₺293.45	-₺671.00
Toplam	₺7,982.82	₺6,748.77	₺380.52

Çizelge 4.12’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

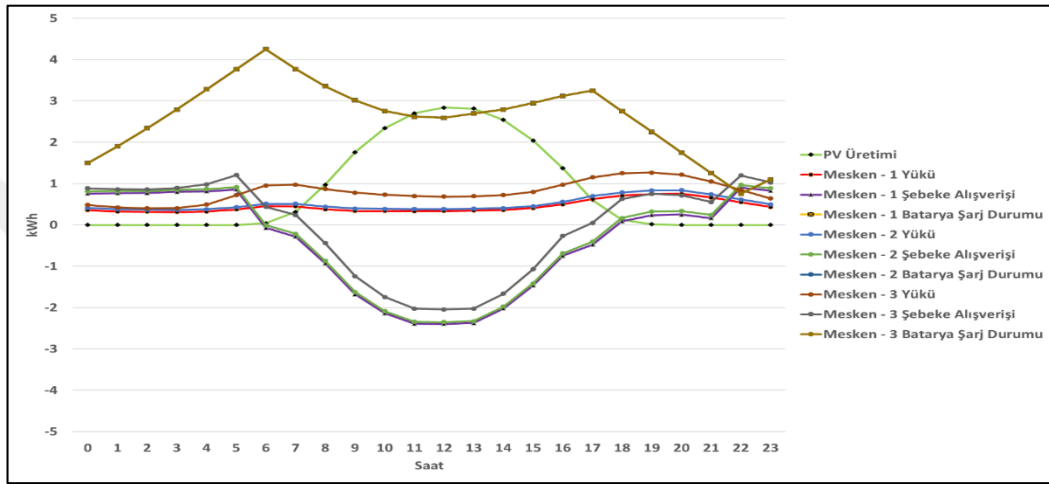
Çizelge 4.12 : Kastamonu ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7467.72
NPV (\$)	-50.39
IRR (%)	14.78%
PP (yıl)	5.39
DPBP (yıl)	5.56
PI	0.99

4.1.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.10'da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.13'da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.14'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.10 : Kastamonu ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.13 : Kastamonu ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺556.52	₺710.89	₺699.02	₺661.48	₺1,054.92	₺544.23
Şubat	₺447.80	₺822.48	₺555.84	₺767.77	₺852.75	₺619.26
Mart	₺425.81	₺1,250.59	₺510.14	₺1,189.53	₺785.60	₺998.54
Nisan	₺353.38	₺1,261.34	₺404.79	₺1,219.10	₺624.77	₺1,014.30
Mayıs	₺348.03	₺1,537.00	₺379.66	₺1,509.51	₺541.99	₺1,308.93
Haziran	₺295.95	₺1,626.21	₺315.81	₺1,609.54	₺525.79	₺1,309.11
Temmuz	₺304.56	₺1,774.80	₺324.21	₺1,758.70	₺701.99	₺1,237.97
Ağustos	₺316.88	₺1,706.54	₺337.56	₺1,689.31	₺687.83	₺1,207.02
Eylül	₺332.26	₺1,497.82	₺359.41	₺1,479.77	₺753.94	₺1,084.41
Ekim	₺400.51	₺1,187.77	₺464.49	₺1,151.81	₺697.48	₺976.42
Kasım	₺462.02	₺856.57	₺562.96	₺808.47	₺814.97	₺682.25
Aralık	₺559.69	₺619.69	₺688.61	₺571.74	₺973.16	₺478.74
Toplam	₺4,803.40	₺14,851.69	₺5,602.50	₺14,416.73	₺9,015.18	₺11,461.17

Çizelge 4.14 : Kastamonu ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺154.37	-₺37.54	-₺510.69
Şubat	₺374.68	₺211.93	-₺233.48
Mart	₺824.78	₺679.40	₺212.93
Nisan	₺907.97	₺814.31	₺389.53
Mayıs	₺1,188.97	₺1,129.85	₺766.94
Haziran	₺1,330.26	₺1,293.73	₺783.32
Temmuz	₺1,470.24	₺1,434.49	₺535.98
Ağustos	₺1,389.66	₺1,351.74	₺519.19
Eylül	₺1,165.56	₺1,120.36	₺330.47
Ekim	₺787.26	₺687.32	₺278.94
Kasım	₺394.55	₺245.52	-₺132.72
Aralık	₺59.99	-₺116.87	-₺494.42
Toplam	₺10,048.28	₺8,814.24	₺2,445.98

Çizelge 4.15’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.15 : Kastamonu ili ekonomik analiz sonuçları.

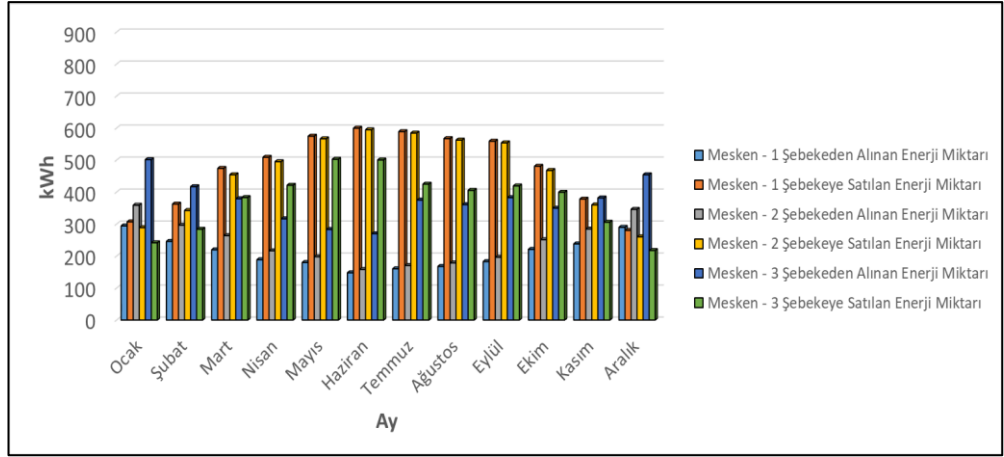
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8586.78
NPV (\$)	-2141.65
IRR (%)	6.61%
PP (yıl)	7.21
DPBP (yıl)	12.28
PI	0.62

4.1.2 Artvin ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.1.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.11’da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.16’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.17’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.11 : Artvin ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.16 : Artvin ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺718.23	₺699.93	₺868.58	₺658.37	₺1,233.91	₺550.55
Şubat	₺597.09	₺825.97	₺714.38	₺780.51	₺1,026.30	₺647.01
Mart	₺525.33	₺1,081.02	₺624.72	₺1,035.03	₺928.89	₺872.74
Nisan	₺448.18	₺1,159.88	₺510.21	₺1,128.25	₺766.87	₺960.13
Mayıs	₺422.59	₺1,311.53	₺462.66	₺1,292.48	₺678.89	₺1,145.81
Haziran	₺344.97	₺1,370.71	₺369.74	₺1,358.94	₺661.69	₺1,140.49
Temmuz	₺375.01	₺1,347.01	₺399.89	₺1,336.14	₺930.50	₺968.23
Ağustos	₺395.47	₺1,295.14	₺422.29	₺1,284.05	₺894.93	₺924.13
Eylül	₺443.15	₺1,274.24	₺476.51	₺1,262.39	₺959.58	₺955.57
Ekim	₺545.49	₺1,095.82	₺615.55	₺1,065.94	₺868.23	₺910.24
Kasım	₺587.16	₺861.52	₺695.39	₺820.71	₺950.37	₺697.46
Aralık	₺709.15	₺638.57	₺840.47	₺593.03	₺1,120.62	₺495.62
Toplam	₺6,111.82	₺12,961.34	₺7,000.39	₺12,615.86	₺11,020.77	₺10,267.99

Çizelge 4.17 : Artvin ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	-₺18.30	-₺210.20	-₺683.36
Şubat	₺228.88	₺66.13	-₺379.28
Mart	₺555.69	₺410.31	-₺56.16
Nisan	₺711.70	₺618.05	₺193.27
Mayıs	₺888.94	₺829.82	₺466.92
Haziran	₺1,025.75	₺989.21	₺478.80
Temmuz	₺972.00	₺936.25	₺37.73
Ağustos	₺899.67	₺861.76	₺29.21
Eylül	₺831.08	₺785.88	-₺4.01
Ekim	₺550.33	₺450.39	₺42.01
Kasım	₺274.36	₺125.32	-₺252.91
Aralık	-₺70.58	-₺247.44	-₺625.00
Toplam	₺6,849.52	₺5,615.47	-₺752.78

Çizelge 4.18’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

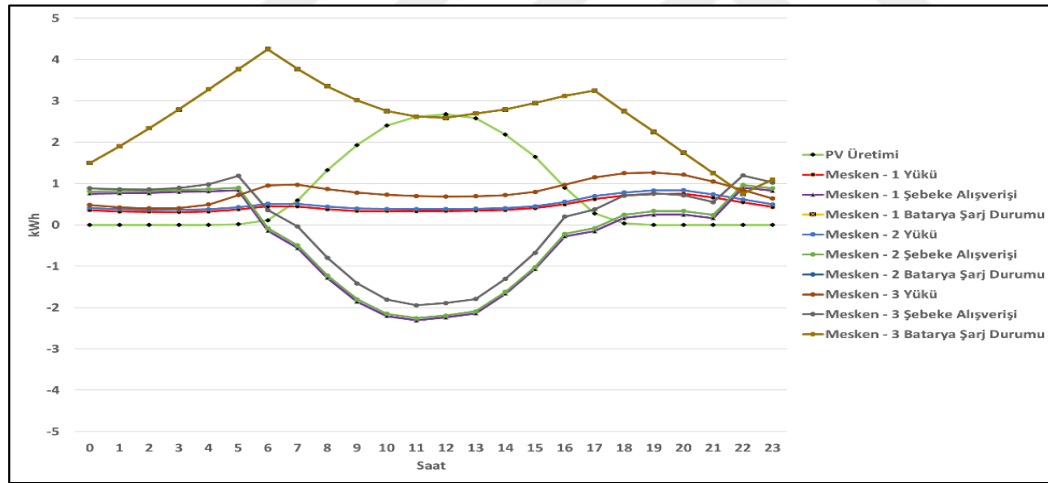
Çizelge 4.18 : Artvin ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7044.36
NPV (\$)	-327.10
IRR (%)	13.51%
PP (yıl)	5.71
DPBP (yıl)	5.91
PI	0.92

4.1.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.12’da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.19’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.20’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.12 : Artvin ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.19 : Artvin ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺587.69	₺745.61	₺732.20	₺698.21	₺1,086.45	₺579.31
Şubat	₺459.49	₺846.57	₺572.65	₺796.98	₺878.67	₺657.59
Mart	₺428.91	₺1,159.75	₺511.40	₺1,096.86	₺776.32	₺895.32
Nisan	₺364.71	₺1,245.91	₺417.79	₺1,205.34	₺634.30	₺997.07
Mayıs	₺352.80	₺1,417.60	₺386.52	₺1,392.20	₺555.72	₺1,198.50
Haziran	₺300.01	₺1,494.54	₺320.13	₺1,478.12	₺548.19	₺1,195.78
Temmuz	₺321.92	₺1,469.07	₺342.55	₺1,453.95	₺804.62	₺1,017.51
Ağustos	₺322.29	₺1,397.11	₺344.94	₺1,381.85	₺775.26	₺979.62
Eylül	₺354.26	₺1,355.56	₺383.27	₺1,339.37	₺844.78	₺1,010.98
Ekim	₺425.30	₺1,150.06	₺492.43	₺1,117.26	₺735.07	₺951.52
Kasım	₺452.87	₺897.45	₺550.85	₺846.39	₺790.61	₺707.92
Aralık	₺565.14	₺671.14	₺694.17	₺623.31	₺967.00	₺518.58
Toplam	₺4,935.38	₺13,850.37	₺5,748.90	₺13,429.84	₺9,397.00	₺10,709.69

Çizelge 4.20 : Artvin ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺157.92	-₺33.98	-₺507.14
Şubat	₺387.08	₺224.33	-₺221.08
Mart	₺730.84	₺585.46	₺118.99
Nisan	₺881.20	₺787.55	₺362.77
Mayıs	₺1,064.80	₺1,005.69	₺642.78
Haziran	₺1,194.53	₺1,157.99	₺647.59
Temmuz	₺1,147.15	₺1,111.40	₺212.89
Ağustos	₺1,074.82	₺1,036.91	₺204.36
Eylül	₺1,001.30	₺956.10	₺166.21
Ekim	₺724.76	₺624.82	₺216.45
Kasım	₺444.58	₺295.54	-₺82.70
Aralık	₺106.00	-₺70.86	-₺448.42
Toplam	₺8,914.99	₺7,680.94	₺1,312.69

Çizelge 4.21’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.21 : Artvin ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7044.36
NPV (\$)	-2418.35
IRR (%)	5.36%
PP (yıl)	7.65
DPBP (yıl)	13.73
PI	0.58

4.2 Akdeniz Bölgesi

Akdeniz bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Adana ve Antalya illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23’da sırasıyla Adana ve Antalya illerine ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

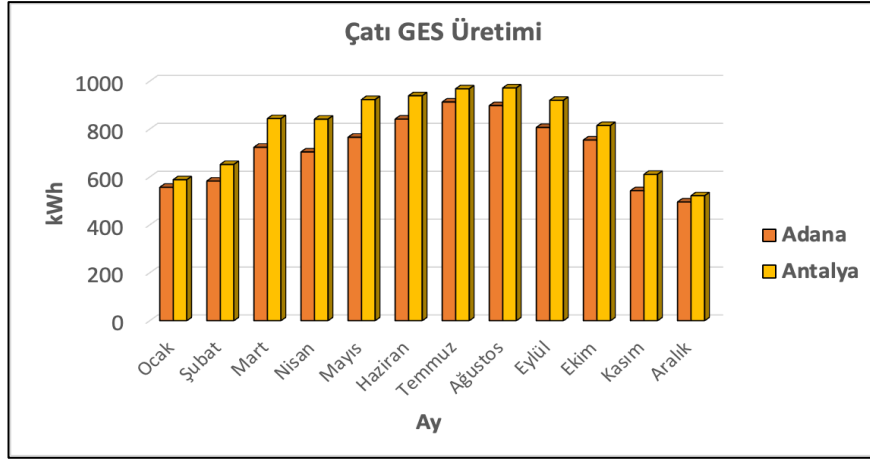
Çizelge 4.22 : Adana iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.22	0.87	0.47	1.86
Şubat	2.99	1.16	0.48	2.60
Mart	4.03	1.56	0.50	6.45
Nisan	4.78	2.02	0.49	12.16
Mayıs	5.81	2.27	0.52	17.32
Haziran	7.05	2.14	0.61	21.86
Temmuz	7.38	1.89	0.65	25.53
Ağustos	6.54	1.71	0.63	25.17
Eylül	5.22	1.48	0.60	21.41
Ekim	3.83	1.14	0.56	15.67
Kasım	2.46	0.93	0.48	8.35
Aralık	1.92	0.78	0.44	3.33

Çizelge 4.23 : Antalya iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

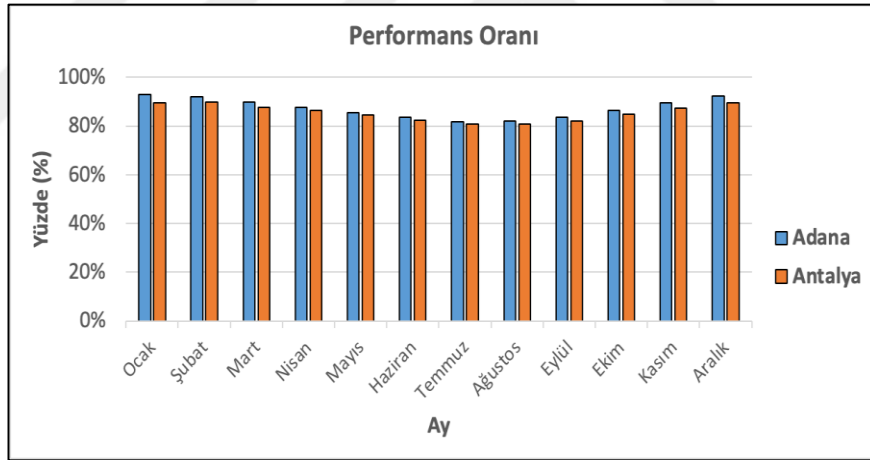
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.48	0.87	0.52	8.76
Şubat	3.38	1.13	0.54	8.48
Mart	4.75	1.43	0.59	10.44
Nisan	5.78	1.83	0.59	14.11
Mayıs	7.03	1.92	0.63	18.39
Haziran	8.06	1.74	0.70	23.01
Temmuz	7.98	1.62	0.70	26.34
Ağustos	7.19	1.45	0.69	26.43
Eylül	6.00	1.19	0.68	23.63
Ekim	4.23	1.07	0.61	19.26
Kasım	2.78	0.91	0.54	14.07
Aralık	2.11	0.82	0.48	10.28

Adana ve Antalya illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.13’de verilmiştir.

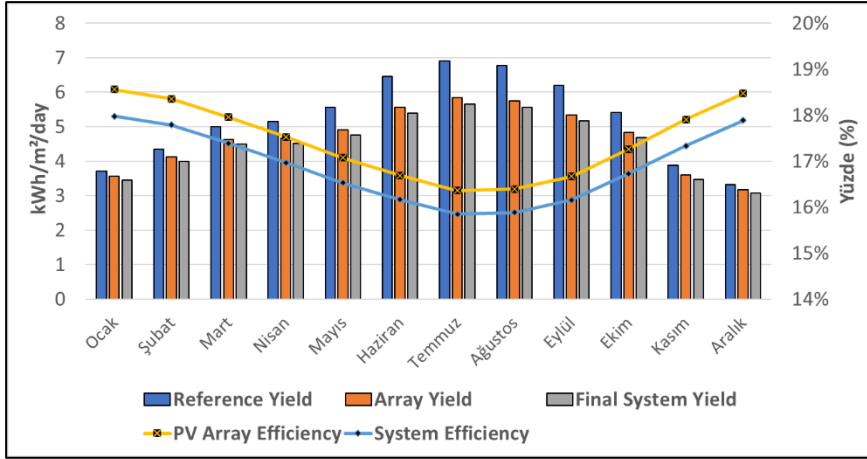


Şekil 4.13 : Adana ve Antalya illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

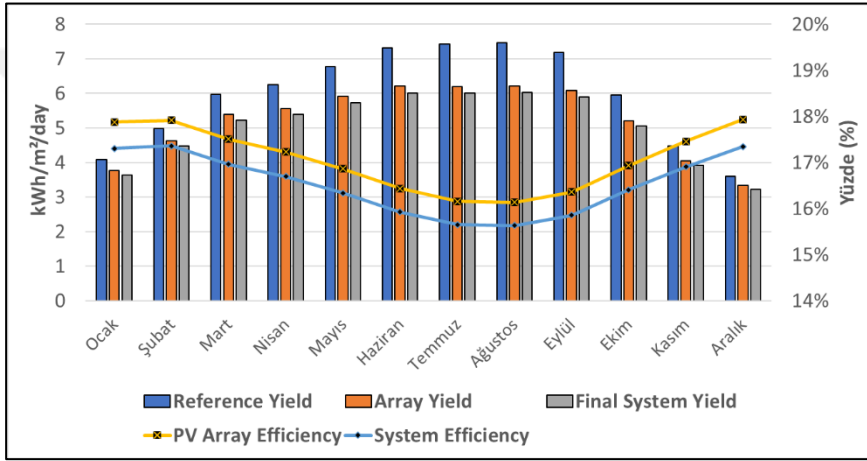
Şekil 4.14 ve Şekil 4.17 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1’de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Adana ve Antalya iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Adana ve Antalya illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



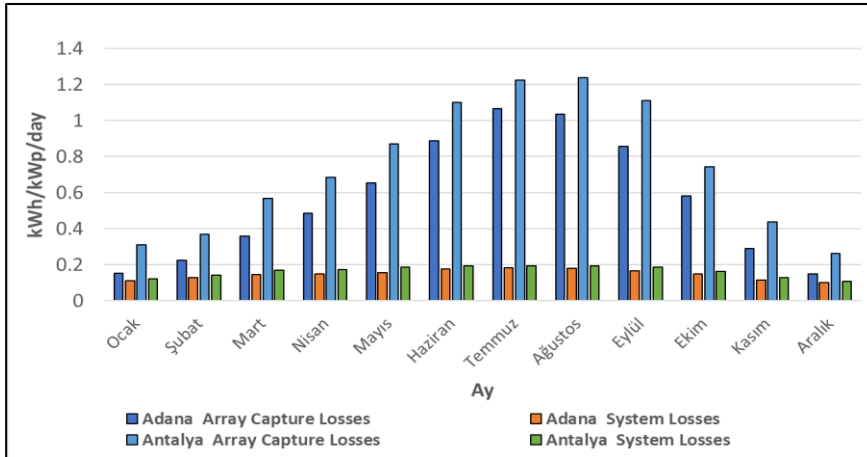
Şekil 4.14 : Adana ve Antalya illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.15 : Adana iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.16 : Antalya iline ait verimlilik grafiği.



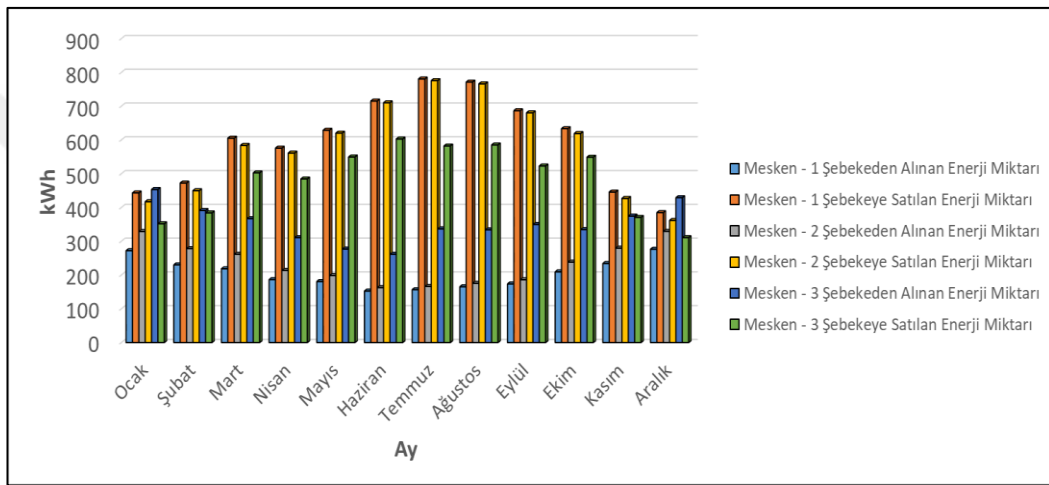
Şekil 4.17 : Adana ve Antalya illerine ait kayıplar grafiği.

4.2.1 Adana ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.2.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.18'de üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.24'da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.25'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.18 : Adana ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.24 : Adana ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺665.87	₺1,010.32	₺798.26	₺950.81	₺1,122.66	₺802.05
Şubat	₺548.29	₺1,079.26	₺657.75	₺1,025.97	₺952.78	₺875.59
Mart	₺519.18	₺1,386.96	₺614.28	₺1,336.68	₺891.19	₺1,147.12
Nisan	₺437.44	₺1,319.08	₺496.44	₺1,284.43	₺741.49	₺1,104.69
Mayıs	₺419.36	₺1,442.31	₺458.40	₺1,422.23	₺654.41	₺1,255.33
Haziran	₺349.31	₺1,647.06	₺373.63	₺1,634.84	₺626.68	₺1,377.48
Temmuz	₺356.75	₺1,800.53	₺380.45	₺1,788.48	₺817.51	₺1,327.02
Ağustos	₺383.29	₺1,774.78	₺408.68	₺1,762.25	₺813.61	₺1,334.63
Eylül	₺413.32	₺1,572.35	₺443.58	₺1,557.41	₺868.27	₺1,192.20
Ekim	₺511.69	₺1,444.13	₺578.68	₺1,411.18	₺826.94	₺1,251.06
Kasım	₺578.48	₺1,016.03	₺684.18	₺972.69	₺934.58	₺844.85
Aralık	₺678.25	₺877.40	₺802.28	₺824.57	₺1,063.42	₺708.15
Toplam	₺5,861.23	₺16,370.20	₺6,696.62	₺15,971.53	₺10,313.53	₺13,220.19

Çizelge 4.25 : Adana ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺344.45	₺152.55	-₺320.61
Şubat	₺530.97	₺368.22	-₺77.19
Mart	₺867.78	₺722.40	₺255.94
Nisan	₺881.64	₺787.98	₺363.20
Mayıs	₺1,022.95	₺963.83	₺600.92
Haziran	₺1,297.74	₺1,261.21	₺750.80
Temmuz	₺1,443.78	₺1,408.03	₺509.51
Ağustos	₺1,391.49	₺1,353.57	₺521.02
Eylül	₺1,159.03	₺1,113.83	₺323.94
Ekim	₺932.44	₺832.50	₺424.12
Kasım	₺437.55	₺288.51	-₺89.72
Aralık	₺199.15	₺22.29	-₺355.27
Toplam	₺10,508.96	₺9,274.91	₺2,906.66

Çizelge 4.26’da ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

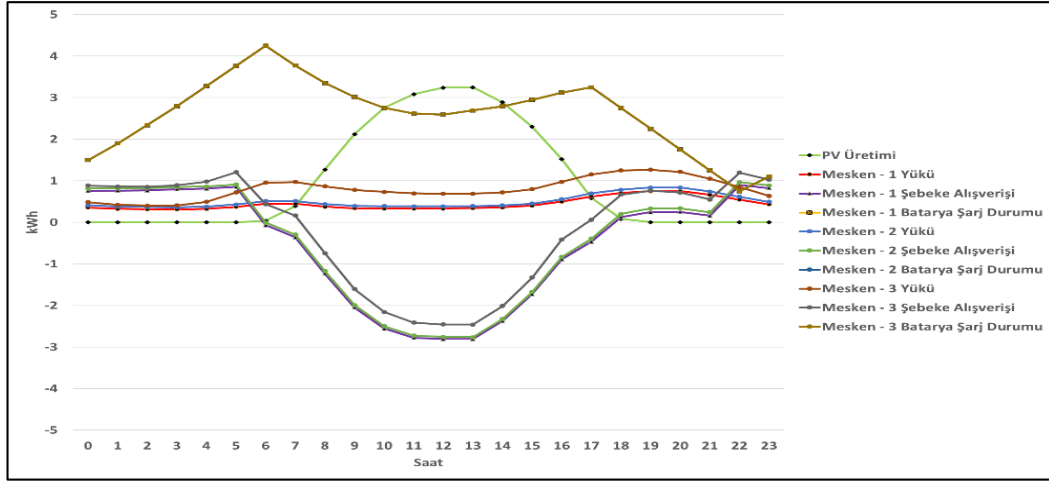
Çizelge 4.26 : Adana ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8586.78
NPV (\$)	681.03
IRR (%)	18.03%
PP (yıl)	4.69
DPBP (yıl)	4.81
PI	1.16

4.2.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.19’da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.27’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.28’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.19 : Adana ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.27 : Adana ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺513.09	₺1,033.77	₺642.71	₺971.48	₺957.46	₺813.08
Şubat	₺433.12	₺1,122.29	₺534.24	₺1,060.66	₺803.36	₺884.37
Mart	₺415.62	₺1,458.55	₺495.66	₺1,393.21	₺753.05	₺1,184.14
Nisan	₺354.04	₺1,405.18	₺407.85	₺1,365.33	₺623.51	₺1,156.21
Mayıs	₺346.42	₺1,545.23	₺378.11	₺1,517.80	₺547.12	₺1,323.90
Haziran	₺297.85	₺1,764.38	₺317.70	₺1,747.69	₺529.80	₺1,449.38
Temmuz	₺307.35	₺1,926.28	₺326.71	₺1,909.89	₺695.43	₺1,380.09
Ağustos	₺315.46	₺1,882.10	₺335.97	₺1,864.69	₺683.23	₺1,379.40
Eylül	₺332.32	₺1,661.57	₺359.96	₺1,644.00	₺741.78	₺1,235.93
Ekim	₺383.71	₺1,490.58	₺445.66	₺1,452.60	₺670.60	₺1,269.15
Kasım	₺433.33	₺1,041.09	₺531.26	₺989.99	₺776.18	₺856.67
Aralık	₺522.22	₺897.95	₺643.22	₺842.09	₺899.31	₺720.62
Toplam	₺4,654.54	₺17,228.97	₺5,419.05	₺16,759.43	₺8,680.82	₺13,652.95

Çizelge 4.28 : Adana ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺520.68	₺328.77	-₺144.39
Şubat	₺689.17	₺526.42	₺81.01
Mart	₺1,042.93	₺897.55	₺431.09
Nisan	₺1,051.14	₺957.48	₺532.70
Mayıs	₺1,198.81	₺1,139.69	₺776.79
Haziran	₺1,466.53	₺1,429.99	₺919.58
Temmuz	₺1,618.93	₺1,583.18	₺684.66
Ağustos	₺1,566.63	₺1,528.72	₺696.17
Eylül	₺1,329.25	₺1,284.04	₺494.15
Ekim	₺1,106.87	₺1,006.93	₺598.56
Kasım	₺607.76	₺458.73	₺80.49
Aralık	₺375.73	₺198.87	-₺178.69
Toplam	₺12,574.43	₺11,340.38	₺4,972.13

Çizelge 4.29’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.29 : Adana ili ekonomik analiz sonuçları.

