



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE
DEPOLANABİLİRLİK VE ENERJİ SATIŞ MALİYETİ

Derviş ALTUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül - 2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Derviş ALTUN tarafından hazırlanan “Güneş Enerji Santrallerinde Depolanabilirlik ve Enerji Satış Maliyeti” adlı tez çalışması 26/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Hidayet OĞUZ

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali SERTKAYA

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Derviş ALTUN
Tarih: 26.09.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE DEPOLANABİLİRLİK VE ENERJİ SATIŞ MALİYETİ

Derviş ALTUN

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY

2019, 77 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY

Prof. Dr. Hidayet OĞUZ

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali SERTKAYA

Bu çalışmada 10 MWh kurulu gücünde mevcut bir güneş enerji santrali için kurulacak 10 MWh kapasiteli bir enerji depolama sistemi ile primer frekans kontrol hizmeti amaçlanmıştır. Amaçlanan bu hizmet için uygun depolama sistemi seçilmiş maliyet ve ömür parametreleri yönünden irdelenmiştir. Santralin 2018 yılı gerçek üretimleri baz alınarak üretimin hem serbest piyasada ki kazancı hem de depoda primer frekans kontrolü için tutacağı enerjinin piyasadaki kazancı yıllık olarak hesaplanmış ve incelenmiştir.

Çalışma sonucunda primer frekans kontrolü ile enerji piyasasında elde edilen kazanç 569797,05 dolar olarak bulunmuş, 10 MWh kapasiteli depolama maliyeti ise 3179218,03 dolar olarak hesap edilmiştir. Analizler sonucunda depolama sistemlerinin amortisman süreleri kabul edilebilir seviyelerde olsa da mevcut pillerin ömürlerinin uzun süreli olmaması bu tür bir yatırımın önüne geçebileceği varsayımında bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Depolama, Güneş Enerjisi, Maliyet, Talep, Santral.

ABSTRACT

MS THESIS

STORAGE AND ENERGY COST IN SOLAR POWER PLANTS

Derviş ALTUN

**NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
MASTER OF SCIENCE
ENERGY SYSTEMS ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Yılmaz AKGÜNEY

2019, 77 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Yılmaz AKGÜNEY

Prof. Dr. Hidayet OĞUZ

Asst. Prof. Dr. Ahmet Ali SERTKAYA

In this study, primary frequency control service was aimed with an energy storage system with a capacity of 10 MWh to be installed for an existing solar power plant with installed power of 10 MWh. The appropriate storage system for this intended service has been examined in terms of selected cost and life parameters. Based on the actual production of the plant in 2018, both the gain in the free market and the gain in the market of the energy that will hold for primary frequency control in the warehouse were calculated and analyzed annually.

As a result of the study, the gain in the energy market with primary frequency control was dolar 569797,05, while the storage cost of 10 MWh capacity was dolar 3179218,03. The analysis hypothesized that while the depreciation Times of storage systems were acceptable, the longevity of existing batteries could prevent this kind of investment.

Keywords: Storage, Solar Energy, Cost, Demand, Power Plant.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren, karşılaştığım engelleri aşmam konusunda emek, sabır ve desteğini esirgemeyen değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY'e ve çalışma süresince bana rahat bir çalışma ortamı sunmak için her türlü imkân ve desteği sağlayan sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, sağladıkları bilgilerle çalışmaya katkıda bulunan MEDAŞ Şebeke Planlama Baş Mühendisi Sn. Mert BAYER'e teşekkürlerimi sunarım.

Derviş ALTUN
KONYA-2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Güneş Enerjisinin Dünya Ve Türkiye’deki Mevcut Durumu	2
1.1.1. Dünyada güneş enerjisi ve durumu.....	2
1.1.2. Türkiye’de güneş enerjisi ve durumu	4
1.2. Güneş Pilleri Performans Kıyaslaması	5
1.2.1. Monokristal silikon yapıli güneş pilleri	5
1.2.2. Polikristal silikon yapıli güneş pilleri	6
1.2.3. Cıı (copper indium) yapıli güneş pilleri	6
1.2.4. Galyum arsenit (gaas)	6
1.3. Güneş Enerji Santralleri Şebeke Etkisi ve Elektrik Piyasası	6
1.3.1. Güneş enerji santrallerinin akıllı şebekelere entegrasyonu.....	6
1.3.2. Yenilenebilir enerji kaynaklarında üretimin Türkiye elektrik piyasasında	7
dengeleme ve uzlaştıırma açısından önemi.....	7
1.4. Üç Akü Tipi Şebeke Ölçekli Enerji Depolama Sistemlerinde Nasıl Çalışır?	8
1.4.1. Lityum-iyon piller	8
1.4.2. Redoks akışlı bataryalar	9
1.4.3. Çinko-hibrid piller	10
1.5. Güneş Enerji Santrali	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Enerji depolama sistemi	21
3.1.2. Maliyet analizi	22
3.1.3. Li-ON depolama pilleri ömrü çalışma aralıkları ve şarj dengesi	25
3.1.4. Gün öncesi-gün içi elektrik piyasaları teklif yapıları ve piyasa takas	31
fiyatının oluşumu	31
3.1.5. Primer frekans kontrolü hizmeti	36
3.2. Yöntem.....	41
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE ÖNERİLER.....	44

4.1. Sonuçlar ve Yorumu	44
4.2. Öneriler	46
KAYNAKLAR	48
EKLER	51
EK-1 Aylık Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	51
EK-1 (a) Şubat Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri.....	51
EK-1 (b) Mart Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri.....	52
EK-1 (c) Nisan Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	53
EK-1 (d) Mayıs Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri.....	54
EK-1 (e) Haziran Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	55
EK-1 (f) Temmuz Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	56
EK-1 (g) Ağustos Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	57
EK-1 (ğ) Eylül Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri.....	58
EK-1 (h) Ekim Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri.....	59
EK-1 (ı) Kasım Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	60
EK-1 (i) Aralık Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri	61
EK-2 Aylık Enerji Satış Kazanç Grafikleri	62
EK-2 (a) Şubat Mart Nisan Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri.....	62
EK-2 (b) Mayıs Haziran Temmuz Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri.....	63
EK-2 (c) Ağustos Eylül Ekim Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri.....	64
EK-2 (d) Kasım Aralık Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri	65
EK-3 2018 Aylık Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	66
EK-3 (a) 2018 Şubat Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri.....	66
EK-3 (b) 2018 Mart Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri.....	67
EK-3 (c) 2018 Nisan Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri.....	68
EK-3 (d) 2018 Mayıs Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri.....	69
EK-3 (e) 2018 Haziran Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	70
EK-3 (f) 2018 Temmuz Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	71
EK-3 (g) 2018 Ağustos Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri.....	72
EK-3 (ğ) 2018 Eylül Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	73
EK-3 (h) 2018 Ekim Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	74
EK-3 (ı) 2018 Kasım Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	75
EK-3 (i) 2018 Aralık Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri	76
ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı	3
Şekil 1.2. 2012-2017 Yılları Arasında Güneş Enerjisi Gelişim	5
Şekil 1.3. Şebekeden Bağımsız Pv Modül Sistemi	11
Şekil 1.4. Şebekeye Bağlı Pv Modül Sistemi	12
Şekil 3.1. Ges Panelleri	18
Şekil 3.2. GES Santrali 2018 Aylık Üretim Çizgi Grafiği	19
Şekil 3.3. GES 2018 Ocak Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafiği	20
Şekil 3.4. Güneş Enerji Depolama Sistemi	21
Şekil 3.5. % 80 DOD Enerji Depolama Teknolojilerinin Ömrü ve Verimliliği	24
Şekil 3.6. (a) Akım, (b) Sıcaklık, (c) SOC ve (d) Çevrim Parametrelere Göre Hücre İç Direncinin Değişimi	27
Şekil 3.7. Li-ion Pil Kayıp Durumu	28
Şekil 3.8. % 90 Verimlilikte Li-ion Pil Şarj/Deşarj Güç Durumu	28
Şekil 3.9. Üç Farklı Şarj Durumunda Kayıplar	29
Şekil 3.10. Lityum İyon Pilin Çevrim Ömrü	30
Şekil 3.11. Akünün Farklı Deşarj Akımlarında Gerçek Kapasitesi	30
Şekil 3.12. Bir Yıl Boyunca Senaryo 1 ve 2 için Pil Ömrü Tahmini	31
Şekil 3.13. Olası Bağlı Blok Teklif Kümeleri	33
Şekil 3.14. Elektrik Piyasasının Yapısı	34
Şekil 3.15. Epiaş Günlük Piyasa Takas Fiyat Ekranı	35
Şekil 3.16. Romanya'da Bir Gün Boyunca Frekans Evrimi	39
Şekil 3.17. Depolama Sisteminde 1 Günlük Şarj Evrimi	39
Şekil 3.18. Depolama Sisteminde Şarj Tetiklemeleri	40
Şekil 3.19. Depolama Sisteminde Hem Şarj Hem Deşarj Tetiklemeleri	40
Şekil 4.1. Ocak Ayı Enerji Satış Kazanç Değerleri	44
Şekil 4.2. Yıllık Enerji Satış Gelir Tablosu	45
Şekil 4.3. Enerji Depolama Tahmini Pil Ömrü	46

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Yenilenebilir Enerjinin Ülkeler Bazında Toplam Kapasite Açısından Sıralaması	4
Çizelge 3.1. Enerji Depolama	23
Çizelge 3.2. Enerji Depolama Maliyet	25
Çizelge 3.3. Bir Günlük Tahmini Deşarj Tablosu	31
Çizelge 3.4. Teklif Verme ve PTF'nin Belirlenmesi	35
Çizelge 3.5. Primer Frekans Kontrolü Hizmetinde Kullanılan Çeşitli Bess Teknolojileri	38
Çizelge 3.6. 01.01.2018 Tarihli Örnek Gün Enerji Satış Değerleri	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DOD	Batarya Deşarj Oranı
DUY	Dengeleme Uzlaştırma Yönetmeliği
EPIAŞ	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
GES	Güneş Enerji Santrali
GÖP	Gün Öncesi Piyasası
GW	GigaWatt
GWh	GigaWattSaat
GİP	Gün İçi Piyasası
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
HEDS	Hibrit Enerji Depolama Sistemi
KW	KiloWatt
KWh	KiloWattSaat
NASA	National Aeronautics and Space Administration
MEDAŞ	Meram Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
MW	MegaWatt
MYTM	Milli Yük Tevzi Merkezi
PFK	Primer Frekans Kontrolü
PTF	Piyasa Takas Fiyatı
PMUM	Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
SMF	Sistem Marjinal Fiyatı
SFK	Sekonder Frekans Kontrolü
SOC	Batarya Şarj Oranı
T.C	Türkiye Cumhuriyeti
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İşletme Anonim Şirketi
TETAŞ	Türkiye Elektrik, Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
YAL	Yük Alma
YAT	Yük Atma
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu ile birlikte enerji talebinin hızla artmasıyla, buna karşın fosil yakıtların giderek azalması ve buna bağlı olarak fiyatların artış göstermesi olağan bir durum haline gelmiştir. Bu oluşan olağan durum karşısında çevre kirliliği ve iklim değişikliğine karşı olan farkındalık ile birlikte devletlerin birçoğunda çalışmalar başlamıştır. Bu sebeple karbon salınımına neden olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik talepleri her geçen gün artırmıştır.

Elektrik güç sistemlerinde; aktif ve reaktif güç ihtiyaçlarını giderecek, elektrik enerji ihtiyacını çok makul şekilde karşılayacak, ekolojik dengeye olan zararı en aza indirecek ve sabit gerilim ve frekans ile güvenilir güç kaynağı oluşturacak şekilde sistemlerin hazırlanması gerekir. Güneş enerji santrallerinde üretilen elektrik konvansiyonel sistemler gibi düzenlenebilir bir yapısı olmadığı için gün öncesi piyasasında oluşacak bu olumsuz etki daha fazla maliyet doğurabilmektedir.

Enerji depolama sisteminin güneş enerji santrali ile entegre olmasıyla birlikte şebekeye kesintisiz, sabit ve sabit güç verimi sağlanarak ve güneş enerji santrallerinden üretilen enerjinin bir bölümünün depolanarak primer frekans kontrol hizmeti ile rezerv tutulup enerjinin piyasaya sunularak ticaretinin yapılması olası bir durumdur.

Elektrik piyasası kurlarında maliyetlerin karşılanabilir olması durumunda enerji depolama sistemlerinin güneş enerji santralleri ile birlikte kullanılmasının piyasaya olumlu katkı yapacağı ön görülmektedir. Enerji depolama sistemlerinin yenilenebilir enerji sistemleri ile birlikte çalıştırılması ve karlılık artırımına yönelik çalışmalar ve araştırmalar her geçen gün sayısını artırmaktadır.

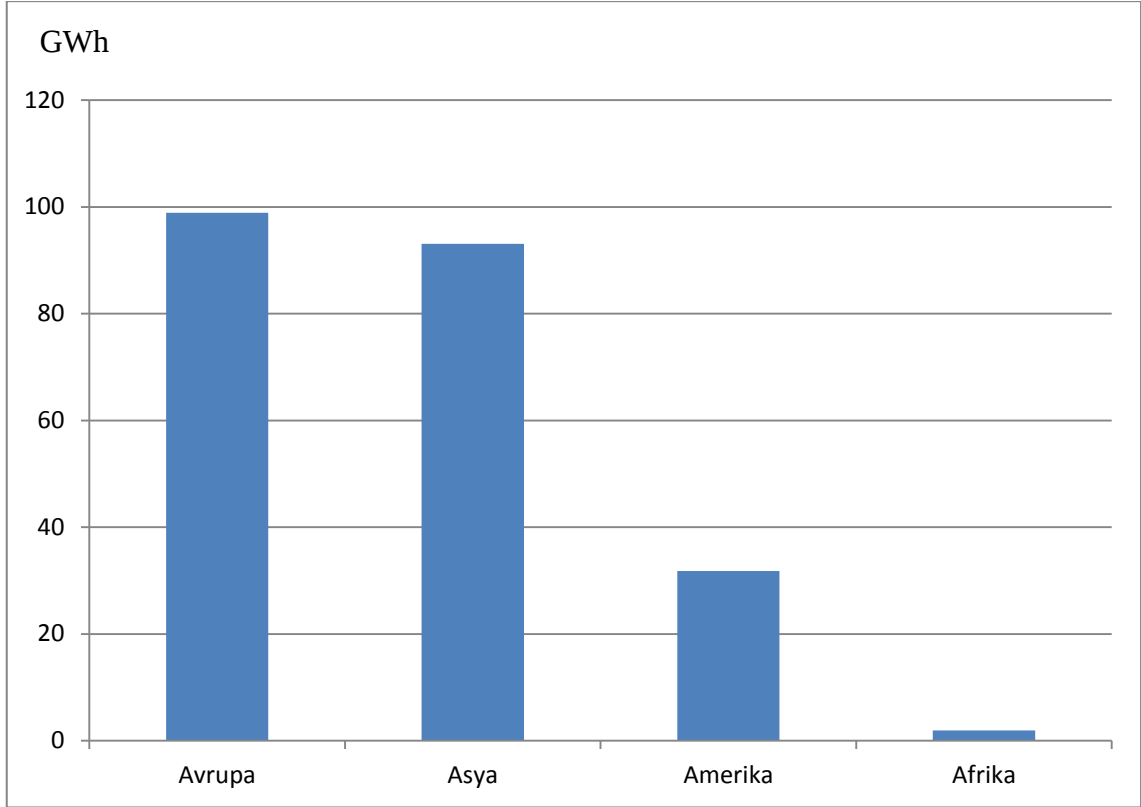
Yapılan bu çalışmada; üretimi takip edilen bir mikro grid güneş enerji santrali için piyasa satış ve maliyet analizi yapılmıştır. Bu analizler ışığında seçilen bir mikro grid güneş santrali için depolama sistemi modellemesi yapılarak primer frekans kontrol hizmeti anlaşması ile piyasaya teklifler sunulup enerji satış simülasyonu gerçekleştirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

1.1. Güneş Enerjisinin Dünya Ve Türkiye’deki Mevcut Durumu

1.1.1. Dünyada güneş enerjisi ve durumu

Güneş enerjisi dünyada potansiyeli çok fazla olan bir kaynaktır. Bu enerji çeşidi hem ısı hem ışık olarak önemli bir yere sahiptir. Diğer taraftan fotovoltaik panel imalatı ve kullanımı fosil yakıt maliyetinden çok daha fazla olduğu için dünyaya gelen güneş enerjisinin sadece % 4’ü bizler tarafından kullanılmaktadır. Son dönemlerde hızla artan güneş enerjisi yatırımlarında ki artış ve kullanım ile birlikte maliyetlerin önemli ölçüde düşmesi bu alanda yatırımların artmasına sebep olmaktadır. Günel enerjisi piyasasının 2014 yılı sonu itibariyle % 25’lik bir büyüme sergilediği görülmektedir (Karagöl ve Kavaz 2017).

2015 yılı itibariyle güneş enerji 50 GW’lık bir büyüme izlenmiş olup dünya genelinde toplan 227 GW kapasiteyi aşmıştır. Bölgesel durumda güneş enerjisi kurulu gücünde en fazla güce sahip yer Avrupa kıtası iken, Asya ve Kuzey Amerika da sırasıyla bu kıtayı takip etmektedir. Bir diğer yandan ülke bazında güneş enerji santrali kurulu gücünde en büyük paya sahip yerler sırasıyla Çin, Almanya, Japonya, ABD ve İtalya’dır. Kişi başına düşen güneş enerji kurulu güce bakıldığında 2015 yılı göz önüne alındığında ülke olarak Almanya liderliğini korurken Çin, Japonya ve ABD’nin önemli ölçüde yol kat ettikleri görülmüştür. Güneş enerjisinde ısı üretimi içinse ülke sıralaması Çin, ABD ve Almanya’yı Türkiye takip etmektedir. Çin de görülen güneş enerjisi üretme ve bundan yararlanma yüksekliği dikkat çekmektedir. Buna karşılık halen fosil yakıt tüketimi oldukça fazladır. Bu yüzden % 100 yenilenebilir enerjiye geçişin önü kapanmaktadır. Ülke bazında Fas 160 MW’lık kapasitesi ile ilk sırada yer alırken Güney Afrika (150 MW) ve ABD (110 MW) ikinci ve üçüncü sırada kendine yer bulmaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi toplam kapasite bakımın İspanya ön plana çıkmaktadır (Karagöl ve Kavaz 2017).



Şekil 1.1. Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı (Karagöl ve Kavaz 2017).

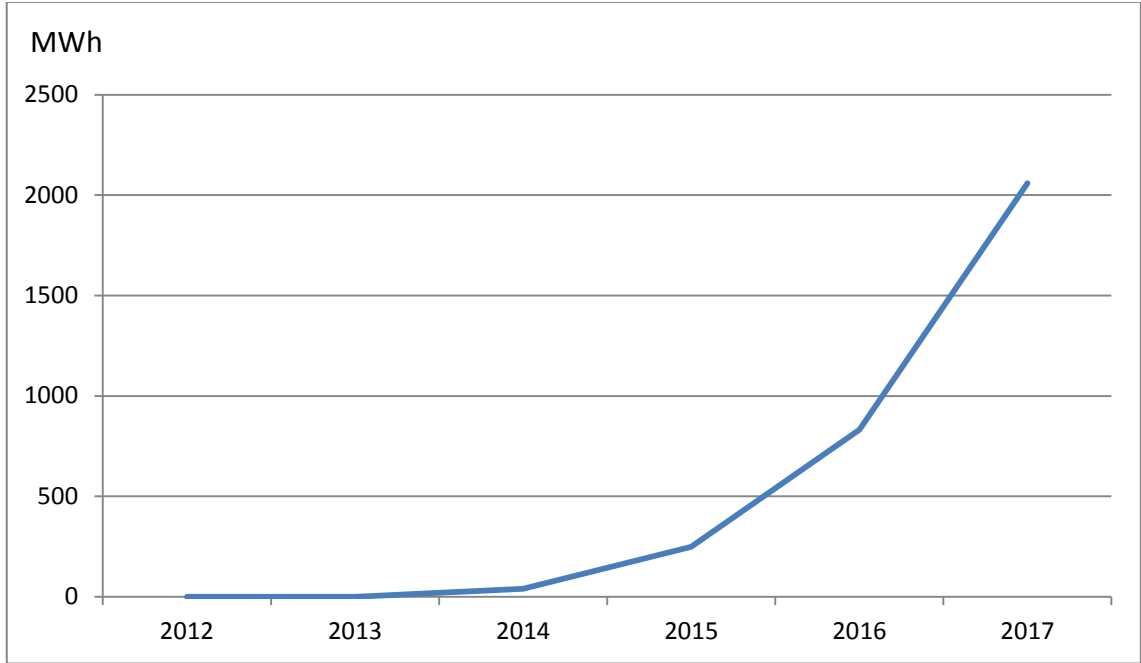
Verim yönü ile düşük seviyelerde kalan ve ileri düzey teknolojiye bağımlı olan güneş enerjisi özellikle son dönemde ki yatırımların artması ve teknolojik maliyetlerin düşmesi ile gün ve gün ön plana çıkmaktadır. Bu amaç doğrultusunda güneş enerjisinden elektrik üretmek için önemli kanuni iyileştirmeler ve teşvik çalışmaları devam etmektedir (Karagöl ve Kavaz 2017).

Çizelge 1.1. Yenilenebilir Enerjinin Ülkeler Bazında Toplam Kapasite Açısından Sıralaması (Karagöl ve Kavaz 2017)

KATAGORİ		1. Sıra	2. Sıra	3. Sıra	4. Sıra	5.Sıra
ENERJİ	Yenilenebilir Enerji (hidrolik dahil)	Çin	ABD	Brezilya	Almanya	Kanada
	Yenilenebilir Enerji (hidrolik dahil değil)	Çin	ABD	Almanya	Japonya	Hindistan
	Kişi Başına Yenilenebilir Enerji Kapasitesi (hidrolik dahil değil)	Danimarka	Almanya	İsveç	İspanya	Portekiz
	Biyoenerji Üretimi	ABD	Çin	Almanya	Brezilya	Japonya
	Jeotermal Enerji Kapasitesi	ABD	Filipinler	Endonezya	Meksika	Yeni Zelanda
	Hidrolik Enerji Kapasitesi	Çin	Brezilya	ABD	Kanada	Rusya
	Hidrolik Enerji Üretimi	Çin	Brezilya	Kanada	ABD	Rusya
	Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi	İspanya	ABD	Hindistan	Fas	Güney Afrika
	Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasitesi	Çin	Almanya	Japonya	ABD	İtalya
	Kişi Başına Güneş Fotovoltaik Sistem Kapasitesi	Almanya	İtalya	Belçika	Japonya	Yunanistan
	Rüzgar Enerji Kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	İspanya
	Kişi Başına Rüzgar Enerji Kapasitesi	Danimarka	İsveç	Almanya	İrlanda	İspanya
	Güneş Kolektörü Kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Türkiye	Brezilya
ISI	Kişi Başına Güneş Kolektörü Kapasitesi	Avusturya	Kıbrıs	İsrail	Barbados	Yunanistan
	Jeotermal Isı Kapasitesi	Çin	Türkiye	Japonya	İzlanda	Hindistan
	Kişi Başına Jeotermal Isı Kapasitesi	İzlanda	Yeni Zelanda	Macaristan	Türkiye	Japonya

1.1.2. Türkiye’de güneş enerjisi ve durumu

Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlas’ının (GEPA) verilerine bakarak Türkiye, toplamda senelik 2737 saat güneşlenme süresi ve buna bağlı olarak 1527 KWh/m² yıllık ortalama güneş enerjisi ile güneş enerjisini her açıdan daha verimli kullanabilen etkenlere sahiptir. Güneş panelleri maliyetindeki önemli düşüş ve panel veriminin artışı güneş enerjisi yatırımlarına önemli ölçüde rol oynamıştır. 2014 yılında 40 GW olan güneş enerjisiyle elektrik üretimi 2017 yılının ilk aylarında bu rakam 2060 MW olarak sonuçlandı.



Şekil 1.2. 2012-2017 Yılları Arasında Güneş Enerjisi Gelişimi (TEİAŞ 2017)

1.2. Güneş Pilleri Performans Kıyaslaması

Güneş pillerinde hammadde silisyumdur ve yarı iletken bir yapıya sahiptir. Güneş pilleri yapısına göre farklı verimler göstermektedir.

1.2.1. Monokristal silikon yapıları güneş pilleri

Monokristal yapıda güneş sistemlerinde güçlü verimle çalışabilen mono fotovoltaiik hücreler, düzgün molekülü yapılarından kesilerek alınmaktadır. Mono ve polikristal güneş panellerini birbirinden ayırt etmek için kullanılan yöntemlerden birisi de polikristal solar hücrelerin yuvarlak veya dikdörtgen kenarlı olup olmadığına bakılması gerekmektedir. Polikristal hücreler dikdörtgen şekle sahiptir. Yüksek mertebe silikondan yapılmış olup ve bu yüzden monokristal yapıları sistemler çok yüksek verimlilik oranlarına ulaşabilmektedir. Monokristal güneş panellerinin verimlilik oranı ortalama % 20 civarındadır (Baş 2016).

Monokristal güneş panelleri aldıkları güneş ışınlamından daha az ışınlam ile de üretim sağlayabilir. Bunun sebebi akım volt değeri orantılanmasının farklı olmasıdır. Monokristal ve polykristal güneş panellerinin ömürleri çok daha uzundur. Almanya’da 50 sene çalışan piller mevcuttur. Monocrystalline güneş panelleri 25 yıldan fazla bir süre garanti verilebilmektedir. Işık seviyesi az olan ortamda polikristal güneş panellerine nazaran daha olumlu verim elde edilebilmektedir. Fakat Monocrystalline

güneş panelleri diğerlerine göre daha maliyetlidir. Paneller olumsuz hava şartlarından etkilenebilmekte olup bu koşul tüm panel sistemlerini olumsuz etkiler. Bu olumsuz durumda panellerin yıkanması gerekebilir (Baş 2016).

1.2.2. Polikristal silikon yapıli güneş pilleri

Polikristal silikon güneş panelleri, 1981 yılında tüm dünyaya arz oldu. Monocrystalline-tabanlı güneş panellerine nazaran, polikristal güneş panelleri için Czochralski işlemleri (% 100 saf ve tek kristalli malzeme üretme yöntemi) gerektirmez.

Polikristalin silisyum üretimi için yöntem ve sistem daha az maliyet gerektirdiği için bu pilleri önemli ölçüde özel kılar. Polykristalli güneş panelleri, monokristal güneş panellerine nazaran daha az ısı gerektirir. Fakat verimlilik için aynı durum söz konusu değildir (Baş 2016).

1.2.3. Cıs (copper indium) yapıli güneş pilleri

CIS güneş pilleri farklı güneş pillerine nazaran daha zayıf katmanlı ve verimlilikleri % 10-15 civarındadır. CIS güneş pillerinin zayıf katmanlı olması montaj kolaylığı, uygun maliyet ve geniş yüzeylerde uygulanabilir gibi özellikleri içinde barındırmasına sebep olmaktadır (Baş 2016).

1.2.4. Galyum arsenit (gaas)

Kızılötesi ışınlara hassasiyeti olan bir yapıdır. Verimleri % 30 a kadar çıkmaktadır (Baş 2016).

1.3. Güneş Enerji Santralleri Şebeke Etkisi ve Elektrik Piyasası

1.3.1. Güneş enerji santrallerinin akıllı şebekelere entegrasyonu

Akıllı şebekenin kullanılabilirliği ve faydası Güneş, Rüzgâr ve Biokütle enerji santralleri gibi konvansiyonel olmayan enerji kaynakları ile artırılabilir. Güneş enerjisi, kullanımının sürekli olması ve ciddi maliyet etkisi sebebiyle diğer tüm kaynaklar içinde önemli bir yerdedir. Güneş Enerjili Sistemler farklı enerji kaynaklarına göre sabit bir enerji vermemektedir. Güneş enerjisinde olumsuz hava şartlarından ötürü beklenen verimin alınamadığı zamanlar olabilir. Daha evvel bahsi geçmiş olan gerekli olan enerjinin büyük kısmını yenilenebilir enerji sağlaması durumunda bu tip hava şartlarında şebekenin ihtiyacı olan enerjiyi vermekte fiilen mümkün olmayacaktır. Bu sebeple bunun üzerine çalışan insanlar mevcut kullanılan şebekelerin yetersiz olduğunu düşünüp, hava durumunu, enerji maliyetini ve şebekenin enerji ihtiyacını analiz edip

ona göre çalışan sistemler geliştirmiştir. Meteorolojiden alınacak bilgiler ışığında güneş süreleri öğrenilmektedir. Bu sayede ileriki günlerde güneş enerji santrallerini ne kadar enerji üretmesi gerektiği bu sistemler sayesinde bilinecektir. Tüketiciler ise enerji ihtiyaçlarını network ile sisteme bildireceklerdir. Bu bilgilendirmeyi sağlayan tüketimlere ise belli oranlarda indirimler sağlanabilecektir. Bilgilendirme yapmayan diğer tüketiciler ise mevcut veriler ışığında ihtiyacı olan enerji hesaplanıp akabinde sağlanacaktır. Sisteme göre mevcut güneş enerji santrallerinden üretilen elektrik ihtiyacı ve ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacı bilindiği için eksik kalan enerji fosil yakıt kullanılarak enerji üreten santrallerden karşılanacaktır. Bu şekilde fosil yakıtların kullanımı kontrol altına alınacak, doğanın kirletilmesi ve karbondioksit salınımı azaltılacaktır (Aslan ve ark. 2017).

1.3.2. Yenilenebilir enerji kaynaklarında üretimin Türkiye elektrik piyasasında dengeleme ve uzlaştırma açısından önemi

Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY) ile enerji arz ve talebinin dengede tutulmasına ve dengesizlik sonucu oluşacak alacak-borç tutarlarının hesaplanarak uzlaştırmanın gerçekleştirilmesine ilişkin usul ve kararlar belirtilmiştir.

Elektrik piyasası yönetmeliğine göre elektrik piyasası dengeleme sistemi, gün öncesi elektrik piyasası (GÖP) ve gerçek zamanlı arz-talep dengeleme işlemlerinden oluşmaktadır.

