



Batarya Depolama Teknolojilerinin Yan Hizmetler Piyasası'nda Kullanımı ve Finansal Getirileri Analizi



ETUK-2023
Emre Tüfek

BÖLÜM-1 :

Güncel Piyasa Durumu

- Türkiye Elektrik Piyasası ve Yönetmelikler
- Türkiye Elektrik Piyasası Gelecek Projeksiyonları
- Yan Hizmetler Piyasası Genel Kavramlar
 - ✓ Primer Frekans Kontrolü
 - ✓ Sekonder Frekans Kontrolü
 - ✓ Voltaj ve Reaktif Güç Desteği

BÖLÜM-2 :

Yönetmelikler ve Gereklilikler

- Yan Hizmetler Piyasasına Neden İhtiyaç Duyuyoruz?
- Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği (2017)
- Elektrik Depolama Tesislerinin Şebekeye Bağlanması ve Yan Hizmetlerde Kullanılmasına Dair Teknik Kriterler (2021)
- Elektrik Depolama Tesislerinin Yan Hizmetlere Katılımı İçin Test Prosedürleri (2021)

BÖLÜM-3 :

Primer – Sekonder Frekans Kontrolü ve BESS

- Primer Frekans Kontrolü Güncel Piyasa Verileri
- Sekonder Frekans Kontrolü Güncel Piyasa Verileri

BÖLÜM-4 :

Modelleme

- 100 MWe DGKÇ Santrali İçin 10 MWe'lik bir PFK Katılımı - Örnek Modelleme

BÖLÜM-5 :

Finansal Getiriler Analizi

- 2020-2024 Potansiyel Getiriler- Maliyetler ve Basit Geri Dönüş Analizi

TÜRKİYE ENERJİ PİYASASI VE BAŞLICA YÖNETMELİKLER

5346 sayılı
Yenilenebilir Enerji
Kaynaklarının Elektrik
Enerjisi Üretimi
Amaçlı Kullanımına
İlişkin Kanun

2005

2013

- YEKDEM
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği

Elektrik Piyasası Yan
Hizmetler Yönetmeliği

2017

2019

Elektrik Üretim ve
Elektrik Depolama
Tesisleri Kabul
Yönetmeliği

2020

Elektrik Piyasasında
Depolama Faaliyetleri
Yönetmeliği

2021

- Elektrik depolama tesislerinin şebekeye bağlanması ve yan hizmetlerde kullanılmasına dair teknik kriterler (21 Eylül 2021)
- Elektrik depolama tesislerinin yan hizmetlere katılımı için test prosedürleri (16 Kasım 2021)

2022

Depolamalı RES+GES
Yönetmeliği
kapsamında bütün
yönetmeliklerin
güncellenmesi (19
Kasım 2022)

2023

1 TBMM PLAN ve BÜTÇE KOMİSYONU 2028 HEDEFLERİ

Tablo 21: Enerji Sektörü Hedefleri

	2022	2023	2028
Birincil Enerji Talebi (BTEP)	159.500 ¹	165.350	190.000
Kişi Başı Birincil Enerji Tüketimi (TEP/Kişi)	1,87 ¹	1,90	2,0
Elektrik Enerjisi Talebi (TWh)	331	325	430
Kişi Başı Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWh/Kişi)	3.883	3.780	4.700
Elektrik Kurulu Gücü (MW)	103.809	106.800	136.000
Rüzgâr Kurulu Gücü (MW)	11.396	11.700	18.000
Güneş Kurulu Gücü (MW)	9.425	11.350	30.000
Yerli Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisi Miktarı (TWh)	190,4	176,0	270,0
Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretimindeki Payı (%)	42,4	40	50
Doğal Gazın Elektrik Üretimindeki Payı (%)	22,9	23	15
Yer Altı Doğal Gaz Depolama Kapasitesi (Milyar m ³)	5,8	5,8	13
Enerji Verimliliğinden Sağlanan Tasarruf Miktarı ² (BTEP)	-	-	4.500
Batarya Depolama Kapasitesi (MW)	0	0	5.000

Kaynak: 2022 yılı verileri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile TEİAŞ'a aittir. 2023 yılı verileri gerçekleşme tahmini olup 2028 yılı verileri On İkinci Kalkınma Planı hedefleridir.

Not: TEP: Ton Eşdeğer Petrol, BTEP: Bin TEP, kWh: Kilowatt-saat, TWh: Milyar Kilowatt-saat, MW: Megawatt.