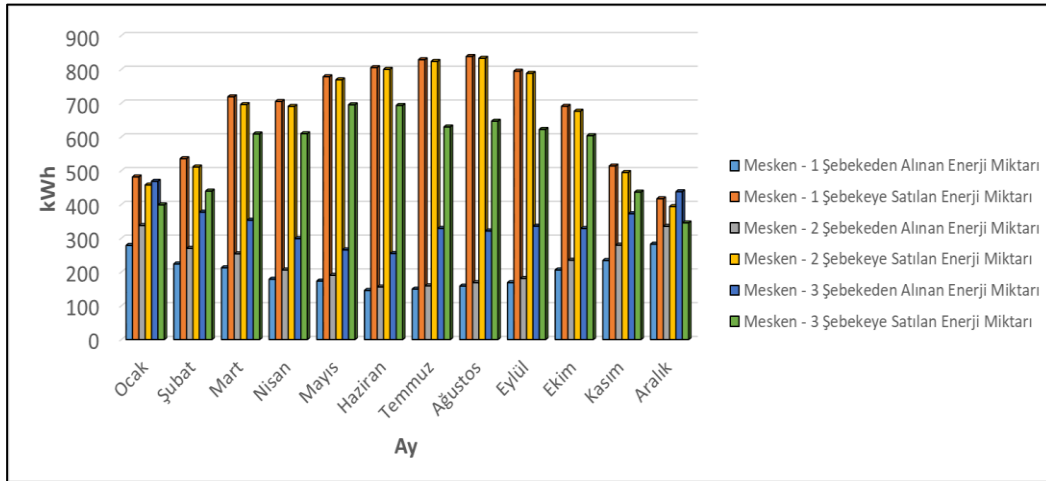
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8586.78
NPV (\$)	-1410.22
IRR (%)	9.68%
PP (yıl)	6.27
DPBP (yıl)	8.40
PI	0.75

4.2.2 Antalya ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.2.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.20’de üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.30’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.31’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.20 : Antalya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.30 : Antalya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺673.96	₺1,100.33	₺810.05	₺1,044.51	₺1,148.02	₺909.33
Şubat	₺530.39	₺1,229.29	₺634.54	₺1,170.69	₺912.58	₺1,003.32
Mart	₺497.20	₺1,661.80	₺587.15	₺1,606.38	₺846.81	₺1,399.58
Nisan	₺411.68	₺1,626.46	₺470.51	₺1,591.64	₺701.48	₺1,397.82
Mayıs	₺394.10	₺1,798.06	₺431.42	₺1,776.26	₺616.02	₺1,597.95
Haziran	₺325.25	₺1,865.29	₺349.33	₺1,852.83	₺599.13	₺1,592.22
Temmuz	₺331.75	₺1,922.53	₺355.44	₺1,910.47	₺783.00	₺1,439.51
Ağustos	₺359.26	₺1,941.46	₺384.50	₺1,928.78	₺766.80	₺1,478.54
Eylül	₺396.35	₺1,831.31	₺426.14	₺1,815.90	₺820.25	₺1,420.12
Ekim	₺494.58	₺1,577.48	₺560.66	₺1,543.62	₺801.67	₺1,376.26
Kasım	₺578.03	₺1,171.55	₺683.21	₺1,127.69	₺929.59	₺995.84
Aralık	₺691.79	₺950.54	₺815.98	₺897.88	₺1,083.17	₺787.52
Toplam	₺5,684.34	₺18,676.10	₺6,508.93	₺18,266.65	₺10,008.53	₺15,397.99

Çizelge 4.31 : Antalya ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺426.37	₺234.47	-₺238.69
Şubat	₺698.90	₺536.15	₺90.74
Mart	₺1,164.60	₺1,019.23	₺552.76
Nisan	₺1,214.78	₺1,121.13	₺696.34
Mayıs	₺1,403.96	₺1,344.84	₺981.93
Haziran	₺1,540.03	₺1,503.50	₺993.09
Temmuz	₺1,590.78	₺1,555.02	₺656.51
Ağustos	₺1,582.20	₺1,544.28	₺711.73
Eylül	₺1,434.96	₺1,389.76	₺599.87
Ekim	₺1,082.91	₺982.97	₺574.59
Kasım	₺593.52	₺444.48	₺66.24
Aralık	₺258.76	₺81.90	-₺295.66
Toplam	₺12,991.77	₺11,757.72	₺5,389.46

Çizelge 4.32’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

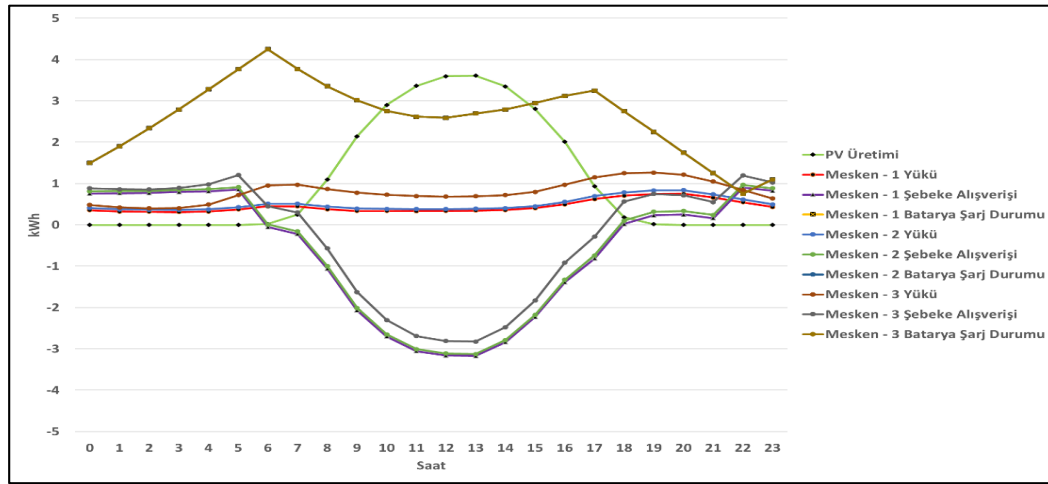
Çizelge 4.32 : Antalya ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	9595.74
NPV (\$)	1340.48
IRR (%)	20.85%
PP (yıl)	4.19
DPBP (yıl)	4.29
PI	1.31

4.2.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.21’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.33’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.34’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.21 : Antalya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.33 : Antalya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺520.13	₺1,122.73	₺649.79	₺1,060.48	₺977.34	₺914.88
Şubat	₺420.87	₺1,277.97	₺516.94	₺1,211.29	₺769.89	₺1,018.82
Mart	₺394.73	₺1,734.48	₺472.33	₺1,666.71	₺725.54	₺1,453.45
Nisan	₺340.91	₺1,725.19	₺389.82	₺1,680.45	₺585.75	₺1,451.59
Mayıs	₺337.76	₺1,917.58	₺368.22	₺1,888.92	₺516.27	₺1,674.07
Haziran	₺291.24	₺2,000.06	₺310.88	₺1,983.16	₺503.86	₺1,665.73
Temmuz	₺300.98	₺2,066.91	₺320.34	₺2,050.51	₺669.72	₺1,501.37
Ağustos	₺313.60	₺2,070.95	₺333.95	₺2,053.38	₺653.73	₺1,540.61
Eylül	₺321.61	₺1,926.78	₺346.74	₺1,906.72	₺689.92	₺1,460.01
Ekim	₺378.91	₺1,636.25	₺437.69	₺1,595.09	₺649.13	₺1,398.16
Kasım	₺430.42	₺1,194.15	₺527.65	₺1,142.34	₺765.84	₺1,002.30
Aralık	₺514.64	₺949.98	₺634.13	₺892.61	₺904.68	₺785.60
Toplam	₺4,565.80	₺19,623.03	₺5,308.48	₺19,131.67	₺8,411.66	₺15,866.59

Çizelge 4.34 : Antalya ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺602.60	₺410.69	-₺62.47
Şubat	₺857.10	₺694.35	₺248.94
Mart	₺1,339.75	₺1,194.38	₺727.91
Nisan	₺1,384.28	₺1,290.63	₺865.84
Mayıs	₺1,579.82	₺1,520.70	₺1,157.80
Haziran	₺1,708.82	₺1,672.28	₺1,161.87
Temmuz	₺1,765.92	₺1,730.17	₺831.66
Ağustos	₺1,757.35	₺1,719.43	₺886.88
Eylül	₺1,605.18	₺1,559.98	₺770.08
Ekim	₺1,257.34	₺1,157.40	₺749.03
Kasım	₺763.73	₺614.69	₺236.46
Aralık	₺435.34	₺258.48	-₺119.08
Toplam	₺15,057.23	₺13,823.19	₺7,454.93

Çizelge 4.35’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.35 : Antalya ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	9595.74
NPV (\$)	-750.77
IRR (%)	12.24%
PP (yıl)	5.61
DPBP (yıl)	5.72
PI	0.87

4.3 Ege Bölgesi

Ege bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Denizli ve İzmir illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.36 ve Çizelge 4.37’de sırasıyla Denizli ve İzmir illerine ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

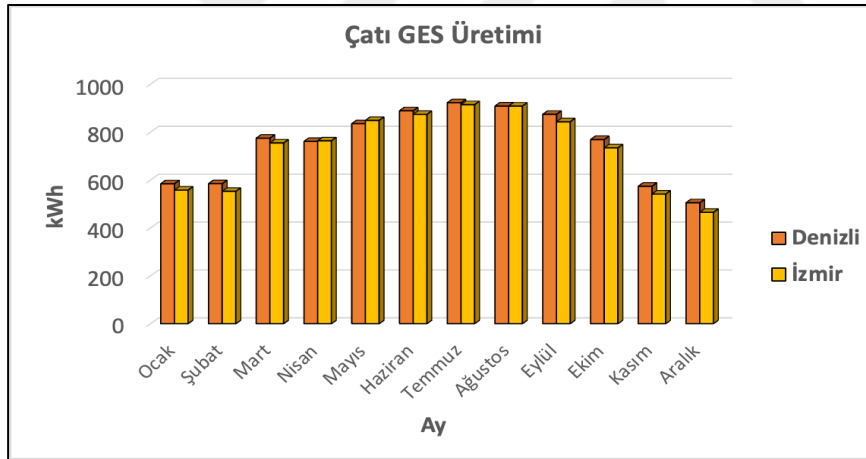
Çizelge 4.36 : Denizli iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.32	0.84	0.50	3.72
Şubat	3.07	1.15	0.50	4.11
Mart	4.26	1.51	0.54	7.18
Nisan	5.18	1.95	0.53	12.23
Mayıs	6.34	2.15	0.57	17.84
Haziran	7.54	1.97	0.65	22.62
Temmuz	7.55	1.81	0.67	26.08
Ağustos	6.69	1.66	0.65	25.70
Eylül	5.61	1.32	0.65	21.57
Ekim	3.92	1.13	0.58	15.78
Kasım	2.58	0.91	0.51	9.32
Aralık	1.95	0.79	0.46	5.12

Çizelge 4.37 : İzmir iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

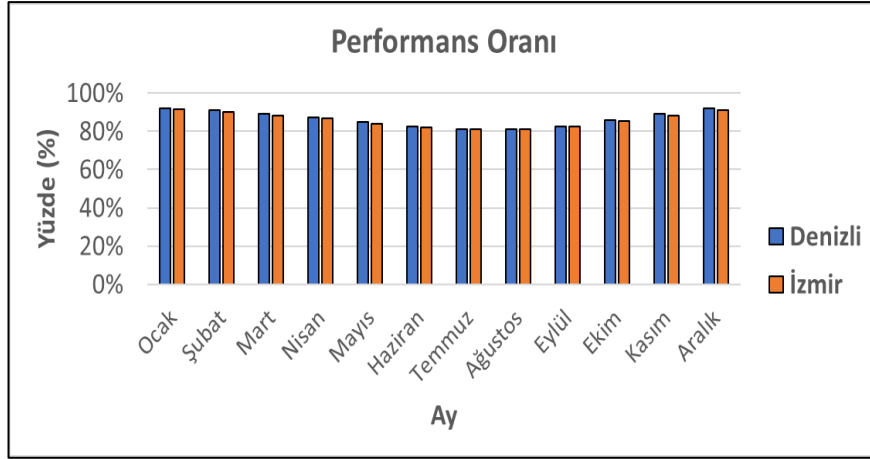
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.16	0.82	0.48	6.76
Şubat	2.87	1.14	0.47	6.94
Mart	4.19	1.48	0.53	9.55
Nisan	5.20	1.93	0.53	14.33
Mayıs	6.58	2.05	0.60	19.89
Haziran	7.58	1.94	0.65	24.47
Temmuz	7.58	1.79	0.67	27.26
Ağustos	6.70	1.62	0.65	27.02
Eylül	5.41	1.35	0.63	23.27
Ekim	3.73	1.13	0.56	18.04
Kasım	2.38	0.90	0.48	12.17
Aralık	1.79	0.77	0.44	8.12

Denizli ve İzmir illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.22’de verilmiştir.

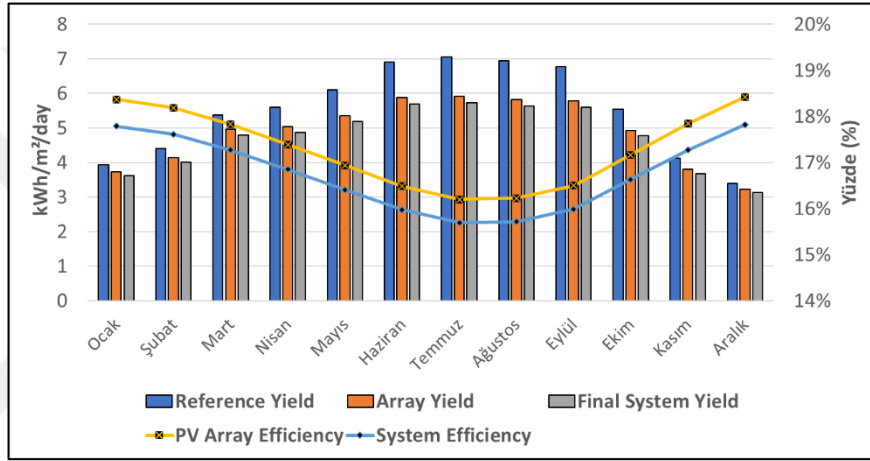


Şekil 4.22 : Denizli ve İzmir illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

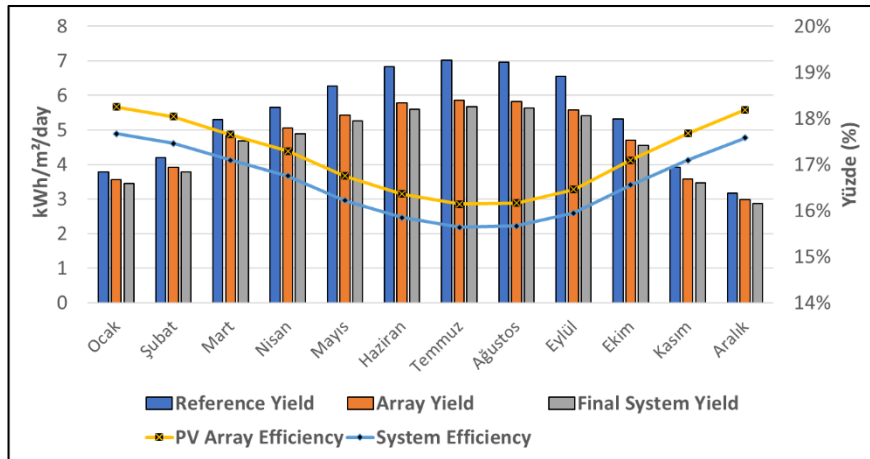
Şekil 4.23 ve Şekil 4.26 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1’de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Denizli ve İzmir iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Denizli ve İzmir illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



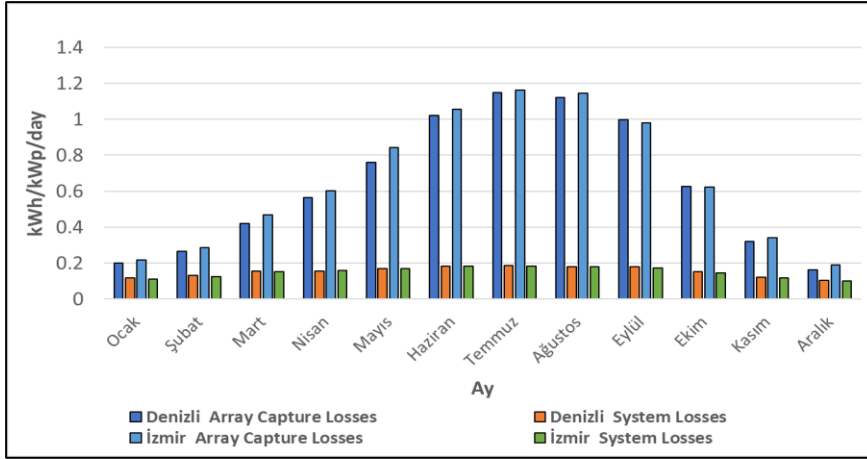
Şekil 4.23 : Denizli ve İzmir illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.24 : Denizli iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.25 : İzmir iline ait verimlilik grafiği.



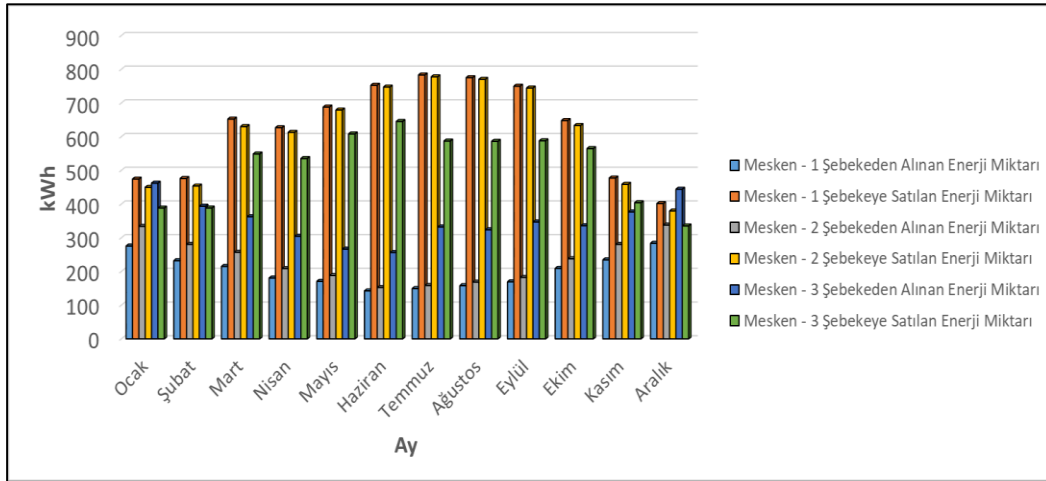
Şekil 4.26 : Denizli ve İzmir illerine ait kayıplar grafiği.

4.3.1 Denizli ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.3.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.27'da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.38'de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.39'da ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.27 : Denizli ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.38 : Denizli ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺663.14	₺1,083.38	₺798.45	₺1,026.79	₺1,129.94	₺885.12
Şubat	₺550.53	₺1,097.19	₺659.75	₺1,043.66	₺950.93	₺889.43
Mart	₺502.12	₺1,506.89	₺594.35	₺1,453.75	₺868.87	₺1,261.80
Nisan	₺414.26	₺1,449.10	₺475.14	₺1,416.33	₺714.59	₺1,231.00
Mayıs	₺384.17	₺1,592.88	₺422.18	₺1,571.76	₺614.46	₺1,401.14
Haziran	₺313.84	₺1,746.58	₺337.21	₺1,733.41	₺599.46	₺1,485.25
Temmuz	₺330.25	₺1,822.01	₺352.00	₺1,808.00	₺788.84	₺1,346.33
Ağustos	₺354.86	₺1,799.35	₺380.75	₺1,787.33	₺768.86	₺1,342.89
Eylül	₺396.06	₺1,732.28	₺427.58	₺1,718.60	₺842.95	₺1,344.08
Ekim	₺499.37	₺1,482.94	₺563.83	₺1,447.46	₺812.27	₺1,287.53
Kasım	₺575.96	₺1,088.01	₺682.55	₺1,045.56	₺936.06	₺920.84
Aralık	₺692.57	₺915.38	₺819.31	₺865.27	₺1,095.53	₺763.93
Toplam	₺5,677.13	₺17,315.99	₺6,513.11	₺16,917.92	₺10,122.77	₺14,159.33

Çizelge 4.39 : Denizli ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺420.24	₺228.34	-₺244.82
Şubat	₺546.66	₺383.91	-₺61.50
Mart	₺1,004.77	₺859.40	₺392.93
Nisan	₺1,034.85	₺941.19	₺516.41
Mayıs	₺1,208.70	₺1,149.58	₺786.68
Haziran	₺1,432.74	₺1,396.20	₺885.79
Temmuz	₺1,491.75	₺1,456.00	₺557.49
Ağustos	₺1,444.49	₺1,406.58	₺574.03
Eylül	₺1,336.22	₺1,291.02	₺501.13
Ekim	₺983.57	₺883.63	₺475.25
Kasım	₺512.05	₺363.01	-₺15.22
Aralık	₺222.82	₺45.95	-₺331.60
Toplam	₺11,638.86	₺10,404.81	₺4,036.56

Çizelge 4.40’da ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

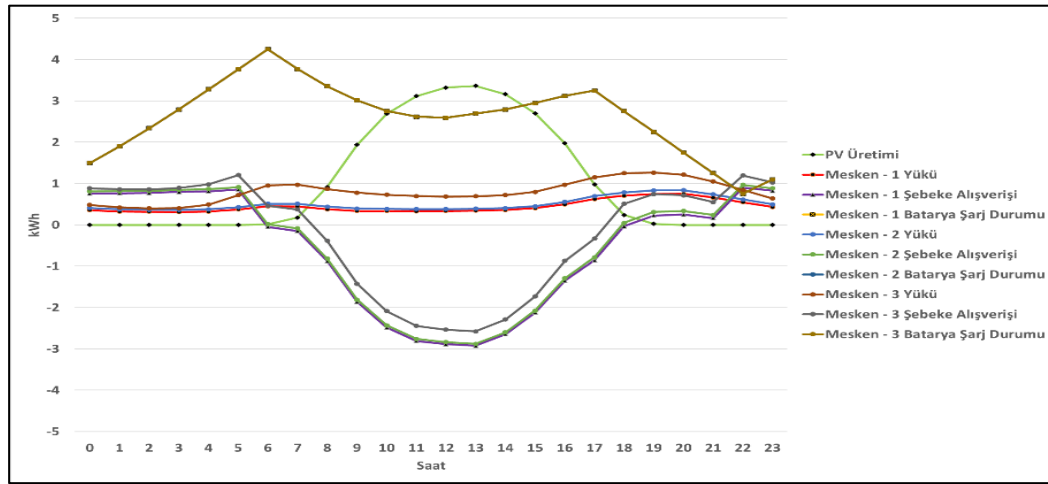
Çizelge 4.40 : Denizli ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8984.28
NPV (\$)	940.83
IRR (%)	19.15%
PP (yıl)	4.48
DPBP (yıl)	4.59
PI	1.22

4.3.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.28’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.41’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.42’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.28 : Denizli ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.41 : Denizli ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺514.99	₺1,111.46	₺641.85	₺1,046.41	₺965.59	₺896.99
Şubat	₺425.69	₺1,130.54	₺526.73	₺1,068.84	₺803.73	₺900.43
Mart	₺404.20	₺1,584.12	₺483.38	₺1,517.92	₺741.09	₺1,309.17
Nisan	₺344.43	₺1,548.77	₺394.08	₺1,504.77	₺592.79	₺1,278.70
Mayıs	₺337.11	₺1,721.67	₺368.04	₺1,693.49	₺513.45	₺1,476.00
Haziran	₺291.61	₺1,893.13	₺310.70	₺1,875.69	₺498.98	₺1,553.55
Temmuz	₺300.74	₺1,967.64	₺319.67	₺1,950.82	₺671.97	₺1,404.61
Ağustos	₺313.15	₺1,932.79	₺333.74	₺1,915.47	₺651.63	₺1,400.81
Eylül	₺322.99	₺1,829.43	₺348.01	₺1,809.24	₺720.78	₺1,392.12
Ekim	₺386.47	₺1,544.48	₺445.56	₺1,503.62	₺673.70	₺1,323.39
Kasım	₺427.16	₺1,109.43	₺524.70	₺1,057.93	₺769.62	₺924.62
Aralık	₺510.40	₺909.80	₺630.60	₺853.13	₺902.12	₺747.09
Toplam	₺4,578.94	₺18,283.27	₺5,327.05	₺17,797.33	₺8,505.44	₺14,607.47

Çizelge 4.42 : Denizli ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺596.47	₺404.56	-₺68.60
Şubat	₺704.86	₺542.11	₺96.70
Mart	₺1,179.92	₺1,034.55	₺568.08
Nisan	₺1,204.35	₺1,110.69	₺685.91
Mayıs	₺1,384.57	₺1,325.45	₺962.54
Haziran	₺1,601.52	₺1,564.98	₺1,054.58
Temmuz	₺1,666.90	₺1,631.15	₺732.64
Ağustos	₺1,619.64	₺1,581.73	₺749.18
Eylül	₺1,506.43	₺1,461.23	₺671.34
Ekim	₺1,158.00	₺1,058.06	₺649.69
Kasım	₺682.26	₺533.23	₺154.99
Aralık	₺399.40	₺222.53	-₺155.02
Toplam	₺13,704.32	₺12,470.28	₺6,102.03

Çizelge 4.43’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.43 : Denizli ili ekonomik analiz sonuçları.