Gün öncesinde elektrik piyasasında işleyiş, her gün saat 11.30'a kadar takip eden güne ait saatlik elektrik talebi ve tahmini, iletim sistemlerinin yük alış verişlerini yönetmekle yükümlü Milli Yük Tevzi Merkezi (MYTM) tarafınca piyasa katılımcılarına ilan edilir. Üretim lisanslı katılımcılar takip eden gün için saatlik üretim miktarlarını fiyatlarıyla birlikte MYTM'ye bildirirler. Üretim ve tüketim arasında ki uyumsuzluk (dengesizlik) mali olarak piyasa uzlaştırma görevlisi PMUM (Piyasa Uzlaştırma Merkezi), sistem kısıtlarını göz önünde bulundurarak sistem marjinal fiyat (SMF) fiyatını belirler ve bu belirlediği fiyatı Piyasa Yönetim Sistemlerinde yayımlar. Bu işlemin akabinde MYTM, bölgesel yük tevzi merkezlerinden aldığı üretim değerlerinde değişikliğe gider ve katılımcılara yük alış (YAL) - yük atış (YAT) talimatı ile birlikte yeni programı bildirir. Her gün saat 14:00'a kadar piyasa işletmecisi tüm sistemler için gün öncesi planını belirler (Çakır 2012).

Gerçek Zamanlı dengeleme sisteminde, sistemde gerçek zamanlı oluşan yük talebine cevap vermek için dengeleme birimlerin ekonomik durumlarına göre YAL – YAT talimatları bildirilir. Bir piyasa katılımcı üreticinin üretiminde meydana gelen servis dışı durumunda oluşacak dengesizlikte sistemdeki diğer katılımcılara yük alış, önemli miktarda tüketim kaybı meydana geldiği zamanda ise üreticilere yük atış talimatları bildirilir. Dengeleme bildirimleri, saatlik fiyatlar üzerinden aylık olarak uzlaştırma sağlanır. Dengeleme için onay alan YAL-YAT teklifleri için katılımcılara saatlik sistem marjinal fiyatı ödemesi yapılır. Dengesizliklerin uzlaştırılmasında ise piyasa katılımcıları, belirlenen aktif elektrik enerjisi açık ya da fazlalarını, her bir uzlaştırma dönemi için tek bir “sistem dengesizlik fiyatı” üzerinden karşılamak durumundadır. Türkiye elektrik enerjisi piyasasında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri ürettikleri enerjiyi ikili anlaşma ile anlaşılan fiyattan, toptan satış şirketleri, dağıtım şirketleri, TETAŞ ya da serbest tüketicilere, gün öncesi planlama/piyasa kapsamında PMUM’a, YEK Destekleme Mekanizması kapsamında sabit fiyattan alım garantisi ile belirlenen fiyata satabilirler (Çakır 2012).

1.4. Üç Akü Tipi Şebeke Ölçekli Enerji Depolama Sistemlerinde Nasıl Çalışır?

2017 yılının başlarına doğru araştırmacılar 2016 yılı için ABD enerji depolama pazarının durumu için bir rapor yayınladılar. Bu çalışmada 2021 yılına kadar depolanmış enerjinin mevcut durumun 2 katına çıkacağını bildirmektedir.

George Mason Üniversitesi'nden David Hart ve Alfred Sarkissian, Amerika Birleşik Devletleri'nde şebeke ölçekli pillerle ilgili çalışmalarda bulunmuş ve araştırma verilerini 2016 yılında ABD Enerji Bakanlığı'na bildirmişlerdir. Çalışmada lityum-iyon pillerin pil pazarındaki konumunu çok daha fazla yere taşıyacağını belirtmişlerdir.

1.4.1. Lityum-iyon piller

Lityum-iyon (Li-ion) pilleri ilk olarak Sony tarafından ticari olarak piyasaya çıkarıldı. O günden bu yana Lityum-İyon pilleri şebeke ölçekli enerji depolamada en uygun batarya çeşidi olarak yerini almaya devam etmiştir. Lityum-iyon piller, elektrikli araçlara güç vermenin yanı sıra, tek seferde saatlerce megawatt güç gerektiren şebeke ölçekli uygulamalarda kullanımlar için çok yönlü uygunluğa sahiptir.

Lityum-iyon piller isimlerini elektrotlar arasındaki lityum iyonların transferinden, hem depolama amacıyla enerji enjekte edildiğinde hem de enerji ihtiyacında enerji çekilmesiyle alırlar.

Lityum pillerinin yenilik ve üretim hacmi, maliyet, enerji yoğunluğu ve çevrim ömründe artırılma sağlanmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

3 saate kadar saklama süresi için, lityum piller şu anki duruma göre en uygun maliyete sahip ve diğer alternatiflere göre en iyi enerji yoğunluğuna sahip pillerdir. Depolama sürelerinin uzatılması için uygulama özellikleri göz önünde bulundurularak maliyetlerinde göz önüne alınmasıyla Lityum İyon pilleri en uygun pil olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu piller, çok değişkenli voltaj, güç değerleri veyahut enerji artışları değerleri için çeşitli tel boyutları ve pil rafları şeklinde tasarlanabilir. Bu durum kilovat enerjiden, bir yardımcı istasyonda veya bir güneş çiftliğinde kullanılabilecek saatlerce depolama çalışmasına izin verir.

Lityum pilleri yapı olarak daha dar bir voltaj seğmendi ve daha düşük DC dizilim voltajına sahip olduğu için güç dönüştürücü sistemlerinin diğer pil teknolojilerine nazaran daha az maliyete sahiptir.

Örnek olarak anma gücünde iki saat boyunca ölçülen lityum bazlı bir enerji depolama sistemi, % 75 ila % 85'lik bir AC gidiş dönüş verimliliğine çıkmaktadır. Buna karşın, 30 dk için ölçülen bir sistem % 65 ila % 75 aralığında bir verim beklenmektedir. Tüm pil çeşitleri daha uzun deşarj sürelerinde çalışırken daha uzun ömürlü olabilmektedir.

1.4.2. Redoks akışlı bataryalar

NASA, 1970'lerde uzay programı için kullanımını incelediği redoks akışlı bataryalar enerji depolamak için kimyasal indirgeme ve oksidasyon reaksiyonlarının kullanımı daha eski tarihlere dayanmaktadır.

Redoks akışlı bataryalar da, iki kimyasal bileşen sistem içerisinde ki sıvılarda çözülür ve bir zarla birbirinden ayrılır. Elektrik akımı akarken, sıvılar anolit ve katolit bölmelerde ayrı tutulur. Bölmelerde meydana gelen kimyasal indirgeme ve oksidasyon reaksiyonlar, üretilen enerjiyi bir sıvı elektrolit çözeltisinde depolar.

Redoks akışlı bataryalar, diğer pillerle karşılaştırıldığında benzersiz olarak sistemin güç (KW) derecesi ve enerji (KWh) kapasitesi, depolama tankının boyutuna ve tanklardaki elektrolitlerin hacmine göre değişkenlik gösterir. Redoks akışlı bataryalar lityum çözeltisine göre daha düşük bir enerji yoğunluğu içerir ve daha büyük bir alan kaplamaktadır.

Akış bataryaları için yapılan analizler sonucu gidiş dönüş AC-AC verimi genel olarak % 65 ila % 75'tir.

1.4.3. Çinko-hibrid piller

Çinko-hibrid teknolojisi, ilk olarak 1996 yılında Singapur'daki küçük ve büyük ölçekteki otobüsleri çalıştırmak için kullanılmaya başlandı. Izgara ölçekli depolama kullanım durumlarında en son gelişmiş kimyasal bileşimlerden bir tanesidir. Elektrikli taşıtların ve dağıtılmış enerji kaynaklarının artması ile birlikte uygun maliyetleri bu sistemlerin talebini artırdı.

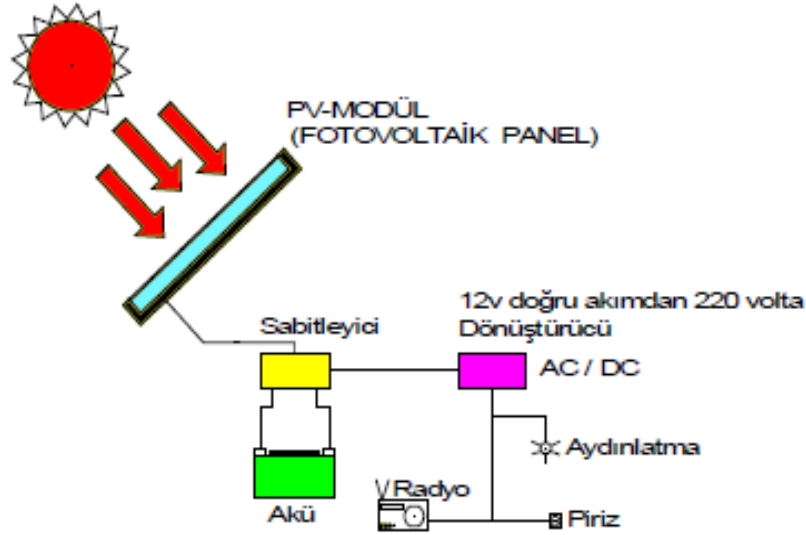
Aynı zamanda Çinko hibrit pil teknolojileri maliyet bakımından şebeke ölçekli çözümler için diğer pil teknolojileri ile yarışır durumdadır. Çinko'nun doğada yaygın olarak bulunması ve diğer lityum-iyon veya akış pilleri oluşturmak için kullanılan malzemelerden daha uygun maliyetlidir.

Çinko hibrit pillerde, bir çinko partikül kütlesi tarafından gözenekli bir anot oluşur ve akıntı sırasında bir elektrolit ile doyurulur. Bir oksijen reaksiyonu ile katotta oluşturulan hidroksil iyonları, katoda giden elektronları serbest bırakan çinkoat oluşturmak üzere çinko macun içine hareket eder.

Çinko hibrit pilleri verimliliği lityum iyon pillerine nazaran, ortalama olarak % 65 ila % 70 arasında değişen özelliğe sahiptir.

1.5. Güneş Enerji Santrali

Güneş enerji üretim sistemleri uygulamalarında iki farklı tip uygulama tipi vardır. Bunlar, şebekeye bağlı ve şebekeye bağlı olmayan sistemlerdir. Şebekeye bağlı olmayan sistemler elektrik şebeke bağlantısının olmadığı zamanlarda tercih edilir. Bu sistemlerin şebekeye entegre maliyeti PV güç sistemi kurulumundan daha yüksek olduğu bilinmektedir. Yatırım maliyetinden sonra başka herhangi bir maliyeti olmayan bu sistemler özellikle kırsal alanlarda uygulanabilmektedir. Şekil 1.3.'de görüldüğü üzere akü sistemi kullanılan bir fotovoltaik sistemin yapısı gösterilmiştir (Sayın ve Ark. 2011).



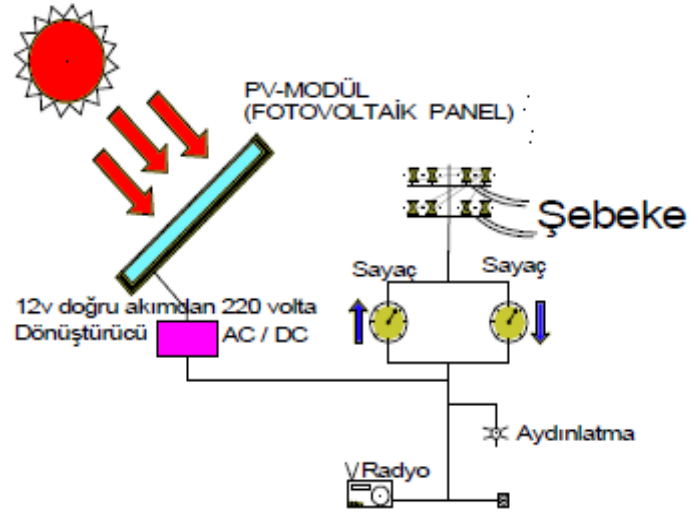
Şekil 1.3. Şebekeden Bağımsız Pv Modül Sistemi (Sayın ve Ark. 2011).

Şebekeye bağlı olan sistemlerde ise güç santrali ve binalara entegre edilmiş sistemler olarak 2 ayrı grupta incelenmesi gerekmektedir. Şebeke entegre sistemlerde üretilen elektrik Şekil 1.4.'de belirtildiği gibi iki yönlü bir sayaç bağlantısı ile yapılmaktadır. Bu sistemde ihtiyaç duyulmadığı zamanlarda üretilen enerji şehir şebekesine iletilmekte, üretimin olmadığı durumlarda ise şebekeden elektrik alınmaktadır. Sisteme bağlı olan çift yönlü sayaç hem şebekeye verilen aynı zamanda alınan elektriği ölçmektedir (Sayın ve Ark. 2011).

Gelişen enerji üretim, iletim, ticaret ve talep sistemleri mevcut durumdaki dağıtım şebekelerinin de yenilenmesini zorunlu kılmıştır. Yerleşim alanlarının büyümesiyle mevcut durumdaki dağıtım sistemi, bu sistemlerde kullanılan ömrünü yitirmiş malzemeler, eski teknolojik alt yapı ile oluşturulmuş şebeke planlaması günümüz enerji taleplerine cevap vermemekte ve aynı zamanda birçok enerji arızasını da beraberinde getirmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte üretim tesislerinin dağıtım şebekelerine entegrasyonu zorunlu hale gelmiştir. Bu sebeple son yıllarda yapılan çalışmalar neticesinde mevcut sistemden akıllı şebekelere geçişler yaşanmıştır. Mevcut durumdaki dağıtım şebekeleri gücü yüksek, arıza otomasyonuna sahip ve yenilenebilir enerji üretim tesislerine bağlı olabilecek şekilde geliştirilmelidir. Bir diğer konu olan tek taraflı enerji iletimi yapan mevcut dağıtım sistemlerinin yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanılması ile çift yönlü enerji transferine olanak sağlayan akıllı şebeke otomasyonlarına ihtiyaç vardır (Bahçeci ve Daldaban 2017).



Şekil 1.4. Şebekeye Bağlı Pv Modül Sistemi (Sayın ve Ark. 2011).

Akıllı şebekeler daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere stabil, dağınık ve gezgin enerji depolanmasında önemli bir rol üstlenirler. Yenilenebilir enerji kaynaklarının giderek yaygınlaşması Yek destekleme mekanizması sonrası üreticilerin karlılığın devamı veya artması yönünden enerji depolama sistemlerinin önemi giderek artmıştır. Günümüzde tüm gelişmiş enerji sistemleri arz talep dengesi, sistem kararlılığı, enerji kaynaklarının daha verimli ve enerji piyasalarında yapılacak karlılığın artırılması, iletim / dağıtım sistemlerinde meydana gelecek arıza vb. problemlerin azaltılması gibi birçok farklı sebeplerden dolayı enerjinin depolanması artık zorunlu hale gelmiştir. Enerji depolama, pik yük talebinin olduğu zamanlarda depolanan elektrik enerjisini kullanan sistemlerdir. Bu sistemler; elektrik şebekelerinin üretim, iletim ve dağıtım uygulamalarında farklı tipleri olup, akıllı şebekelerin önemli bir parçasıdır (Kocaman 2014).

Akıllı şebekelerde planlanan durumlar şu şekildedir;

1. Şebeke kapasitesinin optimizasyonu için elektrik enerjisinde arz ve talebin iyi dengelenmesi, yük eğrisinde günlük dalgalanmaların önüne geçilerek, “yük faktörünü” maksimize etmek,
2. Üretim ve iletim aktarmalarında meydana gelen kısıtlarda maliyetlerin kontrolünü

sağlamak,

3. Tüketici tarafında daha fazla yenilenebilir veya konvansiyonel enerji üretim ve depolamaya olanak tanıyan mikro şebekelerin kurulmasıdır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yavuz (2011) yapmış olduğu çalışmada enerji ihtiyacını giderebilecek bir ev için rüzgâr enerjisi ve şarj edilebilir bataryalar ile optimizasyonu sağlamış ve ekonomik açıdan en uygun bataryanın bulunmasını amaçlamıştır. Bu çalışmada yazar kış, ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerinde en uygun bataryanın teknik açıdan lityum iyon polimer olduğunu savunmuştur.

Turan ve ark. (2016) tarafından yılında yapılan “Enerji Depolama Sistemlerinin Araştırılması ve Analizi” çalışmasında Enerji depolamanın gelecek yıllarda düşük karbon salınımı için önemli bir rol oynayacağını, enerji depolama sistemlerinin halen daha gelişmesi gerektiğini ve bunun için bu konuda yatırımların artması gerektiğini bildirmiştir. Yapılan çalışmada enerji depolama sistemleri hakkında bilgiler verilmiş ve kıyaslamalar yapılmıştır.

Uzun (2010) yapmış olduğu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin sürekli olmaması, meydana gelen kesintilerin artması sebebiyle depolama sistemlerine gerek olduğunu bildirmiştir. Isı enerjisi depolamasının önemine değinilerek, depolama sistemlerinin türleri ve çeşitleri, meydana gelen kayıplar ve toprak içinde yapılan depolama ile toprak üstünde yapılan depolamaya göre avantajları ve yapılan yalıtımların önemine değinilmiştir. Yer altında yapılan enerji depolamanın güneş enerjisi ile birlikte kullanıldığında depolanan enerjinin güneş çok olduğu yaz döneminde depolanarak kış aylarında kullanılmasının uygulanabilir olduğu bildirilmiştir.

Çolak (2010) çalışmasında 10 MW kurulu güce sahip güneş enerjisi santralinden elde edilecek elektrik enerjisinin miktarı, birim maliyeti ve santralin yatırım maliyetleri PVSYST programı aracılığı ile hesaplanmış, elde edilen sonuçlar detaylarıyla irdelenmiştir.

Lai ve ark. (2016) fotovoltaiik hibrid sistemler için yapmış olduğu elektrik depolama maliyeti çalışmasında Vanadyum Redoks ve Lityum-iyon akülerinin maliyet ve uygulanabilirlik açısından daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Juha Koskela ve ark. (2019) “Konutlarda elektrik enerjisi depolama kullanımı pil boyutlandırma ve elektrik maliyet optimizasyonu dayalı fotovoltaiik paneller” başlıklı çalışmasında bir apartman ve müstakil için, bir fotovoltaiik karlılık ve boyutlandırma ilişkili elektrik enerjisi depolama sistemi ekonomik açıdan analiz edilmiştir. Ayrıca fotovoltaiik sistemlerinin elektrik enerjisi depolama ve uygun elektrik fiyatlandırma kullanılarak arttırılabileceği savunulmuştur.

Bildirici (2018) çalışmasında bir rüzgâr üretim çiftliğinin yakında bulunan organize sanayi bölgesine bağlı olduğu varsayımsal bir senaryo üzerinden iletim sistemlerinin geliştirilmesinin ertelenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, talep tarafı yönetimi ve enerji depolama uygulamaları vasıtasıyla güç sistemi esnekliğini arttırarak, oluşturulmuş senaryo üzerinde iletim sistemi yapısının geliştirilmesinin ertelenmesi üzerine uygulanabilirlik araştırması yapılmasıdır.

Cansu Ağralı, yapmış olduğu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları bulunan ve bu bulunan enerji kaynakları ilgili coğrafyada ki tüketicileri için kullanan bir firmayı ele almıştır. Tedarik firma tüketicileri için enerji talebini elindeki üretimi ve spot elektrik marketleri kullanabilmektedir. Tedarik firması Firmanın çok periyotlu kapasite yönetim sorunu olmaktadır. Depolama sistemlerinin sisteme entegre edilmesi ile üretilen enerjinin zaman periyotlar arası aktarılma durumu mümkün kılınacaktır. Talebin az olup üretimin çok olduğu zaman diliminde yenilenebilir kaynakları daha verimli temin edilmesi sağlanmış olacaktır. Tedarikçi firması enerji depolama sistemi ile elektrik piyasasında fiyatın düşük olduğu zamanda enerjiyi depolayıp, fiyatın yüksek olduğu dönemlerde satma fırsatı bulabilecektir. Enerji hattı üzerinde meydana gelen iletim kısıtlamaları da enerji depolama sistemlerini cazip hale getiren bir diğer faktör olduğu da bildirilmiştir.

Çakır (2012), Enerji depolama sistemlerinin rüzgar enerji santrallerine entegre edilmesiyle şebekeye kararlı ve güvenilir güç verimi sağlanması ve rüzgar enerjisi santralinden üretilen enerjinin gelen talepten yüksek olduğu zaman diliminde depolanarak, talep edilen enerjinin arttığı dönemde ise bu depolanan enerjinin kullanılabileceği savunulmuştur. Elektrik enerjisi piyasasında maliyetlerin makul seviyelerde olması durumunda enerji depolama sistemlerinin piyasaya olumlu katkı yapabileceği belirtilmiştir. Elektrik enerjisi kimyasal, mekanik ve ısı yolla depolanabileceği savunulmuştur. Çakır çalışmasında, rüzgâr enerji santrallerinde üretilen elektrik enerjisinin depolanmasında; yüksek miktarda enerjinin uzun süre

depolanabilmesi, sistemin deşarj süresinin düşük olması ve sistem tepkisinin hızlı olması sebebiyle vanadyum redoks akışkan aküleri (VRB) ele almıştır. Yapılan bu çalışmada bir rüzgâr santralinin vanadyum redoks akışkan akü enerji depolama sistemi ile entegrasyonu için enerji analizleri yapılmıştır. Çakır, santralin iki yıllık üretim verisi ve bölge verilerini waps'ta analiz ederek birden fazla rüzgar enerji santrali tasarlamış ve en yüksek enerji üretim tahmini sonucunu veren konfigürasyon, VRB enerji depolama sistemi uygulamasında kullanılmak üzere seçilmiştir. Enerji analizi için tasarlanan rüzgar tarlasında, biri 1,8 MW diğeri 3 MW olmak üzere iki adet türbin incelenmiştir. Bu analizler için 14 farklı sistem oluşturulmuş ve matlab ortamında yazılan programlarla elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılması yapılmıştır.

Yavuz (2011) çalışmasında Türkiye'de Çanakkale bölgesindeki rüzgâr hızına göre bir rüzgâr türbini sistemi seçilip, bu rüzgâr türbini ile bir evin enerji ihtiyacının şebekeden bağımsız bir şekilde giderilmesidir. Bunun yanı sıra rüzgâr hızındaki düşüşler sebebiyle oluşabilecek enerji kesintilerini batarya grubu ve dizel jeneratör ile yılın rüzgar hızının yüksek olduğu dönemlerinde depolanarak telafi edilmek istenmiştir. Gelişme bölümünde rüzgâr enerjisi ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Rüzgâr enerjisinin tarihçesi, kullanılan farklı rüzgâr türbinleri ve nasıl enerji elde edildiği anlatılmıştır. Rüzgâr hızı ve çıkış gücü arasındaki bağlantı açıklanmış ve rüzgar türbinleri ile beraber kullanılan jeneratörlerden bahsedilmiştir.

Simülasyonda kullanılacak tekrar şarj edilebilen bataryalar ile ilgili bataryaların tarihçesi ve devir sayıları, ömürleri, çalışma prensibi gibi teknik bilgiler verilmiştir. Başlıca kurşun asit, vanadyum redoks, sodyum sülfür, lityum iyon ve nikel bataryalar bu bölümde anlatılmıştır. Bataryaların yetersiz olduğu ve rüzgâr hızının enerji üretemeyecek seviyelere düştüğü kritik anlar tespit edilmiştir. Bu süre zarfında dizel jeneratör kullanılması düşünülmüştür. Ekonomik analizi yapabilmek için bir değere indirgenmiş enerji maliyeti metodu tercih edilmiş ve uygulanmıştır. Bu metot ile ilgili kullanılan formüller açıklanmış ve simülasyonda kullanılmıştır. Tekrar şarj edilebilir bataryalar teknik özelliklerine göre analiz edilmiş ve sisteme en uygun bataryanın seçilmesi amaçlanmıştır. Ekonomik açıdan bataryalar ve farklı modeldeki rüzgâr türbinleri karşılaştırılmış maliyet açısından en uygun olanı tercih edilmiştir. Bunu yapabilmek için matlab programı kullanılmış sonuçlar sayısal uygulama bölümünde paylaşılmıştır. Sonuçlar ve öneriler kısmında ise yapılan analizler yorumlanmış ve yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

Özdoğan (2010) çalışmasında, boru-kovan tipi ısı enerji depolama sistemlerinin çalışma değişkenliklerinin depolama (katılaşma) ve geri kullanım (erime) sürelerine olan etkisi deneysel olarak irdelenmiştir ve depolama sistemleri için elde edilen deneysel veriler, ihya edilen sayısal yöntem sonuçları ile mukayese edilmiştir. Depolama sistemleri deneysel çalışmasında, kovan çapının, boru malzemesinin, ısı transfer akışkanının debisinin ve giriş sıcaklığının tesirleri, geri kullanım deneylerinde ise ısı transfer akışkanının giriş sıcaklığının ve debisinin sisteme olan tesirleri irdelenmiştir. Yapılan çalışmada deneysel verilerden ve geliştirilen sayısal yöntemden yararlanılarak boru-kovan tipi ısı enerji depolama sistemin için uygun olan çalışma değişkenliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Atasorkun (2015) çalışmasında, geliştirilen web sitesi yardımıyla dünyanın tüm noktasında izlenebilen bir rüzgâr türbini ve güneş paneli için akıllı şarj kontrol sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen sistemde rüzgâr türbininden ve güneş panelinden çektiği enerji ile akü sistemini şarj ederken, aynı akü sisteminden bir invertör yardımı ile yüke enerji aktarmaktır. Bu çalışmada hedeflenen rüzgârlı ve güneşli havalarda batarya sistemi ile enerjiyi depolamak, dolayısı ile rüzgârsız ve güneşsiz havalarda depolanan bu enerjiyi elektrik şebekesi bulunmayan kırsal kesimlerde çeşitli gereksinimler için kullanmaktır. Tasarlanan sistem ile kesintili ve kararlı yapıda olmayan rüzgar ve güneş enerjisinin elektrik şebekesine ya da yüke zarar vermeyen stabil bir şekilde kullanılması hedeflenmiş ve bu doğrultuda çalışma yapılmıştır.

Özdemir ve ark. (2014) yılında yapmış oldukları çalışmada enerji depolama sistemlerinin anlık durumu ve ekonomik olarak değerlendirilmesi, uygulama yöntemleri ve elektrik güç sistemi şebeke işletmesine faydaları ve etkileri irdelenmiştir. Ayrıca, batarya ve ultra kapasitörden oluşan hibrit enerji depolama sistemleri açıklanırken HEDS'nin yenilenebilir enerji destekli güç sistemi uygulamalarının geleceğine yönelik yeni bir farkındalık oluşturma amaçlanmıştır.

Özdemir ve ark. (2015) yapmış oldukları “Akıllı Şebekelerde Enerji Depolama Çözümleri” konulu çalışmasında rüzgâr ve güneş kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarında verim artışı amacıyla kullanılan enerji depolama sistemleri ve kullanım durumuna göre bölümlendirilmiş farklı enerji depolama uygulamalarına değinilmiştir. Ayrıca bu değişim devam ederken enerji depolama sistemlerinin daha yaygın ve ekonomik işletilebilmesi adına “batarya yönetim sistemleri” ve “akıllı enerji yönetim sistemleri” konularında yapılacak Ar & Ge çalışmalarının önünü açmaktadır. Yapılan

çalışmayla teknolojinin gelişimi ile “dağıtık üretim birimleri ve akıllı şebekelere” dönüş sürecinde önemli bir yol kat edileceği vurgulanmıştır.

Kozak ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada enerji depolama ve enerji depolama sistemlerinin kuram olarak araştırılması yapılmıştır. Enerjinin talep zamanı ve farklı yerlerde kullanılmaya hazır olması ve enerji depolama ile diğer taraftan enerjinin kullanıldığı alanlarda meydana gelen atık enerjiyi depolama, diğer yandan, sadece belirli zamanlarda enerji verebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisini depolayarak, arz talep dengesinin sağlanması hedeflenmiştir.

Engin ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada aydınlatılması yapılacak güneş-rüzgâr hibrid enerji üretim sistemi analiz edilmiştir. Analiz edilen sistem kurularak bir yıl süreyle güneş gözesi, rüzgâr türbini, batarya gurubu, şarj regülatörleri ve invertörün performans değerleri ölçülmüş olup ölçülen değerler kullanılarak üretilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı, sistemin performansı, güvenilirliği ve tüketilen enerjinin birim maliyeti analiz edilmiştir. Çalışma sonucuna göre hibrid enerji üretim sisteminin performansını yükseltmek, ürettiği enerjinin birim maliyeti aşağı çekmek ve güvenilirliğini artırmak sistem üzerinde geliştirilmesi gereken yerler irdelenmiştir.

Alkan (2016), Kocaeli bölgesi için yenilenebilir güneş, rüzgâr kaynakları ve yakıt hücresi ile beslenen, enerji depolama için batarya kullanan, gerektiğinde ihtiyaç fazlası enerjiyi şebekeye aktarabilen ve akıllı enerji yönetim sistemine sahip akıllı konut modeli önermiştir. Çalışmada, Kocaeli ili, Umut tepe bölgesi için bir yıllık güneş ve rüzgâr enerjisi üretimi ölçüm değerleri analiz edilerek sonuçlar sunulmuştur. Önerilen akıllı konut modeli ve yönetim algoritması matlab ortamında doğrulanarak benzetim sonuçları verilmiştir.

Kahraman (2010) yılında yapmış olduğu tez çalışmasında güneş enerjisi santrallerinden üretilen elektrik enerjisi ile ilgili genel hükümler araştırılmış ve güneş enerjisinin önemi vurgulanmıştır. Bu çalışmada SEGS VI santrali ele alınarak, EES programında 30 MW gücünde parabolik oluklu güneş enerjisi santrali sistemi kurgulanmıştır. Bu model işletilerek santralin İstanbul ve İzmir illerinde işletilmesi durumunda üretilebilecek yıllık elektrik miktarı analiz edilmiştir. Üretilecek elektrik enerjisine göre de santral için ekonomik durumu irdelenmiştir.