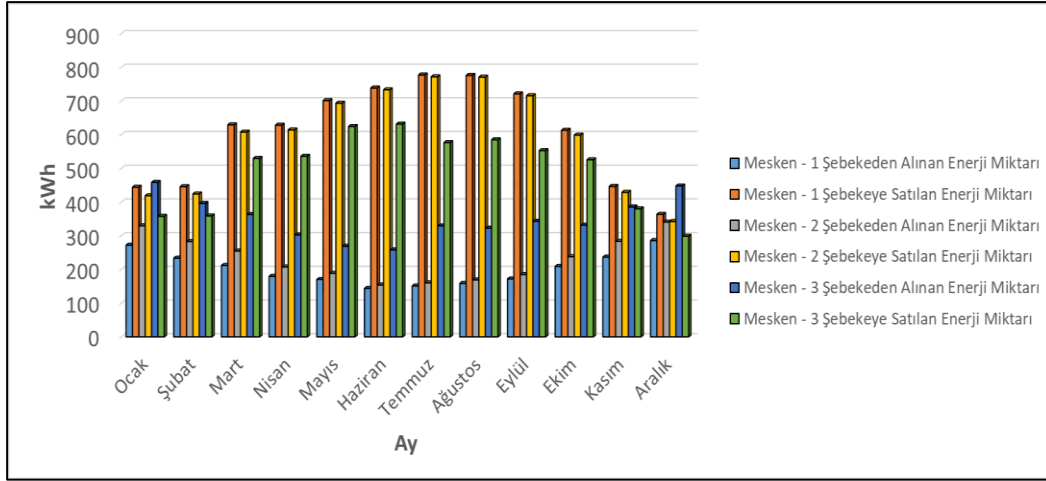
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8984.28
NPV (\$)	-1150.42
IRR (%)	10.70%
PP (yıl)	6.00
DPBP (yıl)	7.11
PI	0.80

4.3.2 İzmir ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.3.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.29’da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.44’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.45’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.29 : İzmir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.44 : İzmir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺651.75	₺1,016.50	₺784.12	₺956.96	₺1,116.44	₺816.12
Şubat	₺553.09	₺1,031.16	₺663.90	₺979.22	₺954.31	₺824.22
Mart	₺489.40	₺1,460.65	₺583.01	₺1,408.89	₺863.55	₺1,222.96
Nisan	₺408.88	₺1,455.30	₺469.37	₺1,422.14	₺706.53	₺1,234.52
Mayıs	₺380.30	₺1,625.94	₺420.34	₺1,606.86	₺616.55	₺1,440.16
Haziran	₺316.82	₺1,719.67	₺339.71	₺1,706.02	₺600.67	₺1,456.57
Temmuz	₺331.96	₺1,814.87	₺354.05	₺1,801.21	₺774.84	₺1,323.49
Ağustos	₺354.68	₺1,806.34	₺379.03	₺1,792.78	₺761.54	₺1,342.73
Eylül	₺398.73	₺1,668.86	₺430.27	₺1,655.20	₺829.84	₺1,264.88
Ekim	₺499.21	₺1,405.23	₺564.66	₺1,370.73	₺801.22	₺1,198.92
Kasım	₺578.76	₺1,018.32	₺687.52	₺978.04	₺953.97	₺866.27
Aralık	₺696.78	₺828.90	₺825.19	₺780.45	₺1,102.95	₺680.65
Toplam	₺5,660.36	₺16,851.74	₺6,501.17	₺16,458.50	₺10,082.41	₺13,671.49

Çizelge 4.45 : İzmir ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺364.75	₺172.84	-₺300.32
Şubat	₺478.06	₺315.32	-₺130.10
Mart	₺971.25	₺825.87	₺359.41
Nisan	₺1,046.43	₺952.77	₺527.99
Mayıs	₺1,245.64	₺1,186.52	₺823.61
Haziran	₺1,402.85	₺1,366.31	₺855.91
Temmuz	₺1,482.91	₺1,447.16	₺548.65
Ağustos	₺1,451.66	₺1,413.75	₺581.19
Eylül	₺1,270.13	₺1,224.93	₺435.04
Ekim	₺906.01	₺806.07	₺397.70
Kasım	₺439.57	₺290.53	-₺87.71
Aralık	₺132.12	-₺44.74	-₺422.30
Toplam	₺11,191.38	₺9,957.33	₺3,589.07

Çizelge 4.46’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

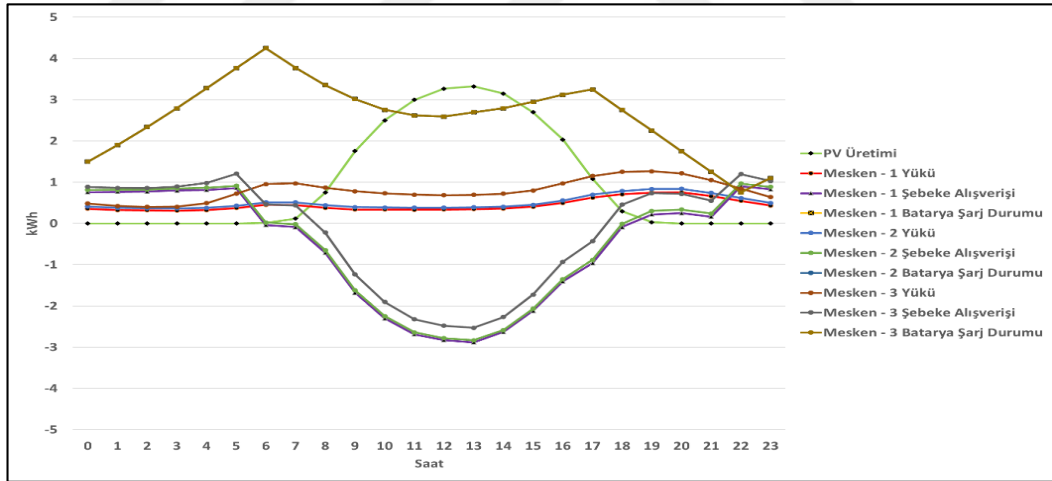
Çizelge 4.46 : İzmir ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8759.61
NPV (\$)	793.99
IRR (%)	18.51%
PP (yıl)	4.60
DPBP (yıl)	4.71
PI	1.19

4.3.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.30’da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.47’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.48’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.30 : İzmir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.47 : İzmir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺510.89	₺1,051.86	₺636.22	₺985.28	₺955.95	₺831.86
Şubat	₺427.90	₺1,064.16	₺530.72	₺1,004.24	₺813.66	₺841.76
Mart	₺397.54	₺1,543.94	₺474.97	₺1,475.99	₺733.44	₺1,268.00
Nisan	₺342.80	₺1,558.73	₺392.15	₺1,514.42	₺586.04	₺1,283.53
Mayıs	₺339.24	₺1,760.74	₺370.59	₺1,732.97	₺515.80	₺1,515.28
Haziran	₺290.05	₺1,861.69	₺308.84	₺1,843.94	₺495.45	₺1,520.14
Temmuz	₺300.01	₺1,958.07	₺318.52	₺1,940.83	₺658.13	₺1,381.93
Ağustos	₺311.85	₺1,938.66	₺332.52	₺1,921.41	₺647.95	₺1,404.30
Eylül	₺326.07	₺1,766.42	₺350.51	₺1,745.65	₺707.19	₺1,312.44
Ekim	₺383.39	₺1,463.83	₺442.91	₺1,423.42	₺661.72	₺1,233.85
Kasım	₺424.64	₺1,034.42	₺520.51	₺981.25	₺769.92	₺852.43
Aralık	₺521.40	₺830.10	₺647.36	₺779.19	₺925.28	₺679.57
Toplam	₺4,575.77	₺17,832.61	₺5,325.81	₺17,348.61	₺8,470.54	₺14,125.08

Çizelge 4.48 : İzmir ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺540.97	₺349.06	-₺124.09
Şubat	₺636.26	₺473.52	₺28.10
Mart	₺1,146.40	₺1,001.02	₺534.56
Nisan	₺1,215.93	₺1,122.27	₺697.49
Mayıs	₺1,421.50	₺1,362.38	₺999.48
Haziran	₺1,571.64	₺1,535.10	₺1,024.69
Temmuz	₺1,658.06	₺1,622.31	₺723.80
Ağustos	₺1,626.81	₺1,588.90	₺756.34
Eylül	₺1,440.34	₺1,395.14	₺605.25
Ekim	₺1,080.45	₺980.51	₺572.13
Kasım	₺609.78	₺460.74	₺82.51
Aralık	₺308.70	₺131.84	-₺245.72
Toplam	₺13,256.84	₺12,022.80	₺5,654.54

Çizelge 4.49’da ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.49 : İzmir ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8759.61
NPV (\$)	-1297.26
IRR (%)	10.13%
PP (yıl)	6.15
DPBP (yıl)	7.27
PI	0.77

4.4 İç Anadolu Bölgesi

İç Anadolu bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Eskişehir ve Konya illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.50 ve Çizelge 4.51’de sırasıyla Eskişehir ve Konya illerine ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

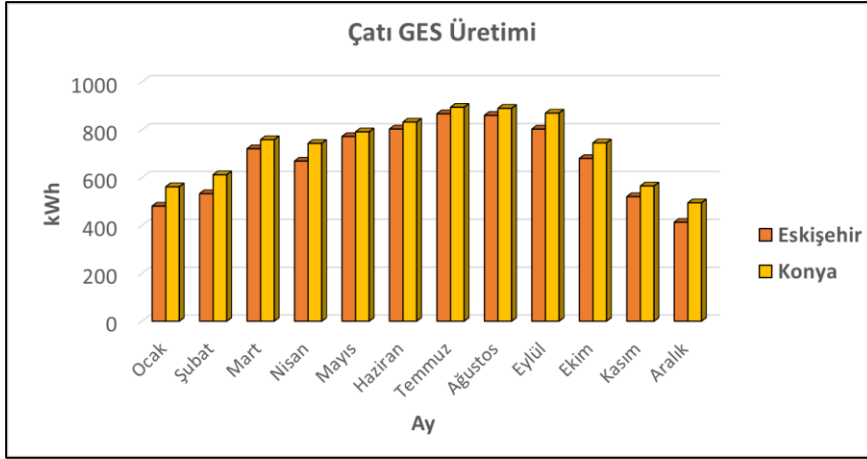
Çizelge 4.50 : Eskişehir iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	1.89	0.82	0.44	0.79
Şubat	2.64	1.13	0.45	1.44
Mart	3.82	1.52	0.50	4.73
Nisan	4.62	1.99	0.48	10.31
Mayıs	5.91	2.23	0.54	15.47
Haziran	6.80	2.22	0.59	19.27
Temmuz	7.06	1.99	0.62	21.99
Ağustos	6.27	1.77	0.61	21.78
Eylül	5.03	1.45	0.59	18.25
Ekim	3.36	1.18	0.52	12.72
Kasım	2.20	0.88	0.47	6.60
Aralık	1.56	0.74	0.41	2.23

Çizelge 4.51 : Konya iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

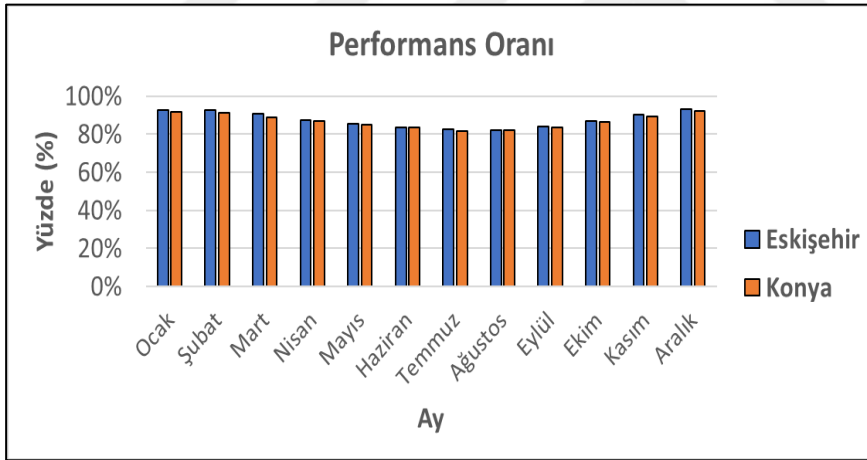
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.28	0.87	0.49	1.16
Şubat	3.09	1.15	0.50	1.60
Mart	4.26	1.52	0.54	5.01
Nisan	5.16	1.96	0.53	10.50
Mayıs	6.12	2.20	0.55	15.69
Haziran	7.13	2.12	0.62	20.01
Temmuz	7.39	1.88	0.65	23.50
Ağustos	6.59	1.69	0.64	22.94
Eylül	5.51	1.36	0.63	19.21
Ekim	3.77	1.17	0.56	13.57
Kasım	2.52	0.92	0.50	6.88
Aralık	1.90	0.79	0.45	2.44

Eskişehir ve Konya illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.31’de verilmiştir.

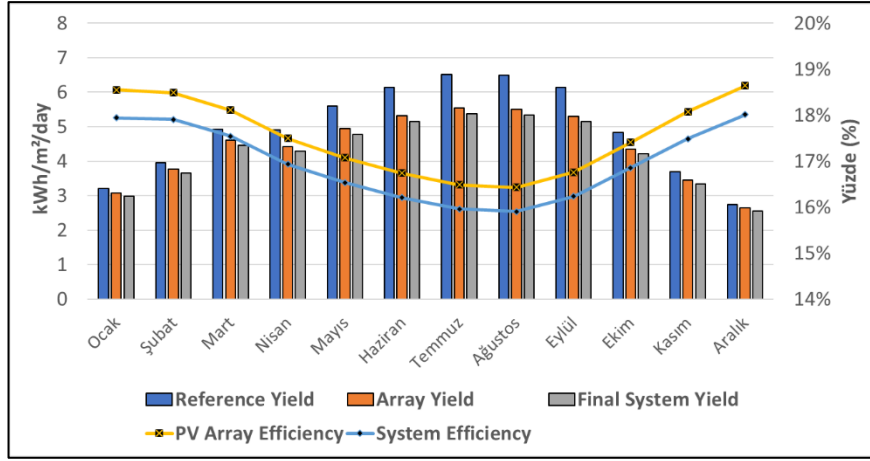


Şekil 4.31 : Eskişehir ve Konya illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

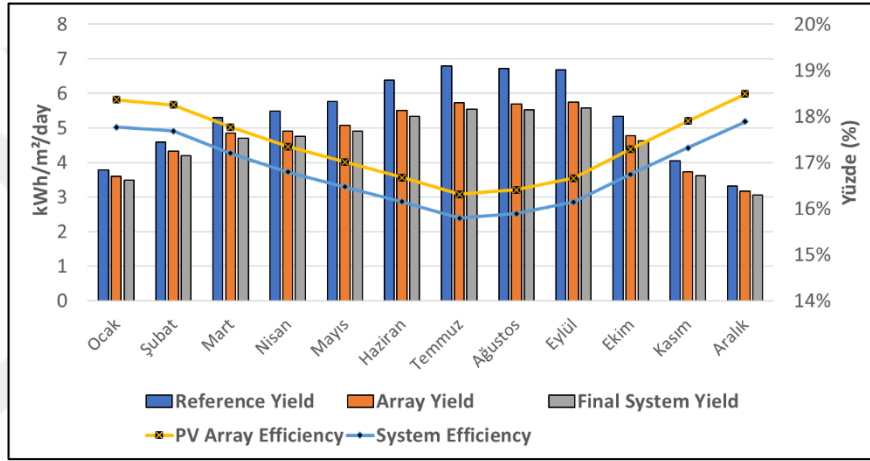
Şekil 4.32 ve Şekil 4.35 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1’de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Eskişehir ve Konya iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Eskişehir ve Konya illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



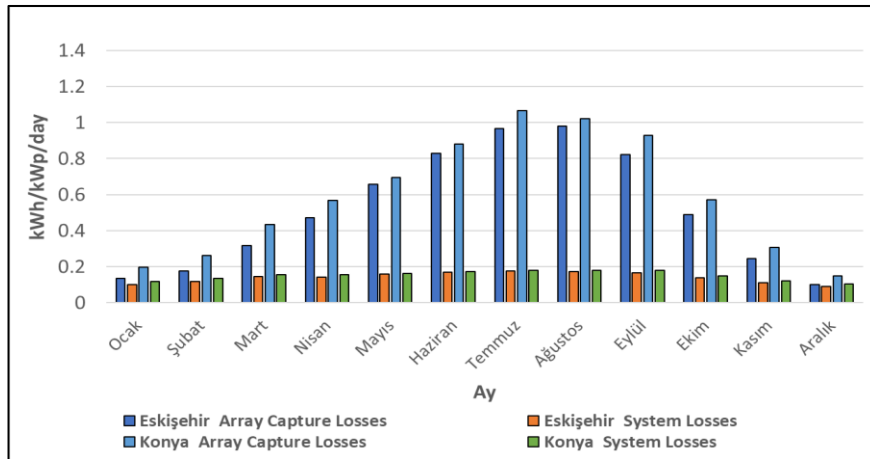
Şekil 4.32 : Eskişehir ve Konya illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.33 : Eskişehir iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.34 : Konya iline ait verimlilik grafiği.



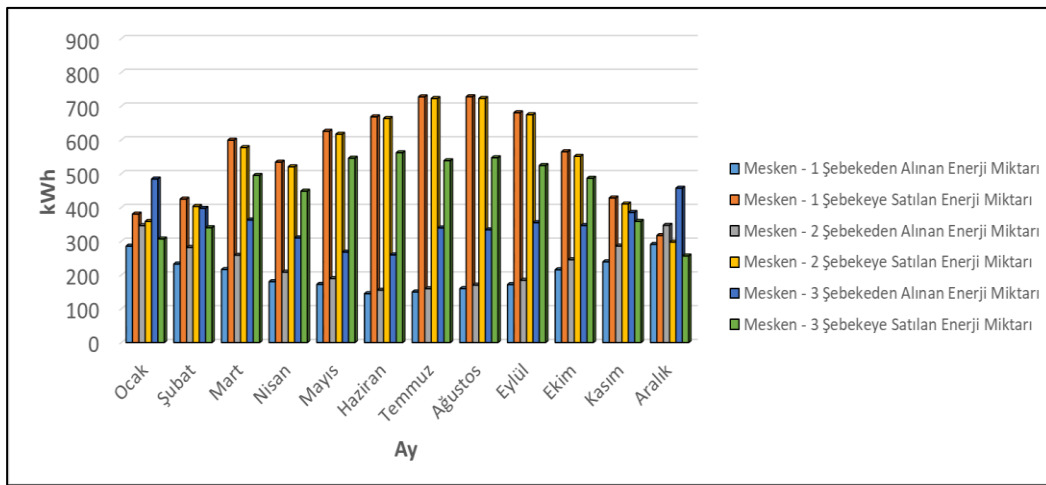
Şekil 4.35 : Eskişehir ve Konya illerine ait kayıplar grafiği.

4.4.1 Eskişehir ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.4.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.36'da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.52'de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.53'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.36 : Eskişehir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.52 : Eskişehir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺693.21	₺869.31	₺834.66	₺818.85	₺1,188.41	₺699.44
Şubat	₺551.36	₺976.37	₺662.79	₺925.05	₺960.66	₺777.51
Mart	₺506.60	₺1,387.38	₺599.65	₺1,335.05	₺870.77	₺1,139.70
Nisan	₺415.43	₺1,232.90	₺476.32	₺1,200.13	₺729.79	₺1,028.82
Mayıs	₺390.54	₺1,446.01	₺428.62	₺1,424.96	₺622.03	₺1,255.47
Haziran	₺321.23	₺1,550.35	₺345.71	₺1,538.30	₺609.42	₺1,291.60
Temmuz	₺332.51	₺1,688.88	₺356.11	₺1,676.73	₺811.15	₺1,233.26
Ağustos	₺362.87	₺1,685.06	₺388.78	₺1,673.05	₺801.75	₺1,253.47
Eylül	₺404.22	₺1,570.92	₺435.09	₺1,556.59	₺866.39	₺1,197.99
Ekim	₺519.72	₺1,291.38	₺587.93	₺1,259.66	₺845.71	₺1,109.06
Kasım	₺588.95	₺975.97	₺697.62	₺935.60	₺958.30	₺818.04
Aralık	₺711.04	₺722.56	₺843.19	₺677.85	₺1,127.49	₺584.60
Toplam	₺5,797.69	₺15,397.08	₺6,656.48	₺15,021.81	₺10,391.88	₺12,388.96

Çizelge 4.53 : Eskişehir ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺176.09	-₺15.81	-₺488.97
Şubat	₺425.01	₺262.26	-₺183.15
Mart	₺880.77	₺735.40	₺268.93
Nisan	₺817.47	₺723.81	₺299.03
Mayıs	₺1,055.46	₺996.34	₺633.44
Haziran	₺1,229.12	₺1,192.58	₺682.18
Temmuz	₺1,356.37	₺1,320.62	₺422.11
Ağustos	₺1,322.19	₺1,284.27	₺451.72
Eylül	₺1,166.69	₺1,121.49	₺331.60
Ekim	₺771.66	₺671.72	₺263.35
Kasım	₺387.02	₺237.98	-₺140.26
Aralık	₺11.53	-₺165.34	-₺542.89
Toplam	₺9,599.38	₺8,365.34	₺1,997.08

Çizelge 4.54’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

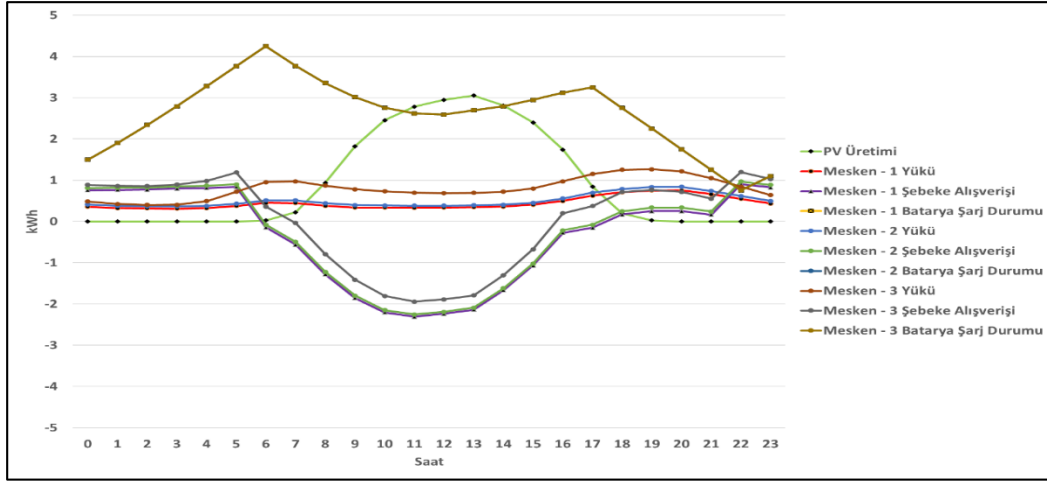
Çizelge 4.54 : Kastamonu ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8120.92
NPV (\$)	376.54
IRR (%)	16.69%
PP (yıl)	4.96
DPBP (yıl)	5.10
PI	1.09

4.4.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.37’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.55’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.56’da ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.37 : Eskişehir ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.55 : Eskişehir ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺549.35	₺901.66	₺688.17	₺848.58	₺1,035.61	₺722.87
Şubat	₺431.51	₺1,014.72	₺532.38	₺952.84	₺817.96	₺793.01
Mart	₺405.86	₺1,461.79	₺485.16	₺1,395.70	₺745.77	₺1,189.85
Nisan	₺346.56	₺1,333.53	₺396.28	₺1,289.59	₺602.26	₺1,070.79
Mayıs	₺336.93	₺1,568.26	₺367.77	₺1,539.98	₺519.73	₺1,329.03
Haziran	₺293.23	₺1,691.13	₺311.43	₺1,672.80	₺508.79	₺1,359.75
Temmuz	₺303.78	₺1,835.30	₺322.94	₺1,818.71	₺696.21	₺1,293.46
Ağustos	₺318.28	₺1,815.62	₺339.08	₺1,798.50	₺680.17	₺1,307.04
Eylül	₺330.42	₺1,667.33	₺356.13	₺1,647.84	₺740.07	₺1,241.88
Ekim	₺391.52	₺1,337.61	₺453.06	₺1,299.22	₺693.88	₺1,131.66
Kasım	₺435.70	₺992.93	₺534.98	₺943.17	₺784.52	₺814.48
Aralık	₺539.65	₺727.76	₺666.46	₺677.71	₺945.73	₺579.42
Toplam	₺4,682.78	₺16,347.63	₺5,453.84	₺15,884.65	₺8,770.69	₺12,833.24

Çizelge 4.56 : Eskişehir ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺352.32	₺160.41	-₺312.75
Şubat	₺583.21	₺420.46	-₺24.95
Mart	₺1,055.92	₺910.55	₺444.08
Nisan	₺986.97	₺893.31	₺468.53
Mayıs	₺1,231.33	₺1,172.21	₺809.30
Haziran	₺1,397.91	₺1,361.37	₺850.96
Temmuz	₺1,531.52	₺1,495.77	₺597.26
Ağustos	₺1,497.34	₺1,459.43	₺626.87
Eylül	₺1,336.91	₺1,291.71	₺501.82
Ekim	₺946.10	₺846.16	₺437.79
Kasım	₺557.23	₺408.19	₺29.96
Aralık	₺188.11	₺11.24	-₺366.31
Toplam	₺11,664.85	₺10,430.80	₺4,062.55

Çizelge 4.57’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.57 : Eskişehir ili ekonomik analiz sonuçları.