Gökçöl ve ark. (2007) yapmış olduğu çalışmada ele alınan bir ev için gerekli olan enerjinin şebeke kaynağı kullanmadan yalnız rüzgâr enerjisinden faydalanarak

karşılanacağı belirtilmiştir. 2007-2008 yılı için rüzgâr verileri olan Gebze’de bir ev için altı farklı rüzgâr türbini tasarımı incelenmiştir. Evin günlük enerji ihtiyacı tespit edilerek, enerjinin devamlılığı bataryalar ile sağlanacak şekilde oluşturulup, matlab’da bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Her bir rüzgâr türbini için devamlı enerji sağlayacak olan batarya sayısı hesap edilip maliyet analizi yapılmıştır.

Çiftçi ve ark. (2014) yılında yapmış olduğu çalışmada Güneş enerjisi kullanarak enerji üretilmesi alternatif enerji kaynağı uygulamalarının en yaygın olduğu savunulmuştur. Güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisi üreten fotovoltaiik pil çalışmalarının her geçen gün fazlalaşması ve yapılan çalışmada Burdur’da yaşayan 4 kişilik bir evin elektrik ihtiyacının güneş enerjisi ve fotovoltaiik pil uygulamasından sağlanması maliyet yönünden irdelenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

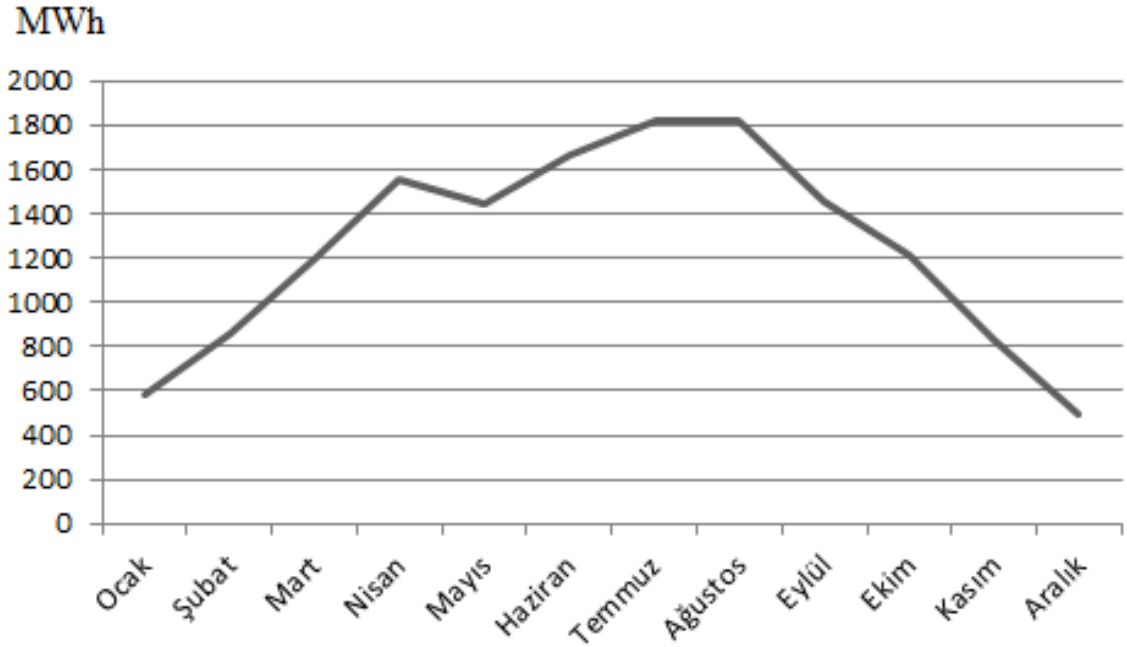
3.1. Materyal

Güneş enerji santrallerinin elektrik piyasa katılımcısı olması ile birlikte elektrik piyasasında depolama sistemi ile yapacağı karlılığın analiz edilmesi için ele alınan örnek bir GES Santralinin 2018 üretim değerleri kullanılmıştır.



Şekil 3.1. GES Panelleri

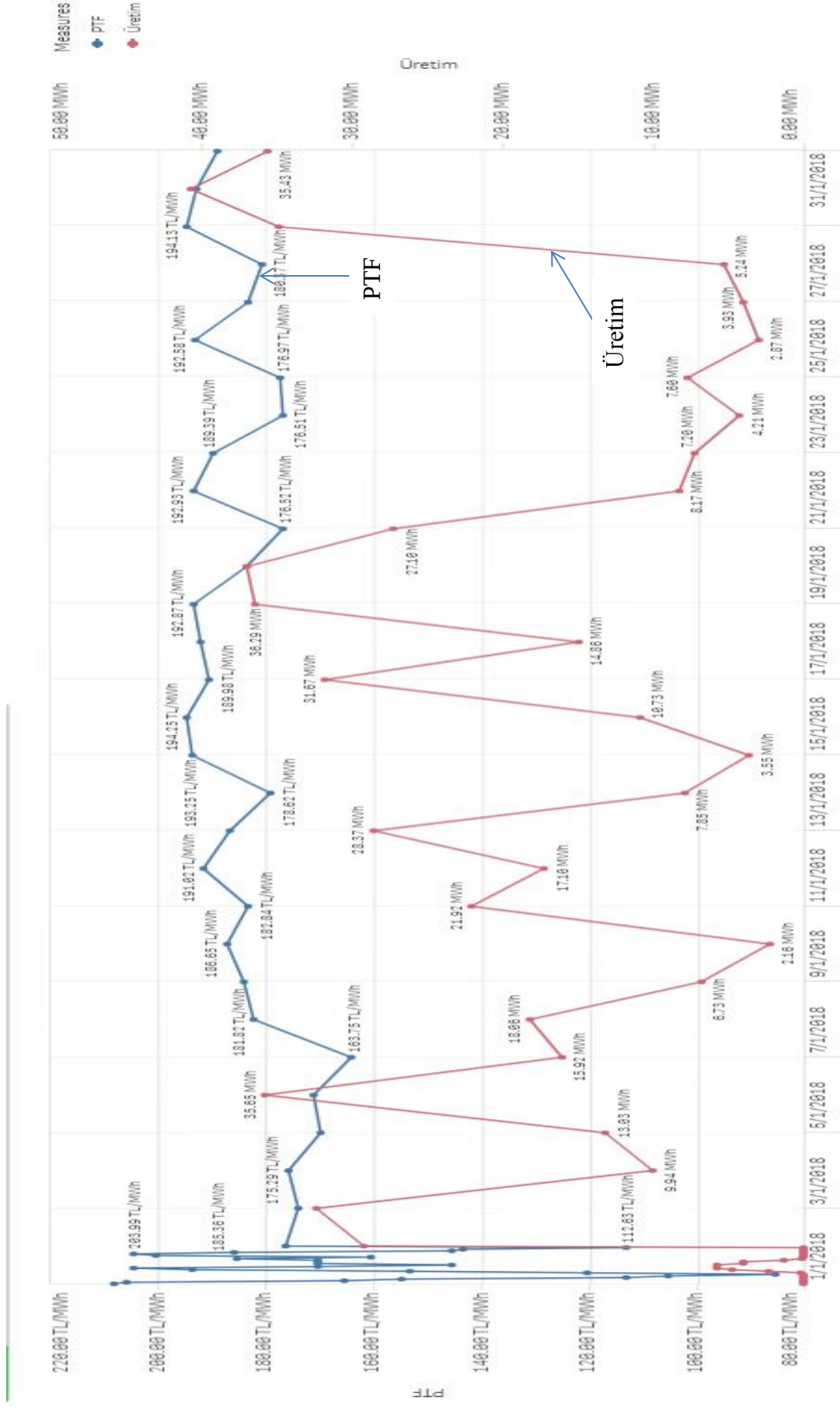
GES Santrali için yerinde incelemelerde bulunulmuş ve teknik bilgiler alınmıştır. Santralin 2018 yılı tüketimleri alınarak 2018 yılı aylık bazda üretim değerleri ve piyasa takas fiyatları incelenmiş ve Qlik Sense programı yardımı ile grafiklendirilmiştir.



Şekil 3.2. GES Santrali 2018 Aylık Üretim Çizgi Grafiği

Üretim değerleri ve grafikler incelendiğinde üretimin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yükseldiği görülmektedir. Kış aylarında ise güneş alınınının azalmasıyla üretim değerleri düşmüştür.

Güneş enerji santralinin üretim değerleri incelenmiş olup bu üretim değerleri ile piyasa takas fiyatlarının seyri de gözlemlenmiştir. Aylık bazda santralin üretim değeri ve piyasada oluşan fiyatlar yine Qlik Sense programı yardımı ile grafiklendirilmiş ve analiz edilmiştir. Ocak ayı gerçekleşen üretim değerleri ve piyasa takas fiyatı Şekil 3.3.'te belirtilmiş diğer aylar ise ekler bölümünde gösterilmiştir.

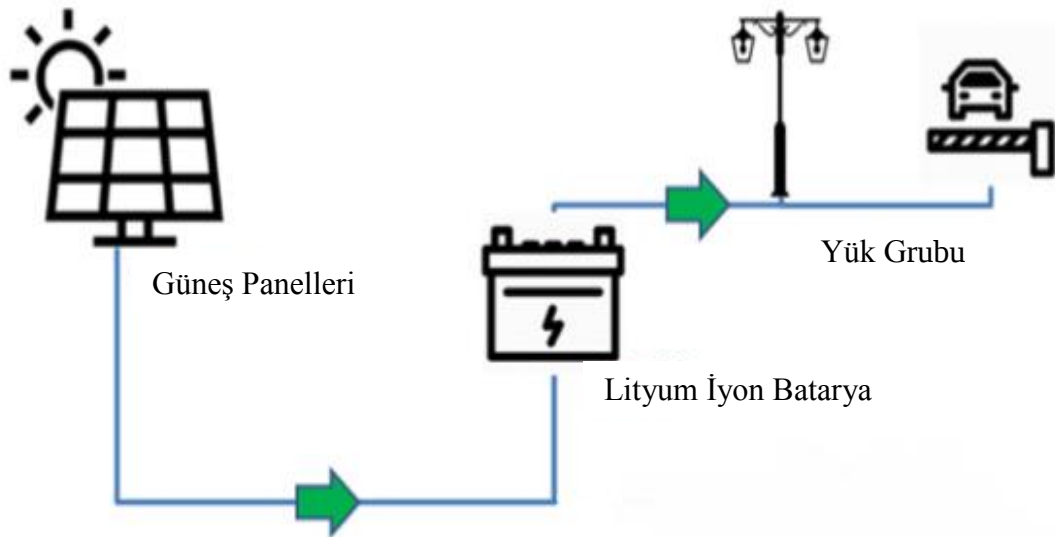


Şekil 3.3. GES 2018 Ocak Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafiği

3.1.1. Enerji depolama sistemi

Akıllı ve mikro şebekelerde enerji depolama teknolojileri; elektrik üretim ve dağıtım şirketleri, gerçek veya tüzel enerji üreticileri ve elektrikli araç üreticileri için çok önemli bir çalışma alanıdır. Yüksek miktarlarda enerjinin depo edilebilmesi elektrik üretici ve tedarikçilerin karlılıkları için büyük bir farklılık oluşturabilir. Bu sebeple, enerji taleplerinde üretimin anlık yapılmasına gerek duyulmaz. Enerji depolama teknolojilerinin giderek yaygınlaşması, gerilim düşmelerine ve elektrik kesintileri gibi güç kalitesini önemli ölçüde etkileyen sebeplere karşı çözümlerinde rolü büyüktür.

Bununla birlikte, enerji depolamanın; sistemsel verimlilik oranlarının artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının şebeke bağlantılarının olanak verilmesi, şebeke kararlılığını ve güvenilirliğinin artırılması, enerji güvenliğinin artırılması ve sera gazı emisyonu gibi evrensel bir sorunun çözüme kavuşturulması gibi önemli katkıları vardır. Elektrik enerjisinin maliyet olarak kolay depolanabilmesi zor olsa da ihtiyaç halinde elektrik enerjisine dönüştürüp kullanılmak üzere farklı şekillerde depolanabilir. Enerjinin depolanmasında kullanılan başlıca teknolojiler; elektriksel, mekaniksel, kimyasal ve ısı depolamadır (Kocaman 2013).



Şekil 3.4. Güneş Enerji Depolama Sistemi (Yegm 2018).

3.1.2. Maliyet analizi

Elektrik Üreticileri Derneğinin 2018 yılında yayınlamış olduğu Almanya elektrik depolama sektörü tek inceleme raporunda Berlin, Schwerin ve Essen olmak üzere 3 farklı şehirde ilgili şirketler ve pil depolama tesisleri ziyaretler gerçekleştirilmiş olup, söz konusu teknoloji ve uygulanan mevzuat ile ilgili çeşitli sunumlara katılım gösterilmiştir. Aynı zamanda piyasanın farklı kesimlerinden katılımcılarla görüşme imkânı bulunmuştur.

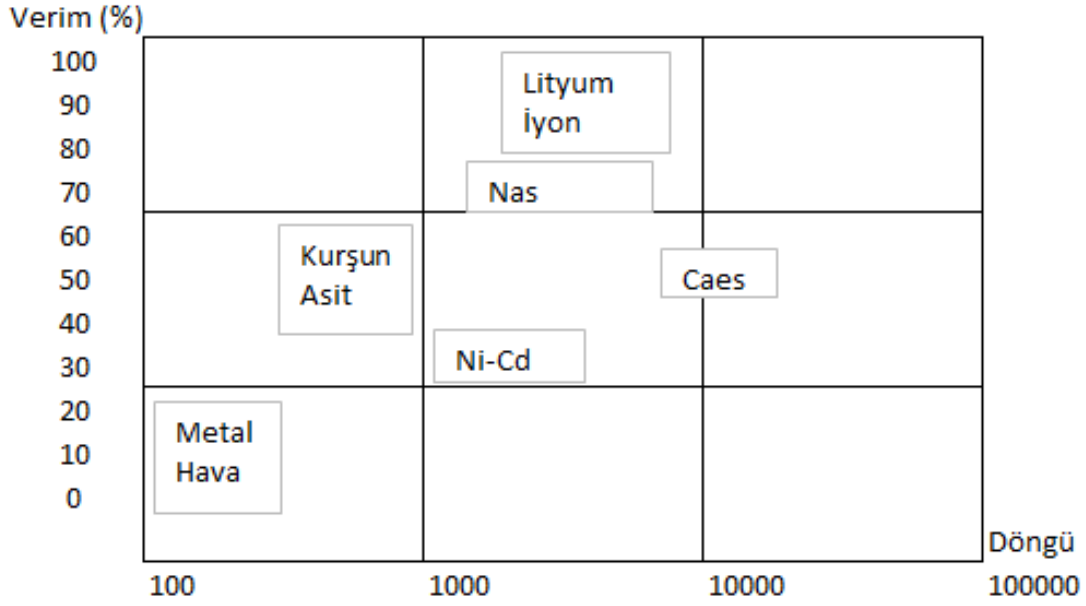
Dünya çapında enerji depolama projelerinin toplam kapasitesi 2017 itibarıyla yaklaşık 193 GW seviyesindedir. Elektrokimyasal projeler(pil depolama, kapasitör depolama) 3,3 GW, Elektromekanik projeler (sıkıştırılmış hava depolama, volan depolama) 2,5 GW, Pompaj depolamalı hidroelektrik projeler 184 GW, Termal depolamalı projeler 3,6 GW, Hidrojen depolamalı projeler ise 20 MW civarındadır. Türkiye’de ise UPS (kesintisiz güç kaynağı) haricinde işletmeye giren büyük ölçekli depolama projeleri yer almamaktadır. Fakat yenilenebilir enerji alanında 2023 hedefleri düşünüldüğünde depolamayla ilgili mevzuatın altyapısının kısa süre içinde oluşturulup yayınlanması elzemdir. Aynı zamanda yerli ve milli elektrikli araba projesi için gerekli olan pil sistemi ve şebekeye entegrasyonu konusu da yenilenebilir enerjinin depolanmasıyla paralel olarak düşünülmesi gereken bir alt başlıktır (Eüd 2018).

Yapılan bir diğer çalışmada ise Lityum pillerinin maliyetlerinde azalma olduğu ve sonraki yıllarda bu azalmanın artacağı ön görülmektedir. Lityumun 2009 yılında fiyatı 650 dolar/KWh iken bu fiyatın gelecek 10 yıl içerisinde 250 dolar/KWh'lara kadar düşeceği savunulmuştur. Sistem verimliliği depolama teknolojiler için en önemli unsurdur. Çizelge 3.1 ‘de “Elektrik depolama Derneği” tarafından yapılan grafik belirtilmiş verimlilik, sistem ömrü ve pazardaki yerini gösterilmiş olup kıyaslamalar yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Enerji Depolama Maliyetleri (Eüd 2018).

Pil Çeşidi	Mevcut Maliyeti (dolar/KWh)	10 Yıl Sonra Öngörülen Maliyet (dolar/KWh)
Kurşun Asit Pil	150	150
Vrla Pil	200	200
Nicd Pil	600	600
Ni-Mh Pil	800	350
Li-İon Pil	1300	150
Na/S Pil	450	350
Na/NiCl ₂ Pil	800	150
Vanadyum Redox Pil	20 KWh = 1800 dolar/KWh 100 KWh = 600 dolar/KWh	25 KWh = 1200 dolar/KWh 100 KWh = 500 dolar/KWh
Zn/Br Pil	30 KWh/45 KWh = 500 dolar/KWh 2 MWh = 300 dolar/KWh	250
Kurşun Karbon Pil	500	250
Düşük Hız Volanlar	380	300
Yüksek Hız Volanlar	2500	800
Elektromekanik Pil	356	250

Şekil 3.5’da Depolama piller arasında enerji depolama Li-ion teknolojisi en yüksek çalışma döngüsünü vermektedir. Karşılaştırma tablosuna göre, bazı pillerin KWh başına fiyatı, teknolojik gelişimi, sistem için gerekli alan veya ilk yatırım enerji depolama durumu gibi diğer kriterleri dikkate alarak Li-ion depolama teknolojisinden daha iyi görünse de kompakt bileşenlerde sistem güvensizliği doğurduğu savunulmuştur. Depolama sistemleri için gerekli olan optimal özellikler; hızlı reaksiyon süresi, yüksek verimlilik, teknolojinin olgunluğu, serbestçe boyutlandırma depolama imkanı güç ve kapasite, verimlilik, bakım kolaylığı ve nispeten uzun çevrim ömrüdür.



Şekil 3.5. % 80 DOD Enerji Depolama Teknolojilerinin Ömrü ve Verimliliği
(Koskela, 2019)

Elektrik Üreticileri Derneğinin ilgili raporunda Samsung SDI ve LG Chem marka Lityum iyon pil teknolojisinin yaygın kullanımının olduğunu, anahtar teslim projelerde 20 yıl pil garantisi verildiğini açıklamıştır. Ayrıca pilin tüm proje içindeki maliyet oranı % 50 olduğundan (GES’lerdeki panellerin maliyet oranı gibi) bahsedilmiştir. Geri kalan % 50’nin içinde invertör, konteynır, kablolama, trafo ve yazılım olarak açıklanmaktadır (Eüd 2018).

2025 yılına kadar elektrikli arabaların piyasa payı depolama piyasasının 10 katı olacağı yönünde de görüşlerin artmasıyla fiyatlar 2 yılda KWh başına 1000 dolar’dan 300 dolar civarına kadar düşmüş ve 2025 yılına kadar daha fazla maliyetlerin düşmesinden bahsedilmektedir. Bu bilgiler ışığında 10000 KW’lık depolama sistemi maliyeti Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

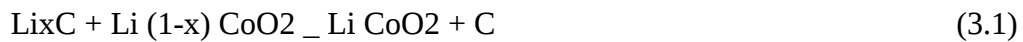
Çizelge 3.2. Enerji Depolama Maliyeti (Eüd, 2018)

Sıra No	Malzemenin Cinsi	Yüzdesel Payı (%)	10 MWh ESS Maliyet (dolar)
1	Li-ON Depolama Pilleri	47,18	1.500.000,00
2	İnvertör/Convertör/ Şarj Regülatörleri	13,35	424.528,25
3	Kablo Maliyeti	7,12	226.415,00
4	Trafo ve Yazılım	4,45	141.509,50
5	Konstrüksiyon ve Bina Yapım Maliyeti	13,35	424.528,25
6	İşçilik ve Sarf Maliyetler	8,90	283.018,75
7	Sistem Kullanım Gideri	1,70	54.145,86
8	Sistem İşletim Gideri	0,33	10.572,41
9	Arıza Bakım Giderleri	0,94	30.000,00
10	Güvenlik Hizm. Gideri	0,98	31.200,00
11	Sigortalama Giderleri	0,24	7.500,00
12	Yedek Malzeme Giderleri	0,16	5.000,00
13	Personel Giderleri	1,28	40.800,00
TOPLAM			3.179.218,03

3.1.3. Li-ON depolama pilleri ömrü çalışma aralıkları ve şarj dengesi

Lityum-yon pilleri elektronik cihazların hemen hemen tümünde yararlanılmaktadır. Lityum iyon piller, fazla enerji depolama kapasiteleriyle, düşük iç direnç ve % 90'dan fazla verimlilikleriyle kullanım alanları yaygınlaşmaya devam etmektedir. Bu piller gerekli sıcaklık ve maksimum kapasitelerine dikkate alınarak çalıştırılmalıdırlar tersi durumda lityum iyon pillerinin verimleri düşmektedir. Yüksek verim güçleri ve enerji yoğunlukları ile lityum iyon piller enerji kalitesinin önemli kılındığı yerlerde, dağıtım şebekelerinde ve otomotiv sektörlerinde kullanımı oldukça fizibildir. Teknik durumu ise; pilin eksi tarafı lityum metal oksit (LiCoO_2 , LiMO_2 , vs.) ve artı tarafı grafik karbon tabakadan meydana gelmektedir. Lityum tuzu (LiPF_6 gibi) içeren elektrotlar organik karbonatlarla ayrıştırılmaktadır (Bünyamin 2008).

Lityum iyon pilin kimyasal formülazasyonu şu şekilde ifade edilebilir;

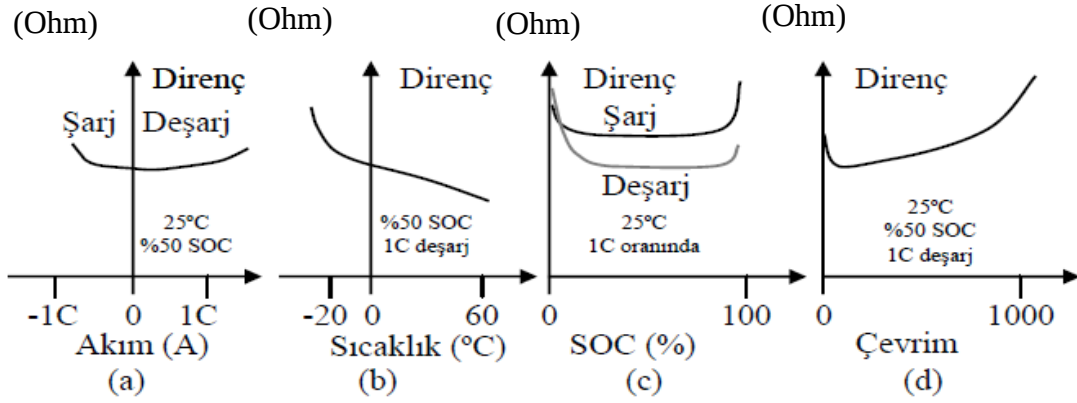


Pil Şarj esnasında, katottaki lityum atomlar iyonlaşarak daha sonra elektronlar ile birleşip lityum atomlar olarak karbon tabakalar arasında depolandıkları karbonlar anot yönünde elektrolite doğru devam eder. Bu zaman zarfında boşalma süresince tersine doğru yönlendirilirler. Lityum iyon pillerin birçok avantaj bulunmaktadır.

Bunlar, uzun ömür, enerji yoğunluğunun fazlalığı, taşınabilir özelliği, bakım maliyetinin olmaması, geniş sıcaklık ölçeklerinde çalışabilme diye söylenebilir. Dezavantajları ise yüksek maliyeti ve kapasiteden fazla şarj olma riski olarak belirtilebilir (Bünyamin 2008).

Lityum-iyon bataryanın iç direnci, silindirik tip lityum-iyon batarya iç direnci ve prizmatik tip lityum-iyon batarya iç direnci sırasıyla $1 \text{ m } \Omega$, $10\text{-}50 \text{ m}\Omega$ ve $0,5\text{-}5 \text{ m}\Omega$ 'dur. Bu direnç değerini etkileyen faktörler başlıca akım toplayıcı kolektörlerindeki ve terminallerdeki ağır metal direnç ve kimyasal süreçtir. Batarya direnç değişimi sebebiyle hücre gerilim ve akımı düşmektedir. Konu bahis direnç değeri ohm metre ile ölçtüğümüz direnç dinamik dirençtir. Dinamik direnç formüle olarak $R = V / I$ şeklinde tanımlanır. Bu direnç değeri, SOC, sıcaklık, batarya şarj/deşarj akımına ve kullanım ömrüne bağlı olarak değişkenlik gösterir (Yağmur 2016).

Şekil 3.6'da pil hücresinin akım, sıcaklık, SOC ve çevrim sayısına göre iç direnç değişimi gösterilmektedir. Şekil 3.6 (a)'da batarya şarj/deşarj olduğu durumda iç direncinin yüksek şarj/deşarj oranlarında yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklıktaki değişimine baktığımızda ise bataryanın düşük sıcaklık çalışma ortamında yüksek, yüksek sıcaklık ortamında ise oldukça düşük olduğu Şekil 3.6 (b)'de görülmektedir. Fakat bariyer sıcaklık değeri hiçbir zaman aşılmamalıdır aksi takdirde bataryanın aşırı sıcaklıktan patlama veya yanmasına neden olabilir. Bataryanın doluluk oranına SOC'ye göre hücre iç direnci, şarj olurken batarya dolduğunda (% 100) vedeşarj olurken batarya boşaldığında (% 0) yüksek iç direnç, aktif çalışma bölgesinde diğer durumlara göre düşük iç direnç gösteren grafiği Şekil 3.6 (c)'de verilmektedir. Son olarak bataryanın çevrim ömrüne bağlı olarak iç direnç değişimi Şekil 3.6 (d)'de verilmektedir. Burada hücre çevrim ömrü sonuna yaklaştıkça iç direnci yüksek değerler almakta ve bataryanın ömrünün dolduğu anlaşılmaktadır (Yağmur 2016).



Şekil 3.6. (a) Akım, (b) Sıcaklık, (c) SOC ve (d) Çevrim Parametrelere Göre Hücre İç

Direncinin Değişimi (Yağmur, 2016).

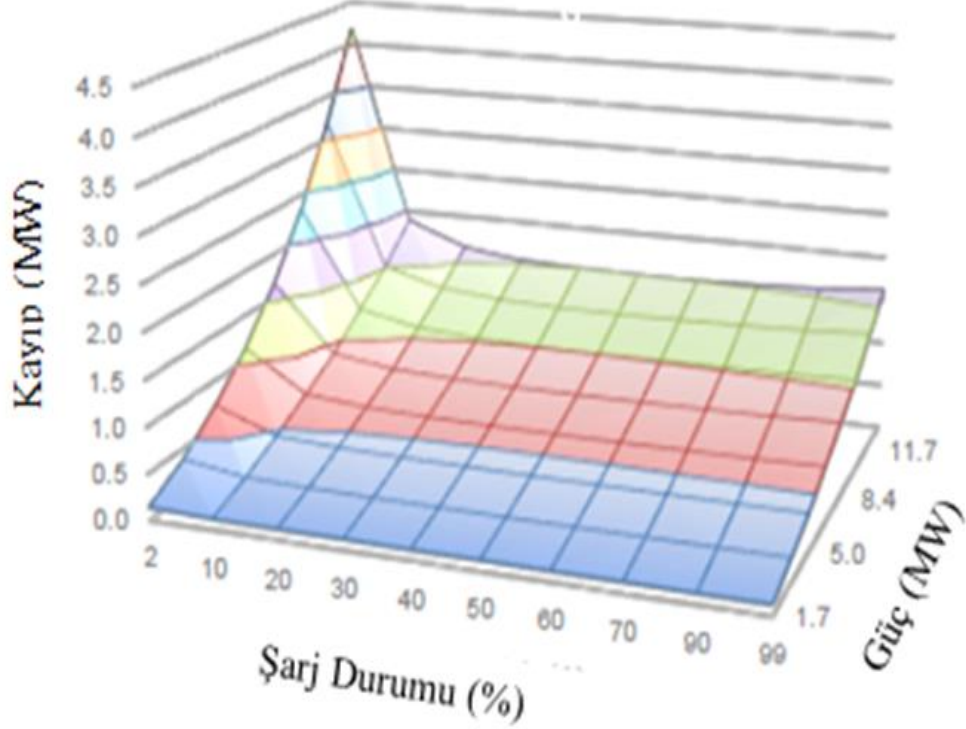
Lityum-İyon Piller; yüksek enerji depolama özellikleri, düşük iç direnç ve % 90'ı geçen yüksek verimleri sebebiyle oldukça büyük kullanım alanları vardır. Teknik olarak sıcaklık ve kapasite özelliklerine göre kullanılmalıdır aksi taktirde verimde ciddi düşüslere sebep olunabilir. Yüksek verimleri ve enerji yoğunlukları ile enerji kalitesinin önem arz ettiği yerlerde, dağıtım şebekelerinde, elektronik cihazlarda (dizüstü bilgisayar, cep telefonu gibi), elektrik araçları ve sabit depolama sistemlerinde kullanılan en popülaritesi yüksek pillerdir. Lityum iyon piller, yoğunlukları sebebiyle diğer rakiplerine göre daha hafiftir. Bu pillerin en önemli handikabı ömürlerinin üretim tarihinden başlayışı olması (Kocaman 2013).

Şarj iletimi pillerde elektronların hareketiyle meydana gelir. İletken matris veya elektrolit içindeki iyonların hareketi yani potansiyel düşüş veya akımda oluşan verimsizlikler doğrudan dirençle bağlantısı olabilir. Bu tür değişkenlikler anlık olarak gerçekleşir ve bağımlı davranış, kapasitans veya oluşum gibi süreçlerle alakalıdır. Bir pil sistemi için hem iyonik hem de elektronik voltaj düşüşlerinin gösterim basit bir Ohm kanunu ile ifade edilebilir.