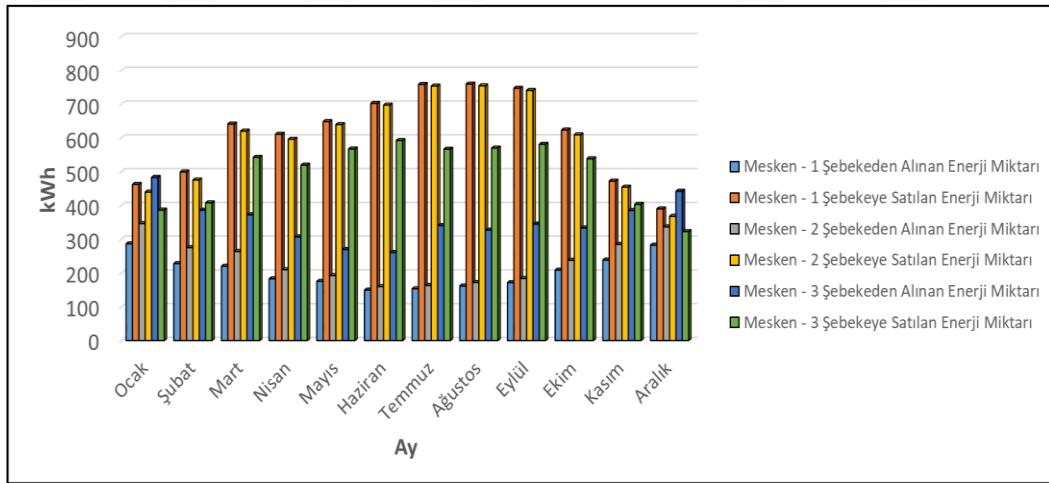
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8120.92
NPV (\$)	-1714.71
IRR (%)	8.43%
PP (yıl)	6.63
DPBP (yıl)	8.78
PI	0.70

4.4.2 Konya ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.4.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.38’de üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.58’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.59’da ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.38 : Konya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.58 : Konya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺697.21	₺1,054.80	₺837.19	₺1,002.88	₺1,188.46	₺880.99
Şubat	₺541.37	₺1,146.96	₺647.58	₺1,090.42	₺933.86	₺931.29
Mart	₺520.69	₺1,478.81	₺616.29	₺1,429.04	₺899.63	₺1,245.91
Nisan	₺425.64	₺1,407.08	₺484.19	₺1,371.98	₺726.27	₺1,189.28
Mayıs	₺401.39	₺1,494.19	₺439.44	₺1,473.12	₺630.70	₺1,301.48
Haziran	₺337.85	₺1,622.35	₺362.19	₺1,610.15	₺619.66	₺1,357.22
Temmuz	₺344.09	₺1,757.17	₺368.20	₺1,745.53	₺815.62	₺1,294.43
Ağustos	₺370.75	₺1,756.47	₺396.35	₺1,744.17	₺786.88	₺1,302.14
Eylül	₺405.40	₺1,718.62	₺435.31	₺1,703.32	₺847.82	₺1,325.94
Ekim	₺503.66	₺1,424.13	₺570.19	₺1,390.72	₺815.47	₺1,227.62
Kasım	₺587.74	₺1,076.61	₺695.63	₺1,035.46	₺958.29	₺919.88
Aralık	₺692.04	₺888.88	₺819.11	₺839.09	₺1,093.39	₺735.82
Toplam	₺5,827.83	₺16,826.06	₺6,671.71	₺16,435.89	₺10,316.06	₺13,711.99

Çizelge 4.59 : Konya ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺357.59	₺165.69	-₺307.47
Şubat	₺605.59	₺442.84	-₺2.58
Mart	₺958.12	₺812.74	₺346.28
Nisan	₺981.44	₺887.78	₺463.00
Mayıs	₺1,092.80	₺1,033.68	₺670.78
Haziran	₺1,284.50	₺1,247.96	₺737.55
Temmuz	₺1,413.08	₺1,377.33	₺478.81
Ağustos	₺1,385.73	₺1,347.81	₺515.26
Eylül	₺1,313.22	₺1,268.01	₺478.12
Ekim	₺920.47	₺820.53	₺412.16
Kasım	₺488.87	₺339.83	-₺38.40
Aralık	₺196.84	₺19.98	-₺357.58
Toplam	₺10,998.23	₺9,764.18	₺3,395.93

Çizelge 4.60'de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

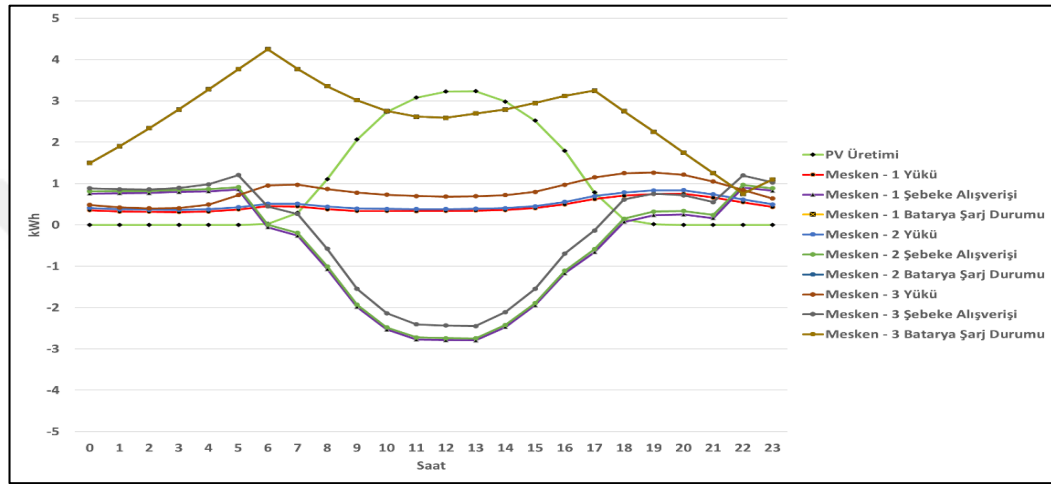
Çizelge 4.60 : Konya ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8756.23
NPV (\$)	791.78
IRR (%)	18.51%
PP (yıl)	4.60
DPBP (yıl)	4.71
PI	1.19

4.4.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.39’da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.61’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.62’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.39 : Konya ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.61 : Konya ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺538.58	₺1,072.39	₺672.95	₺1,014.86	₺1,017.01	₺885.76
Şubat	₺433.83	₺1,197.62	₺534.32	₺1,135.36	₺803.86	₺959.48
Mart	₺418.66	₺1,551.93	₺500.85	₺1,488.74	₺770.17	₺1,291.59
Nisan	₺351.31	₺1,502.25	₺402.12	₺1,459.40	₺615.38	₺1,247.88
Mayıs	₺339.66	₺1,608.32	₺370.28	₺1,579.83	₺527.26	₺1,373.90
Haziran	₺292.01	₺1,745.30	₺311.62	₺1,728.36	₺517.06	₺1,423.39
Temmuz	₺306.96	₺1,895.19	₺326.23	₺1,878.71	₺700.27	₺1,354.23
Ağustos	₺314.94	₺1,875.82	₺335.37	₺1,858.33	₺667.79	₺1,358.20
Eylül	₺327.41	₺1,810.84	₺353.85	₺1,792.07	₺722.44	₺1,370.77
Ekim	₺385.90	₺1,480.80	₺447.35	₺1,442.32	₺664.14	₺1,250.73
Kasım	₺435.26	₺1,094.35	₺533.80	₺1,043.85	₺787.47	₺919.29
Aralık	₺518.53	₺891.95	₺640.14	₺836.70	₺908.49	₺727.49
Toplam	₺4,663.04	₺17,726.73	₺5,428.88	₺17,258.53	₺8,701.33	₺14,162.73

Çizelge 4.62 : Konya ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺533.81	₺341.91	-₺131.25
Şubat	₺763.78	₺601.04	₺155.62
Mart	₺1,133.27	₺987.89	₺521.43
Nisan	₺1,150.94	₺1,057.28	₺632.50
Mayıs	₺1,268.67	₺1,209.55	₺846.64
Haziran	₺1,453.28	₺1,416.74	₺906.34
Temmuz	₺1,588.23	₺1,552.48	₺653.96
Ağustos	₺1,560.87	₺1,522.96	₺690.41
Eylül	₺1,483.43	₺1,438.23	₺648.34
Ekim	₺1,094.90	₺994.97	₺586.59
Kasım	₺659.08	₺510.05	₺131.81
Aralık	₺373.42	₺196.56	-₺181.00
Toplam	₺13,063.70	₺11,829.65	₺5,461.40

Çizelge 4.63’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.63 : Konya ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8756.23
NPV (\$)	-1299.47
IRR (%)	10.12%
PP (yıl)	6.15
DPBP (yıl)	7.27
PI	0.77

4.5 Marmara Bölgesi

Marmara bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Çanakkale ve İstanbul illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65’de sırasıyla Çanakkale ve İstanbul illerine ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

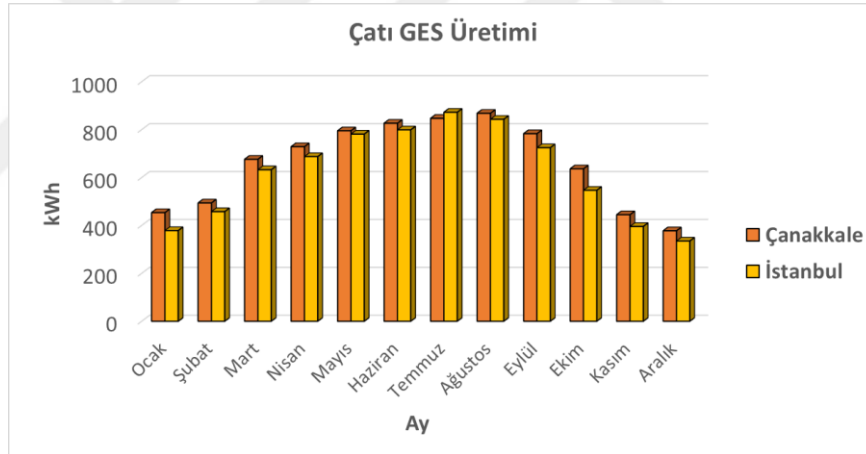
Çizelge 4.64 : Çanakkale iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	1.75	0.79	0.41	4.81
Şubat	2.53	1.09	0.44	5.23
Mart	3.69	1.50	0.48	8.25
Nisan	4.86	1.93	0.50	13.60
Mayıs	5.98	2.20	0.54	19.14
Haziran	6.98	2.16	0.60	23.86
Temmuz	6.87	2.06	0.61	26.26
Ağustos	6.27	1.74	0.61	25.88
Eylül	4.90	1.45	0.58	22.21
Ekim	3.11	1.20	0.48	16.98
Kasım	1.95	0.87	0.42	10.78
Aralık	1.45	0.70	0.38	6.06

Çizelge 4.65 : İstanbul iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

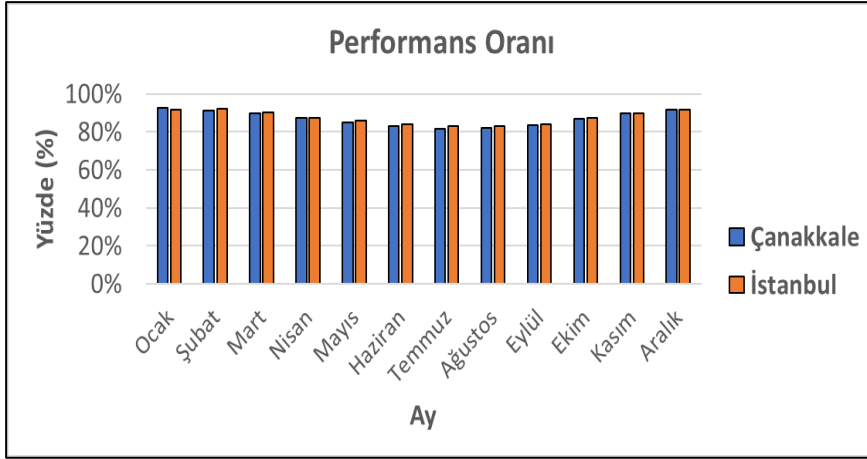
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	1.52	0.76	0.37	5.88
Şubat	2.27	1.06	0.40	5.70
Mart	3.39	1.49	0.45	7.79
Nisan	4.60	1.94	0.48	12.07
Mayıs	5.79	2.21	0.53	16.73
Haziran	6.63	2.26	0.57	21.32
Temmuz	6.87	2.05	0.61	23.64
Ağustos	5.92	1.82	0.58	23.75
Eylül	4.54	1.52	0.54	20.96
Ekim	2.75	1.20	0.44	16.80
Kasım	1.73	0.84	0.38	11.47
Aralık	1.27	0.66	0.35	7.42

Çanakkale ve İstanbul illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.40'da verilmiştir.

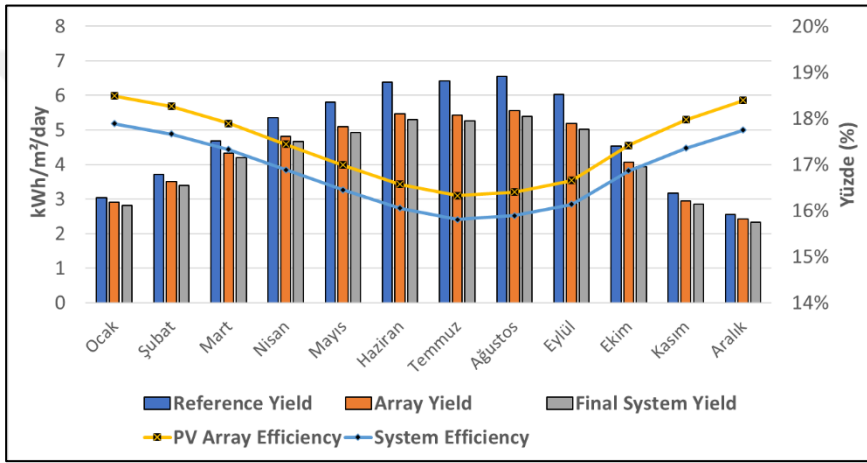


Şekil 4.40 : Çanakkale ve İstanbul illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

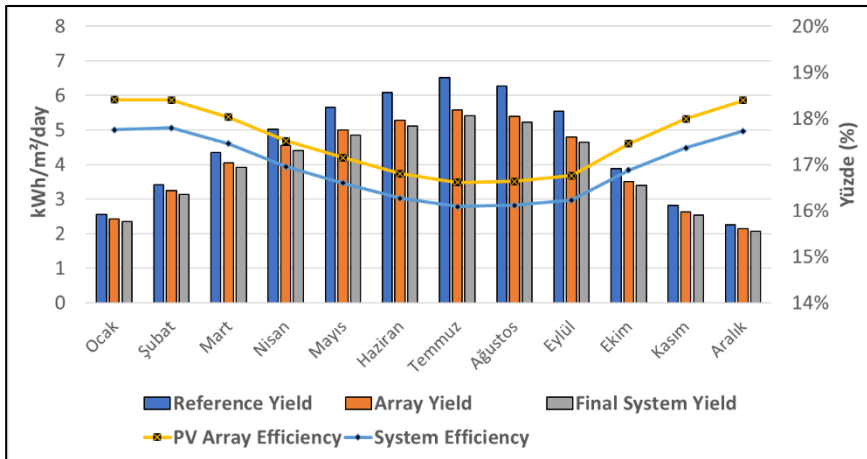
Şekil 4.41 ve Şekil 4.44 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1'de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Çanakkale ve İstanbul iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Çanakkale ve İstanbul illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



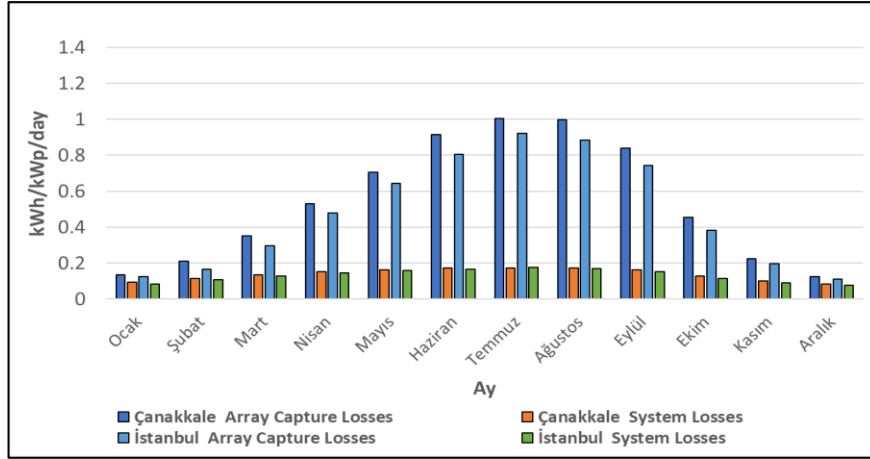
Şekil 4.41 : Çanakkale ve İstanbul illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.42 : Çanakkale iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.43 : İstanbul iline ait verimlilik grafiği.



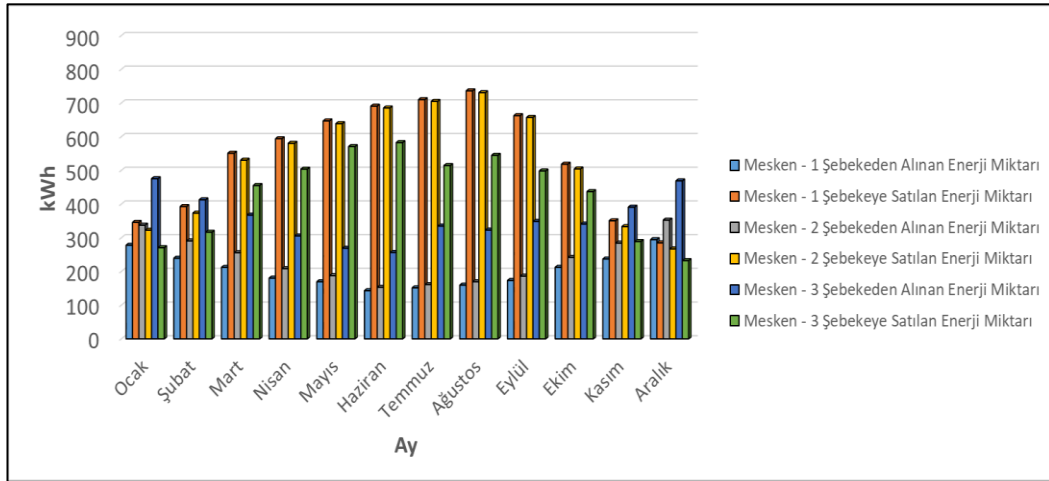
Şekil 4.44 : Çanakkale ve İstanbul illerine ait kayıplar grafiği.

4.5.1 Çanakkale ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.5.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.45'da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.66'da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.67'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.45 : Çanakkale ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.66 : Çanakkale ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺667.40	₺792.04	₺804.80	₺737.53	₺1,158.10	₺617.67
Şubat	₺567.43	₺905.77	₺684.05	₺859.63	₺996.24	₺726.41
Mart	₺489.26	₺1,277.45	₺585.21	₺1,228.02	₺873.38	₺1,049.72
Nisan	₺409.83	₺1,378.77	₺471.08	₺1,346.37	₺712.05	₺1,162.55
Mayıs	₺376.46	₺1,503.64	₺415.84	₺1,483.90	₺614.52	₺1,319.68
Haziran	₺313.69	₺1,609.50	₺336.82	₺1,596.09	₺594.72	₺1,343.59
Temmuz	₺333.56	₺1,659.82	₺355.99	₺1,646.49	₺789.18	₺1,181.17
Ağustos	₺356.28	₺1,716.57	₺380.40	₺1,702.78	₺761.58	₺1,251.40
Eylül	₺400.81	₺1,533.46	₺432.57	₺1,520.02	₺842.13	₺1,139.69
Ekim	₺508.30	₺1,186.38	₺575.22	₺1,153.37	₺826.75	₺996.52
Kasım	₺577.47	₺799.97	₺686.31	₺759.77	₺963.21	₺658.43
Aralık	₺718.11	₺649.42	₺853.88	₺608.32	₺1,152.88	₺529.76
Toplam	₺5,718.62	₺15,012.78	₺6,582.18	₺14,642.30	₺10,284.73	₺11,976.60

Çizelge 4.67 : Çanakkale ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺124.63	-₺67.27	-₺540.43
Şubat	₺338.34	₺175.59	-₺269.83
Mart	₺788.18	₺642.81	₺176.34
Nisan	₺968.94	₺875.29	₺450.50
Mayıs	₺1,127.18	₺1,068.06	₺705.16
Haziran	₺1,295.81	₺1,259.27	₺748.87
Temmuz	₺1,326.26	₺1,290.50	₺391.99
Ağustos	₺1,360.29	₺1,322.38	₺489.82
Eylül	₺1,132.65	₺1,087.45	₺297.56
Ekim	₺678.08	₺578.14	₺169.77
Kasım	₺222.50	₺73.46	-₺304.77
Aralık	-₺68.70	-₺245.56	-₺623.11
Toplam	₺9,294.17	₺8,060.12	₺1,691.86

Çizelge 4.68’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

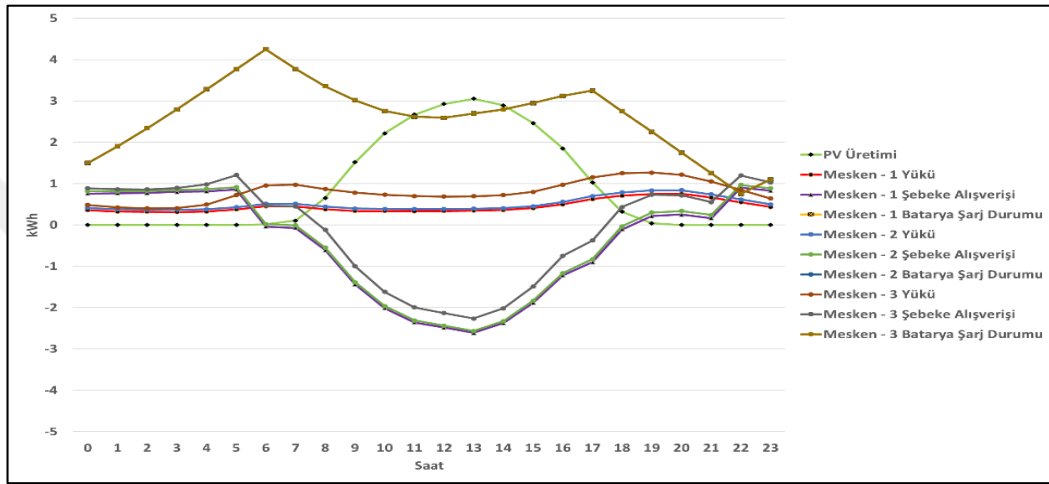
Çizelge 4.68 : Çanakkale ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7932.19
NPV (\$)	253.18
IRR (%)	16.14%
PP (yıl)	5.07
DPBP (yıl)	5.10
PI	1.06

4.5.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.46’da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.69’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.70’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.46 : Çanakkale ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.69 : Çanakkale ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺530.67	₺831.52	₺661.51	₺770.46	₺1,002.13	₺637.92
Şubat	₺443.11	₺939.65	₺549.89	₺883.68	₺852.49	₺740.86
Mart	₺405.18	₺1,368.51	₺484.02	₺1,301.97	₺742.23	₺1,093.72
Nisan	₺347.40	₺1,485.84	₺397.52	₺1,442.31	₺593.13	₺1,213.13
Mayıs	₺333.88	₺1,636.93	₺365.20	₺1,609.13	₺513.69	₺1,394.72
Haziran	₺289.80	₺1,754.39	₺307.43	₺1,735.49	₺492.84	₺1,410.49
Temmuz	₺303.05	₺1,804.45	₺320.85	₺1,786.50	₺673.75	₺1,240.89
Ağustos	₺311.19	₺1,846.63	₺331.79	₺1,829.31	₺647.16	₺1,312.13
Eylül	₺324.70	₺1,627.57	₺348.97	₺1,606.63	₺710.33	₺1,178.10
Ekim	₺394.14	₺1,246.66	₺454.08	₺1,206.66	₺688.79	₺1,032.99
Kasım	₺444.26	₺836.97	₺541.79	₺785.47	₺802.18	₺667.62
Aralık	₺546.07	₺653.95	₺677.61	₺608.63	₺968.22	₺521.68
Toplam	₺4,673.44	₺16,033.07	₺5,440.65	₺15,566.23	₺8,686.92	₺12,444.25

Çizelge 4.70 : Çanakkale ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺300.86	₺108.95	-₺364.21
Şubat	₺496.53	₺333.79	-₺111.63
Mart	₺963.33	₺817.96	₺351.49
Nisan	₺1,138.44	₺1,044.79	₺620.00
Mayıs	₺1,303.05	₺1,243.93	₺881.02
Haziran	₺1,464.59	₺1,428.06	₺917.65
Temmuz	₺1,501.40	₺1,465.65	₺567.14
Ağustos	₺1,535.44	₺1,497.53	₺664.97
Eylül	₺1,302.86	₺1,257.66	₺467.77
Ekim	₺852.52	₺752.58	₺344.20
Kasım	₺392.71	₺243.68	-₺134.56
Aralık	₺107.88	-₺68.98	-₺446.53
Toplam	₺11,359.63	₺10,125.59	₺3,757.33

Çizelge 4.71’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.71 : Çanakkale ili ekonomik analiz sonuçları.

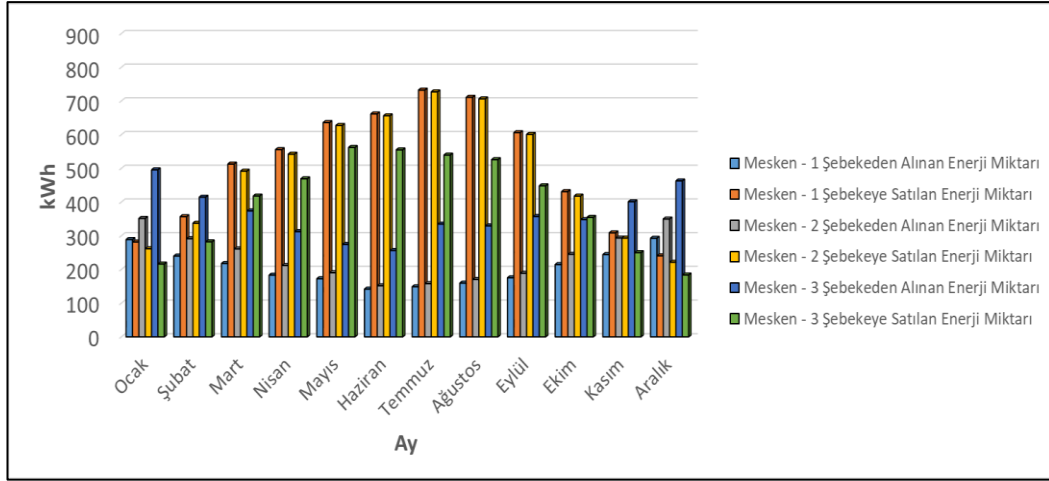
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7932.19
NPV (\$)	-1838.07
IRR (%)	7.92%
PP (yıl)	6.79
DPBP (yıl)	8.95
PI	0.68

4.5.2 İstanbul ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.5.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.47’de üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.72’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.73’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.47 : İstanbul ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.72 : İstanbul ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺699.85	₺642.43	₺845.59	₺596.27	₺1,214.89	₺492.40
Şubat	₺568.99	₺820.15	₺685.57	₺773.99	₺1,001.71	₺644.71
Mart	₺508.52	₺1,187.09	₺603.43	₺1,136.63	₺894.88	₺961.61
Nisan	₺422.44	₺1,283.50	₺484.18	₺1,251.58	₺735.10	₺1,077.72
Mayıs	₺390.00	₺1,470.57	₺428.82	₺1,450.28	₺635.80	₺1,294.36
Haziran	₺312.35	₺1,535.57	₺335.24	₺1,521.92	₺600.84	₺1,277.11
Temmuz	₺327.76	₺1,703.40	₺349.97	₺1,689.85	₺794.05	₺1,235.42
Ağustos	₺359.31	₺1,649.42	₺385.66	₺1,637.86	₺784.44	₺1,204.09
Eylül	₺412.34	₺1,398.97	₺444.89	₺1,386.31	₺872.10	₺1,023.64
Ekim	₺515.71	₺985.05	₺585.11	₺954.51	₺847.07	₺808.09
Kasım	₺599.62	₺703.47	₺713.60	₺668.41	₺993.01	₺569.58
Aralık	₺714.49	₺547.89	₺848.14	₺504.68	₺1,139.62	₺418.60
Toplam	₺5,831.40	₺13,927.52	₺6,710.21	₺13,572.29	₺10,513.51	₺11,007.33

Çizelge 4.73 : İstanbul ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	-₺57.42	-₺249.33	-₺722.49
Şubat	₺251.16	₺88.41	-₺357.00
Mart	₺678.57	₺533.20	₺66.73
Nisan	₺861.06	₺767.40	₺342.62
Mayıs	₺1,080.58	₺1,021.46	₺658.55
Haziran	₺1,223.22	₺1,186.68	₺676.27
Temmuz	₺1,375.64	₺1,339.89	₺441.37
Ağustos	₺1,290.11	₺1,252.20	₺419.65
Eylül	₺986.63	₺941.43	₺151.54
Ekim	₺469.34	₺369.40	-₺38.98
Kasım	₺103.84	-₺45.20	-₺423.43
Aralık	-₺166.60	-₺343.46	-₺721.02
Toplam	₺8,096.12	₺6,862.07	₺493.82

Çizelge 4.74’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

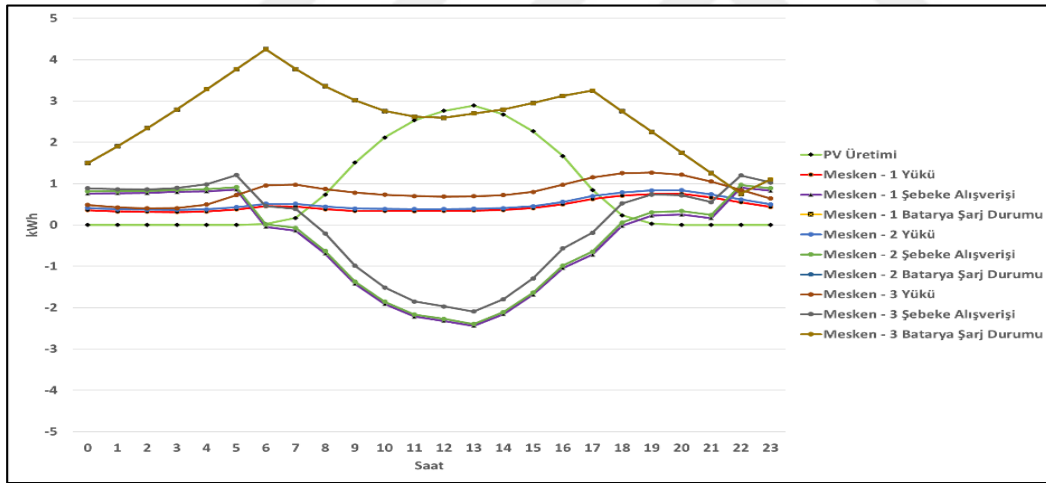
Çizelge 4.74 : İstanbul ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7454.68
NPV (\$)	-58.92
IRR (%)	14.74%
PP (yıl)	5.40
DPBP (yıl)	5.57
PI	0.99

4.5.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.48’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.75’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.76’da ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.48 : İstanbul ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.75 : İstanbul ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺557.44	₺676.24	₺699.02	₺625.91	₺1,062.71	₺516.45
Şubat	₺448.64	₺858.00	₺554.08	₺800.69	₺851.22	₺652.42
Mart	₺407.61	₺1,261.33	₺488.89	₺1,197.24	₺764.11	₺1,005.99
Nisan	₺352.95	₺1,383.51	₺404.21	₺1,341.11	₺617.49	₺1,129.61
Mayıs	₺337.06	₺1,593.50	₺368.64	₺1,565.96	₺520.61	₺1,355.03
Haziran	₺289.66	₺1,681.66	₺307.44	₺1,662.90	₺498.96	₺1,344.02
Temmuz	₺300.09	₺1,850.88	₺318.95	₺1,833.99	₺675.05	₺1,291.58
Ağustos	₺312.44	₺1,777.70	₺333.08	₺1,760.43	₺664.27	₺1,259.07
Eylül	₺333.27	₺1,490.12	₺358.94	₺1,470.58	₺746.25	₺1,068.00
Ekim	₺392.72	₺1,036.49	₺453.86	₺997.69	₺695.82	₺831.28
Kasım	₺454.05	₺728.11	₺556.97	₺681.99	₺826.15	₺572.94
Aralık	₺548.23	₺558.21	₺680.08	₺513.20	₺970.17	₺425.73
Toplam	₺4,734.16	₺14,895.75	₺5,524.16	₺14,451.70	₺8,892.82	₺11,452.11

Çizelge 4.76 : İstanbul ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺118.80	-₺73.11	-₺546.26
Şubat	₺409.36	₺246.61	-₺198.80
Mart	₺853.72	₺708.35	₺241.88
Nisan	₺1,030.56	₺936.90	₺512.12
Mayıs	₺1,256.44	₺1,197.32	₺834.42
Haziran	₺1,392.00	₺1,355.46	₺845.06
Temmuz	₺1,550.79	₺1,515.04	₺616.52
Ağustos	₺1,465.26	₺1,427.35	₺594.80
Eylül	₺1,156.84	₺1,111.64	₺321.75
Ekim	₺643.77	₺543.83	₺135.46
Kasım	₺274.06	₺125.02	-₺253.22
Aralık	₺9.98	-₺166.88	-₺544.44
Toplam	₺10,161.59	₺8,927.54	₺2,559.29

Çizelge 4.77’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.77 : İstanbul ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	7454.68
NPV (\$)	-2150.17
IRR (%)	6.57%
PP (yıl)	7.23
DPBP (yıl)	12.29
PI	0.62

4.6 Doğu Anadolu Bölgesi

Doğu Anadolu bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Erzurum ve Van illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.78 ve Çizelge 4.79’da sırasıyla Erzurum ve Van illerine ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

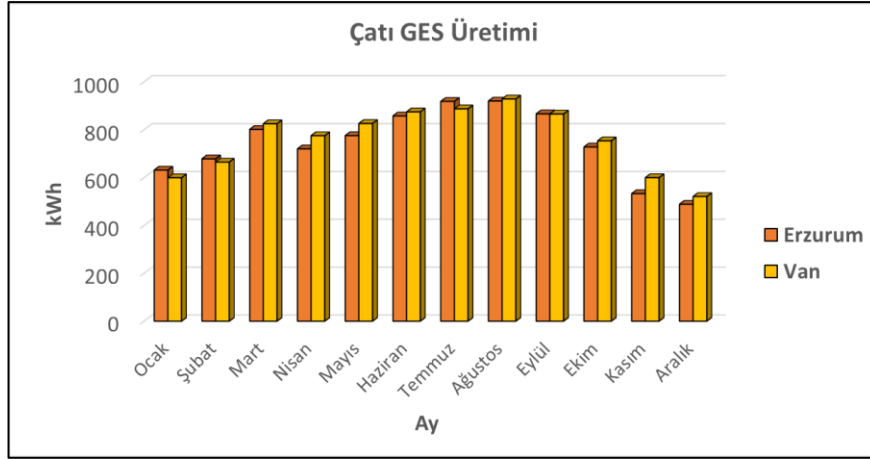
Çizelge 4.78 : Erzurum iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.26	0.76	0.53	-6.96
Şubat	3.21	1.01	0.55	-6.51
Mart	4.27	1.42	0.56	-1.72
Nisan	4.85	1.96	0.50	5.69
Mayıs	5.80	2.25	0.53	10.84
Haziran	7.28	2.05	0.63	15.15
Temmuz	7.46	1.84	0.66	19.53
Ağustos	6.65	1.62	0.65	18.93
Eylül	5.45	1.29	0.64	15.03
Ekim	3.58	1.12	0.55	9.02
Kasım	2.25	0.87	0.48	1.56
Aralık	1.79	0.71	0.47	-4.44

Çizelge 4.79 : Van iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

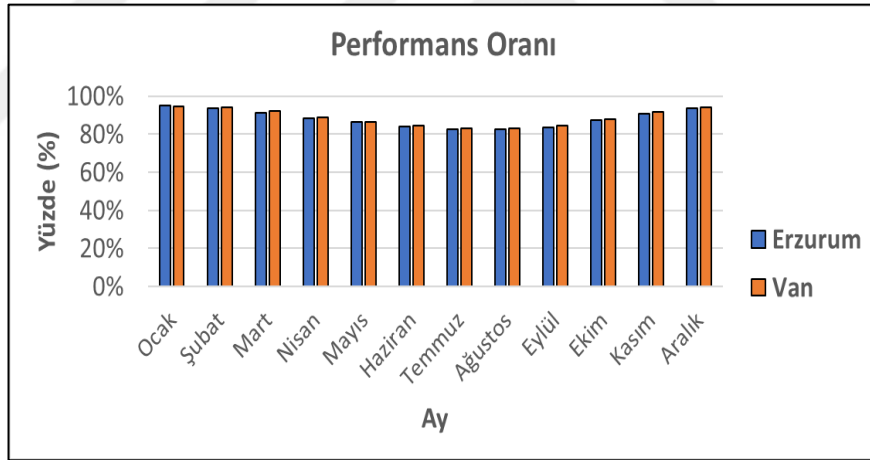
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.30	0.81	0.51	-6.91
Şubat	3.23	1.06	0.54	-5.98
Mart	4.31	1.47	0.55	-1.02
Nisan	5.18	1.93	0.53	5.98
Mayıs	6.16	2.18	0.56	11.27
Haziran	7.34	2.04	0.63	16.77
Temmuz	7.13	1.99	0.63	20.83
Ağustos	6.67	1.63	0.65	19.80
Eylül	5.44	1.35	0.63	15.39
Ekim	3.73	1.13	0.56	8.91
Kasım	2.51	0.87	0.51	1.63
Aralık	1.94	0.75	0.47	-4.26

Erzurum ve Van illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.49’da verilmiştir.

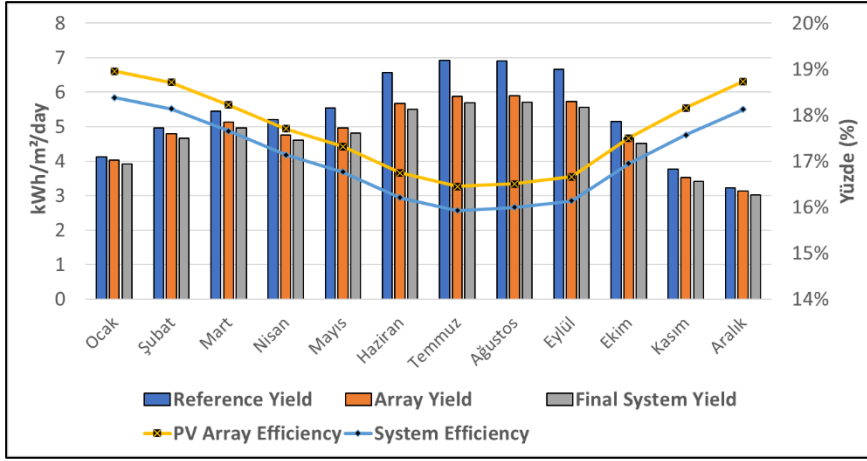


Şekil 4.49 : Erzurum ve Van illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

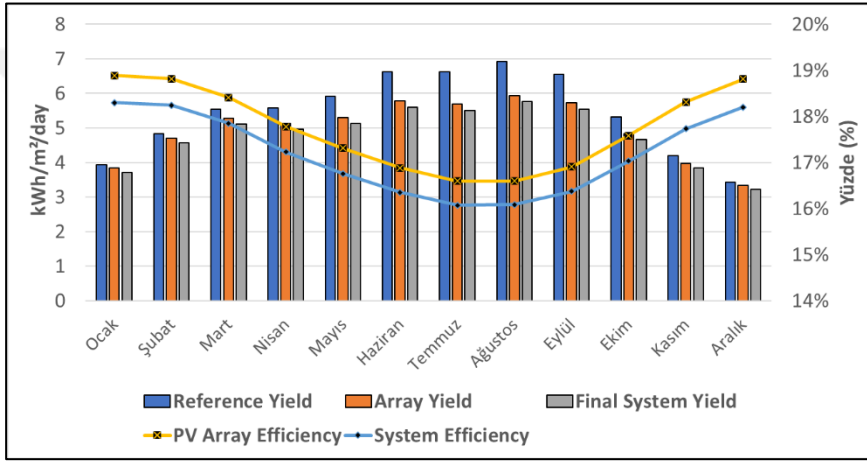
Şekil 4.50 ve Şekil 4.53 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1’de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Erzurum ve Van iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Erzurum ve Van illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



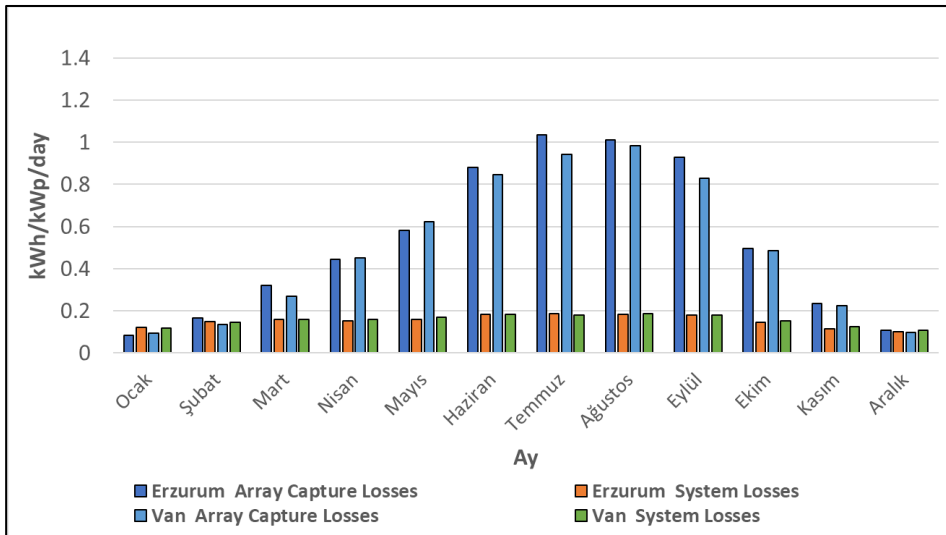
Şekil 4.50 : Erzurum ve Van illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.51 : Erzurum iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.52 : Van iline ait verimlilik grafiği.



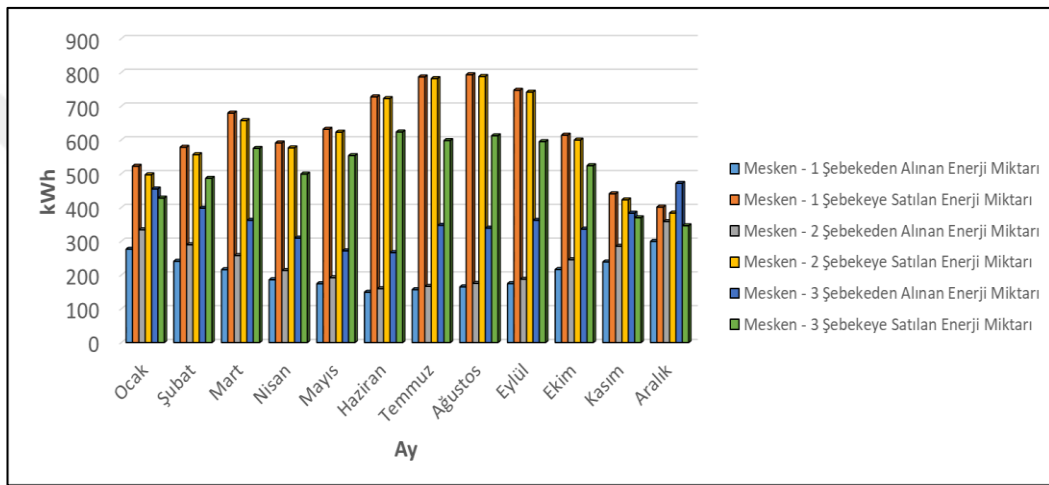
Şekil 4.53 : Erzurum ve Van illerine ait kayıplar grafiği.

4.6.1 Erzurum ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.6.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.54'da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.80'de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.81'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.54 : Erzurum ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.80 : Erzurum ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺677.75	₺1,190.20	₺812.03	₺1,132.58	₺1,128.12	₺975.51
Şubat	₺585.56	₺1,318.71	₺698.22	₺1,268.62	₺983.70	₺1,108.69
Mart	₺514.47	₺1,552.23	₺607.69	₺1,500.08	₺885.06	₺1,310.99
Nisan	₺440.88	₺1,349.32	₺500.59	₺1,315.37	₺747.57	₺1,137.57
Mayıs	₺407.95	₺1,443.19	₺446.75	₺1,422.87	₺649.85	₺1,263.07
Haziran	₺347.90	₺1,666.09	₺372.55	₺1,654.20	₺650.43	₺1,421.67
Temmuz	₺363.72	₺1,803.39	₺387.73	₺1,791.64	₺858.38	₺1,363.78
Ağustos	₺386.46	₺1,814.48	₺411.90	₺1,802.00	₺838.50	₺1,396.05
Eylül	₺419.15	₺1,703.75	₺451.49	₺1,690.89	₺907.05	₺1,356.56
Ekim	₺534.54	₺1,400.14	₺601.39	₺1,367.05	₺836.77	₺1,194.05
Kasım	₺588.87	₺1,004.17	₺696.98	₺963.24	₺954.41	₺842.43
Aralık	₺731.31	₺914.12	₺868.38	₺874.33	₺1,160.35	₺788.74
Toplam	₺5,998.58	₺17,159.79	₺6,855.71	₺16,782.87	₺10,600.19	₺14,159.10

Çizelge 4.81 : Erzurum ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺512.46	₺320.55	-₺152.61
Şubat	₺733.15	₺570.40	₺124.98
Mart	₺1,037.76	₺892.39	₺425.92
Nisan	₺908.44	₺814.78	₺390.00
Mayıs	₺1,035.24	₺976.12	₺613.21
Haziran	₺1,318.19	₺1,281.65	₺771.25
Temmuz	₺1,439.66	₺1,403.91	₺505.40
Ağustos	₺1,428.02	₺1,390.11	₺557.55
Eylül	₺1,284.60	₺1,239.39	₺449.50
Ekim	₺865.60	₺765.66	₺357.29
Kasım	₺415.30	₺266.26	-₺111.97
Aralık	₺182.81	₺5.94	-₺371.61
Toplam	₺11,161.21	₺9,927.16	₺3,558.91

Çizelge 4.82’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

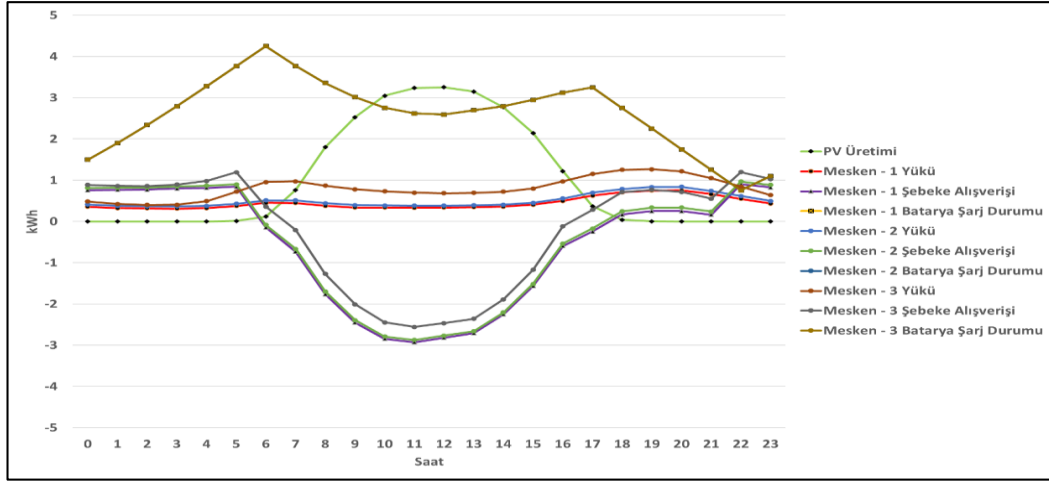
Çizelge 4.82 : Erzurum ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8919.81
NPV (\$)	898.69
IRR (%)	18.97%
PP (yıl)	4.51
DPBP (yıl)	4.62
PI	1.21

4.6.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.55’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.83’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.84’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.55 : Erzurum ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.83 : Erzurum ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺527.70	₺1,216.38	₺659.79	₺1,156.57	₺969.37	₺992.99
Şubat	₺445.27	₺1,336.62	₺554.67	₺1,283.27	₺834.22	₺1,117.40
Mart	₺421.54	₺1,634.46	₺502.59	₺1,570.13	₺745.74	₺1,346.82
Nisan	₺362.40	₺1,440.34	₺415.10	₺1,399.38	₺629.36	₺1,188.86
Mayıs	₺352.57	₺1,563.67	₺386.37	₺1,538.35	₺547.63	₺1,336.71
Haziran	₺302.33	₺1,789.30	₺322.43	₺1,772.86	₺543.53	₺1,483.56
Temmuz	₺308.00	₺1,922.81	₺327.60	₺1,906.66	₺735.50	₺1,416.04
Ağustos	₺317.14	₺1,920.31	₺339.55	₺1,904.80	₺710.92	₺1,443.62
Eylül	₺335.53	₺1,790.34	₺363.36	₺1,772.97	₺784.80	₺1,404.52
Ekim	₺404.58	₺1,444.62	₺470.00	₺1,410.10	₺701.30	₺1,233.02
Kasım	₺465.19	₺1,050.70	₺564.84	₺1,001.31	₺813.54	₺871.78
Aralık	₺594.00	₺953.38	₺725.52	₺908.04	₺1,002.98	₺807.95
Toplam	₺4,836.25	₺18,062.93	₺5,631.81	₺17,624.44	₺9,018.90	₺14,643.28

Çizelge 4.84 : Erzurum ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺688.68	₺496.77	₺23.62
Şubat	₺891.34	₺728.60	₺283.18
Mart	₺1,212.91	₺1,067.54	₺601.07
Nisan	₺1,077.94	₺984.28	₺559.50
Mayıs	₺1,211.10	₺1,151.98	₺789.08
Haziran	₺1,486.97	₺1,450.44	₺940.03
Temmuz	₺1,614.81	₺1,579.06	₺680.55
Ağustos	₺1,603.17	₺1,565.26	₺732.70
Eylül	₺1,454.81	₺1,409.61	₺619.72
Ekim	₺1,040.04	₺940.10	₺531.72
Kasım	₺585.51	₺436.47	₺58.24
Aralık	₺359.39	₺182.52	-₺195.03
Toplam	₺13,226.68	₺11,992.63	₺5,624.38

Çizelge 4.85’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.85 : Erzurum ili ekonomik analiz sonuçları.

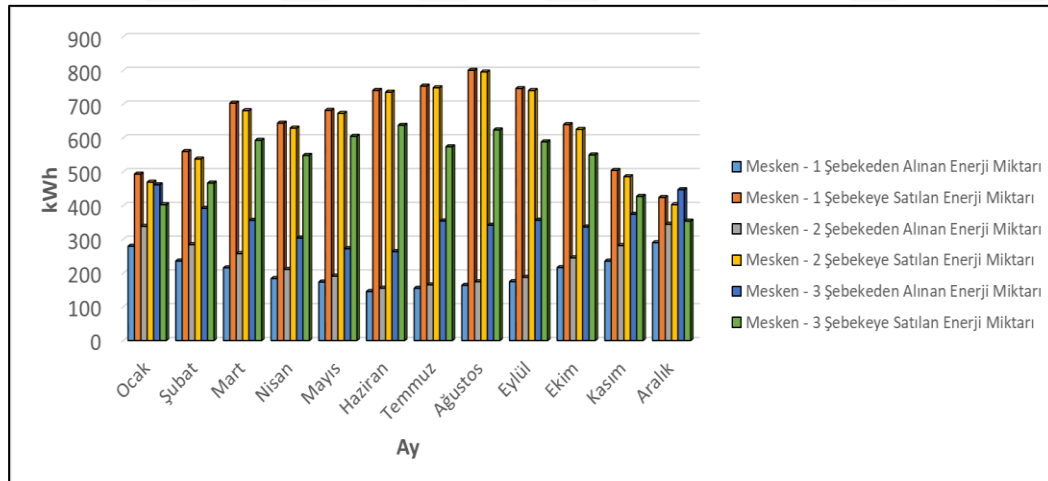
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8919.81
NPV (\$)	-1192.56
IRR (%)	10.54%
PP (yıl)	6.04
DPBP (yıl)	7.15
PI	0.79

4.6.2 Van ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.6.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.56’da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.86’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.87’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.56 : Van ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.86 : Van ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺684.29	₺1,123.97	₺821.71	₺1,069.48	₺1,142.68	₺917.30
Şubat	₺574.24	₺1,275.93	₺686.84	₺1,225.79	₺969.68	₺1,063.21
Mart	₺516.51	₺1,603.31	₺610.64	₺1,552.06	₺876.91	₺1,351.87
Nisan	₺438.74	₺1,467.64	₺499.26	₺1,434.50	₺739.62	₺1,250.08
Mayıs	₺408.58	₺1,554.72	₺447.41	₺1,534.42	₺654.97	₺1,379.08
Haziran	₺339.15	₺1,692.24	₺362.79	₺1,679.34	₺647.23	₺1,453.37
Temmuz	₺361.82	₺1,722.52	₺385.90	₺1,710.86	₺881.96	₺1,308.41
Ağustos	₺385.09	₺1,826.94	₺411.21	₺1,815.15	₺850.69	₺1,422.08
Eylül	₺423.11	₺1,701.10	₺455.68	₺1,688.47	₺898.80	₺1,341.70
Ekim	₺534.10	₺1,457.83	₺601.42	₺1,425.21	₺838.09	₺1,253.50
Kasım	₺581.11	₺1,148.74	₺687.68	₺1,106.27	₺933.24	₺973.59
Aralık	₺708.87	₺965.71	₺837.42	₺917.40	₺1,103.77	₺806.19
Toplam	₺5,955.62	₺17,540.65	₺6,807.96	₺17,158.95	₺10,537.63	₺14,520.37

Çizelge 4.87 : Van ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺439.68	₺247.77	-₺225.39
Şubat	₺701.69	₺538.94	₺93.53
Mart	₺1,086.80	₺941.43	₺474.96
Nisan	₺1,028.89	₺935.24	₺510.46
Mayıs	₺1,146.14	₺1,087.02	₺724.11
Haziran	₺1,353.09	₺1,316.55	₺806.14
Temmuz	₺1,360.71	₺1,324.95	₺426.44
Ağustos	₺1,441.85	₺1,403.94	₺571.39
Eylül	₺1,277.99	₺1,232.79	₺442.90
Ekim	₺923.72	₺823.78	₺415.41
Kasım	₺567.63	₺418.59	₺40.36
Aralık	₺256.84	₺79.98	-₺297.57
Toplam	₺11,585.04	₺10,350.99	₺3,982.73

Çizelge 4.88’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

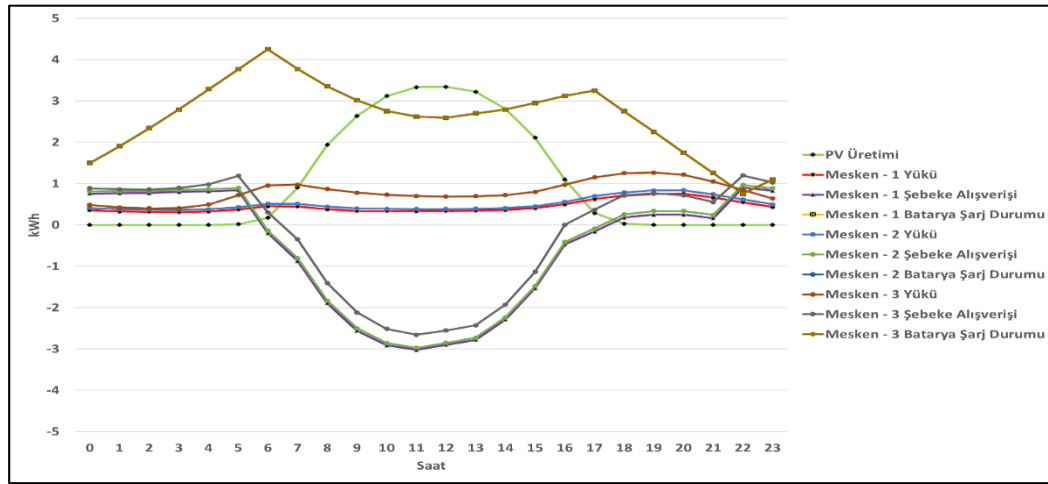
Çizelge 4.88 : Van ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	9122.25
NPV (\$)	1031.01
IRR (%)	19.53%
PP (yıl)	4.41
DPBP (yıl)	4.52
PI	1.24