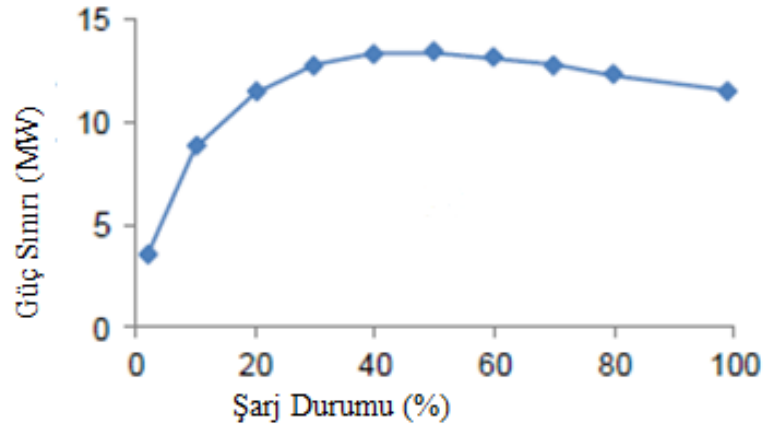
$$\Delta V_c = IR_c \quad (3.2)$$

Burada, ΔV_c akımın şarj iletiminden kaynaklanan voltaj kaybıdır, R_c , şarj iletimi için direnci, I ise akımın göstergesidir. Bir ara yüzde şarj aktarımı-ara yüz reaksiyonları, elektrokimyasal enerjinin belirleyici bir özelliğidir. Depolama ve dönüştürme cihazları, enerjinin elektrotlar içinde depolandığı veya serbest bırakıldığı yerdir. Elektrokimyasal reaksiyon-kapasitörlerin aksine pillerde birincil öneme sahiptir. Şekil 3.7 'da, kayıpların 10 MWh bir pil için şarj durumu ve güç seviyelerine nasıl bağlı olduğunu gösterir. Daha düşük şarj durumu ve daha yüksek güç seviyelerinde daha

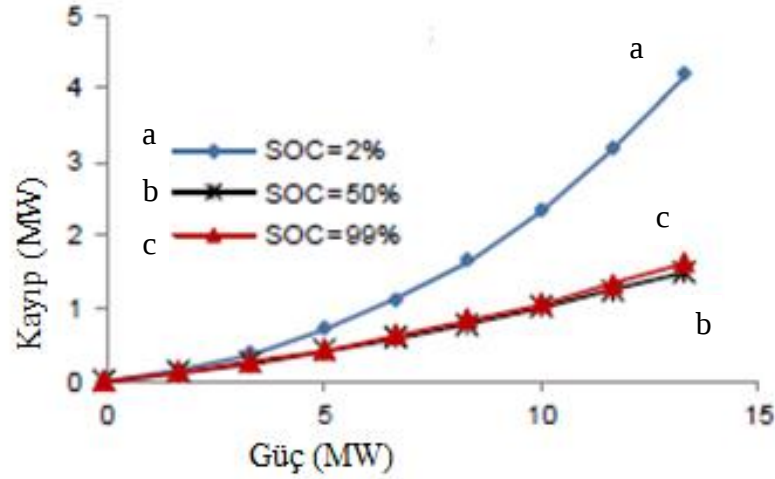
yüksek kayıplar meydana gelir. Şekil 3.8 'de sistem verimliliğinin % 90 olarak kabul görülmüş olup şarj durumu işlevi olarak karşılık gelen güç sınırları belirtilmiştir. Şekil 3.9 'de ise üç farklı şarj durumunda deşarj/şarj gücü gösterilmiştir (Lai ve Ark. 2017)



Şekil 3.7. Li-ion Pil Kayıp Durumu (Lai ve Ark., 2017).



Şekil 3.8. % 90 Verimlilikte Li-ion Pil Şarj/Deşarj Güç Durumu (Lai ve Ark., 2017).

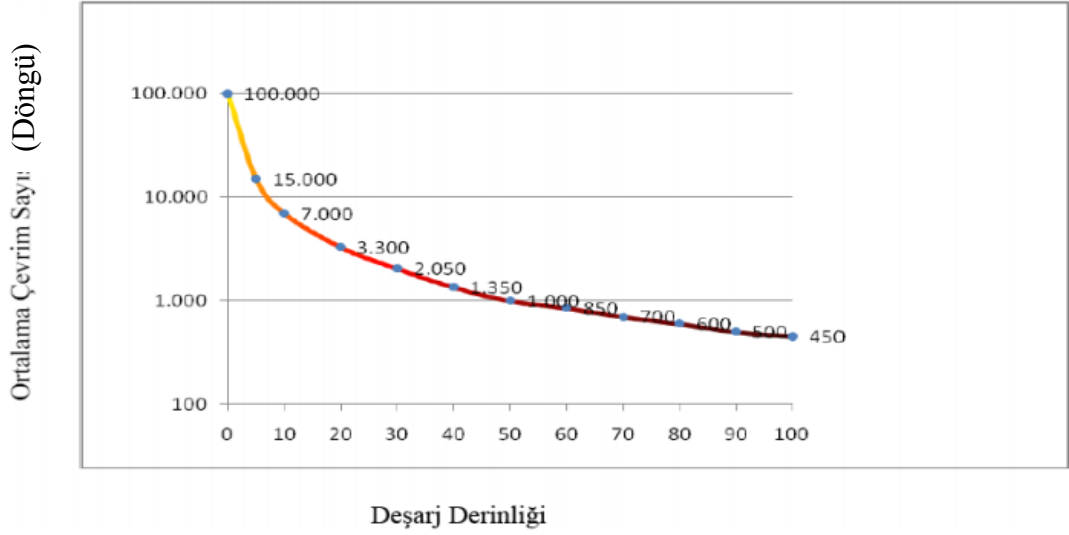


Şekil 3.9. Üç Farklı Şarj Durumunda Kayıplar (Lai ve Ark., 2017).

Pil ömürlerinin belirlenmesi çok etkenli bir konudur. Piller birçok parametrelerden etkilenmektedirler. Bu parametrelerin ölçümü ve kontrolü günümüz şartlarında mümkündür. Piller için yaygın olan görüşlerden biri ise pil ölümlerinin çoğunun dış etkenlerden kaynaklandığı savunulmaktadır. Bu etkenlerden önemli olanların başında sıcaklık, şarj ve deşarj sayılarıdır (PowerThru 2017).

Pil ömrünü etkileyecek önemli faktörler şu şekilde açıklanabilir :

1. Pil ömürlerinde sıcak çok önemli bir yere sahiptir. Sıcaklık-hücrelerin ortam sıcaklığı önemli bir faktördür. Ortam sıcaklığının İdeal şamandıra gerilimi üzerinde etkisine dayalı ömür boylarında azalmaya yok açar.
2. Bir diğer önemli husus ise plakalar arasında ki korozyon, kirlilik vb. etkilerde pil ömürlerinde etkilidir.
3. Döngü sayısı ve derinliği, pil ömrünün uzaması veya kısılması konusunda çok önemli bir diğer etkindir. Şekil 3.10 ' da görüldüğü üzere deşarj sayısı ve bu deşarjların derinliği minimumda tutulabilirse pilin ömrü uzatılabilir.

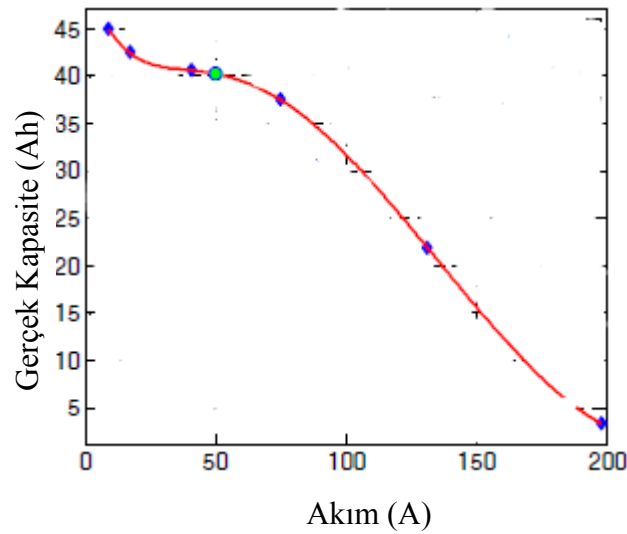


Şekil 3.10. Lityum İyon Pilin Çevrim Ömrü (Çetin, 2011).

(%)

S. Ali Pourmousavi ve arkadaşlarının 2011 yılında yapmış oldukları çalışmada şebekeye bağlı bir microgrid için gerçek zamanlı veriler ile pil ömrü ve maliyet analiz çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında şebekeye bağlı bir ticari rüzgar türbini, PV güneş panelleri ile donatılmış microgrid ve Li-İon Pil Paketi, Homer ve farklı bileşenlerin dinamik modelleri geliştirilmiştir ve daha sonra simülasyon çalışması yapılmıştır.

Çalışmada pilin tamamen dolu olarak kabul edildiği ve keyfi bir deşarj modeli oluşturularak yıl bazında bu deşarj durumlarının pil ömrüne etkisi irdelenmiştir.

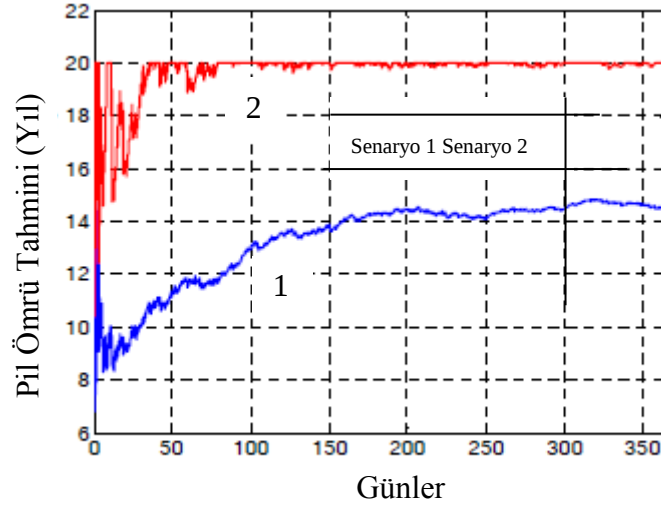


Şekil 3.11. Akünün Farklı Deşarj Akımlarında Gerçek Kapasitesi (Pourmousavi ve ark., 2011)

Çizelge 3.3. Bir Günlük Tahmini Deşarj Tablosu (Pourmousavi ve ark., 2011)

Zaman (dk.)	1	1	1	2	2	3	4	4	5
Akım (A)	100	150	130	120	110	30	40	40	50
Zaman (dk.)	5	5	10	11	11	20	20	30	30
Akım (A)	90	80	60	20	50	60	70	50	65

Çalışmada 2 farklı senaryo belirlenmiş olup ilk senaryoda SOC (Şarj Durumu) en fazla % 20 fazla ise (% 80 deşarj durumunda gerekli gücün sağlanması gerekir), ikinci senaryoda ise SOC (Şarj Durumu) % 20 fazla ise olarak 1 yıllık simülasyon gerçekleştirilmiştir.

**Şekil 3.12.** Bir Yıl Boyunca Senaryo 1 ve 2 için Pil Ömrü Tahmini (Pourmousavi ve ark., 2011)

Çalışma sonucunda 1. Durumda pilin daha sık kullanılması sebebiyle ömrünün daha az olduğu görülmüştür. Bir diğer deyişle pil ömründe şarj ve deşarj durumlarının sıklığı pil ömrüne doğrudan etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

3.1.4. Gün öncesi-gün içi elektrik piyasaları teklif yapıları ve piyasa takas fiyatının oluşumu

Dengeleme piyasası merkezi, gerçekleşen ikili anlaşmaları nihai duruma getiren mekanizma olup, gün öncesi piyasası ve gün içi piyasası dengeleme ile birlikte gerçek zamanlı dengelemelerin oluşturduğu işlemleri içine alır. Gün öncesi dengeleme sistemi; piyasada ki arz ve talebin dengede tutulması ve piyasa işlemcilerinin sözleşmeleri ile üretim ve/veya tüketim taleplerinin gün öncesi piyasa işlemleri ile dengelenmesinin

sağlandığı bir yapıdır. Gün içi dengeleme mekanizması, piyasa katılımcılarının gün öncesi yaptıkları üretim ve/veya tüketim planları doğrultusunda yaptıkları taleplerin değiştirildiği ve dengelendiği sistematik bir yapıdır (Epiaş 2016).

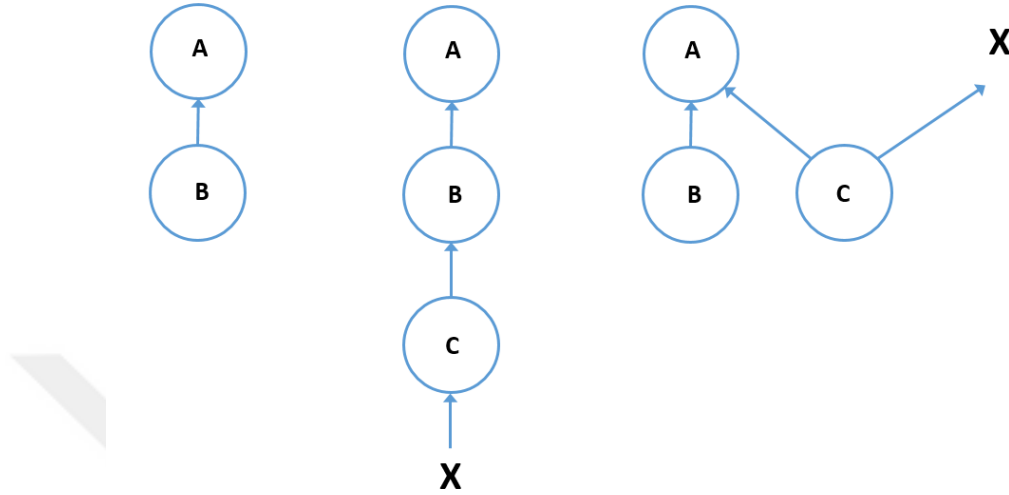
Mevcut Enerji Piyasası işlemlerinde saatlik, blok ve esnek olmak üzere üç çeşit teklif tipi vardır. Her teklif, en az bir fiyat-miktar ikilisinden meydana gelmektedir. Fiyat-miktar çiftleri alış ya da satış olmak üzere iki farklı şekilde sunulabilir. Eğer verilen teklif tutarı negatif (-) ise bu ikili satış yönünde, pozitif ise (+) alış yönünde olduğunu belirtir. Verilen teklifler lot cinsinden verilir ve 1 lot = 0,1 MWh eşittir (Epiaş 2016).

Saatlik Teklifler: Saatlik teklif veren piyasa katılımcıları elektrik arz ve taleplerde bir sonraki günün teklif saatleri için tekliflerini sunarlar. Satış yapacak taraf teklif miktarlarını negatif olarak verirler. Piyasa katılımcıları ticaretin doğası gereği daha düşük maliyetlerde daha çok çok karlılık yapmayı isterler. Bu sebeple saatlik tekliflerde fiyatlar artış gösterirken buna karşılık gelen kırımlımlar ise azalmalıdır. (Alış miktarları azalma yönünde, satış miktarları artma yönünde eğilim göstermelidir (Epiaş 2016).

Blok Teklifler: Blok teklif çeşidi saatlik tekliflerden sonra enerji piyasalarında en çok kullanılan teklif çeşididir. Bu teklif çeşidi zaman aralıklarında bölünemeyen ardışık saatlik teklif olarak görülebilir. Fakat bu teklifte, verilen teklif zaman içinde yalnızca bir adet fiyat miktar ikilisi vardır. Bu durumda, verilen teklif doğrultusunda o fiyat da o miktarın tamamını almak/satmak koşulu ile verilmektedir. Fiyat ve miktar kriterine ek olarak, bir sonraki gün için yapılacak olan enerji ticareti için teklif saatlerin sayısı da belirtilir. Bir blok teklif piyasa da alıcısı tarafından ya tamamı ile kabul edilir ya da hiç kabul edilmez (Epiaş 2016).

Blok tekliflerin bir diğer çeşidi olarak bağlı blok teklifler ise gün öncesi enerji piyasasında kullanılan bir teklif çeşididir. Şayet bir blok teklif başka bir blok teklife şart koşulmuş ise, bağlı olan teklife çocuk, bağlı olunan teklif ise anne teklif olarak isimlendirilir. Buna göre anne teklif Kabul görmediği takdirde çocuk blok teklif de kaçırılmış olur. Bu teklif çeşidinde en fazla 3 adet blok teklifi birbiri ile bağlantı ettirilebilir. Fakat bağlı blok tekliflerde döngü olayı söz konusu olamaz. Yani A teklif B ye bağlanmış ise, B teklif A teklifine bağlı kılınmaz. Bir diğer husus ise bağlı blok

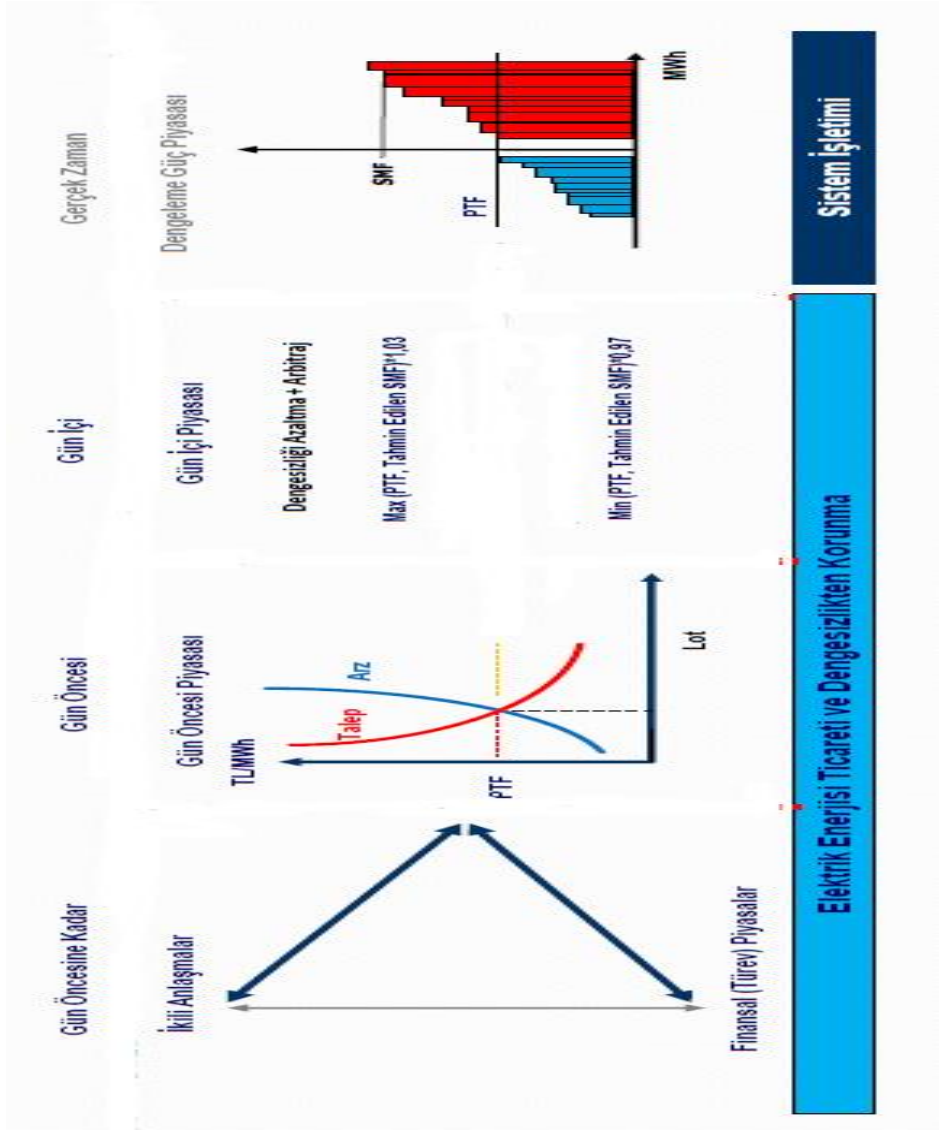
teklif ya satış ya da alış yönlü olmalıdır. Şekil 3.13’de, piyasaya sunulabilecek örnek bir bağlı blok teklifi gösterilmiştir (Epiaş 2016)



Şekil 3.13. Olası Bağlı Blok Teklif Kümeleri (Epiaş, 2016).

Esnek Teklifler: Bir esnek teklif içerisinde sadece fiyat ve miktar bulundurur. Esnek teklifler diğer tekliflerden farklı olarak saatten bağımsız olup günün her saatinde verilebilir veya kabul görülebilir. Esnek tekliflerin en önemli özellik sadece satış yönünde verilebilmesidir. Esnek teklifler ya tamamen kabul edilir ya da tamamen reddedilir. Teklifin kabul gördüğü zaman en yüksek PTF'nin olduğu saat olmak zorunluluğu yoktur ancak teklif fiyatı en yüksek PTF'nin altında ise teklif uygun bir saat için kabul edilir (Epiaş 2016).

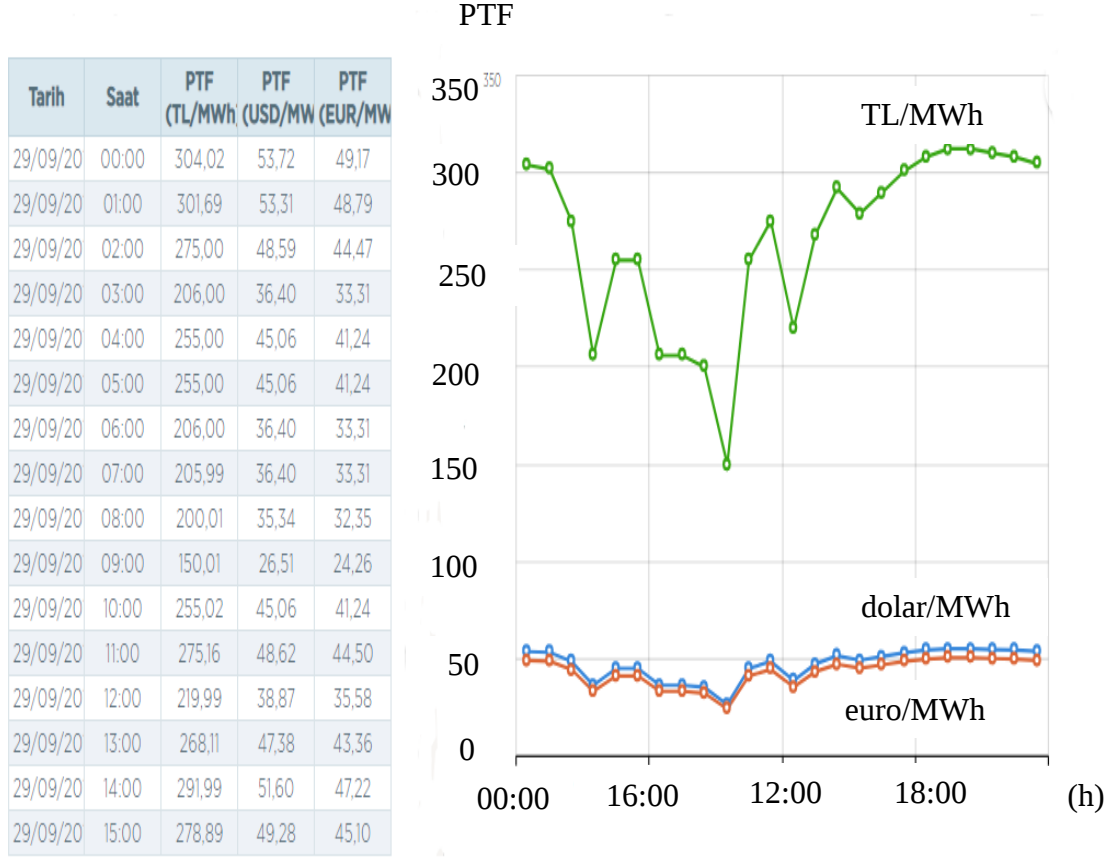
Gün öncesi elektrik piyasasında kullanıcılar diğer günün farklı saatleri için tekliflerini sunarlar. Piyasa işletmecisi ise her teklif için alış veya satış fiyatını bulmakla yükümlüdür. Geçerli olan bu fiyat eşleşme miktarı adını alır. Piyasa işletmecisi günlük piyasa fazlasını arttıracak şekilde eşleşme miktarlarını bulur. Bunu yaparken her saat için eşleştirilen toplam arz ve talep miktarlarının birbirine eşit olmasına dikkat etmelidir. Ayrıca, açıklanan sonuçlar mevzuatın belirttiği kurallara uygun olmak zorundadır (Epiaş 2016).



Şekil 3.14. Elektrik Piyasasının Yapısı (Epias, 2016).

Gün Öncesi Elektrik Piyasasının Genel Amacı ;

- Elektrik Piyasası referans fiyatının belirlenmesi sağlamak.
- Piyasa katılımcılarına yapmış oldukları ikili anlaşmalarına ek olarak diğer gün için enerji alış ve satış imkanı sağlamak.
- Sistem işletmecisine gün öncesinde yapılan doğru tahmin ve taleplerle dengelenmiş bir sistem sunmak.
- Büyük miktarlarda süreklilik isteyen kısıtlar için, teklif bölgelerinin oluşturulmasıyla, sistem işletmecisine gün öncesinden kısıt yönetimi yapma imkanını sağlamaktır.



Şekil 3.15. Epiaş Günlük Piyasa Takas Fiyat Ekranı

Çizelge 3.4 ‘de A, B, C, D ve E piyasa katılımcılarının piyasaya sunduğu saatlik teklifleri verilmiştir. Tekliflerin geçerli olduğu periyotta PTF minimum limitte ise bu fiyat kırılımı için teklif ettiği satış miktarından (eğer varsa) daha az miktarda satış yapabileceğini, PTF maksimum limitte ise bu fiyat kırılımı için teklif ettiği alış miktarından (eğer varsa) daha az miktarda alış yapabileceği anlamına gelir (Epiaş 2016).

Çizelge 3.4. Teklif Verme ve PTF’nin Belirlenmesi

Fiyat (TL/MWh)	0	100	150	200	250	300	350	400
PK-A	400	400	400	400	400	400	200	200
PK-B	230	230	230	230	230	230	230	230
PK-C	-400	-600	-600	-600	-600	-1200	-1200	-1200
PK-D	200	0	0	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
PK-E	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
Alış	830	630	630	630	630	630	403	430
Satış	-430	-630	-630	-1630	-1630	-2230	-2230	-2230

Bu teklif koordinasyonunda arz ve talebin kesiştiği yani alışın satışa eşit olduğu fiyat aralığı 100 TL/MWh – 150 TL/MWh olduğu için Piyasa takas fiyatı o gün için bu iki fiyat aralığının aritmetik ortalamasına eşit olur $((100+150)/2 = 125 \text{ TL/MWh})$.

3.1.5. Primer frekans kontrolü hizmeti

Primer frekans kontrol hizmeti, elektrik hizmetinde sisteme gelen enerjinin frekans düşüm veya yükselme durumuna karşı ünite aktif enerji çıkışının hız regülatörü ile otomize olarak dengeye getirilmesi (artırma veya azaltma) ile tüketilen enerji frekansının yeni bir denge durumuna getirilmesini sağlayan hizmettir.

Sistemden gelen enerji frekansının düşmeyi veya yükselmesi durumunda verilen ilk önlem tepkisi Primer Frekans Kontrol Hizmetidir.

Primer frekans kontrol işlemi, frekans durum değişiminin başlamasıyla 1-2 saniye içerisinde başlar ve 1 dk içerisinde en yüksek seviyesine ulaşır. Primer frekans kontrolünde tepkinin 15 dk boyunca devam ettirilmesi gerekir.

15 dk içerisinde Sekonder Frekans Kontrol (SFK) yedekleri devreye alınarak, olması muhtemel enerji arz kayıplarına önlem için kullanılmak üzere primer frekans kontrol yedeklerini boşaltır.

Otomatik olarak devreye girmesi sebebi ile yine enerji sistem yönetimi açısından ciddi bir öneme sahip olan Sekonder Frekans yedekleri de Dengeleme güç piyasasında hazır bulundurulmuş ve manuel olarak sistem işletmecisi tarafından start verdirilen Tersiyer Kontrol yedekleri ile bulundurulmuş yeni bir arıza vb. durumları için hazır konuma getirilir.

Primer Frekans Kontrol hizmetinin amacı tüm güç sistemlerinin işletme güvenilirliğini sağlamak, herhangi bir problem sonucunda değişkenliğe uğrayan sistem frekansını, sabit bir dengede tutarak ve dengede tutarak referans frekans değerini sürekli (50 Hz) karalı hale getirmektir.

- Primer frekans kontrolü hizmeti vermeyen üretim tesisleri, talep edilmesi ve TEİAŞ tarafından uygunluk verilmesi durumunda primer frekans kontrolü sağlamak için TEİAŞ ile frekans kontrol hizmet anlaşması imzalayarak bu hizmeti vermeye başlayabilir.
- Primer frekans kontrolü hizmeti verecek üretim yeri toplam kurulu güçleri yönetmelikte belirtilen miktar kadar olması, istenilen rezerv miktarını sağlayacak

yapıya ve bunun sürekliliğini sağlamakla yükümlüdür.

- Üreticiler primer frekans kontrolü için ayırdıkları rezervlerini enerji piyasasında satışını yapamaz ve karlılık sağlayamazlar.
- Primer frekans kontrol hizmeti veren üretim tesisleri TEİAŞ tarafından sabit bir ödeme sağlar. Bu hizmet kapsamında ortaya çıkan enerji fazlalık ya da kısıtlık enerji dengesizliği kapsamında değerlendirilir.
- Primer frekans kontrolü hizmeti sağlayacak üreticiler TEİAŞ ile primer frekans kontrol hizmet anlaşması yapar. Bu hizmet anlaşması doğrultusunda primer frekans kontrolü hizmeti katılım zorunluluğu bulunan tesisler yönetmelik çerçevesinde testlere tabi tutulurlar.
- Üreticinin primer frekans kontrolüne katılım oranı Enerji Piyasası İşletmecisinin toplam primer frekans kontrol yedeğinin primer frekans kontrolüne katılacak üreticilere paylaştırılarak üreticilere bildirilir.
- Katılım oranları yılda en az bir defa TEİAŞ tarafından güncellenir. Primer frekans kontrolündeki katılım oranı değişiklikleri, değişikliğin aktif olacağı tarihten en az 1 ay öncesi netlik kazanır ve üreticiye Piyasa Yönetim Sistemi (PYS) tarafından bildirilir.
- Primer frekans kontrol hizmeti verecek üreticinin rezerv miktarı, toplam kurulu gücün katılım oranı kadar olacak şekilde hesaplandırılır.
- Primer frekans kontrol hizmet anlaşması bulunan üreticilerin bir gün sonrası için sağlayacakları primer frekans kontrol rezerv miktarı her gün en geç saat 16:00'a kadar kesinleşmiş gün öncesi piyasasında saatlik olarak enerji piyasası sistem yöneticisine bildirir.

Mihai ve arkadaşlarının 2018 yılında kaleme aldıkları makalede primer frekans kontrolünün enerji depolama sistemleri ile birlikte uygulanabilirliğini ele almışlardır. Enerji depolama sistemi ile Romanya'nın güç sistemlerinde frekans kontrolü ölçümlerini kullanarak depolama sistemlerinin şarj durumunu simüle etmişlerdir. Sistem frekans kontrolü için enerji depolama sistemin frekans asimetrisinin sıfıra veya % 100'e şarj olacak şekilde algoritma geliştirilmiştir.

Avrupa kıtasının ENTSO-E ağında, frekansın 49,95-50,05 Hz aralığının dışına çıkması durumunda primer frekans kontrolü devreye girer ve sistem durumuna göre güç artışı ya da azalımı yapılır.

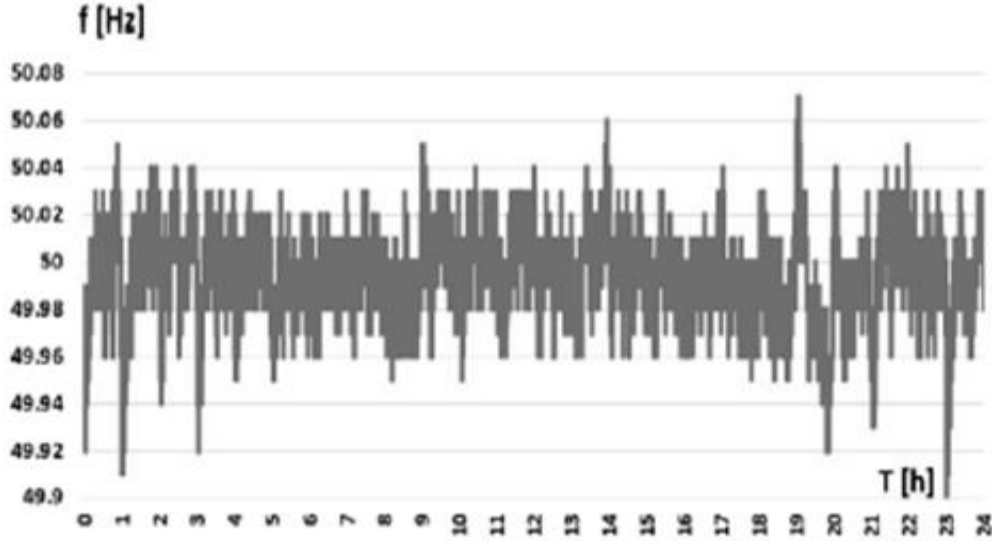
Enerji depolama sistemlerinin performansı Güç/Enerji oranına göre değişmektedir. Depolama sistemleri için bir diğer önemli faktör ise şarj derinliği (DOD) dir. Şarj derinliği pil ömrü için önemli bir etkidir. Ortalama bir bataryanın % 100 DOD, durumunda yaşam döngüsü 800 veya daha da fazlasını bulabilir. Çalışmada primer frekans kontrolü için çeşitli depolama sistemleri kullanılmıştır. Bunlar: Kurşun Asit, Sodyum Metal, Sodyum Kükürt ve Li-İyon. Bunların her birinin özellikleri teknolojiler Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Primer Frekans Kontrolü Hizmetinde Kullanılan Çeşitli Bess Teknolojileri (Mihai ve ark. 2018).

	Kurşun Asit	Sodyum Metal	Sodyum Kükürt	Lityum
Tepki Süresi (ms)	100	100	100	100
Depolama Süresi (h)	0,25 -1	0,25 - 1	4-6	0,25 - 1
Verimlilik (~ %)	85	85	70	90

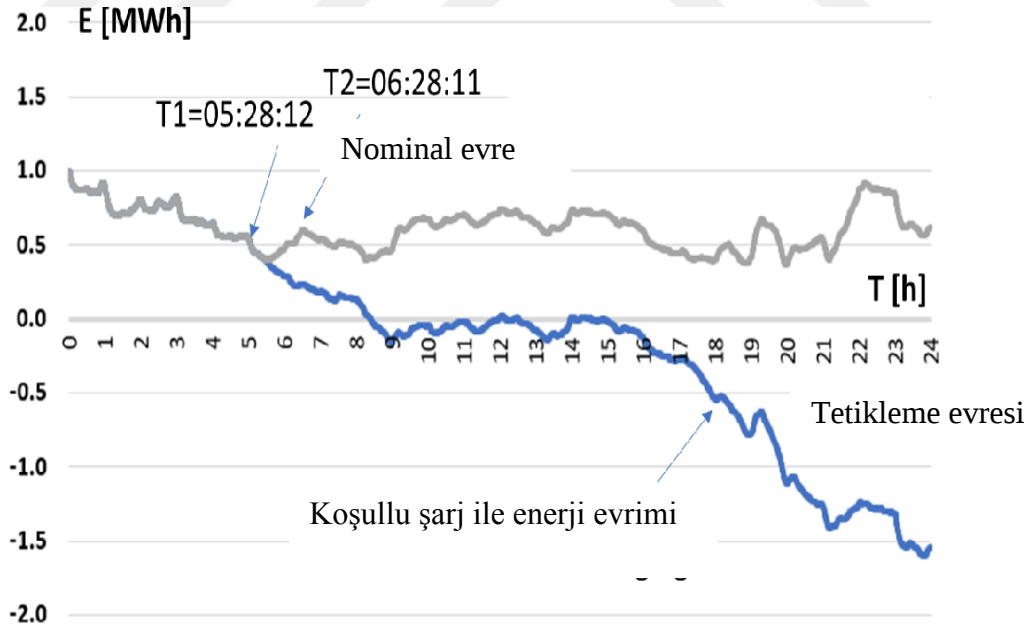
Enerji üretiminde gerçekleşen güç dengesizlikleri, rüzgar enerjisinde kesintiler, gerilim kararlılığı sorunları ve frekans değişimleri gibi sorunlar için enerji depolama sistemlerinin sisteme hemen tepki vermesi ve kesintisiz güç sağlaması bu sorunlar için ideal bir çözüm olmayı başarmıştır. Primer frekans kontrolünde temel prensip üretim fazlası olduğunda enerjiyi enjekte etmek, üretim azlığında ise sisteme enerji vermek olduğu çalışmada belirtilmiştir.

Çalışmada Entso-e (Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşleticileri Birliği) den alınan verilere göre Romanya’da bir noktada yapılan ölçümde 1 günlük frekans değişimi ölçülmüştür.



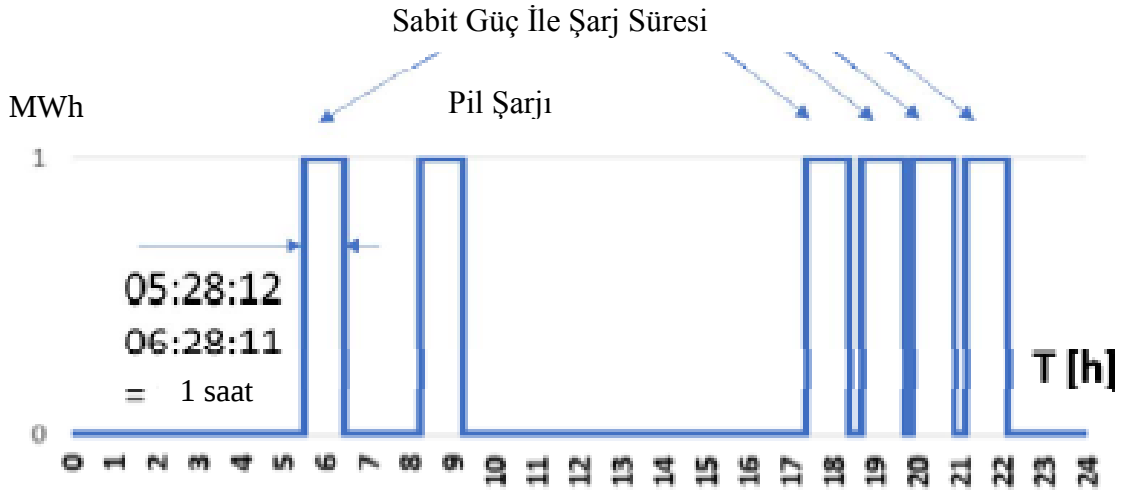
Şekil 3.16. Romanya'da Bir Gün Boyunca Frekans Evrimi (Mihai ve ark. 2018).

Şekil 3.16'da frekans varyasyonunun 49,9 ve 50,07 Hz aralığında olduğu görülmektedir. Çalışmada 2 MWh gücünde bir depolama sistemi ile primer frekans kontrol hizmeti sağlamışlardır ve +/- 1 MW çıkış gücü ile depolama sistemi tüm gün boyunca % 50 şarjlı olduğu düşünülmüş.



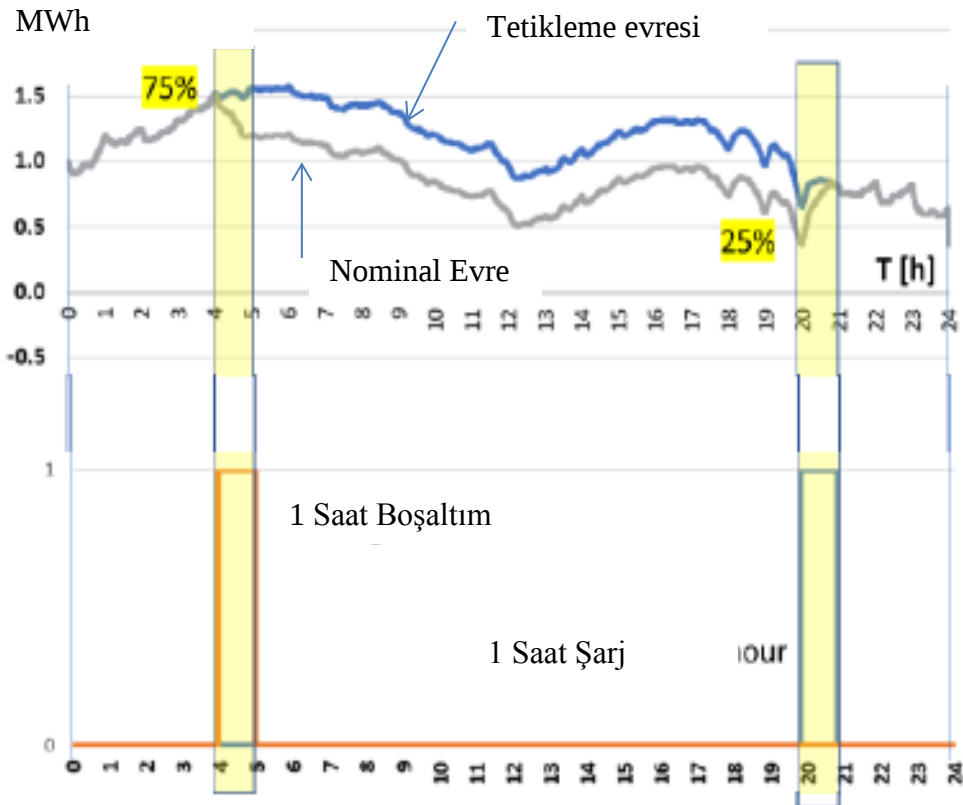
Şekil 3.17. Depolama Sisteminde 1 Günlük Şarj Evrimi (Mihai ve ark. 2018).

Primer frekans kontrolünde SOC % 20'nin altında bir değere ulaşır ise şarj fonsiyonları tetiklenmektedir. Gün sonunda şarj fonsiyonları şayet tetiklemeler yapmaz ise depoda ki enerji tamamen bitebilmektedir.



Şekil 3.18. Depolama Sisteminde Şarj Tetiklemeleri (Mihai ve ark. 2018).

Şekil 3.19' da görüldüğü üzere çalışmanın bir diğer örnek gününde depolama sistemi ile primer frekans kontrolü sağlanmış bazı saatlerde % 75 doluluk eşiğinde boşaltım tetiği, % 25 azalmada şarj tetiği verilmektedir. Çalışmada frekans değerinin 49,9993 Hz olarak ölçülmüş bu da nominal değer olan 50 Hz e çok yakındır.



Şekil 3.19. Depolama Sisteminde Hem Şarj Hem Deşarj Tetiklemeleri (Mihai ve ark. 2018).

Primer frekans kontrolünde üreticinin bu hizmet için tuttuğu rezervi için alacağı ücret TEİAŞ'ın internet sitesinde yayınlanan PFK SFK Fiyat tablosundan belirtilen fiyatlar üzerinden saatlik olarak almaktadır.

3.2. Yöntem

Kurulan karlılık modelinde PTF fiyatları Enerji Piyasası İşletme A.Ş.'nin internet sitesinden, PFK fiyatları ise Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 'nin internet sitesinden günlük olarak yayınladığı saatlik verilerden alınmıştır.

GÖP katılımcıları takip eden günün çeşitli saatleri için farklı tipte teklifler sunarlar. Piyasa işletmecisi gelen her bir teklif için makul olan alış veya satış miktarını belirlemekle sorumludur. Piyasa işletmecisi günlük piyasa fazlalığını arttıracak şekilde eşleşme miktarlarını tespit eder (Epias 2016).

Bu çalışmada kurulan modelin karlılığını göstermek için üreticinin serbest piyasa katılımcısı olması ve lisanslı güneş enerji santrali işletmecisi olması sebebiyle günlük bazda üretiminin depolamasız olan kısmının Ptf üzerinden, rezerv tutulan kısmın ise Pfk fiyatı üzerinden piyasa satışıyla elde edilecek kazanç belirlenmiştir. Kullanılan veriler 2018 yılına ait olup kur fiyatları da yine bu yılın fiyatları kullanılmıştır. Kurgulanan bu modelin simülasyonu gerçekleştirilip yapılacak olan karlılık analiz edilecektir.

$$A = \sum_1^{8760} i \cdot w \quad (3.3)$$

$$B = \sum_1^{8760} j \cdot y + \sum_1^{8760} i \cdot w \quad (3.4)$$

Bu formüllerde geçen;

İ	Depolama sistemi olmadığı zaman santralin saatlik üretim değeri (MWh)
J	Primer Frekans Kontrolü için rezerv tutulan saatlik üretim değeri (MWh)
W	Depolama sistemi olmadığı zaman enerji piyasasının saatlik piyasa takas fiyatı (TL/MWh)
Y	Primer Frekans Kontrolü için tutulan rezervin enerji piyasasında gerçekleşen Pfk fiyatı (TL/MWh)
A	Depolama olmadan üreticinin piyasa kazancı (TL)
B	Depolama sistemi ile primer frekans kontrolü ile üreticinin piyasa kazancı (TL)

Yan hizmetler yönetmeliğinin Primer frekans kontrol rezervi sağlanmasına ilişkin tekliflerin yapısı ve içeriği bölümü Madde 14 (2)'de “*Yan hizmet piyasa katılımcısı tüzel kişiler primer frekans kontrol rezervi olarak tedarik etmek istedikleri miktarlara ilişkin tekliflerini saatlik kapasite bedeli olarak TL/MW cinsinden bildirirler.*

Ayrıca Madde 18;

(1) “*Yürütülen tedarik süreci sonucunda belirlenen en yüksek teklif fiyatı, 13 üncü maddenin birinci fıkrası ç) bendi uyarınca seçilerek bildirimde bulunulan primer frekans kontrol hizmeti sağlayan yan hizmet piyasa katılımcısı tüm tüzel kişilere ödenecek saatlik kapasite bedeli (TL/MW) olarak saptanır.*”

(2) “*13 üncü maddenin birinci fıkrası g) bendi uyarınca seçilerek primer frekans kontrol hizmeti sağlayan yan hizmet piyasa katılımcılarına teklif ettikleri saatlik kapasite bedeli (TL/MW) ödenir.*”

(3) “*13 üncü madde uyarınca primer frekans kontrol rezervi tedariği yapan yan hizmet piyasa katılımcısı tüzel kişilere, primer frekans kontrol rezerv miktarını sağladıkları toplam süre ve miktar için belirlenen kapasite bedeli üzerinden 19 uncu madde uyarınca hesaplanan ödeme yapılır*” ibareleri bulunmaktadır.

Yönetmelikte belirtilen ödeme koşulları ve yöntem dikkate alındığında üreticinin primer frekans kontrolü hizmeti sonucu tutacağı 5 MW rezerv enerji için elde edeceği kazanç hesaplanmış Çizelge 3.6'da ocak ayı için gösterilmiştir. Diğer ayların ilgili çizelgeleri ekler kısmında gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. 01.01.2018 Tarihli Örnek Gün Enerji Satış Değerleri

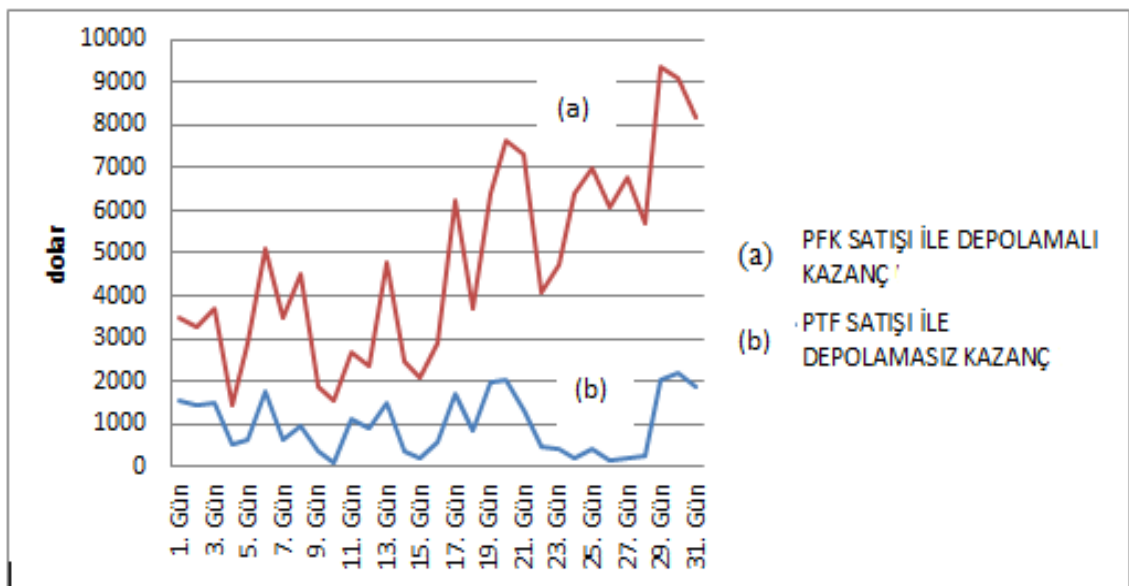
TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK MİKTAR (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.01.2018	00:00	-	5	207,60	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	01:00	-	5	205,34	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	02:00	-	5	164,94	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	03:00	-	5	154,52	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	04:00	-	5	112,64	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	05:00	-	5	105,02	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	06:00	-	5	85,00	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	07:00	0,1620	5	119,89	14	3,77	5,15	23,72
01.01.2018	08:00	2,2260	5	152,90	14	3,77	90,28	108,85
01.01.2018	09:00	4,6620	5	193,27	14	3,77	239,00	257,57
01.01.2018	10:00	5,6640	5	204,00	14	3,77	306,49	325,05
01.01.2018	11:00	5,6940	5	169,99	14	3,77	256,74	275,31
01.01.2018	12:00	5,6520	5	145,00	14	3,77	217,38	235,95
01.01.2018	13:00	3,9000	5	169,99	14	3,77	175,85	194,42
01.01.2018	14:00	3,8820	5	169,99	14	3,77	175,04	193,61
01.01.2018	15:00	1,2600	5	169,99	14	3,77	56,81	75,38
01.01.2018	16:00	0,0240	5	184,94	14	3,77	1,18	19,74
01.01.2018	17:00	-	5	160,00	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	18:00	-	5	200,00	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	19:00	-	5	203,99	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	20:00	-	5	185,36	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	21:00	-	5	145,00	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	22:00	-	5	143,00	14	3,77	0,00	18,57
01.01.2018	23:00	-	5	112,63	14	3,77	0,00	18,57
TOPLAM		33,1260					1.523,93	1.969,55

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE ÖNERİLER

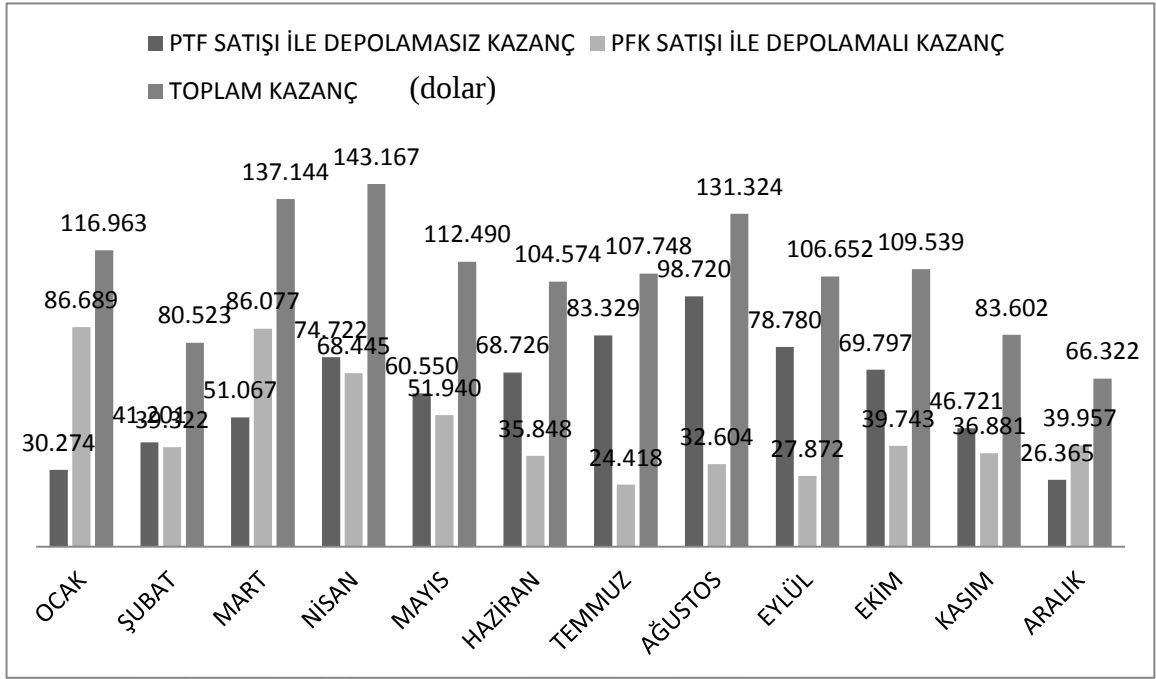
4.1. Sonuçlar ve Yorumu

Bu bölümde çalışmanın uygulama kısmı anlatılacaktır. Güneş enerji santralının 2018 yılı üretim değerleri baz alınmış olup piyasa işlemleri takip edilerek ilk senaryo olan enerji piyasa takas fiyatı üzerinden satışı gerçekleştirilecektir. Daha sonra güneş santraline 10 MWh'lık depolama sistemi kurulması ve primer frekans kontrol hizmeti ile serbest piyasada 5 MWh'lık rezerv tutumu ile elde edilebilecek kazanç belirlenecektir. Bu 2 senaryonun simülasyonu gerçekleştirilip aylık bazda kazanç kıyaslamaları yapılacaktır.

Analizi gerçekleştirilen güneş enerji santralının serbest piyasa katılımcısı olarak primer frekans kontrolü ile birlikte enerji piyasasında gerçekleştirileceği kazanç simülasyonu 2018 verileri ile gerçekleştirilmiştir. Kurgulanan modelde öncelikle depolama sistemi düşünülmeden gün öncesi piyasasında gerçekleştireceği kazanç hesaplanmıştır. Üretimin başlamasıyla depolamanın devreye alınarak kapasitenin doldurulması, akabinde rezerv tutularak emre amade depola sisteminin bu hizmetten elde edeceği kazanç hesaplanmıştır. Üretilen enerjinin şebekeye verilmeye devam edilmesi amaçlanmıştır. Depolama sistemi olmadan elde edilen kazanç ve depolama sistemi ile üretimden elde edilen kazançlar karşılaştırılmış olup karlılık aylık bazda grafiklerle gösterilmiştir. Ocak ayı için enerji satış kazanç grafiği aşağıda belirtilmiş olup diğer aylar ekler kısmında belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Ocak Ayı Enerji Satış Kazanç Değerleri



Şekil 4.2. Yıllık Enerji Satış Gelir Tablosu

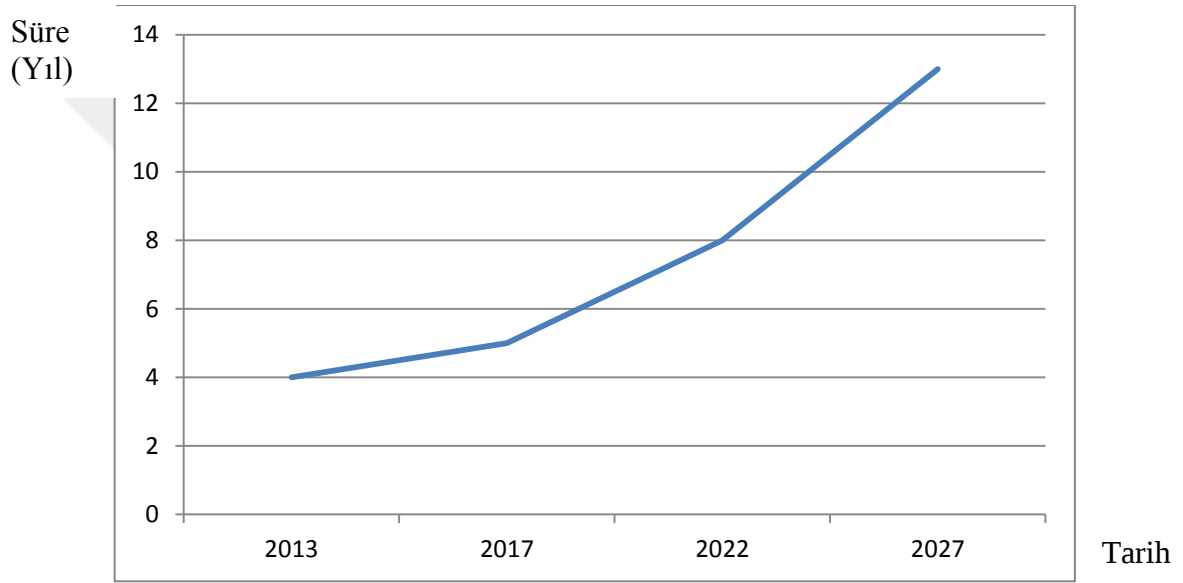
Serbest piyasa katılımcısı olan GES üreticisinin Primer frekans kontrolü hizmeti için 5 MWh rezervinin piyasada satış simülasyonu gerçekleştirilerek aylık bazda kazanç değerleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Bu çalışmada 10 MWh kapasiteli güneş enerji santrali için 10 MWh’lik depolama sistemi modellemesi yapılarak 5 MWh’lik primer frekans kontrol hizmeti vermesiyle elde edeceği kazanç simülasyonu analiz edilmiştir. Bu çalışmada elden edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Kurulan modelde güneş enerji santralinin 2018 yılı değerleri kullanılmıştır ve toplamda 14925,15 MW üretim gerçekleşmiştir.
- Depolama sistemi ile birlikte primer frekans kontrolü hizmeti için elde edilen yıllık kazanç 569797,05 dolar/yıl olarak gerçekleşmiştir.
- Enerji piyasasında en yüksek PTF Eylül ayında 375,79 TL/MW olarak oluşmuştur.
- Enerji piyasasında en yüksek PFK Nisan ayında 549 TL/MW olarak oluşmuştur.
- 10 MWh’lik enerji depolama sisteminin maliyeti 3179218,03 dolar olarak bulunmuştur.

- Sitemin amortisman süresi 5,5 yıl olarak bulunmuştur.