4.6.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.57’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.89’da meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.90’da ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.57 : Van ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.89 : Van ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺545.98	₺1,161.88	₺683.50	₺1,107.49	₺1,002.06	₺952.90
Şubat	₺443.17	₺1,303.06	₺551.75	₺1,248.89	₺824.65	₺1,076.38
Mart	₺417.30	₺1,679.25	₺496.95	₺1,613.53	₺732.95	₺1,383.06
Nisan	₺358.43	₺1,556.82	₺410.11	₺1,514.85	₺612.94	₺1,292.90
Mayıs	₺349.54	₺1,671.55	₺383.84	₺1,646.72	₺543.53	₺1,443.50
Haziran	₺296.60	₺1,818.47	₺316.36	₺1,801.69	₺535.12	₺1,510.05
Temmuz	₺313.34	₺1,849.20	₺333.03	₺1,833.14	₺762.29	₺1,363.88
Ağustos	₺317.33	₺1,934.33	₺340.43	₺1,919.52	₺721.14	₺1,467.67
Eylül	₺334.04	₺1,782.25	₺362.33	₺1,765.33	₺775.87	₺1,388.98
Ekim	₺405.35	₺1,503.51	₺469.78	₺1,468.00	₺705.50	₺1,295.34
Kasım	₺459.65	₺1,197.49	₺556.25	₺1,145.06	₺789.07	₺999.64
Aralık	₺566.21	₺999.64	₺691.32	₺947.88	₺950.91	₺829.92
Toplam	₺4,806.94	₺18,457.44	₺5,595.65	₺18,012.10	₺8,956.03	₺15,004.23

Çizelge 4.90 : Van ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺615.90	₺423.99	-₺49.16
Şubat	₺859.89	₺697.14	₺251.73
Mart	₺1,261.95	₺1,116.58	₺650.11
Nisan	₺1,198.39	₺1,104.74	₺679.96
Mayıs	₺1,322.00	₺1,262.88	₺899.98
Haziran	₺1,521.87	₺1,485.34	₺974.93
Temmuz	₺1,535.86	₺1,500.11	₺601.59
Ağustos	₺1,617.00	₺1,579.09	₺746.53
Eylül	₺1,448.21	₺1,403.00	₺613.11
Ekim	₺1,098.16	₺998.22	₺589.85
Kasım	₺737.84	₺588.80	₺210.57
Aralık	₺433.42	₺256.56	-₺120.99
Toplam	₺13,650.50	₺12,416.45	₺6,048.20

Çizelge 4.91’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.91 : Van ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	9122.25
NPV (\$)	-1060.24
IRR (%)	11.05%
PP (yıl)	5.91
DPBP (yıl)	7.01
PI	0.81

4.7 Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılan çatı GES uygulamasında Diyarbakır ve Şanlıurfa illeri ele alınmış ve buralarda enerji üretimi tahminlemesi yapılmıştır. Çizelge 4.92 Diyarbakır iline ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.92 : Diyarbakır iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

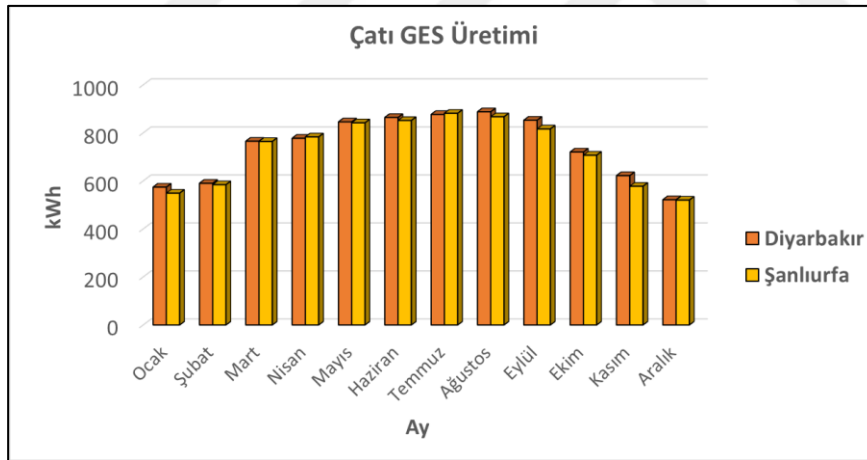
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.24	0.86	0.48	2.34
Şubat	3.04	1.14	0.50	3.19
Mart	4.24	1.51	0.54	7.73
Nisan	5.35	1.91	0.55	14.02
Mayıs	6.56	2.08	0.59	19.99
Haziran	7.57	1.96	0.65	25.84
Temmuz	7.46	1.86	0.66	30.54
Ağustos	6.70	1.65	0.65	29.64
Eylül	5.59	1.33	0.64	24.69
Ekim	3.73	1.19	0.55	17.95
Kasım	2.69	0.88	0.53	9.83
Aralık	2.01	0.78	0.48	4.01

Çizelge 4.93’de sırasıyla Şanlıurfa iline ait meteorolojik veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.93 : Şanlıurfa iline ait aylık ortalama meteorolojik veriler.

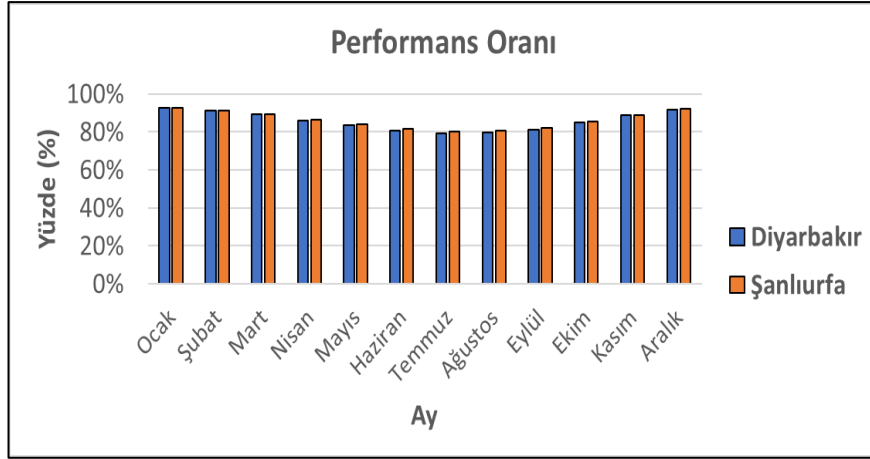
Aylar	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Ocak	2.19	0.87	0.46	1.88
Şubat	3.00	1.15	0.48	2.83
Mart	4.23	1.51	0.53	7.28
Nisan	5.38	1.91	0.55	13.60
Mayıs	6.55	2.08	0.59	19.16
Haziran	7.50	1.99	0.65	24.00
Temmuz	7.48	1.85	0.66	28.21
Ağustos	6.54	1.72	0.63	27.61
Eylül	5.38	1.42	0.61	23.36
Ekim	3.66	1.21	0.53	17.13
Kasım	2.57	0.91	0.50	9.15
Aralık	1.95	0.78	0.45	3.48

Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait aylık çatı GES enerji üretim grafiği Şekil 4.58’de verilmiştir.

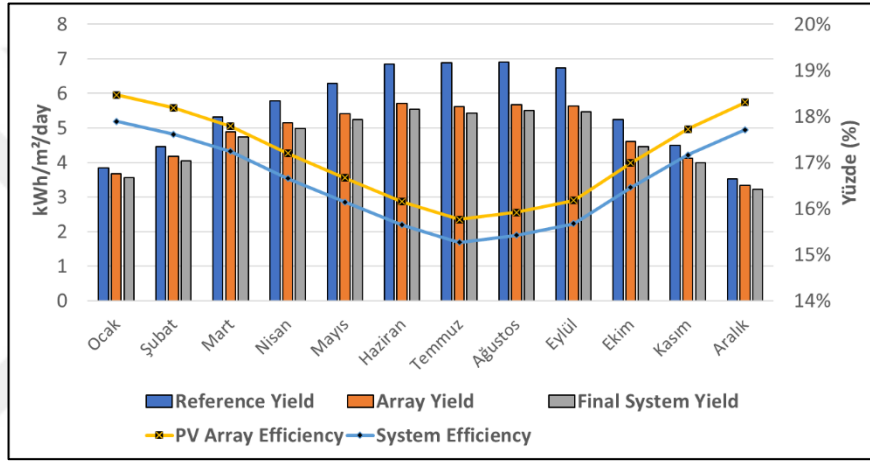


Şekil 4.58 : Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait çatı GES elektrik üretim grafiği.

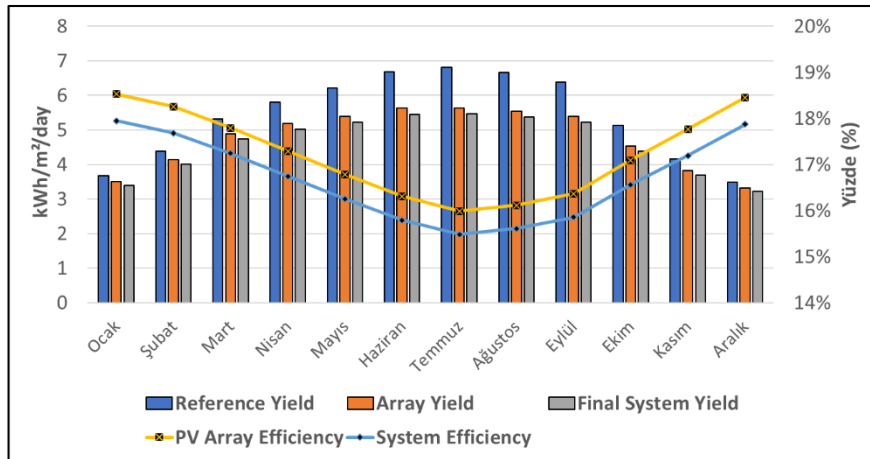
Şekil 4.59 ve Şekil 4.62 arasında PVsyst programında illere ait bölüm 3.1’de bahsedilen performans endeksleri sonuçları yer almaktadır. Sırasıyla Diyarbakır ve Şanlıurfa iline ait çatı GES sisteminin performansının karşılaştırılmasını yapıldığı grafik, Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait ayrı olarak verimlilik değerlerini ve yine iki il içinde kayıpların karşılaştırıldığı grafikler göstermektedir.



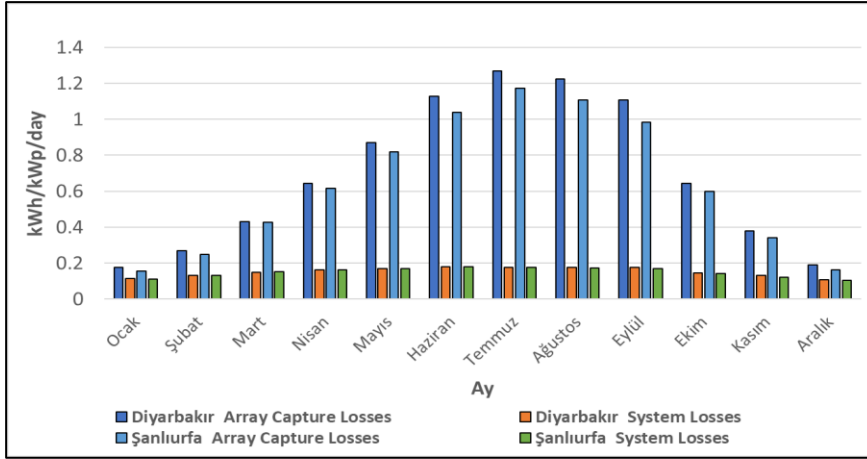
Şekil 4.59 : Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait çatı GES performans oranı grafiği.



Şekil 4.60 : Diyarbakır iline ait verimlilik grafiği.



Şekil 4.61 : Şanlıurfa iline ait verimlilik grafiği.



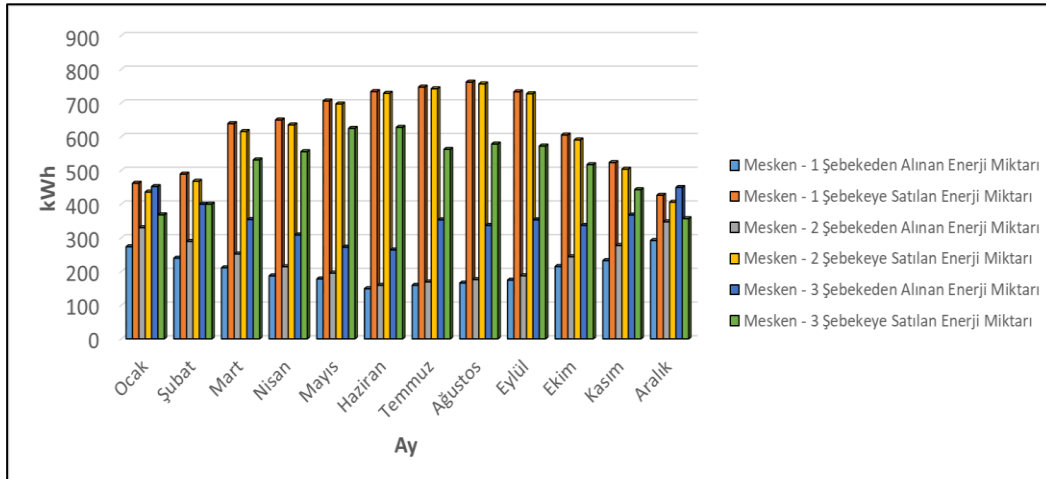
Şekil 4.62 : Diyarbakır ve Şanlıurfa illerine ait kayıplar grafiği.

4.7.1 Diyarbakır ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.7.1.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES'in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.63'de üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.94'de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.95'de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.63 : Diyarbakır ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.94 : Diyarbakır ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺670.50	₺1,052.88	₺802.66	₺993.14	₺1,121.50	₺838.83
Şubat	₺579.87	₺1,114.74	₺694.24	₺1,066.36	₺984.50	₺911.21
Mart	₺501.70	₺1,458.31	₺592.90	₺1,404.14	₺865.83	₺1,210.60
Nisan	₺442.21	₺1,482.11	₺501.54	₺1,447.79	₺745.00	₺1,266.46
Mayıs	₺415.80	₺1,611.04	₺454.11	₺1,590.24	₺651.14	₺1,424.36
Haziran	₺345.32	₺1,679.37	₺369.60	₺1,667.12	₺643.61	₺1,430.72
Temmuz	₺368.47	₺1,712.17	₺392.56	₺1,700.51	₺872.51	₺1,281.95
Ağustos	₺387.70	₺1,742.95	₺413.14	₺1,730.47	₺833.35	₺1,318.13
Eylül	₺416.85	₺1,671.33	₺448.99	₺1,658.26	₺885.19	₺1,304.57
Ekim	₺531.08	₺1,379.23	₺597.34	₺1,345.55	₺838.61	₺1,178.44
Kasım	₺574.17	₺1,192.40	₺678.52	₺1,147.72	₺918.42	₺1,009.38
Aralık	₺713.38	₺971.25	₺843.39	₺924.40	₺1,109.71	₺813.17
Toplam	₺5,947.02	₺17,067.78	₺6,788.98	₺16,675.69	₺10,469.37	₺13,987.83

Çizelge 4.95 : Diyarbakır ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺382.39	₺190.48	-₺282.67
Şubat	₺534.87	₺372.12	-₺73.29
Mart	₺956.61	₺811.24	₺344.77
Nisan	₺1,039.90	₺946.25	₺521.46
Mayıs	₺1,195.24	₺1,136.12	₺773.22
Haziran	₺1,334.05	₺1,297.52	₺787.11
Temmuz	₺1,343.70	₺1,307.95	₺409.44
Ağustos	₺1,355.25	₺1,317.33	₺484.78
Eylül	₺1,254.48	₺1,209.27	₺419.38
Ekim	₺848.15	₺748.21	₺339.84
Kasım	₺618.24	₺469.20	₺90.96
Aralık	₺257.87	₺81.01	-₺296.54
Toplam	₺11,120.76	₺9,886.71	₺3,518.45

Çizelge 4.96’da ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

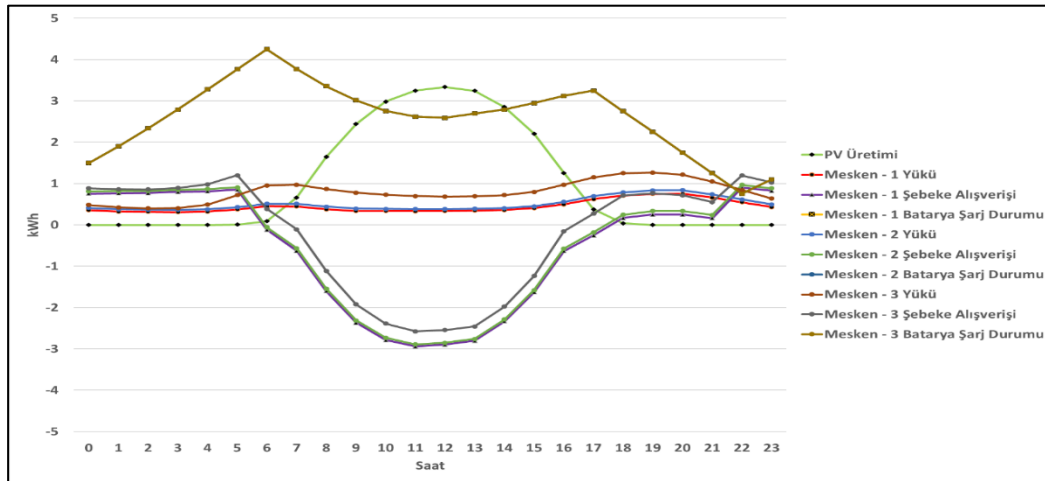
Çizelge 4.96 : Diyarbakır ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8899.39
NPV (\$)	885.35
IRR (%)	18.91%
PP (yıl)	4.52
DPBP (yıl)	4.64
PI	1.21

4.7.1.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.64’de üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.97’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.98’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.64 : Diyarbakır ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.97 : Diyarbakır ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺521.47	₺1,080.08	₺651.93	₺1,018.64	₺965.11	₺858.65
Şubat	₺448.46	₺1,141.53	₺557.38	₺1,087.70	₺838.88	₺923.79
Mart	₺404.82	₺1,536.58	₺482.37	₺1,468.76	₺717.05	₺1,236.98
Nisan	₺362.33	₺1,571.73	₺415.11	₺1,530.86	₺624.16	₺1,315.13
Mayıs	₺345.35	₺1,716.46	₺379.25	₺1,691.24	₺538.28	₺1,487.36
Haziran	₺297.19	₺1,800.03	₺316.93	₺1,783.23	₺530.44	₺1,486.34
Temmuz	₺309.46	₺1,828.31	₺328.89	₺1,811.99	₺744.43	₺1,329.01
Ağustos	₺316.07	₺1,846.47	₺338.43	₺1,830.92	₺709.80	₺1,369.73
Eylül	₺330.96	₺1,755.65	₺358.26	₺1,737.75	₺756.90	₺1,346.50
Ekim	₺398.90	₺1,421.49	₺464.02	₺1,386.67	₺699.15	₺1,213.42
Kasım	₺447.71	₺1,236.16	₺544.36	₺1,183.77	₺778.24	₺1,039.42
Aralık	₺554.17	₺988.62	₺679.44	₺937.04	₺943.11	₺823.14
Toplam	₺4,736.89	₺17,923.11	₺5,516.38	₺17,468.56	₺8,845.56	₺14,429.48

Çizelge 4.98 : Diyarbakır ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺558.61	₺366.70	-₺106.45
Şubat	₺693.07	₺530.32	₺84.91
Mart	₺1,131.76	₺986.39	₺519.92
Nisan	₺1,209.40	₺1,115.75	₺690.96
Mayıs	₺1,371.11	₺1,311.99	₺949.08
Haziran	₺1,502.84	₺1,466.30	₺955.90
Temmuz	₺1,518.85	₺1,483.10	₺584.59
Ağustos	₺1,530.40	₺1,492.48	₺659.93
Eylül	₺1,424.69	₺1,379.49	₺589.60
Ekim	₺1,022.58	₺922.65	₺514.27
Kasım	₺788.45	₺639.41	₺261.18
Aralık	₺434.46	₺257.59	-₺119.96
Toplam	₺13,186.22	₺11,952.18	₺5,583.92

Çizelge 4.99’da ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.99 : Diyarbakır ili ekonomik analiz sonuçları.

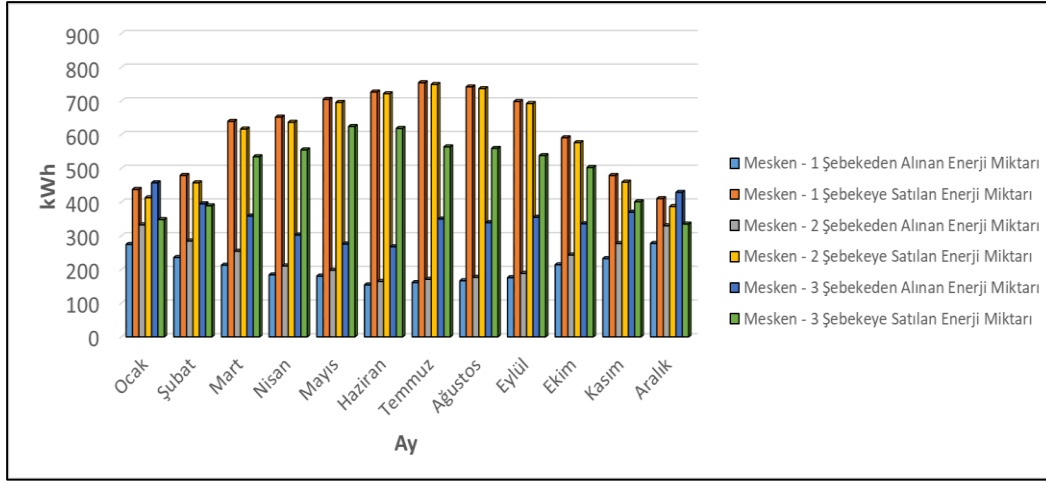
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8899.39
NPV (\$)	-1205.90
IRR (%)	10.49%
PP (yıl)	6.05
DPBP (yıl)	7.17
PI	0.79

4.7.2 Şanlıurfa ili uygulama sonuçları ve ekonomik analiz hesaplaması

4.7.2.1 Çatı GES bağlı senaryo

Burada meskenlere sadece Çatı GES’in bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.65’da üç meskene ait aylık olarak enerji akış grafiği verilmiştir. Çizelge 4.100’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.101’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.65 : Şanlıurfa ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.100 : Şanlıurfa ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺672.56	₺997.63	₺807.95	₺941.12	₺1,133.34	₺793.35
Şubat	₺567.76	₺1,092.84	₺680.23	₺1,042.56	₺969.86	₺886.78
Mart	₺506.00	₺1,462.09	₺597.97	₺1,408.69	₺874.47	₺1,218.73
Nisan	₺433.13	₺1,490.01	₺490.27	₺1,453.50	₺726.66	₺1,265.11
Mayıs	₺420.14	₺1,610.54	₺458.10	₺1,589.39	₺655.45	₺1,423.83
Haziran	₺357.08	₺1,664.85	₺381.47	₺1,652.71	₺649.31	₺1,410.13
Temmuz	₺373.28	₺1,729.99	₺397.20	₺1,718.16	₺862.96	₺1,285.41
Ağustos	₺389.33	₺1,699.43	₺414.88	₺1,687.07	₺835.51	₺1,275.15
Eylül	₺420.13	₺1,594.39	₺451.26	₺1,580.32	₺887.26	₺1,226.44
Ekim	₺527.53	₺1,347.23	₺594.28	₺1,314.04	₺834.60	₺1,145.99
Kasım	₺574.53	₺1,091.79	₺678.35	₺1,046.57	₺924.14	₺914.13
Aralık	₺680.44	₺935.32	₺803.52	₺881.54	₺1,062.92	₺763.38
Toplam	₺5,921.89	₺16,716.13	₺6,755.47	₺16,315.67	₺10,416.48	₺13,608.42

Çizelge 4.101 : Şanlıurfa ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺325.07	₺133.17	-₺339.99
Şubat	₺525.08	₺362.33	-₺83.08
Mart	₺956.10	₺810.72	₺344.26
Nisan	₺1,056.88	₺963.23	₺538.45
Mayıs	₺1,190.41	₺1,131.29	₺768.38
Haziran	₺1,307.77	₺1,271.23	₺760.83
Temmuz	₺1,356.72	₺1,320.96	₺422.45
Ağustos	₺1,310.10	₺1,272.19	₺439.64
Eylül	₺1,174.27	₺1,129.06	₺339.17
Ekim	₺819.70	₺719.76	₺311.39
Kasım	₺517.26	₺368.22	-₺10.01
Aralık	₺254.88	₺78.02	-₺299.54
Toplam	₺10,794.24	₺9,560.19	₺3,191.94

Çizelge 4.102’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

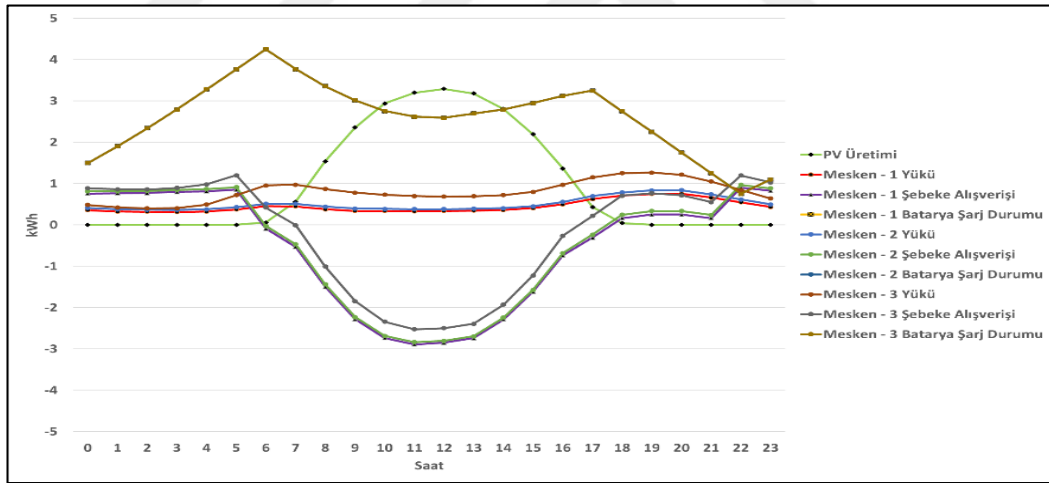
Çizelge 4.102 : Şanlıurfa ili ekonomik analiz sonuçları.

Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8745.62
NPV (\$)	784.84
IRR (%)	18.48%
PP (yıl)	4.60
DPBP (yıl)	4.72
PI	1.18

4.7.2.2 Çatı GES ve EDS bağlı senaryo

Burada meskenlere Çatı GES ve EDS bağlı olduğu duruma ait uygulama ve hesaplama sonuçları verilmiştir.

Şekil 4.66’da üç meskene ait yıllık boyunca enerji akışının ortalama saatlik grafiği verilmiştir. Çizelge 4.103’de meskenlerin elektrik faturaları ve ilgili ayda şebekeye satılan enerjinin Türk Lirası karşılıkları yer almaktadır. Çizelge 4.104’de ise meskenlerin aylık kar durumları paylaşılmıştır.



Şekil 4.66 : Şanlıurfa ili mesken kullanıcıları enerji akış grafiği.

Çizelge 4.103 : Şanlıurfa ili meskenlere ait alınan ve satılan elektrik tutarları.

Ay	Mesken - 1		Mesken - 2		Mesken - 3	
	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı	Elektrik Faturası	Şebekeye Satılan Enerji Tutarı
Ocak	₺524.43	₺1,025.73	₺657.27	₺966.66	₺974.75	₺810.98
Şubat	₺441.59	₺1,124.87	₺548.71	₺1,069.24	₺824.24	₺899.36
Mart	₺417.96	₺1,549.21	₺496.45	₺1,482.33	₺737.97	₺1,257.38
Nisan	₺353.38	₺1,579.76	₺405.73	₺1,538.46	₺610.43	₺1,318.38
Mayıs	₺344.15	₺1,710.42	₺377.33	₺1,684.48	₺542.56	₺1,486.80
Haziran	₺298.86	₺1,775.41	₺318.67	₺1,758.69	₺538.31	₺1,467.93
Temmuz	₺311.08	₺1,842.95	₺330.55	₺1,826.66	₺737.70	₺1,335.30
Ağustos	₺318.54	₺1,803.79	₺340.49	₺1,787.83	₺708.78	₺1,323.57
Eylül	₺335.48	₺1,679.96	₺363.14	₺1,662.42	₺762.28	₺1,271.67
Ekim	₺399.17	₺1,393.31	₺463.72	₺1,357.92	₺696.27	₺1,182.09
Kasım	₺433.51	₺1,120.98	₺528.63	₺1,067.06	₺764.03	₺924.23
Aralık	₺530.99	₺962.45	₺653.41	₺908.01	₺911.48	₺788.52
Toplam	₺4,709.15	₺17,568.85	₺5,484.12	₺17,109.79	₺8,808.80	₺14,066.21

Çizelge 4.104 : Şanlıurfa ili meskenlere ait net kar durumları.