Lityum iyon pillerinde % 50 deşarj durumunda 10000 yaşam döngüsü olduğu tespit edilmiştir (Çetin, 2011). Buradan hareketle yapılacak olan primer frekans kontrolü hizmetinde şarj deşarj durumlarında ki anlık değişimler ve önceden tahmin edilememesi sebebiyle mevcut pil ömürleri bu yatırım için güven vermemektedir. Yapılan örnek çalışmalarda lityum iyon pillerinin yaşam sürelerinde 8-15 yıl arasında değişim gösterilmesi ise böyle bir yatırım için çeşitli riskler doğurabilecektir. Yapılan nihai çalışmalar tespitlerden yola çıkarak gelecek 10 yıl için pil ömür tahmininde bulunulmuş olup Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Enerji Depolama Tahmini Pil Ömrü

4.2. Öneriler

Yenilenebilir enerji kaynakları ve akıllı şebekeler entegrasyonlarında Enerji Depolama Teknolojileri (EDT) elektrik şebekeleri için çok önemli bir yere sahiptir. Enerji depolama pilleri stabil frekans sağlayıcılığı ve kesintiye uğrayan yenilenebilir enerji kaynaklarına destek ve dengeleme sağlaması açısından çok kritik bir konumda bulunmaktadırlar. Primer frekans kontrol hizmetleri, mevcut sistem frekansının yükselmesi ya da azalmasına karşı otomatik olarak ünite güç çıkış gücünün hız regülatörü ile denge noktasına getirilmesi için aktif rol oynarlar. Enerji depolama yöntemleriyle beraber enterkonnekte şebekeler merkezi olmayan bir yapıya dönüşmektedir ve bu sayede şebeke arızalarının domino etkisi azalmaktadır. Türkiye’de 31 Mart 2015 tarihinde tüm ülke çapında baz yük üretim yapan santrallerin bir çoğu

devre dışı yapmasının ardından tekrar sisteme girmesi zaman aldı ve çok büyük enerji kayıpları oluştu. Enerji depolama sistemleri kullanılarak bu tür enerji kayıplarının önüne geçilebilir enterkonnekte şebeke kısa sürede devreye alınabilir.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının ve yatırımlarının ivme kazanmasıyla elektrik depolama yatırımlarının da artması için bu işe kalkışacak olan kişilere gerekli mevzuat ve finans desteklerinin artması gerekmektedir. Aynı zamanda üniversite sanayi iş birliğinin bu konuda artırılması bir diğer önemli konudur. Ülkemizde her geçen gün söylemi ve çalışması artan yerli elektrik araçlarının çalışmalarına hız verilmesi ve bunun getireceği pil teknolojisine yönelik ar-ge çalışmalarının hız kazanacağı aşıkardır. Enerji depolama sistemlerinde yatırımların önündeki en büyük engel maliyet ve pil ömrüdür. Gelecekte maliyetlerin azalması ve pil ömürlerinde artış bu tür çalışmalara yönelik yatırımları artıracığı bilinmelidir.

KAYNAKLAR

- Akbari, H., Brownea, M. C., Ortega, A., Huangb, M. J., Hewittb, N. J., Nortonc, B., and McCormacka, S. J., 2018, Efficient energy storage technologies for photovoltaic systems, *Solar Energy*.
- Altaş, H. İ., 1998, Fotovoltaaj Güneş Pilleri : Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 66-71.
- Alkan, A., 2016, Yenilenebilir Hibrit Enerji Kaynakları İle Beslenen Konutlarda Akıllı Enerji Depolama ve Yönetim Sistemi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aslan, E., Beşli N., ve Gümüşçü, A., 2017, İnşaat Güneş Enerjisi Santrallerinin Akıllı Şebekelere Entegrasyonu, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10-13.
- Atasorkun, M., 2015, Rüzgar Ve Güneş Enerjisi İçin Akıllı Şarj Kontrol Ünitesi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi.
- Baş, H. C., 2016, Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirmesi, Bitirme Tezi, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Bahadır, M., Ersoy, Ş., 2010, Rüzgar Enerjisi Santralleri Üretim Tahmininin Önemi, *TEİAŞ*.
- Bahçeci, S., Daldaban, F., 2017, Dağıtım Şebekelerinde Güneş Panelleri ve Enerji Depolama Sistemi Uygulaması, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 4, No: 3, 2017 (308-313)*
- Bildirici, M., 2018, Reducing The Cost Of Electric Transmission And Distribution Systems With Wind Generation By Means Of Energy Storage And Demand Side Management, Master Of Science, Middle East Technical University.
- Çakır, C., 2012, Vanadyum Redoks Akışkan Akü Enerji Depolama Sistemli Bir Rüzgar Tarlası İçin Enerji Üretim Ve Depolama Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü.
- Çetin, L., 2011, Yakıt Hücreleri ve Piller, Bildiri, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Çiftçi, A., Kırbaş, İ., İşyarlar, B., 2014, Güneş Pili Kullanılarak Burdur'da Bir Evin Ortalama Elektrik İhtiyacının Karşıllanması, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1): 14-17.
- Çolak, Ş. Ç., 2010, Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi Ve Gelecekteki Projeksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eüd , 2018, Almanya Elektrik Depolama Sektörü Teknik İnceleme Raporu, www.eud.org.tr.
- Engin, M., Çolak, M., 2003, Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sisteminin İncelenmesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi* , Cilt(11), 225-230.
- Epias, 2016, Gün Öncesi Elektrik Piyasası Piyasa Takas Belirleme Yöntemi, www.epias.com.tr.
- Gökçöl, C., Sunan, E., ve Dursun, B., 2007, Rüzgar Enerjisi Kullanılarak Gebze'de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşıllanması, www.emo.org.tr.

- Kahraman, D., 2010, Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretimin Teknik-Ekonomik Analizi Ve Yöresel Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karamanav, M., 2007, Güneş Enerjisi Ve Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kapluhan, E., 2014, Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme : Güneş Enerjisinin Dünya'daki Ve Türkiye'deki Kullanım Durumu, Coğrafya Dergisi, 70-98.
- Koskela, J., Rautiainen, A., and Järventausta, P., 2019, Using electrical energy storage in residential buildings - Sizing of battery and photovoltaic panels based on electricity cost optimization, Applied Energy, Finland, 1175–1189.
- Kocaman, B., 2014, Mikro Şebekeler için Örnek Bir Enerji Yönetimi Uygulaması, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 35-52.
- Kocaman, B., 2013, Akıllı Şebekeler ve Mikro Şebekelerde Enerji Depolama Teknolojileri, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 119-127.
- Karagöl, E. T., Kavaz, İ., 2017, Dünyada Ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, SETA, Sayı : 197.
- Kılıç, F. Ç., 2015, Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, Mühendis ve Makina, 28-40.
- Kozak, M., Kozak, Ş., 2012, Enerji Depolama Yöntemleri. SDU International Technologic Science, Vol.(4), 17-29.
- Lai, C. S., Jia, Y., Xu, Z., Lai, L.L., Li, X., Jun Cao, X., and McCulloch, M. D., 2017, Levelized cost of electricity for solar photovoltaic and electrical energy Storage, Energy Conversion and Management, China, 34–47.
- Lai Sing, C., McCulloch, M., 2016, Levelized cost of electricity for solar photovoltaic and electrical energy storage, Applied Energy, 191–203.
- Mihai, S., Toma, L., Eremia, M., Sidea, D., 2018, Primary Frequency Control in a Power System with Battery Energy Storage Systems, IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering.
- Özdoğan, M., 2010, Bir Enerji Depolama Sisteminin Tasarımı Ve Çalışma Parametrelerinin Deneysel Ve Sayısal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Özdemir, E., Koç, M. İ., ve Çaliker, A., 2014, Yenilenebilir Enerji Kaynağından Beslenen Elektrik Güç Sistemleri İçin Hibrit Enerji Depolama Teknolojileri, Iccı 2014.
- Özdemir, E., Koç, M. İ., Erhan, K., ve Aktaş, A., 2015, Akıllı Şebekelerde Enerji Depolama Çözümleri, Iccı 2014.
- Powerthru, 2017, Lead Acid Battery Working – LifeTime Study, Valve Regulated Lead Acid (VRLA) Batteries Overview, Technical Paper.
- Pourmousavi, S.A., K. Sharma, R., Asghari, B., 2011, A Framework for Real-Time Power Management of a Grid-Tied Microgrid to Extend Battery Lifetime and Reduce Cost of Energy, 978-1-4577-2159-5/12.
- Stiebler, M., 2008, Wind Energy Systems for Electric Power Generation, Springer Series in Green Energy and Technology, 1865-3529.

- Sakai, M., Amano, M., 2018, Energy Storage Devices And Systems, Hitachi Chemical Review.
- Sayın, S., Koç İ., 2011, Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarında Kullanım Biçimleri, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., c.26, s.3.
- Turan, D., Yönetken, A., 2016, Enerji Depolama Sistemlerinin Araştırılması ve Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 114-117.
- Uzun, M. H, 2010, Güneş Enerjisi Olanakları Ve Bir Yöntemin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Van Werven, M.J.N., Beurskens L.W.M., and Pierik J.T.G., 2005, Integrating wind power in EU electricity systems Economic and technical issues, ECN-C.
- Yavuz, B., 2011, Enerji Depolama Sistemlerinin Modellenmesi Ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yegm, 2018, <http://www.yegm.gov.tr/yeniprojeler/depolama.html>, Bildiri.

EKLER**EK-1 Aylık Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri****EK-1 (a) Şubat Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri**

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK MİKTAR (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.02.2018	00:00	-	5	217,12	80,02	3,78	0,00	105,85
01.02.2018	01:00	-	5	203,28	80,02	3,78	0,00	105,85
01.02.2018	02:00	-	5	175,04	80,02	3,78	0,00	105,85
01.02.2018	03:00	-	5	178,01	80,02	3,78	0,00	105,85
01.02.2018	04:00	-	5	132,10	70,02	3,78	0,00	92,62
01.02.2018	05:00	-	5	168,84	70,02	3,78	0,00	92,62
01.02.2018	06:00	-	5	175,05	70,02	3,78	0,00	92,62
01.02.2018	07:00	0,0060	5	215,84	70,02	3,78	0,34	92,96
01.02.2018	08:00	0,4020	5	215,89	99,99	3,78	22,96	155,22
01.02.2018	09:00	1,0380	5	217,73	99,99	3,78	59,79	192,05
01.02.2018	10:00	1,6080	5	216,78	99,99	3,78	92,22	224,48
01.02.2018	11:00	4,0020	5	216,67	99,99	3,78	229,40	361,66
01.02.2018	12:00	5,3400	5	169,99	99,99	3,78	240,14	372,41
01.02.2018	13:00	5,5140	5	175,04	99,99	3,78	255,34	387,60
01.02.2018	14:00	4,1400	5	175,05	99,99	3,78	191,72	323,98
01.02.2018	15:00	2,2080	5	169,99	99,99	3,78	99,30	231,56
01.02.2018	16:00	0,2880	5	215,24	90	3,78	16,40	135,45
01.02.2018	17:00	-	5	184,00	90	3,78	0,00	119,05
01.02.2018	18:00	-	5	184,00	90	3,78	0,00	119,05
01.02.2018	19:00	-	5	175,05	90	3,78	0,00	119,05
01.02.2018	20:00	-	5	189,96	80,01	3,78	0,00	105,83
01.02.2018	21:00	-	5	149,00	80,01	3,78	0,00	105,83
01.02.2018	22:00	-	5	168,84	80,01	3,78	0,00	105,83
01.02.2018	23:00	-	5	129,99	80,01	3,78	0,00	105,83
TOPLAM		24,55					1207,60	3959,08

EK-1 (b) Mart Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.03.2018	00:00	-	5	184,99	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	01:00	-	5	164,96	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	02:00	-	5	179,99	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	03:00	-	5	162,89	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	04:00	-	5	154,35	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	05:00	-	5	165,01	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	06:00	-	5	192,87	95	3,88	0,00	122,42
01.03.2018	07:00	0,0660	5	185,00	95	3,88	3,15	125,57
01.03.2018	08:00	2,0160	5	190,18	57	3,88	98,82	172,27
01.03.2018	09:00	2,5800	5	215,87	57	3,88	143,54	217,00
01.03.2018	10:00	2,9760	5	216,16	57	3,88	165,80	239,25
01.03.2018	11:00	3,3240	5	216,26	57	3,88	185,27	258,72
01.03.2018	12:00	1,9320	5	212,99	57	3,88	106,06	179,51
01.03.2018	13:00	3,1440	5	214,79	57	3,88	174,05	247,50
01.03.2018	14:00	2,3640	5	215,50	57	3,88	131,30	204,75
01.03.2018	15:00	0,9120	5	215,38	57	3,88	50,63	124,08
01.03.2018	16:00	0,2760	5	215,58	54,06	3,88	15,34	85,00
01.03.2018	17:00	-	5	203,27	54,06	3,88	0,00	69,66
01.03.2018	18:00	-	5	185,00	54,06	3,88	0,00	69,66
01.03.2018	19:00	-	5	175,00	54,06	3,88	0,00	69,66
01.03.2018	20:00	-	5	172,60	77,02	3,88	0,00	99,25
01.03.2018	21:00	-	5	172,59	77,02	3,88	0,00	99,25
01.03.2018	22:00	-	5	169,99	77,02	3,88	0,00	99,25
01.03.2018	23:00	-	5	170,00	77,02	3,88	0,00	99,25
TOPLAM		19,5900					1.073,93	3.316,61

EK-1 (c) Nisan Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.04.2018	00:00	-	5	169,09	102	4,05	0,00	125,93
01.04.2018	01:00	-	5	169,09	102	4,05	0,00	125,93
01.04.2018	02:00	-	5	162,88	102	4,05	0,00	125,93
01.04.2018	03:00	-	5	169,08	102	4,05	0,00	125,93
01.04.2018	04:00	-	5	144,64	450	4,05	0,00	555,56
01.04.2018	05:00	-	5	159,50	450	4,05	0,00	555,56
01.04.2018	06:00	-	5	169,08	450	4,05	0,00	555,56
01.04.2018	07:00	0,9660	5	78,00	350	4,05	18,60	450,70
01.04.2018	08:00	1,8480	5	66,04	350	4,05	30,13	462,23
01.04.2018	09:00	4,7100	5	53,80	350	4,05	62,57	494,67
01.04.2018	10:00	6,1200	5	30,00	350	4,05	45,33	477,43
01.04.2018	11:00	7,5540	5	57,72	549	4,05	107,66	785,44
01.04.2018	12:00	6,2340	5	55,10	549	4,05	84,81	762,59
01.04.2018	13:00	6,5580	5	64,16	549	4,05	103,89	781,67
01.04.2018	14:00	5,8980	5	50,06	549	4,05	72,90	750,68
01.04.2018	15:00	4,5600	5	33,55	549	4,05	37,77	715,55
01.04.2018	16:00	4,2360	5	68,83	349	4,05	71,99	502,86
01.04.2018	17:00	1,3860	5	125,00	349	4,05	42,78	473,64
01.04.2018	18:00	0,1260	5	179,79	349	4,05	5,59	436,46
01.04.2018	19:00	-	5	215,98	349	4,05	0,00	430,86
01.04.2018	20:00	-	5	203,52	250	4,05	0,00	308,64
01.04.2018	21:00	-	5	194,98	250	4,05	0,00	308,64
01.04.2018	22:00	-	5	165,00	250	4,05	0,00	308,64
01.04.2018	23:00	-	5	110,00	250	4,05	0,00	308,64
TOPLAM		50,196					684,04	10.929,72

EK-1 (d) Mayıs Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.05.2018	00:00	-	5	183,49	80,99	4,41	0,00	91,83
01.05.2018	01:00	-	5	208,00	80,99	4,41	0,00	91,83
01.05.2018	02:00	-	5	150,01	80,99	4,41	0,00	91,83
01.05.2018	03:00	-	5	183,49	80,99	4,41	0,00	91,83
01.05.2018	04:00	-	5	150,01	85,99	4,41	0,00	97,49
01.05.2018	05:00	-	5	170,74	85,99	4,41	0,00	97,49
01.05.2018	06:00	0,1920	5	98,69	85,99	4,41	4,30	101,79
01.05.2018	07:00	1,4640	5	128,86	85,99	4,41	42,78	140,27
01.05.2018	08:00	3,4140	5	179,99	85,99	4,41	139,34	236,83
01.05.2018	09:00	5,3160	5	194,99	85,99	4,41	235,05	332,54
01.05.2018	10:00	6,8940	5	183,99	85,99	4,41	287,63	385,12
01.05.2018	11:00	7,6920	5	179,48	87,99	4,41	313,05	412,81
01.05.2018	12:00	8,0520	5	150,01	87,99	4,41	273,90	373,66
01.05.2018	13:00	7,8900	5	150,01	87,99	4,41	268,39	368,15
01.05.2018	14:00	7,2660	5	179,49	87,99	4,41	295,73	395,49
01.05.2018	15:00	5,8560	5	180,00	87,99	4,41	239,02	338,78
01.05.2018	16:00	4,5360	5	179,48	90,99	4,41	184,61	287,77
01.05.2018	17:00	2,7660	5	179,49	90,99	4,41	112,58	215,74
01.05.2018	18:00	0,3900	5	199,99	90,99	4,41	17,69	120,85
01.05.2018	19:00	0,0060	5	179,49	90,99	4,41	0,24	103,41
01.05.2018	20:00	-	5	179,48	90,99	4,41	0,00	103,16
01.05.2018	21:00	-	5	207,99	90,99	4,41	0,00	103,16
01.05.2018	22:00	-	5	179,79	90,99	4,41	0,00	103,16
01.05.2018	23:00	-	5	150,01	90,99	4,41	0,00	103,16
TOPLAM		61,734					2.414,29	4.788,17

EK-1 (e) Haziran Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.06.2018	00:00	-	5	180,00	70,99	4,63	0,00	76,66
01.06.2018	01:00	-	5	200,15	70,99	4,63	0,00	76,66
01.06.2018	02:00	-	5	180,00	70,99	4,63	0,00	76,66
01.06.2018	03:00	-	5	124,01	70,99	4,63	0,00	76,66
01.06.2018	04:00	-	5	203,90	70,99	4,63	0,00	76,66
01.06.2018	05:00	0,0060	5	124,98	70,99	4,63	0,16	76,83
01.06.2018	06:00	0,3240	5	98,70	70,99	4,63	6,91	83,57
01.06.2018	07:00	0,9180	5	98,69	67,99	4,63	19,57	92,99
01.06.2018	08:00	1,5780	5	160,00	67,99	4,63	54,53	127,95
01.06.2018	09:00	2,4420	5	216,40	67,99	4,63	114,14	187,56
01.06.2018	10:00	3,6900	5	216,19	67,99	4,63	172,30	245,72
01.06.2018	11:00	5,8800	5	216,54	71,99	4,63	275,00	352,74
01.06.2018	12:00	7,8420	5	169,70	71,99	4,63	287,43	365,17
01.06.2018	13:00	8,2500	5	160,00	71,99	4,63	285,10	362,84
01.06.2018	14:00	8,0880	5	215,36	71,99	4,63	376,21	453,95
01.06.2018	15:00	2,9460	5	215,76	71,99	4,63	137,28	215,03
01.06.2018	16:00	2,4540	5	215,69	71,99	4,63	114,32	192,06
01.06.2018	17:00	2,1360	5	205,18	71,99	4,63	94,66	172,40
01.06.2018	18:00	0,7140	5	180,00	71,99	4,63	27,76	105,50
01.06.2018	19:00	0,1200	5	140,94	71,99	4,63	3,65	81,40
01.06.2018	20:00	-	5	215,30	69,99	4,63	0,00	75,58
01.06.2018	21:00	-	5	216,92	69,99	4,63	0,00	75,58
01.06.2018	22:00	-	5	177,64	69,99	4,63	0,00	75,58
01.06.2018	23:00	-	5	140,00	69,99	4,63	0,00	75,58
TOPLAM		47,388					1.969,01	3.801,36

EK-1 (f) Temmuz Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.07.2018	00:00	-	5	214,13	39,98	4,75	0,00	42,08
01.07.2018	01:00	-	5	192,49	39,98	4,75	0,00	42,08
01.07.2018	02:00	-	5	177,64	39,98	4,75	0,00	42,08
01.07.2018	03:00	-	5	225,92	39,98	4,75	0,00	42,08
01.07.2018	04:00	-	5	225,93	39,98	4,75	0,00	42,08
01.07.2018	05:00	0,0180	5	210,00	39,98	4,75	0,80	42,88
01.07.2018	06:00	0,2700	5	144,17	39,98	4,75	8,19	50,28
01.07.2018	07:00	1,4760	5	170,00	38,98	4,75	52,83	93,86
01.07.2018	08:00	3,6600	5	207,68	38,98	4,75	160,02	201,05
01.07.2018	09:00	5,5740	5	140,01	38,98	4,75	164,30	205,33
01.07.2018	10:00	6,7980	5	140,01	38,98	4,75	200,38	241,41
01.07.2018	11:00	7,5960	5	209,99	38,99	4,75	335,81	376,85
01.07.2018	12:00	7,4280	5	202,49	38,99	4,75	316,65	357,69
01.07.2018	13:00	7,9380	5	202,49	38,99	4,75	338,39	379,43
01.07.2018	14:00	6,4860	5	185,82	38,99	4,75	253,73	294,77
01.07.2018	15:00	6,6720	5	161,45	38,99	4,75	226,78	267,82
01.07.2018	16:00	3,4500	5	185,81	37,99	4,75	134,96	174,95
01.07.2018	17:00	3,3420	5	164,45	37,99	4,75	115,70	155,69
01.07.2018	18:00	1,2000	5	215,19	37,99	4,75	54,36	94,35
01.07.2018	19:00	0,1620	5	225,64	37,99	4,75	7,70	47,68
01.07.2018	20:00	-	5	228,25	37,99	4,75	0,00	39,99
01.07.2018	21:00	-	5	229,78	37,99	4,75	0,00	39,99
01.07.2018	22:00	-	5	219,95	37,99	4,75	0,00	39,99
01.07.2018	23:00	-	5	140,01	37,99	4,75	0,00	39,99
TOPLAM		62,07					2.370,59	3.354,44

EK-1 (g) Ağustos Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.08.2018	00:00	-	5	220,07	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	01:00	-	5	220,49	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	02:00	-	5	209,50	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	03:00	-	5	207,09	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	04:00	-	5	202,14	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	05:00	-	5	195,49	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	06:00	0,1740	5	185,00	20	5,73	5,62	23,07
01.08.2018	07:00	1,2180	5	208,27	20	5,73	44,27	61,72
01.08.2018	08:00	3,0240	5	299,15	20	5,73	157,88	175,33
01.08.2018	09:00	4,9380	5	299,99	20	5,73	258,53	275,98
01.08.2018	10:00	6,6120	5	300,81	20	5,73	347,11	364,56
01.08.2018	11:00	7,5360	5	302,47	20	5,73	397,80	415,26
01.08.2018	12:00	7,8900	5	296,75	20	5,73	408,61	426,07
01.08.2018	13:00	7,6800	5	304,22	20	5,73	407,75	425,20
01.08.2018	14:00	7,4040	5	310,37	20	5,73	401,04	418,50
01.08.2018	15:00	6,1980	5	308,91	20	5,73	334,14	351,59
01.08.2018	16:00	4,9140	5	310,40	20	5,73	266,20	283,65
01.08.2018	17:00	1,6920	5	303,06	20	5,73	89,49	106,94
01.08.2018	18:00	0,7920	5	297,97	20	5,73	41,19	58,64
01.08.2018	19:00	0,1320	5	265,49	20	5,73	6,12	23,57
01.08.2018	20:00	-	5	265,00	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	21:00	-	5	268,72	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	22:00	-	5	214,99	20	5,73	0,00	17,45
01.08.2018	23:00	-	5	199,99	20	5,73	0,00	17,45
TOPLAM		60,204					3.165,74	3.584,59

EK-1 (ğ) Eylül Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.09.2018	00:00	-	5	324,10	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	01:00	-	5	295,00	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	02:00	-	5	300,00	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	03:00	-	5	301,99	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	04:00	-	5	300,00	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	05:00	-	5	351,41	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	06:00	0,0600	5	174,00	17	6,37	1,64	14,98
01.09.2018	07:00	1,0740	5	174,00	17	6,37	29,34	42,68
01.09.2018	08:00	3,0120	5	351,52	17	6,37	166,21	179,56
01.09.2018	09:00	4,9560	5	354,47	17	6,37	275,79	289,13
01.09.2018	10:00	6,6120	5	355,87	17	6,37	369,39	382,73
01.09.2018	11:00	7,3680	5	354,48	17	6,37	410,02	423,36
01.09.2018	12:00	7,6860	5	352,42	17	6,37	425,23	438,57
01.09.2018	13:00	7,1280	5	354,47	17	6,37	396,65	409,99
01.09.2018	14:00	6,7740	5	355,60	17	6,37	378,15	391,50
01.09.2018	15:00	5,9280	5	355,17	17	6,37	330,53	343,87
01.09.2018	16:00	3,9300	5	356,67	17	6,37	220,05	233,39
01.09.2018	17:00	1,7220	5	354,36	17	6,37	95,79	109,14
01.09.2018	18:00	0,3960	5	356,35	17	6,37	22,15	35,50
01.09.2018	19:00	-	5	353,20	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	20:00	-	5	355,78	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	21:00	-	5	356,95	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	22:00	-	5	352,50	17	6,37	0,00	13,34
01.09.2018	23:00	-	5	323,96	17	6,37	0,00	13,34
TOPLAM		56,646					3.120,93	3.441,19

EK-1 (h) Ekim Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.10.2018	00:00	-	5	313,09	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	01:00	-	5	313,09	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	02:00	-	5	224,99	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	03:00	-	5	270,68	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	04:00	-	5	253,44	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	05:00	-	5	270,68	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	06:00	0,0060	5	270,69	66	5,86	0,28	56,59
01.10.2018	07:00	0,8520	5	325,00	85,99	5,86	47,25	120,62
01.10.2018	08:00	2,9940	5	359,95	85,99	5,86	83,91	257,28
01.10.2018	09:00	4,9380	5	364,73	85,99	5,86	307,34	380,71
01.10.2018	10:00	6,2880	5	360,18	85,99	5,86	386,49	459,86
01.10.2018	11:00	7,1340	5	359,36	72,72	5,86	437,49	499,53
01.10.2018	12:00	7,1760	5	353,95	72,72	5,86	433,44	495,49
01.10.2018	13:00	6,1140	5	356,98	72,72	5,86	372,45	434,50
01.10.2018	14:00	6,7980	5	361,10	72,72	5,86	418,90	480,95
01.10.2018	15:00	4,7940	5	362,49	72,72	5,86	296,55	358,60
01.10.2018	16:00	3,0420	5	364,85	72,72	5,86	189,40	251,45
01.10.2018	17:00	0,7320	5	364,85	72,72	5,86	45,58	107,62
01.10.2018	18:00	0,0960	5	360,47	72,72	5,86	5,91	67,95
01.10.2018	19:00	-	5	361,76	72,72	5,86	0,00	62,05
01.10.2018	20:00	-	5	361,47	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	21:00	-	5	358,67	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	22:00	-	5	351,23	66	5,86	0,00	56,31
01.10.2018	23:00	-	5	322,09	66	5,86	0,00	56,31
TOPLAM		50,964					3.124,97	4.596,34

EK-1 (i) Kasım Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

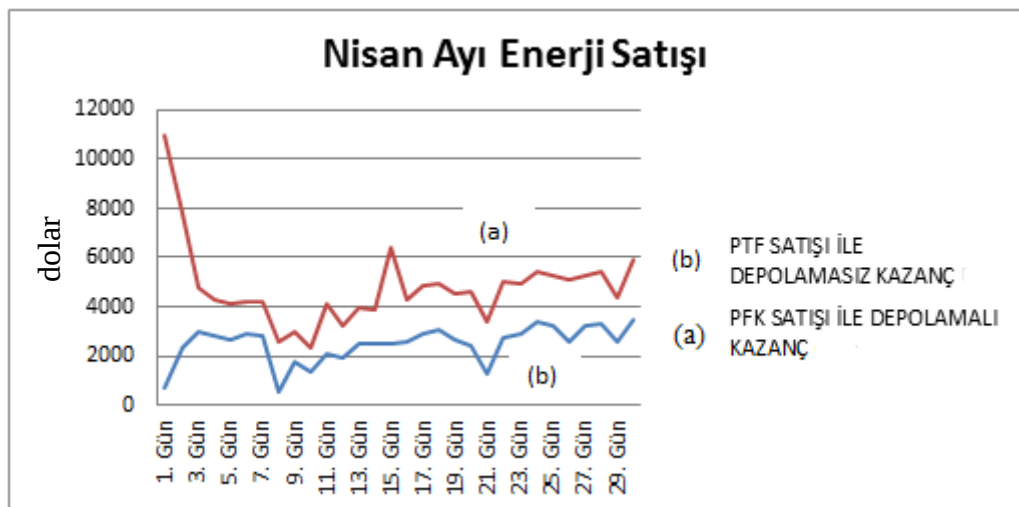
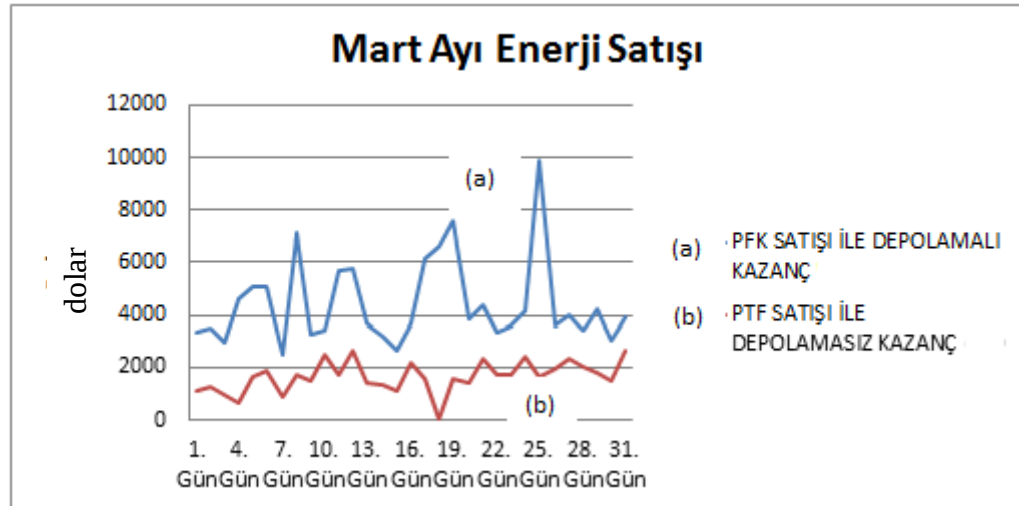
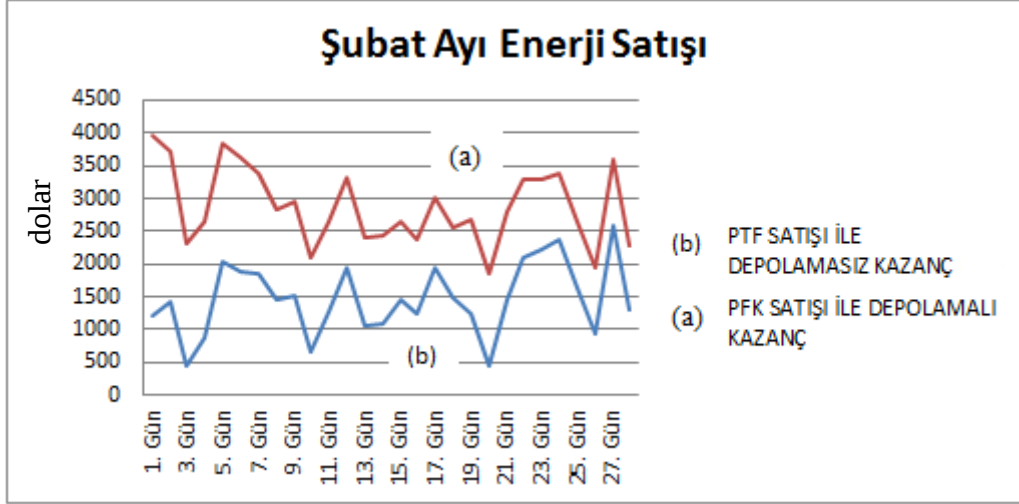
TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.11.2018	00:00	-	5	313,88	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	01:00	-	5	289,99	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	02:00	-	5	320,55	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	03:00	-	5	320,13	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	04:00	-	5	150,00	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	05:00	-	5	265,00	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	06:00	-	5	321,26	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	07:00	0,1380	5	313,88	19	5,37	8,07	25,76
01.11.2018	08:00	2,2560	5	326,65	19	5,37	137,23	154,92
01.11.2018	09:00	4,2420	5	328,51	19	5,37	259,50	277,20
01.11.2018	10:00	5,4900	5	326,60	19	5,37	333,90	351,59
01.11.2018	11:00	6,1800	5	325,72	19	5,37	374,85	392,54
01.11.2018	12:00	6,6180	5	322,07	19	5,37	396,92	414,61
01.11.2018	13:00	6,5040	5	324,85	19	5,37	393,45	411,14
01.11.2018	14:00	5,7240	5	328,20	19	5,37	349,84	367,53
01.11.2018	15:00	4,2720	5	327,84	19	5,37	260,81	278,50
01.11.2018	16:00	2,1720	5	329,26	19	5,37	133,18	150,87
01.11.2018	17:00	0,1080	5	326,58	19	5,37	6,57	24,26
01.11.2018	18:00	-	5	328,90	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	19:00	-	5	323,16	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	20:00	-	5	304,09	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	21:00	-	5	295,48	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	22:00	-	5	294,95	19	5,37	0,00	17,69
01.11.2018	23:00	-	5	285,00	19	5,37	0,00	17,69