Ay	Mesken - 1 Net Kar	Mesken - 2 Net Kar	Mesken - 3 Net Kar
Ocak	₺501.29	₺309.39	-₺163.77
Şubat	₺683.28	₺520.53	₺75.12
Mart	₺1,131.25	₺985.87	₺519.41
Nisan	₺1,226.39	₺1,132.73	₺707.95
Mayıs	₺1,366.27	₺1,307.15	₺944.25
Haziran	₺1,476.56	₺1,440.02	₺929.61
Temmuz	₺1,531.87	₺1,496.11	₺597.60
Ağustos	₺1,485.25	₺1,447.34	₺614.79
Eylül	₺1,344.48	₺1,299.28	₺509.39
Ekim	₺994.14	₺894.20	₺485.82
Kasım	₺687.47	₺538.44	₺160.20
Aralık	₺431.46	₺254.60	-₺122.96
Toplam	₺12,859.71	₺11,625.66	₺5,257.41

Çizelge 4.105’de ekonomik analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.105 : Şanlıurfa ili ekonomik analiz sonuçları.

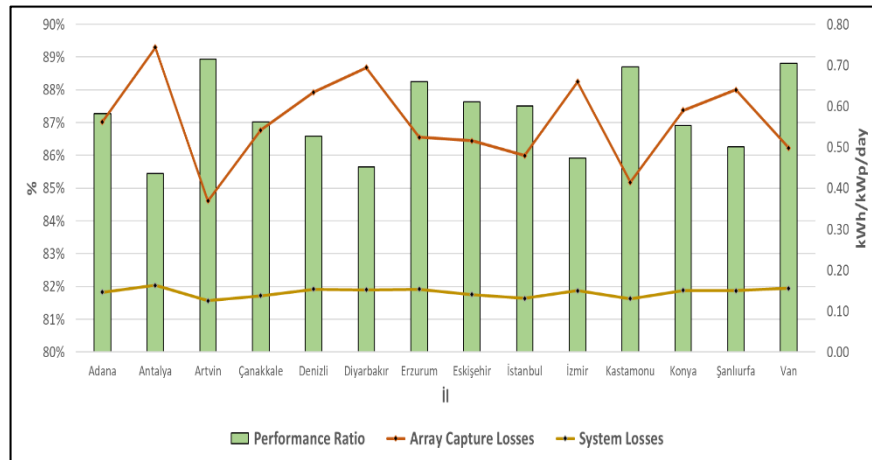
Parametre	Değer
PV Üretim Toplamı (kWh)	8745.62
NPV (\$)	-1306.41
IRR (%)	10.09%
PP (yıl)	6.16
DPBP (yıl)	8.28
PI	0.77

5. SONUÇLARIN ÖZETİ

Bu bölümde, bölüm 4’de elde edilen uygulama sonuçları özet tablolar halinde paylaşılmıştır. Sonuçların yorumlanması bölüm 6’da verilmiştir. Çizelge 5.1’de meteorolojik verilerin illere göre yıllık ortalama değerleri yer almaktadır. Şekil 5.1’de çatı GES sisteminin yıllık illere göre ortalama performans sonuçları ve kayıplara ait değerler verilmiştir. Çizelge 5.2’de ise çatı GES sisteminin bir yıllık süreçte illere göre üretim sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 5.1 : Ortalama meteoroloji sonuçları.

İl	Günlük Radyasyon kWh/m ² /day	Yatay Difüz Radyasyon kWh/m ² /day	Berraklık İndeksi	Sıcaklık °C
Adana	4.52	1.50	0.53	13.48
Antalya	5.15	1.33	0.61	16.93
Artvin	3.60	1.56	0.45	9.92
Çanakkale	4.19	1.47	0.51	15.25
Denizli	4.75	1.43	0.57	14.27
Diyarbakır	4.76	1.43	0.57	15.81
Erzurum	4.57	1.41	0.56	6.34
Eskişehir	4.26	1.49	0.52	11.30
İstanbul	3.94	1.48	0.47	14.46
İzmir	4.68	1.41	0.56	16.49
Kastamonu	3.83	1.52	0.47	11.05
Konya	4.64	1.47	0.55	11.88
Şanlıurfa	4.70	1.45	0.55	14.81
Van	4.66	1.43	0.56	6.87



Şekil 5.1 : Ortalama performans oranı ve kayıplar grafiği.

PR bir güneş enerjisi sisteminin gerçek enerji üretiminin, teorik olarak üretebileceği enerjiye oranını ifade eder. Bu oran genellikle yüzde olarak ifade edilir ve güneş enerjisi sisteminin verimliliğini gösterir. Daha yüksek bir PR değeri, sistemin daha verimli çalıştığını ve daha az kayıp yaşadığını gösterirken, daha düşük bir PR değeri ise sistemin beklenenden daha az verimli olduğunu veya daha fazla kayıp yaşadığını gösterir. PR değeri, güneş enerjisi sistemlerinin performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için önemli bir ölçüttür. Bu değer, güneş ışıınımı, panel verimliliği, sistem kayıpları ve diğer faktörler gibi birçok değişkeni dikkate alarak hesaplanır. Yukarıdaki şekilde Antalya ve Artvin illeri karşılaştırıldığında her ne kadar performans değerleri olarak Artvin daha yüksek orana sahip olarak görülse de çizelge 5.2’de üretim değerleri incelendiğinde üretimin en fazla Antalya ilinde görülmektedir. Performans değerini etkileyen diğer faktörler sebebiyle şekil 5.1’deki gibi bir sonuç ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.2 : Çalışma yapılan illerde çatı GES üretim değerleri (kWh).

Çatı GES Aylık Üretim Değerleri														
	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
Ay	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	396.7	398.5	556.9	588.5	584.4	557.7	480.8	561.6	453.6	378.6	631.3	599.4	574.2	549.1
Şubat	445.8	457.2	583.0	652.4	584.7	552.8	532.9	611.9	494.0	457.7	678.5	664.9	590.2	584.3
Mart	629.5	592.0	724.1	843.8	774.8	754.9	720.6	758.5	676.2	632.6	801.4	825.2	765.4	764.4
Nisan	639.1	635.4	704.4	841.5	761.2	763.7	669.0	743.1	728.8	687.5	720.2	775.2	777.7	783.4
Mayıs	759.4	712.8	766.0	923.1	835.3	848.9	771.6	791.2	795.2	781.4	775.5	826.2	846.0	842.1
Haziran	779.4	731.1	841.8	939.1	889.4	873.9	803.0	832.1	826.7	799.1	857.8	874.8	864.3	851.7
Temmuz	845.0	717.3	912.9	968.1	922.6	914.8	866.7	893.9	847.2	872.5	918.6	887.4	876.9	881.7
Ağustos	818.9	691.3	897.9	971.7	909.0	908.9	860.0	889.5	868.4	843.2	920.2	928.7	888.0	867.1
Eylül	733.7	670.1	806.9	920.1	874.5	843.2	802.7	869.6	783.2	724.7	866.6	865.7	852.7	816.6
Ekim	613.7	590.0	754.4	814.9	769.1	734.3	679.9	745.2	636.3	546.7	728.1	753.7	720.4	707.2
Kasım	449.2	471.3	542.8	610.9	574.1	541.2	520.4	565.0	444.9	395.7	533.1	599.9	622.1	577.8
Aralık	357.3	377.5	495.7	521.7	505.1	465.0	413.4	494.7	377.7	335.0	488.6	521.1	521.6	520.2
Toplam	7467.7	7044.4	8586.8	9595.7	8984.3	8759.6	8120.9	8756.2	7932.2	7454.7	8919.8	9122.2	8899.4	8745.6

5.1 Çatı GES Bağlı Senaryo

Bu bölümde mesken kullanıcılara çatı GES dahil edilerek illere ait enerji ve net para akışlarına yer verilmiştir. Çizelge 5.3’de üç zaman diliminde meskenlerin yük ve enerji akış miktarları yer almaktadır.

Çizelge 5.3 : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.

İl	Adana	Antalya	Denizli	Van	Artvin	İstanbul	Çanakkale	Eskişehir	Kastamonu	Diyarbakır	Erzurum	Konya	İzmir	Şanlıurfa
Mesken - 1 Yüğü	3900 kWh													
Mesken - 2 Yüğü	4434 kWh													
Mesken - 3 Yüğü	7010 kWh													
Saat Aralığı	Mesken - 1 Şebekeden Alınan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	1088	1088	1088	1081	1082	1088	1088	1088	1088	1086	1083	1088	1088	1087
06:00 - 17:00	258	287	318	216	282	358	375	325	317	242	255	299	348	242
17:00 - 22:00	1110	1037	1014	1169	1170	1033	988	1045	1096	1147	1155	1072	989	1139
Genel Toplam	2456	2412	2420	2466	2535	2479	2450	2458	2500	2475	2493	2459	2424	2468
Saat Aralığı	Mesken - 1 Şebekeye Satılan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 17:00	7061	7929	7310	7678	5667	5872	6264	6520	5977	7449	7482	7176	7054	7275
17:00 - 22:00	81	179	194	10	12	161	218	158	90	25	30	139	229	39
Genel Toplam	7142	8107	7504	7688	5679	6033	6482	6679	6068	7474	7512	7315	7284	7314
Saat Aralığı	Mesken - 2 Şebekeden Alınan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	1255	1255	1255	1249	1250	1255	1255	1255	1255	1253	1250	1255	1255	1255
06:00 - 17:00	312	344	382	270	353	436	452	395	389	295	315	362	416	294
17:00 - 22:00	1251	1173	1149	1316	1316	1170	1121	1182	1237	1291	1298	1210	1121	1281
Genel Toplam	2818	2772	2785	2834	2919	2862	2829	2833	2881	2839	2864	2826	2793	2830

Çizelge 5.3 (devamı) : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.

İl	Adana	Antalya	Denizli	Van	Artvin	İstanbul	Çanakkale	Eskişehir	Kastamonu	Diyarbakır	Erzurum	Konya	İzmir	Şanlıurfa
Saat Aralığı	Mesken - 2 Şebekeye Satılan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 17:00	6897	7767	7155	7514	5519	5732	6123	6371	5832	7283	7324	7020	6905	7109
17:00 - 22:00	73	166	180	8	10	150	204	148	83	21	25	129	214	32
Genel Toplam	6971	7934	7335	7522	5529	5882	6326	6519	5915	7304	7349	7148	7118	7141
Saat Aralığı	Mesken - 3 Şebekeden Alınan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	1609	1609	1609	1602	1603	1609	1609	1609	1609	1607	1604	1609	1609	1608
06:00 - 17:00	681	734	815	604	816	935	939	861	839	625	679	785	858	632
17:00 - 22:00	1928	1802	1780	2051	2050	1815	1744	1829	1912	2014	2018	1858	1739	1993
Genel Toplam	4218	4144	4204	4257	4469	4359	4292	4299	4359	4246	4300	4252	4206	4233
Saat Aralığı	Mesken - 3 Şebekeye Satılan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 17:00	5787	6678	6110	6369	4503	4751	5131	5358	4802	6135	6209	5964	5867	5968
17:00 - 22:00	8	51	68	0	0	52	83	51	15	0	0	34	88	0
Genel Toplam	5795	6729	6178	6369	4503	4803	5214	5410	4817	6135	6210	5998	5955	5968

Çizelge 5.4’de mesken – 1’e ait yıllık para akışı yer almaktadır. Tabloda yer alan net kar değerleri oluşturulurken Çizelge 4.7’de yer alan senaryoya göre karşılaştırma yapılarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 5.4 : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.

Mesken - 1 Aylık Net Kar														
	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
Ay	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	-₺22	-₺18	₺344	₺426	₺420	₺365	₺176	₺358	₺125	-₺57	₺512	₺440	₺382	₺325
Şubat	₺216	₺229	₺531	₺699	₺547	₺478	₺425	₺606	₺338	₺251	₺733	₺702	₺535	₺525
Mart	₺650	₺556	₺868	₺1,165	₺1,005	₺971	₺881	₺958	₺788	₺679	₺1,038	₺1,087	₺957	₺956
Nisan	₺738	₺712	₺882	₺1,215	₺1,035	₺1,046	₺817	₺981	₺969	₺861	₺908	₺1,029	₺1,040	₺1,057
Mayıs	₺1,013	₺889	₺1,023	₺1,404	₺1,209	₺1,246	₺1,055	₺1,093	₺1,128	₺1,081	₺1,035	₺1,146	₺1,195	₺1,190
Haziran	₺1,161	₺1,026	₺1,298	₺1,540	₺1,433	₺1,403	₺1,229	₺1,285	₺1,296	₺1,223	₺1,318	₺1,353	₺1,334	₺1,308
Temmuz	₺1,295	₺972	₺1,444	₺1,591	₺1,492	₺1,483	₺1,356	₺1,413	₺1,326	₺1,376	₺1,440	₺1,361	₺1,344	₺1,357
Ağustos	₺1,215	₺900	₺1,391	₺1,582	₺1,444	₺1,452	₺1,322	₺1,386	₺1,360	₺1,290	₺1,428	₺1,442	₺1,355	₺1,310
Eylül	₺995	₺831	₺1,159	₺1,435	₺1,336	₺1,270	₺1,167	₺1,313	₺1,133	₺987	₺1,285	₺1,278	₺1,254	₺1,174
Ekim	₺613	₺550	₺932	₺1,083	₺984	₺906	₺772	₺920	₺678	₺469	₺866	₺924	₺848	₺820
Kasım	₺224	₺274	₺438	₺594	₺512	₺440	₺387	₺489	₺223	₺104	₺415	₺568	₺618	₺517
Aralık	-₺117	-₺71	₺199	₺259	₺223	₺132	₺12	₺197	-₺69	-₺167	₺183	₺257	₺258	₺255
Toplam	₺7,983	₺6,850	₺10,509	₺12,992	₺11,639	₺11,191	₺9,599	₺10,998	₺9,294	₺8,096	₺11,161	₺11,585	₺11,121	₺10,794.24

Çizelge 5.5’de mesken – 2’ye ait yıllık para akışı yer almaktadır. Tabloda yer alan net kar değerleri oluşturulurken Çizelge 4.7’de yer alan senaryoya göre karşılaştırma yapılarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 5.5 : Mesken – 2 net para akışı.

Mesken - 2 Aylık Net Kar														
	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
Ay	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	-₺214	-₺210	₺153	₺234	₺228	₺173	-₺16	₺166	-₺67	-₺249	₺321	₺248	₺190	₺133
Şubat	₺54	₺66	₺368	₺536	₺384	₺315	₺262	₺443	₺176	₺88	₺570	₺539	₺372	₺362
Mart	₺504	₺410	₺722	₺1,019	₺859	₺826	₺735	₺813	₺643	₺533	₺892	₺941	₺811	₺811
Nisan	₺645	₺618	₺788	₺1,121	₺941	₺953	₺724	₺888	₺875	₺767	₺815	₺935	₺946	₺963
Mayıs	₺954	₺830	₺964	₺1,345	₺1,150	₺1,187	₺996	₺1,034	₺1,068	₺1,021	₺976	₺1,087	₺1,136	₺1,131
Haziran	₺1,125	₺989	₺1,261	₺1,504	₺1,396	₺1,366	₺1,193	₺1,248	₺1,259	₺1,187	₺1,282	₺1,317	₺1,298	₺1,271
Temmuz	₺1,259	₺936	₺1,408	₺1,555	₺1,456	₺1,447	₺1,321	₺1,377	₺1,291	₺1,340	₺1,404	₺1,325	₺1,308	₺1,321
Ağustos	₺1,177	₺862	₺1,354	₺1,544	₺1,407	₺1,414	₺1,284	₺1,348	₺1,322	₺1,252	₺1,390	₺1,404	₺1,317	₺1,272
Eylül	₺950	₺786	₺1,114	₺1,390	₺1,291	₺1,225	₺1,121	₺1,268	₺1,087	₺941	₺1,239	₺1,233	₺1,209	₺1,129
Ekim	₺513	₺450	₺833	₺983	₺884	₺806	₺672	₺821	₺578	₺369	₺766	₺824	₺748	₺720
Kasım	₺75	₺125	₺289	₺444	₺363	₺291	₺238	₺340	₺73	-₺45	₺266	₺419	₺469	₺368
Aralık	-₺293	-₺247	₺22	₺82	₺46	-₺45	-₺165	₺20	-₺246	-₺343	₺6	₺80	₺81	₺78
Toplam	₺6,749	₺5,615	₺9,275	₺11,758	₺10,405	₺9,957	₺8,365	₺9,764	₺8,060	₺6,862	₺9,927	₺10,351	₺9,887	₺9,560

Çizelge 5.6’de mesken – 3’e ait yıllık para akışı yer almaktadır. Tabloda yer alan net kar değerleri oluşturulurken Çizelge 4.7’de yer alan senaryoya göre karşılaştırma yapılarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 5.6 : Mesken – 3 net para akışı.

Mesken - 3 Aylık Net Kar														
Ay	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	-₺687	-₺683	-₺321	-₺239	-₺245	-₺300	-₺489	-₺307	-₺540	-₺722	-₺153	-₺225	-₺283	-₺340
Şubat	-₺392	-₺379	-₺77	₺91	-₺62	-₺130	-₺183	-₺3	-₺270	-₺357	₺125	₺94	-₺73	-₺83
Mart	₺38	-₺56	₺256	₺553	₺393	₺359	₺269	₺346	₺176	₺67	₺426	₺475	₺345	₺344
Nisan	₺220	₺193	₺363	₺696	₺516	₺528	₺299	₺463	₺451	₺343	₺390	₺510	₺521	₺538
Mayıs	₺591	₺467	₺601	₺982	₺787	₺824	₺633	₺671	₺705	₺659	₺613	₺724	₺773	₺768
Haziran	₺615	₺479	₺751	₺993	₺886	₺856	₺682	₺738	₺749	₺676	₺771	₺806	₺787	₺761
Temmuz	₺361	₺38	₺510	₺657	₺557	₺549	₺422	₺479	₺392	₺441	₺505	₺426	₺409	₺422
Ağustos	₺344	₺29	₺521	₺712	₺574	₺581	₺452	₺515	₺490	₺420	₺558	₺571	₺485	₺440
Eylül	₺160	-₺4	₺324	₺600	₺501	₺435	₺332	₺478	₺298	₺152	₺450	₺443	₺419	₺339
Ekim	₺105	₺42	₺424	₺575	₺475	₺398	₺263	₺412	₺170	-₺39	₺357	₺415	₺340	₺311
Kasım	-₺303	-₺253	-₺90	₺66	-₺15	-₺88	-₺140	-₺38	-₺305	-₺423	-₺112	₺40	₺91	-₺10
Aralık	-₺671	-₺625	-₺355	-₺296	-₺332	-₺422	-₺543	-₺358	-₺623	-₺721	-₺372	-₺298	-₺297	-₺300
Toplam	₺381	-₺753	₺2,907	₺5,389	₺4,037	₺3,589	₺1,997	₺3,396	₺1,692	₺494	₺3,559	₺3,983	₺3,518	₺3,192

5.2 Çatı GES ve EDS Bağlı Senaryo

Bu bölümde mesken kullanıcılara çatı GES ve EDS dahil edilerek illere ait enerji ve net para akışlarına yer verilmiştir. Çizelge 5.7’de üç zaman diliminde meskenlerin yük ve enerji akış miktarları yer almaktadır.

Çizelge 5.7 : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.

İl	Adana	Antalya	Denizli	Van	Artvin	İstanbul	Çanakkale	Eskişehir	Kastamonu	Diyarbakır	Erzurum	Konya	İzmir	Şanlıurfa
Mesken - 1 Yüğü								3900 kWh						
Mesken - 2 Yüğü								4434 kWh						
Mesken - 3 Yüğü								7010 kWh						
Saat Aralığı	Mesken - 1 Şebekeden Alınan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	2363	2363	2363	2357	2358	2363	2363	2363	2363	2361	2358	2363	2363	2363
06:00 - 17:00	82	69	85	129	186	148	137	119	154	101	144	100	93	92
17:00 - 22:00	325	307	300	341	340	303	293	308	320	337	339	315	294	334
Genel Toplam	2770	2739	2748	2827	2884	2815	2793	2790	2837	2800	2841	2778	2750	2789
Saat Aralığı	Mesken - 1 Şebekeye Satılan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 17:00	7250	8076	7442	7956	5936	6027	6392	6679	6180	7673	7737	7342	7164	7490
17:00 - 22:00	209	361	393	95	95	344	436	334	227	128	126	295	447	146
Genel Toplam	7459	8437	7835	8051	6030	6372	6828	7013	6407	7801	7863	7637	7612	7637
Saat Aralığı	Mesken - 2 Şebekeden Alınan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	2531	2531	2531	2524	2525	2531	2531	2531	2531	2529	2525	2531	2531	2530
06:00 - 17:00	116	104	125	165	235	204	191	166	205	136	185	141	137	127
17:00 - 22:00	458	433	425	480	478	430	414	435	453	475	477	444	416	471
Genel Toplam	3105	3068	3080	3170	3238	3164	3135	3131	3188	3139	3188	3116	3084	3128

Çizelge 5.7 (devamı) : Meskenlere ait yük ve enerji akış değerleri.

İl	Adana	Antalya	Denizli	Van	Artvin	İstanbul	Çanakkale	Eskişehir	Kastamonu	Diyarbakır	Erzurum	Konya	İzmir	Şanlıurfa
Saat Aralığı	Mesken - 2 Şebekeye Satılan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 17:00	7066	7893	7263	7774	5766	5864	6226	6507	6012	7489	7559	7164	6991	7307
17:00 - 22:00	193	339	369	86	85	323	409	313	212	117	116	276	421	134
Genel Toplam	7260	8232	7633	7860	5851	6187	6635	6820	6224	7607	7676	7440	7412	7441
Saat Aralığı	Mesken - 3 Şebekeden Alınan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	2884	2884	2884	2878	2879	2884	2884	2884	2884	2882	2879	2884	2884	2884
06:00 - 17:00	425	416	486	436	627	630	610	555	590	424	491	491	514	424
17:00 - 22:00	1071	997	977	1148	1149	994	946	1010	1059	1122	1129	1032	948	1110
Genel Toplam	4380	4297	4347	4462	4655	4509	4441	4448	4532	4428	4499	4407	4346	4418
Saat Aralığı	Mesken - 3 Şebekeye Satılan Enerji Miktarı (kWh)													
22:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 - 17:00	5896	6725	6145	6566	4679	4812	5167	5417	4918	6298	6386	6035	5888	6124
17:00 - 22:00	63	159	178	10	12	144	198	144	74	21	25	120	209	31
Genel Toplam	5959	6884	6323	6576	4692	4955	5365	5561	4992	6319	6411	6155	6097	6155

Çizelge 5.8’de mesken – 1’e ait yıllık para akışı yer almaktadır. Tabloda yer alan net kar değerleri oluşturulurken Çizelge 4.7’de yer alan senaryoya göre karşılaştırma yapılarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 5.8 : Mesken – 1 net para akışı.

Mesken - 1 Aylık Net Kar														
Ay	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	₺154	₺158	₺521	₺603	₺596	₺541	₺352	₺534	₺301	₺119	₺689	₺616	₺559	₺501
Şubat	₺375	₺387	₺689	₺857	₺705	₺636	₺583	₺764	₺497	₺409	₺891	₺860	₺693	₺683
Mart	₺825	₺731	₺1,043	₺1,340	₺1,180	₺1,146	₺1,056	₺1,133	₺963	₺854	₺1,213	₺1,262	₺1,132	₺1,131
Nisan	₺908	₺881	₺1,051	₺1,384	₺1,204	₺1,216	₺987	₺1,151	₺1,138	₺1,031	₺1,078	₺1,198	₺1,209	₺1,226
Mayıs	₺1,189	₺1,065	₺1,199	₺1,580	₺1,385	₺1,422	₺1,231	₺1,269	₺1,303	₺1,256	₺1,211	₺1,322	₺1,371	₺1,366
Haziran	₺1,330	₺1,195	₺1,467	₺1,709	₺1,602	₺1,572	₺1,398	₺1,453	₺1,465	₺1,392	₺1,487	₺1,522	₺1,503	₺1,477
Temmuz	₺1,470	₺1,147	₺1,619	₺1,766	₺1,667	₺1,658	₺1,532	₺1,588	₺1,501	₺1,551	₺1,615	₺1,536	₺1,519	₺1,532
Ağustos	₺1,390	₺1,075	₺1,567	₺1,757	₺1,620	₺1,627	₺1,497	₺1,561	₺1,535	₺1,465	₺1,603	₺1,617	₺1,530	₺1,485
Eylül	₺1,166	₺1,001	₺1,329	₺1,605	₺1,506	₺1,440	₺1,337	₺1,483	₺1,303	₺1,157	₺1,455	₺1,448	₺1,425	₺1,344
Ekim	₺787	₺725	₺1,107	₺1,257	₺1,158	₺1,080	₺946	₺1,095	₺853	₺644	₺1,040	₺1,098	₺1,023	₺994
Kasım	₺395	₺445	₺608	₺764	₺682	₺610	₺557	₺659	₺393	₺274	₺586	₺738	₺788	₺687
Aralık	₺60	₺106	₺376	₺435	₺399	₺309	₺188	₺373	₺108	₺10	₺359	₺433	₺434	₺431
Toplam	₺10,048	₺8,915	₺12,574	₺15,057	₺13,704	₺13,257	₺11,665	₺13,064	₺11,360	₺10,162	₺13,227	₺13,651	₺13,186	₺12,860

Çizelge 5.9’de mesken – 2’ye ait yıllık para akışı yer almaktadır. Tabloda yer alan net kar değerleri oluşturulurken Çizelge 4.7’de yer alan senaryoya göre karşılaştırma yapılarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 5.9 : Mesken – 2 net para akışı.

Mesken - 2 Aylık Net Kar														
Ay	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	-₺38	-₺34	₺329	₺411	₺405	₺349	₺160	₺342	₺109	-₺73	₺497	₺424	₺367	₺309
Şubat	₺212	₺224	₺526	₺694	₺542	₺474	₺420	₺601	₺334	₺247	₺729	₺697	₺530	₺521
Mart	₺679	₺585	₺898	₺1,194	₺1,035	₺1,001	₺911	₺988	₺818	₺708	₺1,068	₺1,117	₺986	₺986
Nisan	₺814	₺788	₺957	₺1,291	₺1,111	₺1,122	₺893	₺1,057	₺1,045	₺937	₺984	₺1,105	₺1,116	₺1,133
Mayıs	₺1,130	₺1,006	₺1,140	₺1,521	₺1,325	₺1,362	₺1,172	₺1,210	₺1,244	₺1,197	₺1,152	₺1,263	₺1,312	₺1,307
Haziran	₺1,294	₺1,158	₺1,430	₺1,672	₺1,565	₺1,535	₺1,361	₺1,417	₺1,428	₺1,355	₺1,450	₺1,485	₺1,466	₺1,440
Temmuz	₺1,434	₺1,111	₺1,583	₺1,730	₺1,631	₺1,622	₺1,496	₺1,552	₺1,466	₺1,515	₺1,579	₺1,500	₺1,483	₺1,496
Ağustos	₺1,352	₺1,037	₺1,529	₺1,719	₺1,582	₺1,589	₺1,459	₺1,523	₺1,498	₺1,427	₺1,565	₺1,579	₺1,492	₺1,447
Eylül	₺1,120	₺956	₺1,284	₺1,560	₺1,461	₺1,395	₺1,292	₺1,438	₺1,258	₺1,112	₺1,410	₺1,403	₺1,379	₺1,299
Ekim	₺687	₺625	₺1,007	₺1,157	₺1,058	₺981	₺846	₺995	₺753	₺544	₺940	₺998	₺923	₺894
Kasım	₺246	₺296	₺459	₺615	₺533	₺461	₺408	₺510	₺244	₺125	₺436	₺589	₺639	₺538
Aralık	-₺117	-₺71	₺199	₺258	₺223	₺132	₺11	₺197	-₺69	-₺167	₺183	₺257	₺258	₺255
Toplam	₺8,814	₺7,681	₺11,340	₺13,823	₺12,470	₺12,023	₺10,431	₺11,830	₺10,126	₺8,928	₺11,993	₺12,416	₺11,952	₺11,626

Çizelge 5.10’da mesken – 3’ye ait yıllık para akışı yer almaktadır. Tabloda yer alan net kar değerleri oluşturulurken Çizelge 4.7’de yer alan senaryoya göre karşılaştırma yapılarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 5.10 : Mesken – 3 net para akışı.