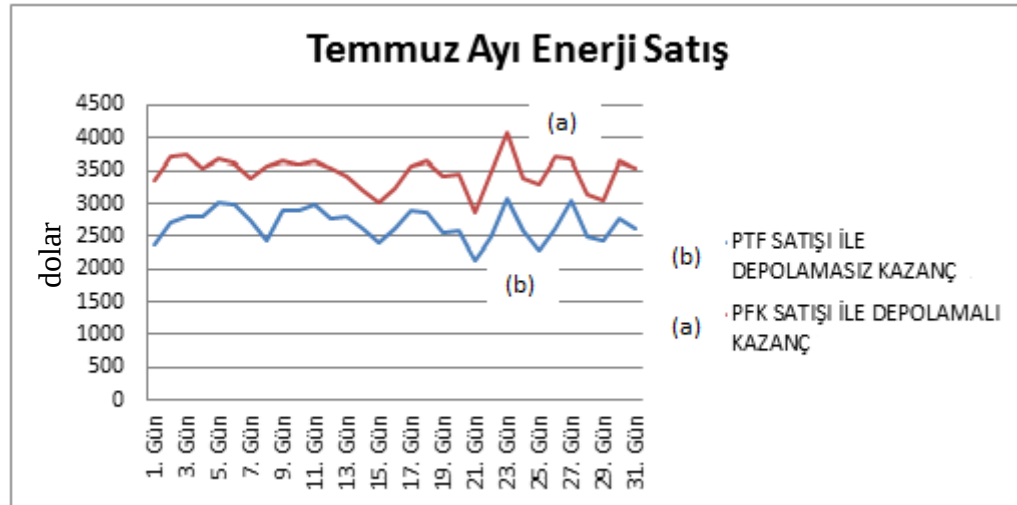
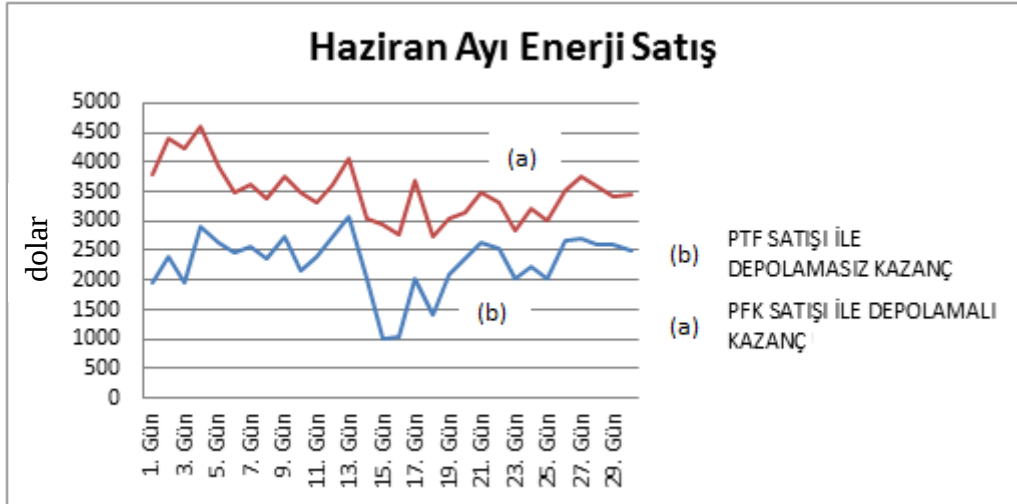
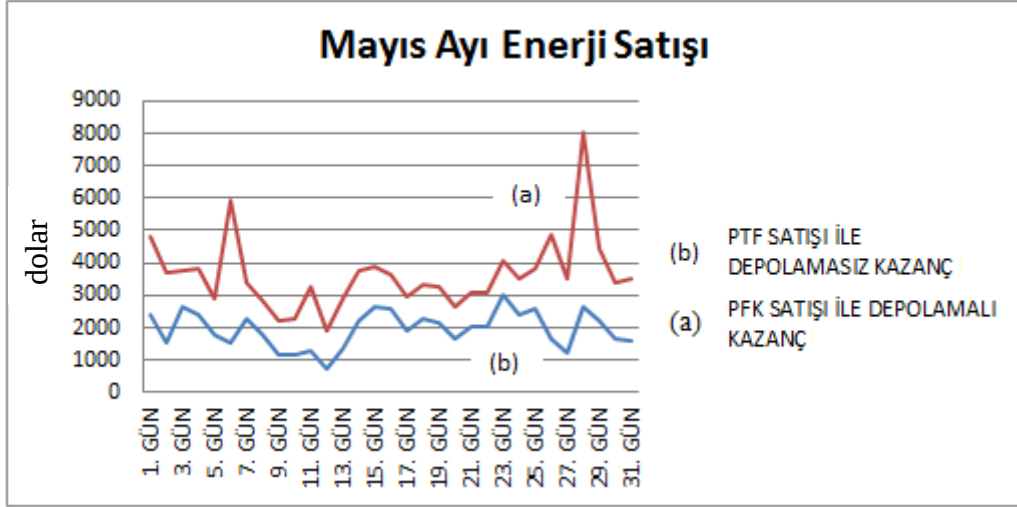
EK-1 (i) Aralık Ayı Örnek Gün Enerji Satış Kazanç Değerleri

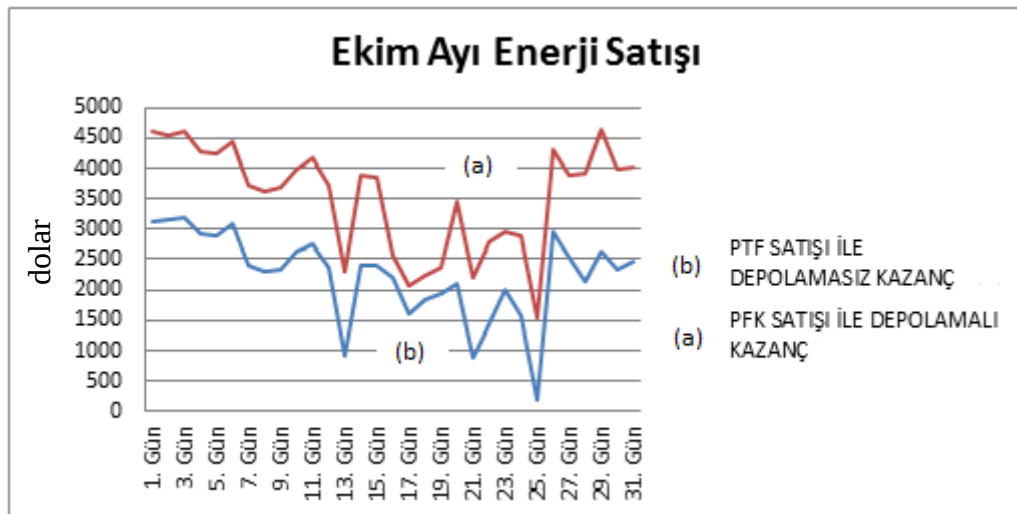
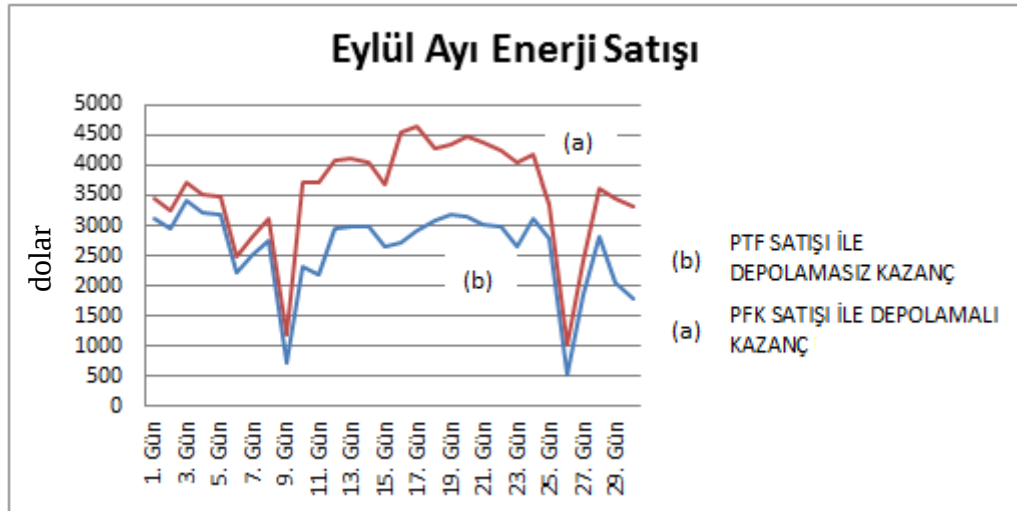
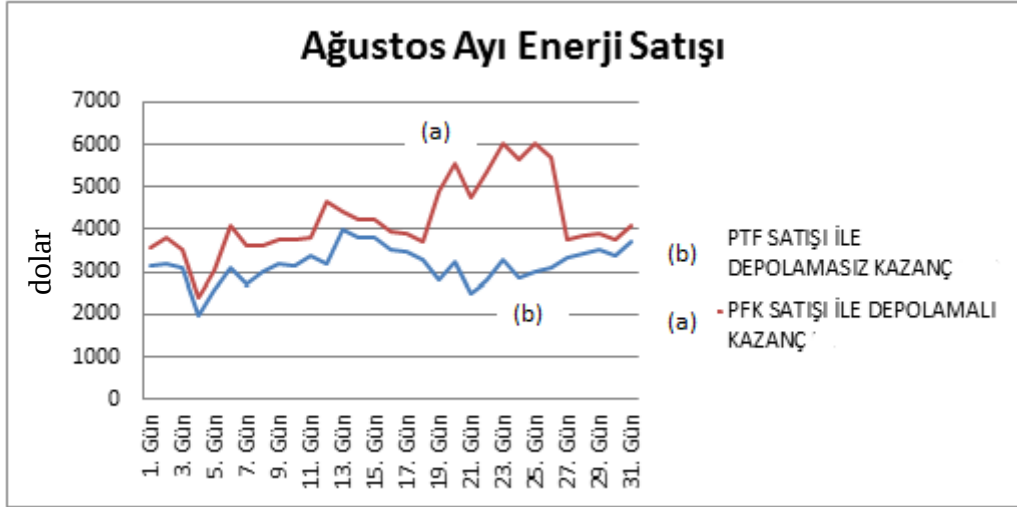
TARİH	SAAT (h)	ÜRETİM (MWh)	PFK İÇİN TUTULACAK ENERJİ (MWh)	PTF (TL/MWh)	PFK FİYAT (TL/MWh)	DOLAR KURU (TL/dolar)	A (dolar)	B (dolar)
01.12.2018	00:00	-	5	294,66	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	01:00	-	5	294,65	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	02:00	-	5	270,01	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	03:00	-	5	254,47	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	04:00	-	5	225,88	53	5,31	0,00	49,91
01.12.2018	05:00	-	5	263,64	53	5,31	0,00	49,91
01.12.2018	06:00	-	5	294,65	53	5,31	0,00	49,91
01.12.2018	07:00	-	5	218,00	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	08:00	0,0120	5	304,55	59,04	5,31	0,69	56,28
01.12.2018	09:00	0,3180	5	309,59	59,04	5,31	18,54	74,13
01.12.2018	10:00	0,5820	5	311,57	59,04	5,31	34,15	89,74
01.12.2018	11:00	0,7680	5	312,88	59,04	5,31	45,25	100,85
01.12.2018	12:00	1,3620	5	309,76	59,04	5,31	79,45	135,05
01.12.2018	13:00	1,0380	5	309,92	59,04	5,31	60,58	116,18
01.12.2018	14:00	0,9540	5	308,89	59,04	5,31	55,50	111,09
01.12.2018	15:00	0,7260	5	308,07	59,04	5,31	42,12	97,71
01.12.2018	16:00	0,3540	5	309,61	59,04	5,31	20,64	76,23
01.12.2018	17:00	-	5	313,20	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	18:00	-	5	314,25	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	19:00	-	5	311,14	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	20:00	-	5	309,69	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	21:00	-	5	308,03	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	22:00	-	5	305,11	59,04	5,31	0,00	55,59
01.12.2018	23:00	-	5	303,29	59,04	5,31	0,00	55,59
TOPLAM		6,114					356,92	1.674,10

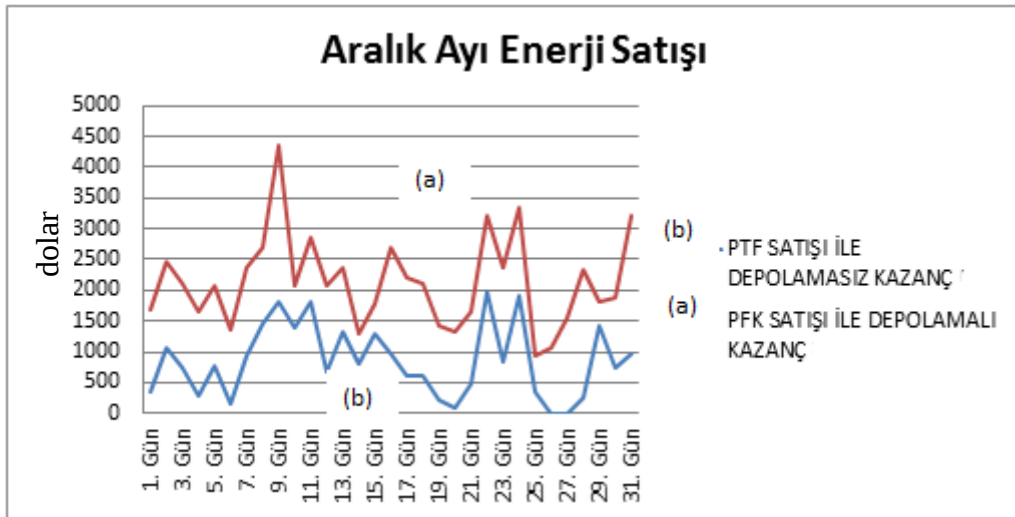
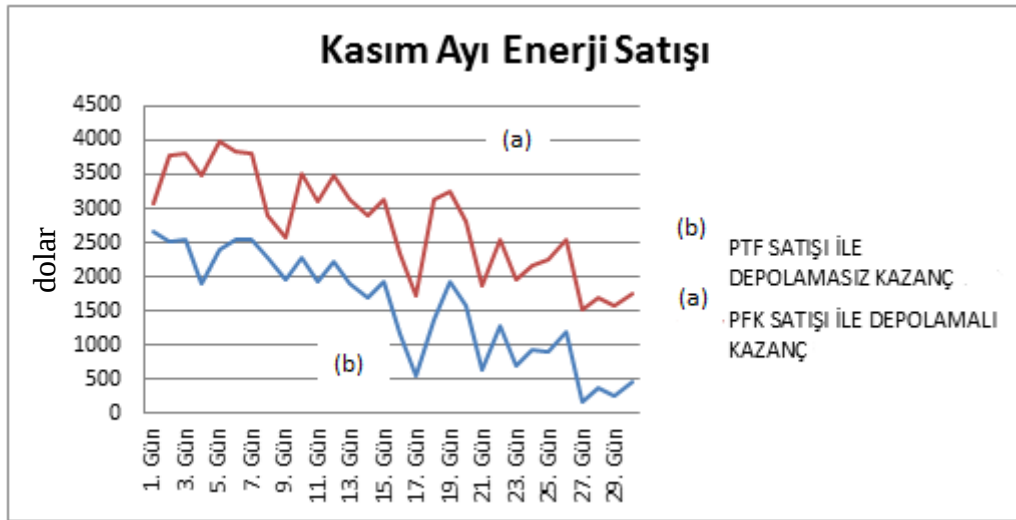
EK-2 Aylık Enerji Satış Kazanç Grafikleri

EK-2 (a) Şubat Mart Nisan Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri



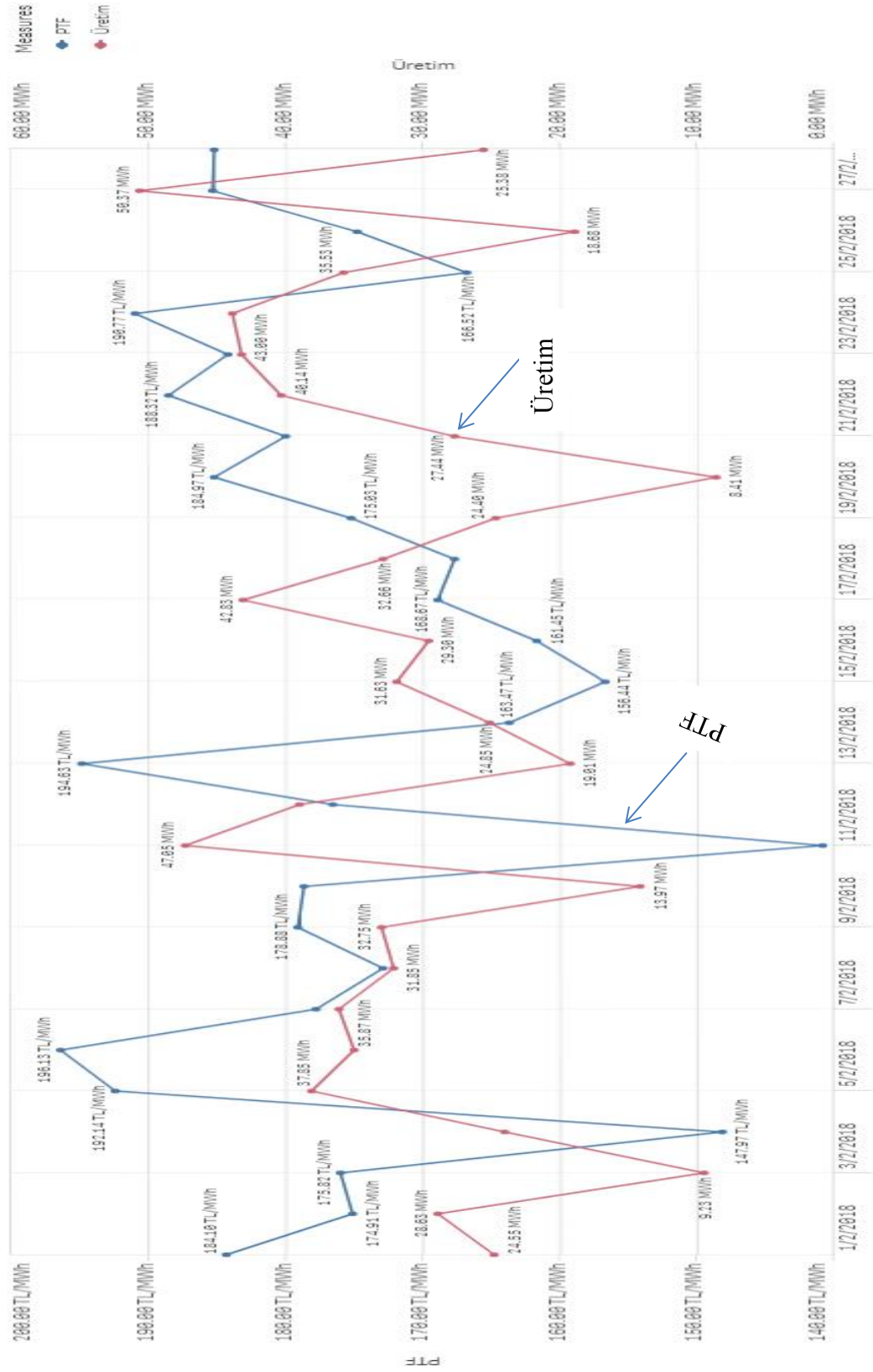
EK-2 (b) Mayıs Haziran Temmuz Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri

EK-2 (c) Ağustos Eylül Ekim Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri

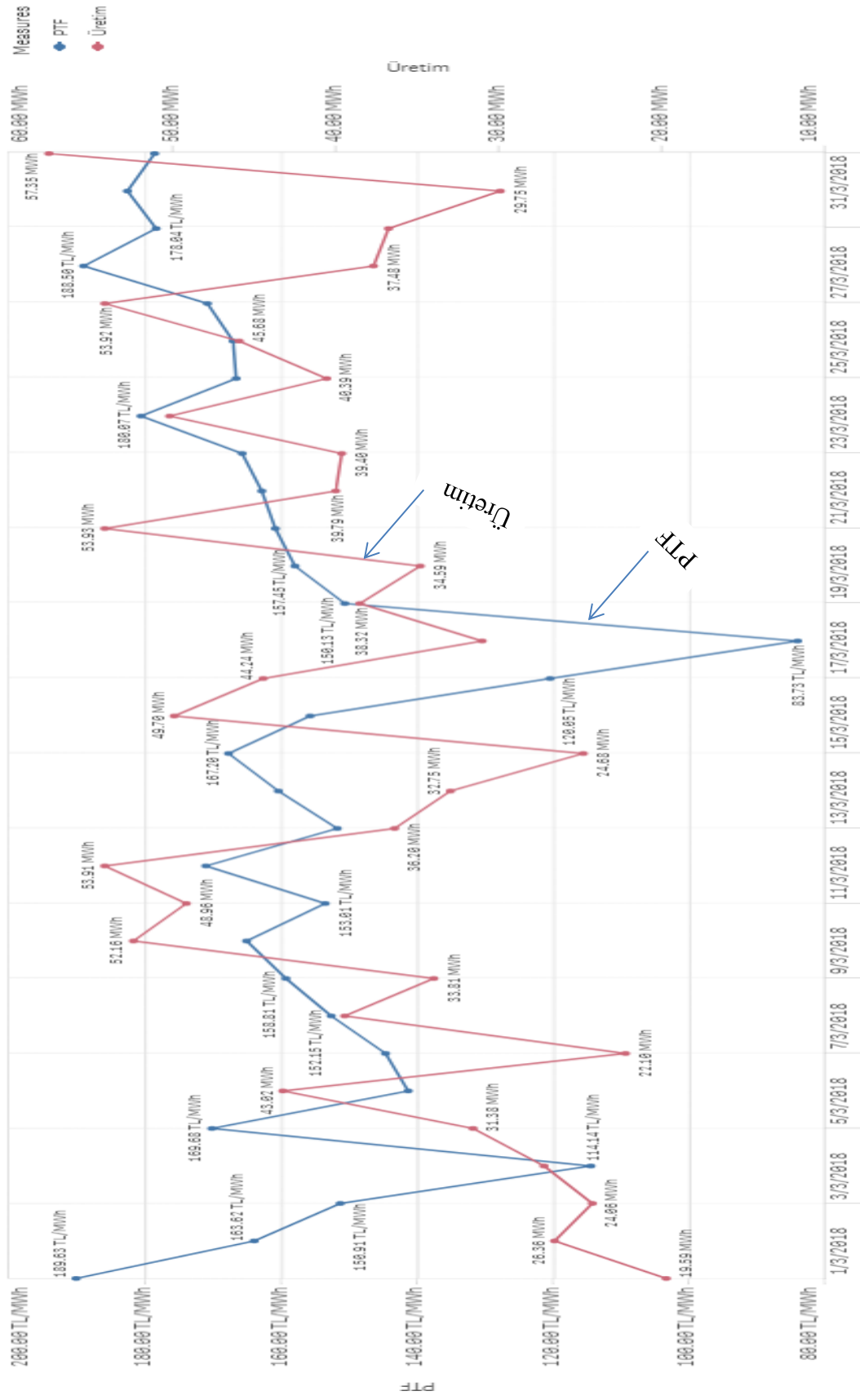
EK-2 (d) Kasım Aralık Ayı Enerji Satış Kazanç Grafikleri

EK-3 2018 Aylık Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri

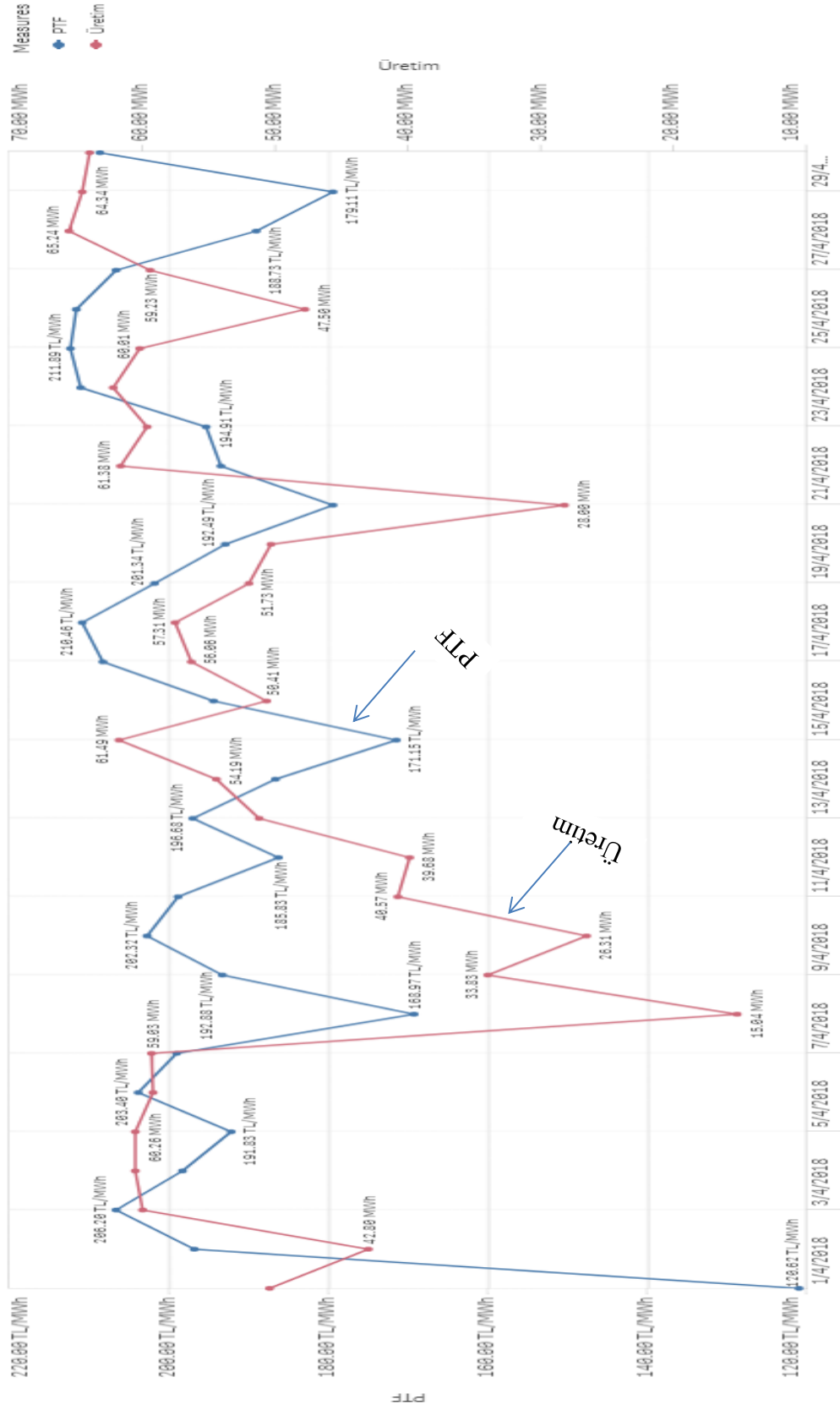
EK-3 (a) 2018 Şubat Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



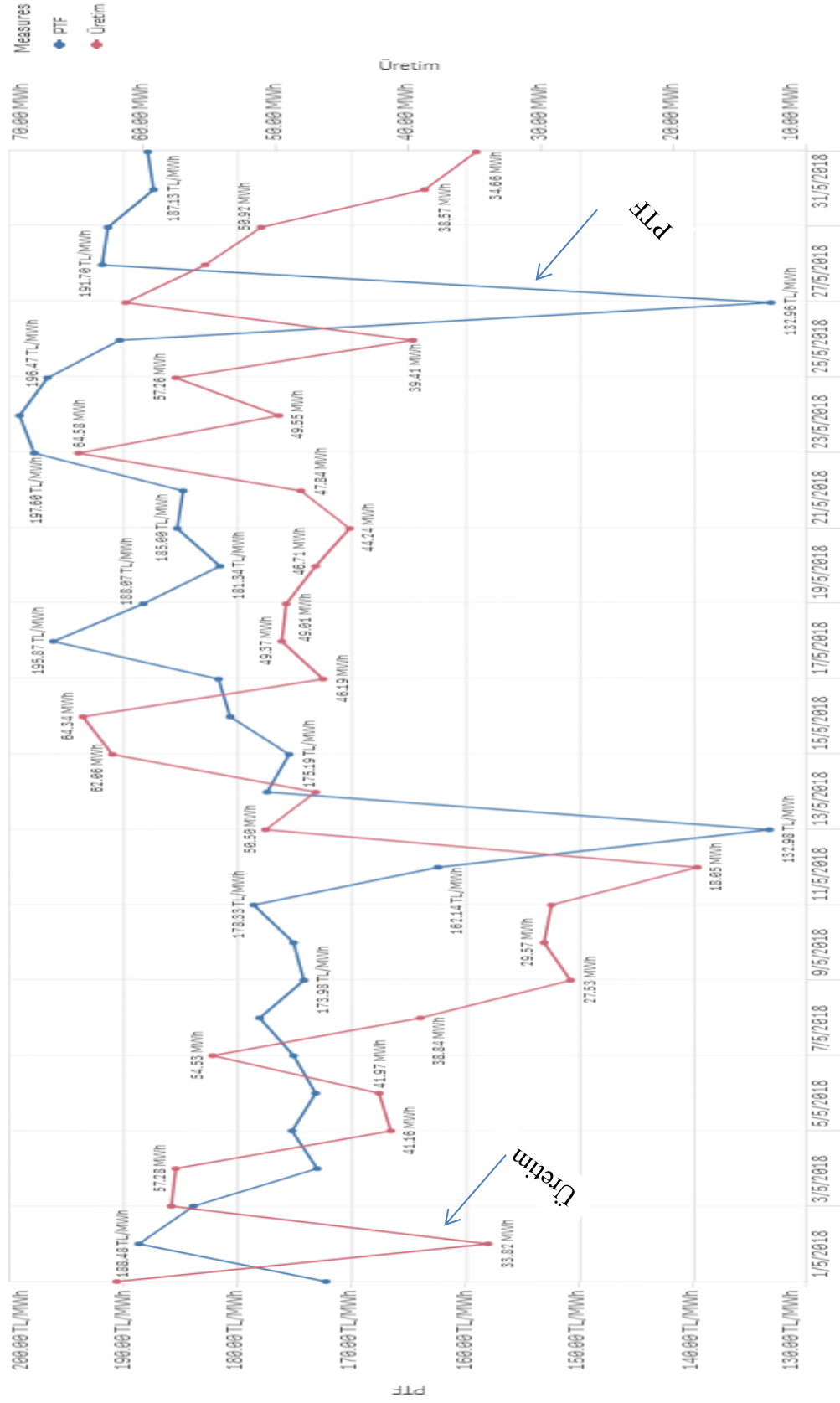
EK-3 (b) 2018 Mart Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



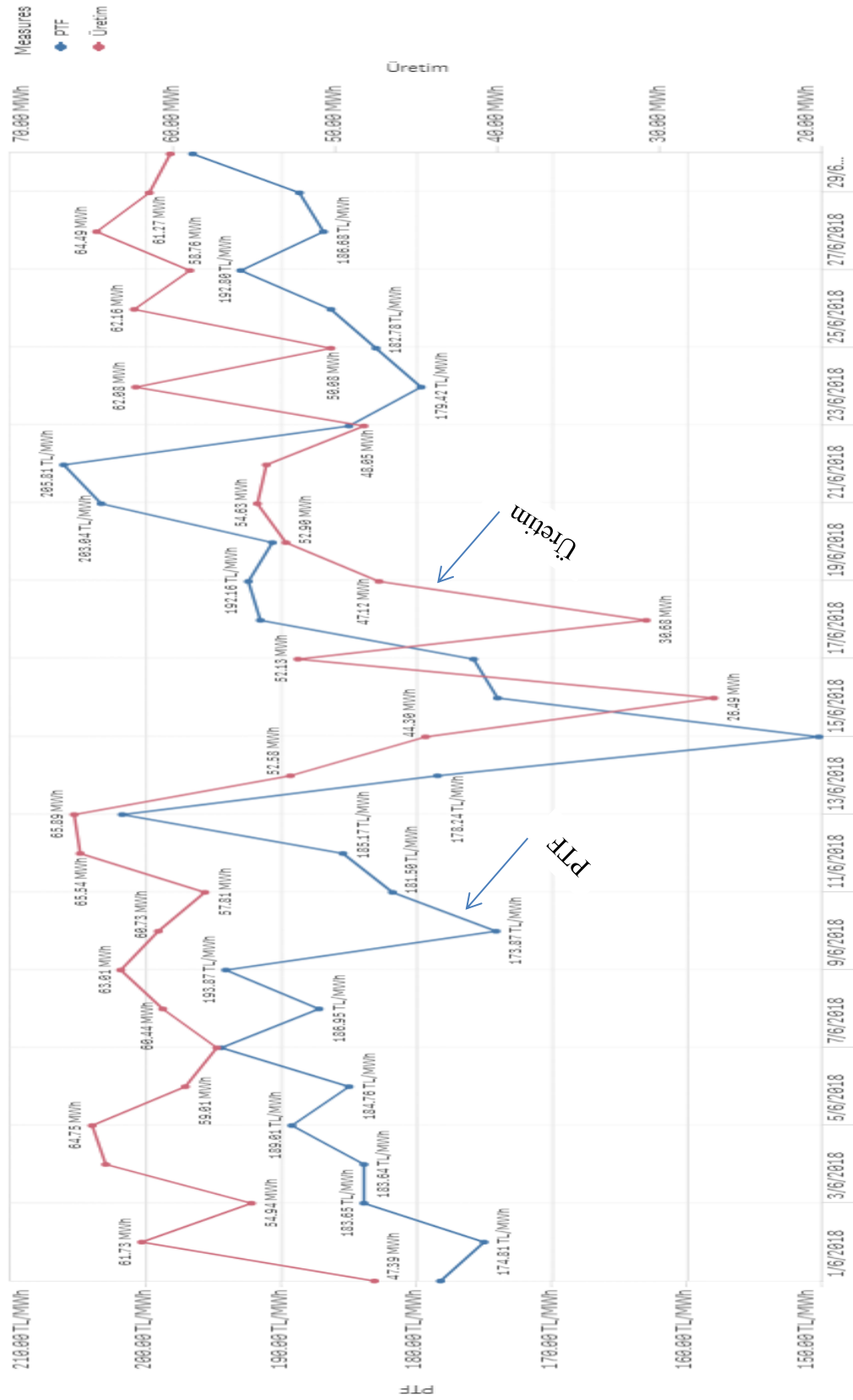
EK-3 (c) 2018 Nisan Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



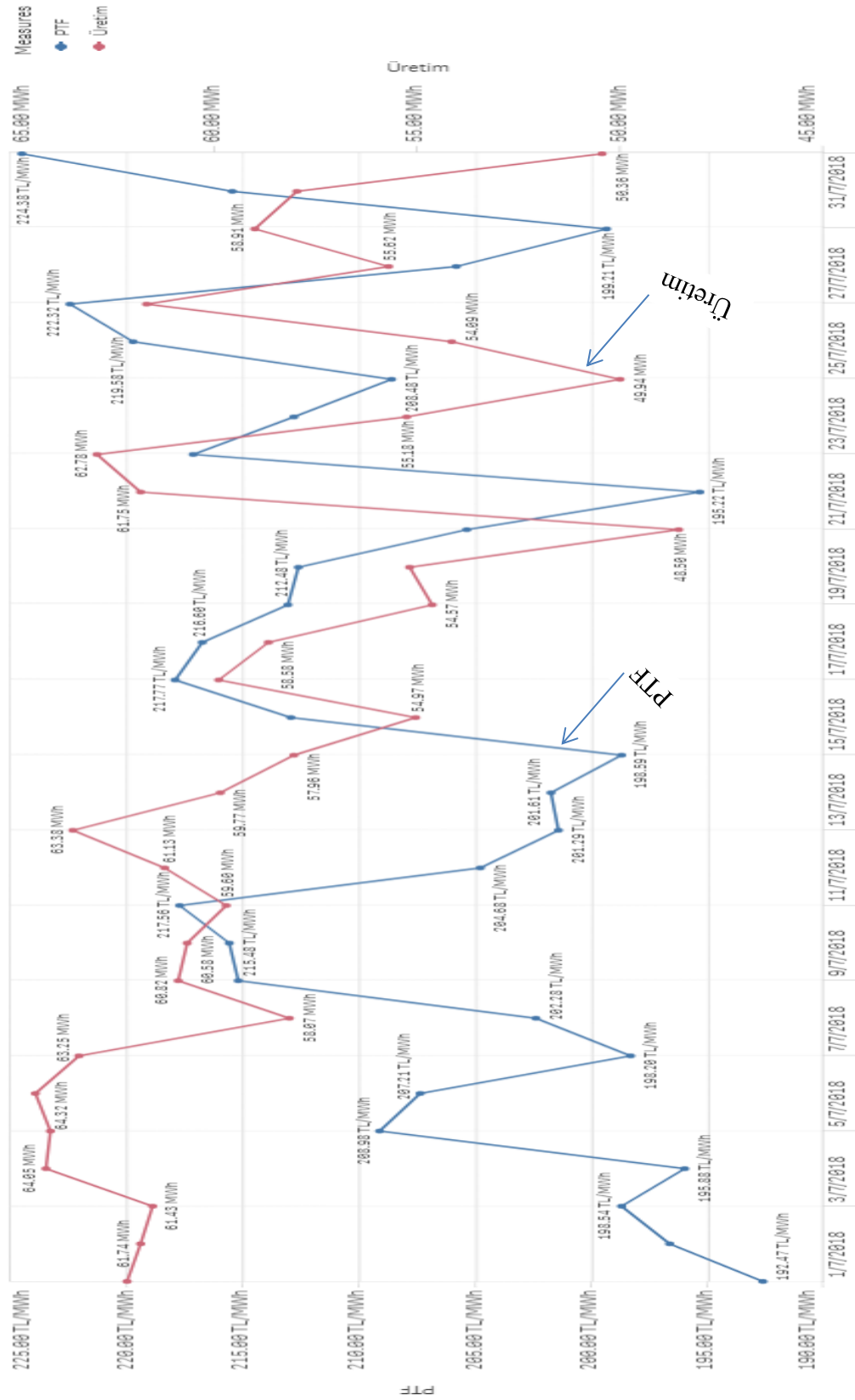
EK-3 (d) 2018 Mayıs Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



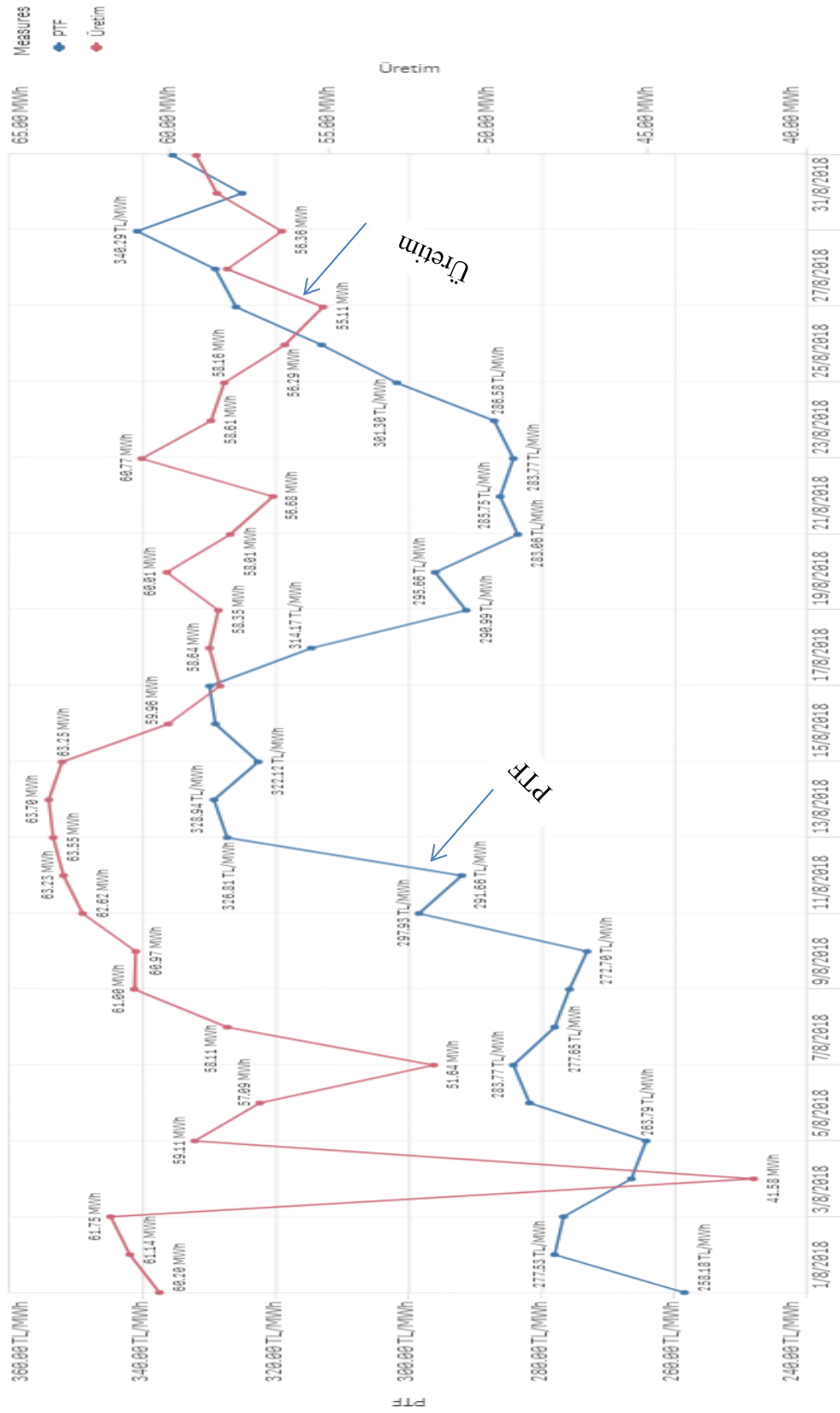
EK-3 (e) 2018 Haziran Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



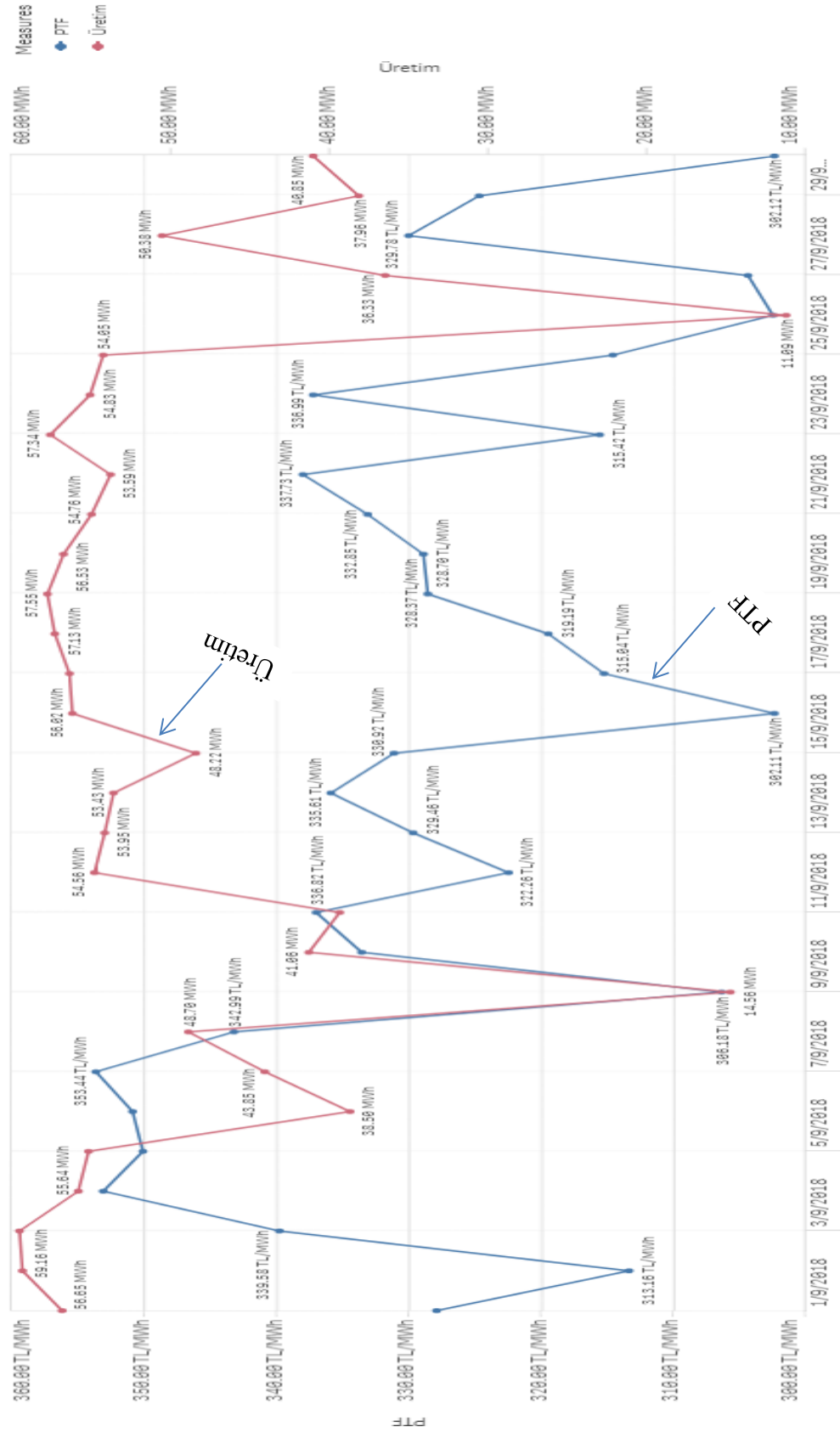
EK-3 (f) 2018 Temmuz Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



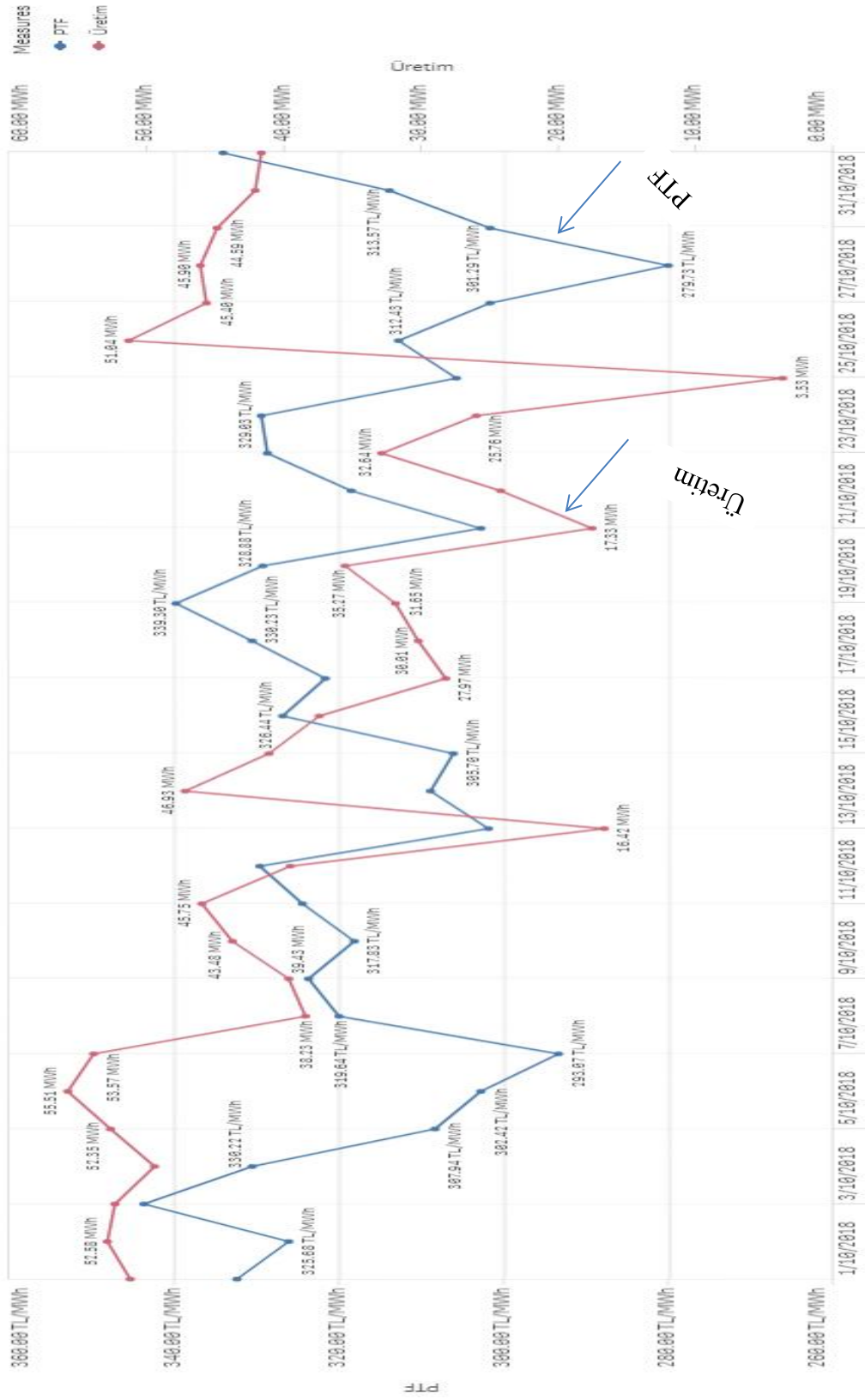
EK-3 (g) 2018 Ağustos Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



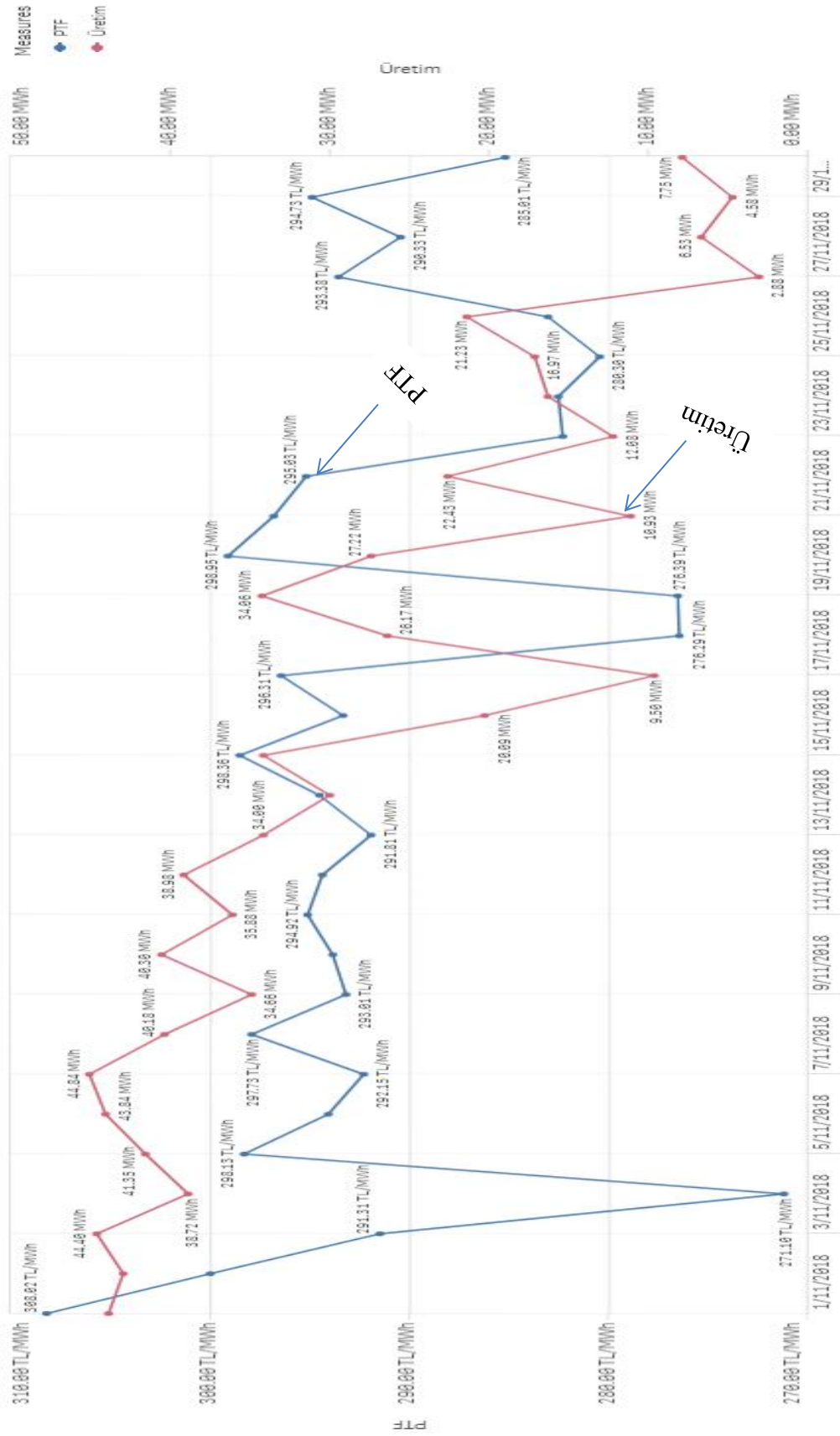
EK-3 (ğ) 2018 Eylül Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



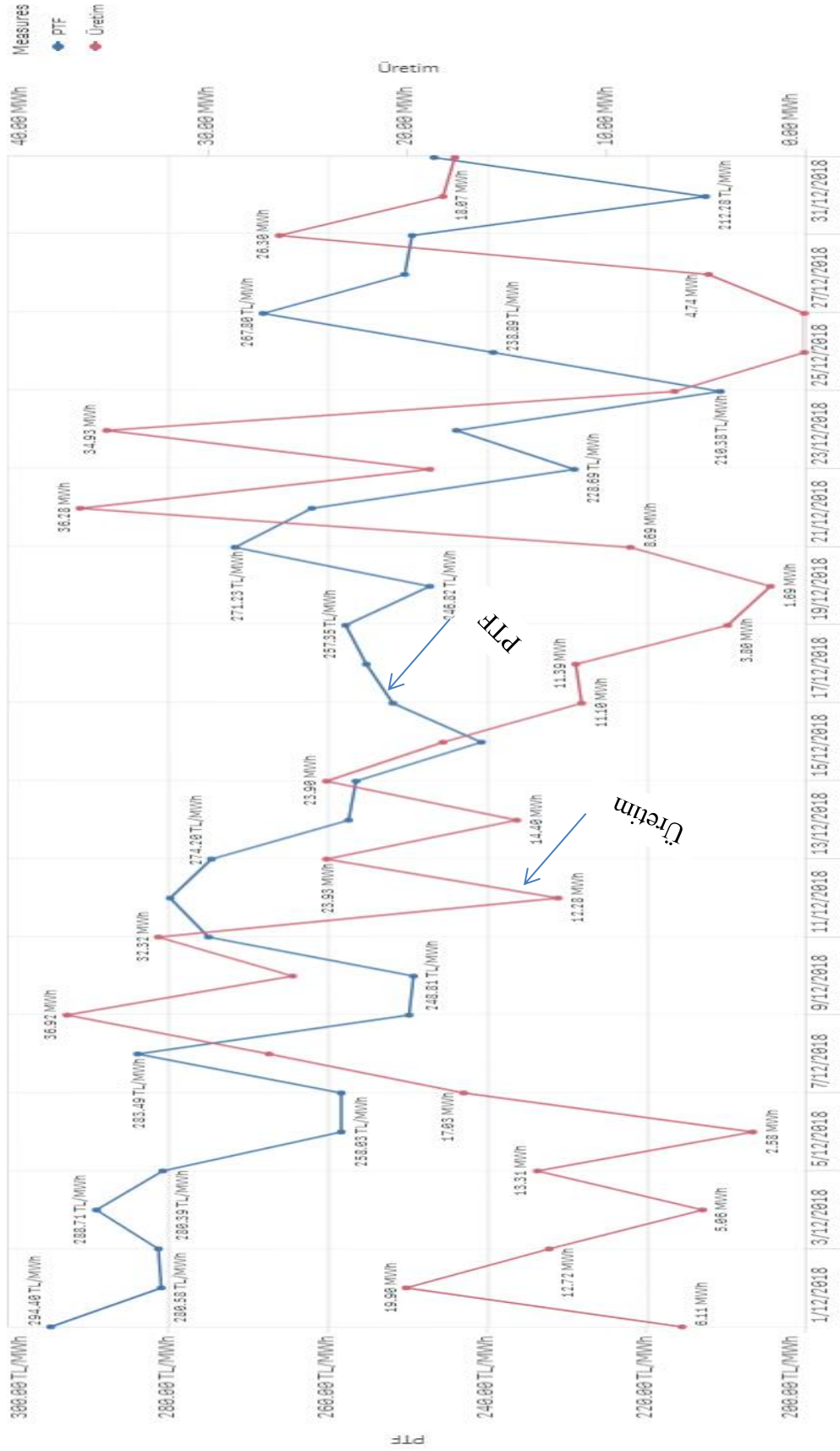
EK-3 (h) 2018 Ekim Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



EK-3 (i) 2018 Kasım Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



EK-3 (i) 2018 Aralık Ayı Üretim ve PTF Çizgi Grafikleri



ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Derviş ALTUN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya/1993
Telefon : 5512180028
Faks :
e-mail : 1dervisaltun@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Adil Karaağaç A.T.L.	2011
Üniversite	: Gazi Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017- Halen	Meram Elektrik Perakende Satış A.Ş.	Uzman Yardımcısı

UZMANLIK ALANI**YABANCI DİLLER**

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER**YAYINLAR**