Mesken - 3 Aylık Net Kar														
	Karadeniz		Akdeniz		Ege		İç Anadolu		Marmara		Doğu Anadolu		Güneydoğu Anadolu	
Ay	Kastamonu	Artvin	Adana	Antalya	Denizli	İzmir	Eskişehir	Konya	Çanakkale	İstanbul	Erzurum	Van	Diyarbakır	Şanlıurfa
Ocak	-₺511	-₺507	-₺144	-₺62	-₺69	-₺124	-₺313	-₺131	-₺364	-₺546	₺24	-₺49	-₺106	-₺164
Şubat	-₺233	-₺221	₺81	₺249	₺97	₺28	-₺25	₺156	-₺112	-₺199	₺283	₺252	₺85	₺75
Mart	₺213	₺119	₺431	₺728	₺568	₺535	₺444	₺521	₺351	₺242	₺601	₺650	₺520	₺519
Nisan	₺390	₺363	₺533	₺866	₺686	₺697	₺469	₺633	₺620	₺512	₺560	₺680	₺691	₺708
Mayıs	₺767	₺643	₺777	₺1,158	₺963	₺999	₺809	₺847	₺881	₺834	₺789	₺900	₺949	₺944
Haziran	₺783	₺648	₺920	₺1,162	₺1,055	₺1,025	₺851	₺906	₺918	₺845	₺940	₺975	₺956	₺930
Temmuz	₺536	₺213	₺685	₺832	₺733	₺724	₺597	₺654	₺567	₺617	₺681	₺602	₺585	₺598
Ağustos	₺519	₺204	₺696	₺887	₺749	₺756	₺627	₺690	₺665	₺595	₺733	₺747	₺660	₺615
Eylül	₺330	₺166	₺494	₺770	₺671	₺605	₺502	₺648	₺468	₺322	₺620	₺613	₺590	₺509
Ekim	₺279	₺216	₺599	₺749	₺650	₺572	₺438	₺587	₺344	₺135	₺532	₺590	₺514	₺486
Kasım	-₺133	-₺83	₺80	₺236	₺155	₺83	₺30	₺132	-₺135	-₺253	₺58	₺211	₺261	₺160
Aralık	-₺494	-₺448	-₺179	-₺119	-₺155	-₺246	-₺366	-₺181	-₺447	-₺544	-₺195	-₺121	-₺120	-₺123
Toplam	₺2,446	₺1,313	₺4,972	₺7,455	₺6,102	₺5,655	₺4,063	₺5,461	₺3,757	₺2,559	₺5,624	₺6,048	₺5,584	₺5,257

5.3 Ekonomik Analiz

Çizelge 5.11’da illere ekonomik analiz sonuçları yer almaktadır. Sonuçlar özet olarak çatı GES bağlı ve Çatı GES ve EDS bağlı senaryolar aynı tabloda paylaşılmıştır.

Çizelge 5.11 : İllere ait ekonomik analiz sonuçları.

İl	Adana	Antalya	Denizli	Van	Artvin	İstanbul	Çanakkale	Eskişehir	Kastamonu	Diyarbakır	Erzurum	Konya	İzmir	Şanlıurfa
Parametre	Çatı GES Bağlı Senaryo													
NPV	681\$	1340.4\$	940.8\$	1031\$	-327.1\$	-58.9\$	253.1\$	376.5\$	-50.3\$	885.3\$	898.6\$	791.7\$	793.9\$	784.8\$
IRR	18.03%	20.85%	19.15%	19.53%	13.51%	14.74%	16.14%	16.69%	14.78%	18.91%	18.97%	18.51%	18.51%	18.48%
PP	4.69	4.19	4.48	4.41	5.71	5.40	5.07	4.96	5.39	4.52	4.51	4.60	4.60	4.60
DPBP	4.81	4.29	4.59	4.52	5.91	5.57	5.10	5.10	5.56	4.64	4.62	4.71	4.71	4.72
PI	1.16	1.31	1.22	1.24	0.92	0.99	1.06	1.09	0.99	1.21	1.21	1.19	1.19	1.18
Parametre	Çatı GES ve EDS Bağlı Senaryo													
NPV	-1410.2\$	-750.7\$	-1150.4\$	-1060.2\$	-2418.3\$	-2150.1\$	-1838\$	-1714.7\$	-2141.6\$	-1205.9\$	-1192.5\$	-1299.4\$	-1297.2\$	-1306.4\$
IRR	9.67%	12.23%	10.70%	11.04%	5.35%	6.56%	7.915%	8.43%	6.60%	10.48%	10.53%	10.11%	10.12%	10.08%
PP	6.27	5.61	6.00	5.91	7.65	7.23	6.79	6.63	7.21	6.05	6.04	6.15	6.15	6.16
DPBP	8.40	5.72	7.11	7.01	13.73	12.29	8.95	8.78	12.28	7.17	7.15	7.27	7.27	8.28
PI	0.75	0.87	0.80	0.81	0.58	0.62	0.68	0.70	0.62	0.79	0.79	0.77	0.77	0.77

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin 7 farklı bölgesinde yer alan 14 ilde üç farklı yük profiline sahip mesken kullanıcı türü için üç analiz yapılmıştır. İlk olarak, PVsyst 7.4 programı kullanılarak çatı GES tasarımı yapılmış ve tüm illerde aynı model kullanılarak bir yıllık süreçte aylık olarak üretim tahminlemesi gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak, mesken kullanıcıların aylık elektrik faturalarının düşürülmesi amaçlanarak Excel ortamında tasarlanan programla EYS tasarımı yapılmış ve Matlab programında uygulanmıştır. Bu tasarımlar üç mesken kullanıcı içinde üç senaryoda 14 ilde aylık elektrik faturaları ve aylık net para akışları hesaplanmıştır. Son olarak ise her il için çatı GES ve EDS sisteminin ekonomik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.2 incelendiğinde yıl içerisinde toplamda en fazla üretimin 9595.7 kWh ile Antalya ilinde devamında ise 9122.2 kWh ile Van ilinde olduğu görülmektedir. En düşük üretim Artvin ilinde gerçekleşmiş ve değeri 7044.4 kWh'tir. Bir sonra 7454.7 kWh ile İstanbul gelmektedir. Bölgesel bazla değerlendirme yapıldığında ise toplamda en fazla üretim 18182.5 kWh ile Akdeniz bölgesinde, devamında ise 18042.1 kWh ile Doğu Anadolu bölgesinde gerçekleşmiştir. En az üretim ise 14512.1 kWh ile Karadeniz bölgesine aittir. Karadeniz bölgesini 15386.9 kWh ile Marmara takip etmektedir.

Bölüm 5.2 ve 5.3'de yer alan senaryo sonuçları için mesken -3 kullanıcısı bazında karşılaştırma yaptığımızda Artvin ilinde; birinci senaryoda toplamda 16,933.11 ₺ fatura ödemek durumunda iken sadece çatı GES bağlı senaryoda yıl sonunda 752.78 ₺ elektrik faturası ödemek durumuna gelmektedir. Böylelikle ilk senaryoya göre 16,180.33 ₺ iyileşme olmaktadır. Çatı GES'e batarya dahil edildiğinde 1,312.69 ₺ ile karlı duruma geçmekte ve ilk senaryoya göre 18,245.8 ₺ iyileşme görüşmektedir.

En yüksek iyileşme görülen Antalya ilinde ise ilk durumda toplamda 16,933.11 ₺ fatura ödemek durumunda iken sadece çatı GES bağlı senaryoda yıl sonunda 5,389.46 ₺ ile karlı duruma gelmektedir. Böylelikle ilk senaryoya göre 22,322.57 ₺ iyileşme olmaktadır. Çatı GES'e batarya dahil edildiğinde 7,454.93 ₺ ile karlı duruma geçmekte ve ilk senaryoya göre 24,388.04 ₺ iyileşme görüşmektedir.

Böylelikle yıllık tüketimi en fazla olan mesken kullanıcısının her ilde batarya dahil edildiği durumda daha fazla iyileşme olduğu görülmektedir.

Ekonomik analiz sonuçları incelendiğinde;

Çatı GES bağlı senaryoda, NPV değerleri -327.1\$ ile 1340.4\$ arasında değişmektedir. IRR değerleri ise %13.51 ile %20.85 arasındadır. Geri dönüş sürelerine bakıldığında 4.19 yıl ile 5.71 yıl arasında değerler değişkenlik göstermekte. Geri dönüş sürelerine gerçek indirim oranı dahil edildiğinde değerler 4.29 yıl ile 5.91 yıl arasında farklılık göstermektedir. PI değerleri incelendiğinde Artvin, İstanbul ve Kastamonu illeri 1 değerinin altında sonuçlar vermekte ve uygulanabilirlik anlamında geride kalmaktadır. Uygulanabilirliği en yüksek il ise 1.31 değeri ile Antalya olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çatı GES ve EDS bağlı senaryoda değerler incelendiğinde, NPV -2418.3\$ ile -750.7\$ arasında değişmektedir. IRR değerleri %5.35 ile %12.23 arasında farklılık gösterirken geri dönüş sürelerine bakıldığında 5.61 yıl ile 7.65 yıl arasında değerler almaktadır. Geri dönüş sürelerine gerçek indirim oranı dahil edildiğinde değerler 5.72 yıl ile 13.73 yıl arasına çıkmaktadır. PI değerleri incelendiğinde 1 değerinin üzerinde hesaplanan ilimiz bulunmamaktadır.

Özetle, EYS sistemi kullanımıyla mesken kullanıcılara çatı GES ve EDS dahil edilerek aylık elektrik faturalarında azalmaya hatta üretilen enerjinin şebekeye satılmasıyla mesken kullanıcılar karlı duruma geçmektedir. Ekonomik analiz sonuçları değerlendirildiğinde PI değerlerine göre mesken kullanıcılara çatı GES bağlamanın uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Batarya bağlanılan durumda ise faturalarda iyileşme gözükse de PI değerleri incelendiğinde tüm illerimizde 1 değerinin altında sonuçlar çıkmakta ve mantıklı bir yatırım olarak gözükmemektedir. Bataryanın mesken kullanıcıya sağlayacağı konfor ve yararları gözetilmeden ekonomik değerlendirmeye bakıldığında uygunluğu olumsuz olarak gözükmemektedir.

Bu çalışma yüksek elektrik tüketimi olan veya çatı GES kurulumu imkanı olan elektrik aboneleri için bir örnek oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre mesken kullanıcılara çatı GES sistemi kurulumunun yapılması önerilmektedir. Güneş enerji kurumlarının yaygınlaştırılarak sürdürülebilir bir dünya için verimli enerji kullanıma katkı sağlanmalıdır. Ülkeler, GES kurulması için aboneleri teşvik etmeli ve EDS kullanımlarının yaygınlaştırılması için imkan sunmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Almashhadani, M.K.H.** (2023). *Renewable energy utilization in deman-side energy management system based on linear programing optimization algorithm.* (Yüksek Lisans tezi). Altınbaş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Abdalla, S.H.** (2019). *Energy management system for smart home.* (Yüksek Lisans tezi). Gaziantep Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gaziantep.
- [3] **Pamuk, N.** (2024). Techno-economic feasibility analysis of grid configuration sizing for hybrid renewable energy system in Turkey using different optimization techniques, *Ain Shams Engineering Journal*, 15(3), 102474.
- [4] **Şahin, A.** (2024). *Bir güneş enerjisi santralının pvsol ve pvsyst programları aracılığıyla tasarım ve analizi / Design and analysis of a solar power plant in pvsol and pvsyst programs.* (Yüksek Lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Ayan, O. & Turkay B.E.** (2023). Techno-Economic Comparative Analysis of Grid-Connected and Islanded Hybrid Renewable Energy Systems in 7 Climate Regions, Turkey, *IEEE Access*, 1(1), 99.
- [6] **Anvari-Moghaddam, A. & Monsef, H. & Rahimi-Kian, A.** (2015). Optimal Smart Home Energy Management Considering Energy Saving and a Comfortable Lifestyle, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6 (1), 324-332.
- [7] **Nasir, M.B. & Hussain, A. & Niazi, K.A.K. & Nasir, M.** (2022). An Optimal Energy Management System (EMS) for Residential and Industrial Microgrids, *Energies*, 15(17), 6266.
- [8] **Lee, D. & Cheng, C. C.** (2016). Energy savings by energy management systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56 (1), 760-777.
- [9] **Optimization approaches for microgrid energy management.** (2023). Retrieved December 21, 2023, from <https://encyclopedia.pub/entry/38183>
- [10] **Updated strategic energy technology plan for europe's clean, secure and competitive energy future.** (2023). Retrieved October 21, 2023, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_5146
- [11] **Sarı, V. & Özyiğit, F. Y.** (2020). Sivas İlinin Farklı İlçelerinde Şebeke Bağlantılı Güneş Enerji Santrallerinin Tasarımı ve Analizi, *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 20(1), 425-437.
- [12] **Haydaroğlu, C. & Gümüş, B.** (2016). Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının PVsyst ile Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi, *DÜMF MD*, 7(3), 491–500.

- [13] **Luna, A. C. & Diaz, N. L. & Graells, M. & Guerrero, J. M.** (2017). Mixed-Integer-Linear-Programming-Based Energy Management System for Hybrid PV-Wind-Battery Microgrids: Modeling, Design, and Experimental Verification, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32 (4), 2769–2783.
- [14] **Sumarmad, K.A.A. & Sulaiman, N. & Wahab, N.I.A. & Hizam, H.** (2022). Microgrid energy management system based on fuzzy logic and monitoring platform for data analysis, *Energies*, 15 (11), 4125.
- [15] **Suresh, V. & Janik, P. & Guerrero, J. M. & Leonowicz, Z & Sikorski, T.** (2020). Microgrid energy management system with embedded deep learning forecaster and combined optimizer, *IEEE Access*, 8, 202225–202239.
- [16] **El-Hendawi, M. & Gabbar, H.A. & El-Saady, G. & Ibrahim, E.-N.A.** (2018). Control and ems of a grid-connected microgrid with economical analysis, *Energies*, 11 (1), 129.
- [17] **Cabrera-Tobar, A. & Massi Pavan, A. & Petrone, G. & Spagnuolo, G.** (2022). A review of the optimization and control techniques in the presence of uncertainties for the energy management of microgrids, *Energies*, 15 (23), 9114.
- [18] **Mohammad, N. & Mishra, Y.** (2018). Coordination of wind generation and demand response to minimise operation cost in day-ahead electricity markets using bi-level optimisation framework, *IET Generation, Transmission & Distribution*, 12 (16), 3793–3802.
- [19] **Sadiq, M. & Mohammad, N. & Nadeem, A.** (2019). Optimized Energy Generation Model and Pricing Strategy to Solve Economic Load Dispatch, 2019 IEEE International Conference on Power, Electrical, and Electronics and Industrial Applications (PEEIACON), (pp.74-78). Bangladesh, November 29-December 01.
- [20] **Mateen, A. & Wasim M. & Ahad, A. & Ashfaq, T. & Iqbal, M. & Ali, A.** (2023). Smart energy management system for minimizing electricity cost and peak to average ratio in residential areas with hybrid genetic flower pollination algorithm, *Alexandria Engineering Journal*, 77, 593-611.
- [21] **Aldahmashi, J. & Ma, X.** (2024). Real-Time Energy Management in Smart Homes Through Deep Reinforcement Learning, *IEEE Access*, 1(1), 99.
- [22] **Chen, S.Y. & Chang, C.H.** (2023). Optimal Power Flows Control for Home Energy Management With Renewable Energy and Energy Storage Systems, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 38(1), 218-219.
- [23] **Han, B. & Zahraoui, Y. & Mubin, M.** (2023). Home Energy Management Systems A Review of the Concept Architecture and Scheduling Strategies, *IEEE Access*, 1(1), 99.
- [24] **Duman, A.C. & Güler, Ö.** (2019). Economic analysis of grid-connected residential rooftop PV systems in Turkey, *Renewable Energy*, 1(1), 99.

- [25] **Libra, M. & Mrázek, D. & Tyukhov, I. & Severová, L. & Poulek, V. & Mach, J. & Šubrt, T. & Beránek, V. & Svoboda, R. & Sedláček, J.** (2023). Reduced real lifetime of PV panels – Economic consequences, *Solar Energy*, 259(1), 229-234.
- [26] **Emre, A.M. & Çalmaşur, G.** (2022). Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Etkinlik ve Verimlilik Analizi, *Verimlilik Dergisi*, 1 (3), 427-440.
- [27] **Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirket.** (2023). Retrieved December 28, 2023, from <https://www.tedas.gov.tr/>
- [28] **BBC News Türkçe.** (2022). Retrieved March 21, 2024, from <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-60380387>
- [29] **Kocaman, B.** (2012). Elektronik Sayaç Kullanımında Tarife Seçiminin Önemi, *BEU Journal of Science*, 1 (1), 59-65.
- [30] **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu - Elektrik Piyasası Resmi İstatistikleri Listesi.** (2024). Retrieved March 21, 2024, from <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari>
- [31] **Umbark, M.A. & Alghoul, S.K. & Dekam, E.I.** (2020). Energy Consumption in Residential Buildings: Comparison between Three Different Building Styles, *Sustainable Development Research*, 2 (1).
- [32] **TEDAŞ - 2022 Yılı Türkiye Elektrik Dağıtım Sektör Raporu.** (2023). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.tedas.gov.tr/tr/1/sektor-raporlari/Page/63c65a7ad27de36b22f9cf2f>
- [33] **Zia, M.F. & Elbouchikhi, E. & Benbouzid, M.** (2018). Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects, *Applied Energy*, 222 (1), 1033-1055.
- [34] **Türkiye elektrik üretim-iletim 2022 yılı istatistikleri - 2022 kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı .** (2023). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- [35] **Türkiye elektrik üretim-iletim 2022 yılı istatistikleri - Yerli enerji kaynaklarına ait kurulu gücün türkiye toplam kurulu gücü içindeki payının yıllar itibariyle gelişimi.** (2023). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- [36] **Duman, A.C.** (2016). *Türkiye'nin Yedi Coğrafi Bölgesi İçin Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Led'li Yol Aydınlatma Sistemlerinin Teknoekonomik Açidan İncelenmesi.* (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [37] **Türkiye global güneş radyasyonu uzun yıllar ortalaması (2004-2021) heliosat model ürünleri.** (2024). Retrieved March 21, 2024, from https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx
- [38] **Türkiye günlük güneşlenme süreleri.** (2024). Retrieved March 21, 2024, from <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-gunluk-guneslenme-sureleri.pdf>

- [39] **Elweddad, M. & Güneşer, M. & Yusupov, Z.** (2022). Designing an energy management system for household consumptions with an off-grid hybrid power system, *AIMS Energy*, 10 (4).
- [40] **Djohra, S. K. & Mustapha, K.** (2015). A feasibility and cost benefit prospection of grid connected hybrid power system (wind–photovoltaic) – Case study: An Algerian coastal site, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50 (1), 628-642.
- [41] **Nejabatkhah, F. & Li, Y.W. & Nassif, A. B. & Kang, T.** (2018). Optimal design and operation of a remote hybrid microgrid, *CPSS Transactions on Power Electronics and Applications*, 3 (1), 3-13.
- [42] **Zahraoui, Y. & Alhamrouni, I. & Mekhilef, S. & Basir, K.M.R. & Seyedmahmoudian, M. & Stojcevski, A. & Horan, B.** (2021). Energy Management System in Microgrids: A Comprehensive Review, *Sustainability*, 13 (19), 10492-10525.
- [43] **Kılıç, U. & Kekezoğlu, B.** (2022). A review of solar photovoltaic incentives and Policy: Selected countries and Turkey, *Ain Shams Engineering Journal*, 13(5), 101669.
- [44] **Battula, A.R. & Vuddanti, S. & Salkuti, S.R.** (2021). Review of Energy Management System Approaches in Microgrids, *Energies*, 14(17), 5459.
- [45] **Abo-Zahhad, E.M. & Rashwan, A. & Salameh, T. & Hamid, A.K. & Faragalla, A. & El-Dein, A.Z. & Chen, Y. & Abdelhameed, E.H.** (2024). Evaluation of solar PV-based microgrids viability utilizing single and multi-criteria decision analysis, *Renewable Energy*, 222 (1), 119713.
- [46] **Çınaroğlu, H.** (2023). *Bağımsız bir fotovoltaiik sistemin pvsyst yazılımı kullanılarak tasarımı ve simülasyonu*. (Yüksek Lisans tezi). Bilecik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [47] **Bansal, N. & Jaiswal, S.P. & Singh, G.** (2022). Long term performance assessment and loss analysis of 9 MW grid tied PV plant in India, *Materials Today: Proceedings*, 60 (2), 1056-1067.
- [48] **Hafiz, F. & Awal, M. A. & de Queiroz, A. & Husain, I.** (2020). Real-time Stochastic Optimization of Energy Storage Management using Rolling Horizon Forecasts for Residential PV Applications, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56 (3), 2216-2226.
- [49] **Yaldız, A. & Gökçek, T. & Şengör, İ. & Erdinç, O.** (2021). Optimal sizing and economic analysis of Photovoltaic distributed generation with Battery Energy Storage System considering peer-to-peer energy trading, *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 28 (1).
- [50] **Umar, N.H. & Bora, B. & Banerjee, C. & Gupta, P. & Anjum N.** (2021). Performance and economic viability of the PV system in different climatic zones of Nigeria, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43 (1), 100987.

- [51] ***Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu - Elektrik Faturalarına Esas Tarife Tabloları.*** (2023). Retrieved December 21, 2023, from <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari>
- [52] ***Open Energy Data Initiative (OEDI) - Commercial and Residential Hourly Load Profiles for all TMY3 Locations in the United States.*** (2023). Retrieved December 21, 2023, from <https://data.openei.org/submissions/153>





EKLER

EK A: Matlab Kodu



EK A

```
clc;  
clear;
```

```
%Mesken kullanıcı yükleri, üretim verileri ve şebeke fiyatları yüklenir.
```

```
load Dataset.mat
```

```
% Optimizasyon için ağırlık tanımlaması
```

```
Final_Weight = 1;
```

```
%Batarya verileri girilir
```

```
battEnergy = 5;
```

```
SoE_EDS_1 = 0.5*battEnergy;
```

```
EDSMaxMin.Emax = 0.85*battEnergy;
```

```
EDSMaxMin.Emin = 0.15*battEnergy;
```

```
EDSMaxMin.Pmin = -0.5;
```

```
EDSMaxMin.Pmax = 0.5;
```

```
% Zamanla ilgili ayarlama için
```

```
stepAdjust = 1;
```

```
% Şebeke fiyatı
```

```
C = ElectricityPrice;
```

```
% Mesken kullanıcı ve il seçimi seçimi manuel değiştirme
```

```
Pload = Ploads(:,i);
```

```
Ppv=Ppvset(:,i);
```

```
% Zaman Vektörü tanımlaması
```

```
dt = 1;
```

```
N = 8760;
```

```
tvec = (1:N)*dt;
```

```
[P_grid(:,i),P_batt(:,i),E_batt(:,i)] =
```

```
EMSOptimization(N,dt,Ppv,Pload,SoE_EDS_1,C,Final_Weight,EDSMaxMin);
```

```
HourlyElectricityBill(:,i)=(P_grid(:,i).*C);
```

```
YearlyElectricityBill(:,i)=sum(HourlyElectricityBill(:,i))
```

```
% Plot Results
```

```
figure;
```

```
subplot(4,1,1);
```

```
thour = tvec/3600;
```

```
plot(thour,E_batt); grid on;
```

```
xlabel('Time [hrs]'); ylabel('Battery Energy [kW-h]');
```

```
xlim([0 24])
```

```
subplot(4,1,2);
```

```
plot(thour,C); grid on;
```

```
xlabel('Time [hrs]'); ylabel('Grid Price [$/kWh]');
```

```
xlim([0 24])
```

```
ylim([0 2])
```

```

subplot(4,1,3);
plot(thour,Ppv,thour,P_batt,thour,P_grid,thour,Pload);
grid on;
legend('PV','Battery','Grid','Load')
xlabel('Time [hrs]'); ylabel('Power [kW]');
xlim([0 24])
subplot(4,1,4);
thour = tvec/3600;
plot(thour,(E_batt/battEnergy)*100); grid on;
xlabel('Time [hrs]'); ylabel('Battery Energy [kW-h]');
xlim([0 24])
ylim([0 100])

function [P_grid,P_batt,E_batt] = EMSOptimization
(E,dt,Ppv,Pload,SoE_EDS_1,Cost,Final_Weight,EDSMaxMin)

% Faturanın minimize edilmesi
% Batarya, pv ve mesken göz önüne alınarak

prob = optimproblem;

% Değişkenlerin tanımlanması
P_gridV = optimvar('P_gridV',N);
P_battV =
optimvar('P_battV',N,'LowerBound',EDSMaxMin.Pmin,'UpperBound',EDSMaxMin.Pmax);
E_battV =
optimvar('E_battV',N,'LowerBound',EDSMaxMin.Emin,'UpperBound',EDSMaxMin.Emax);

% Minimizasyon
prob.ObjectiveSense = 'minimize';
prob.Objective = dt*Cost*P_gridV;

% Batarya kısıtları
prob.Constraints.energyBalance = optimconstr(N);
prob.Constraints.energyBalance(1) = E_battV(1) == Einit;
prob.Constraints.energyBalance(2:N) = E_battV(2:N) == E_battV(1:N-1) - P_battV(1:N-1);

% Güç dengesi
prob.Constraints.loadBalance = Ppv + P_gridV + P_battV == Pload;

% Lineer Programlama Optimizasyonu
options = optimoptions(prob.optimoptions,'Display','none');
[values,~,exitflag] = solve(prob,'Options',options);
if exitflag <= 0
    P_grid = zeros(N,1);
    P_batt = zeros(N,1);
    E_batt = zeros(N,1);
else
    P_grid = values.P_gridV;
    P_batt = values.P_battV;
    E_batt = values.E_battV;
end
end

```

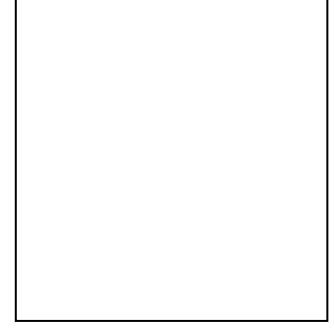


ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Hüsnü ALAY

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölüm

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2021- 2021 Eti Soda A.Ş. Elektrik Bakım Mühendisi
- 2021- Halen Enerjisa Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş. Operasyonel Hizmetler Uzmanı

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Alay H., Andic C., Aydın E., Purlu, M., Turkay B. E.** 2023. Minimization of Residential Electricity Bill using EMS. *14th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, November 30 – December 2, 2023 Bursa, Turkey.