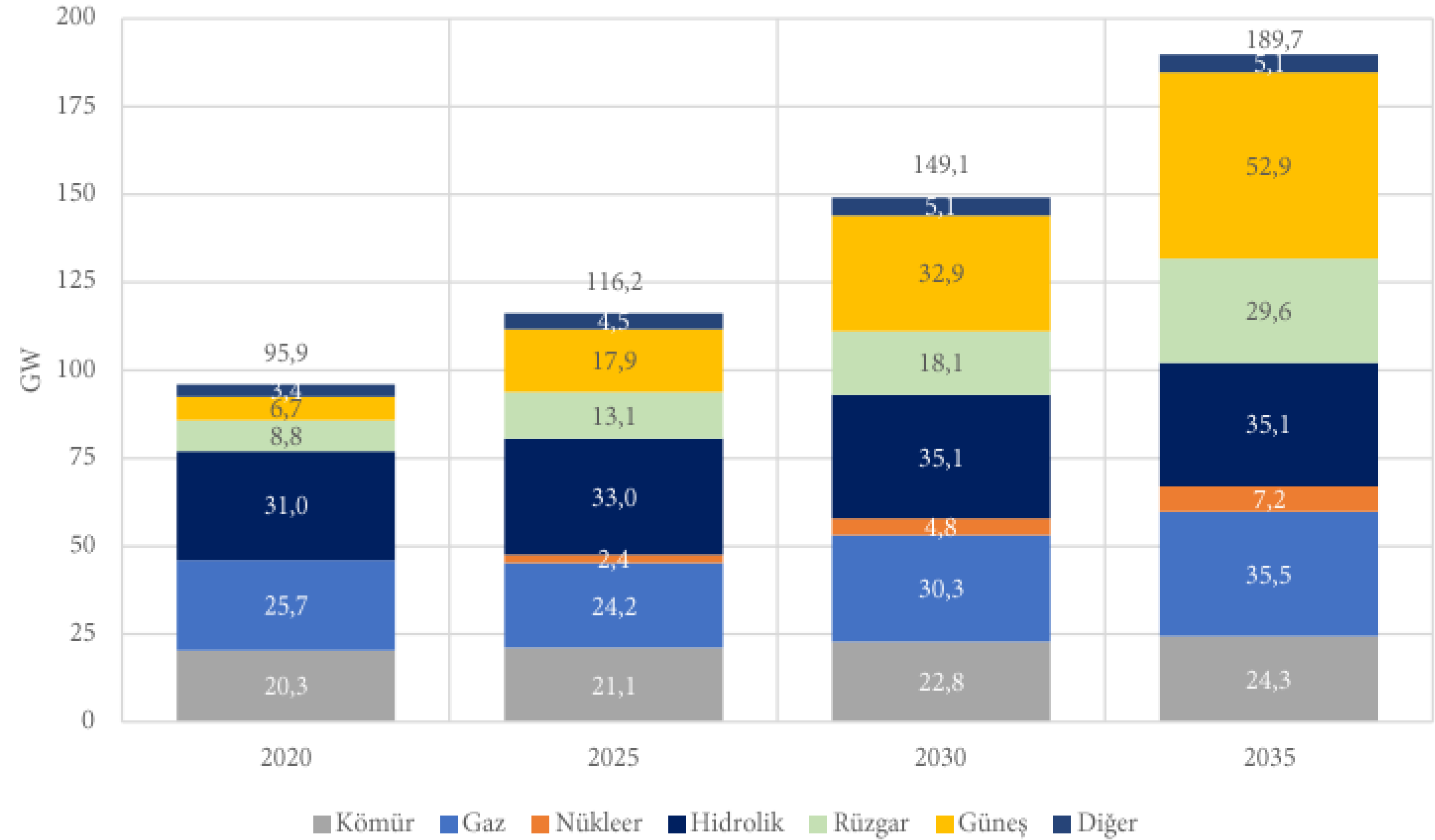
(1) 2022 yılsonu tahminidir.

(2) Plan dönemi boyunca sağlanacak toplam tasarruf miktarını ifade etmektedir.

TBMM Plan ve Bütçe Komisyonu 2028: Batarya Depolama Kurulu Gücü: **5 GW.**

2

ETKB 2035 KURULU GÜÇ PROJeksiYONU

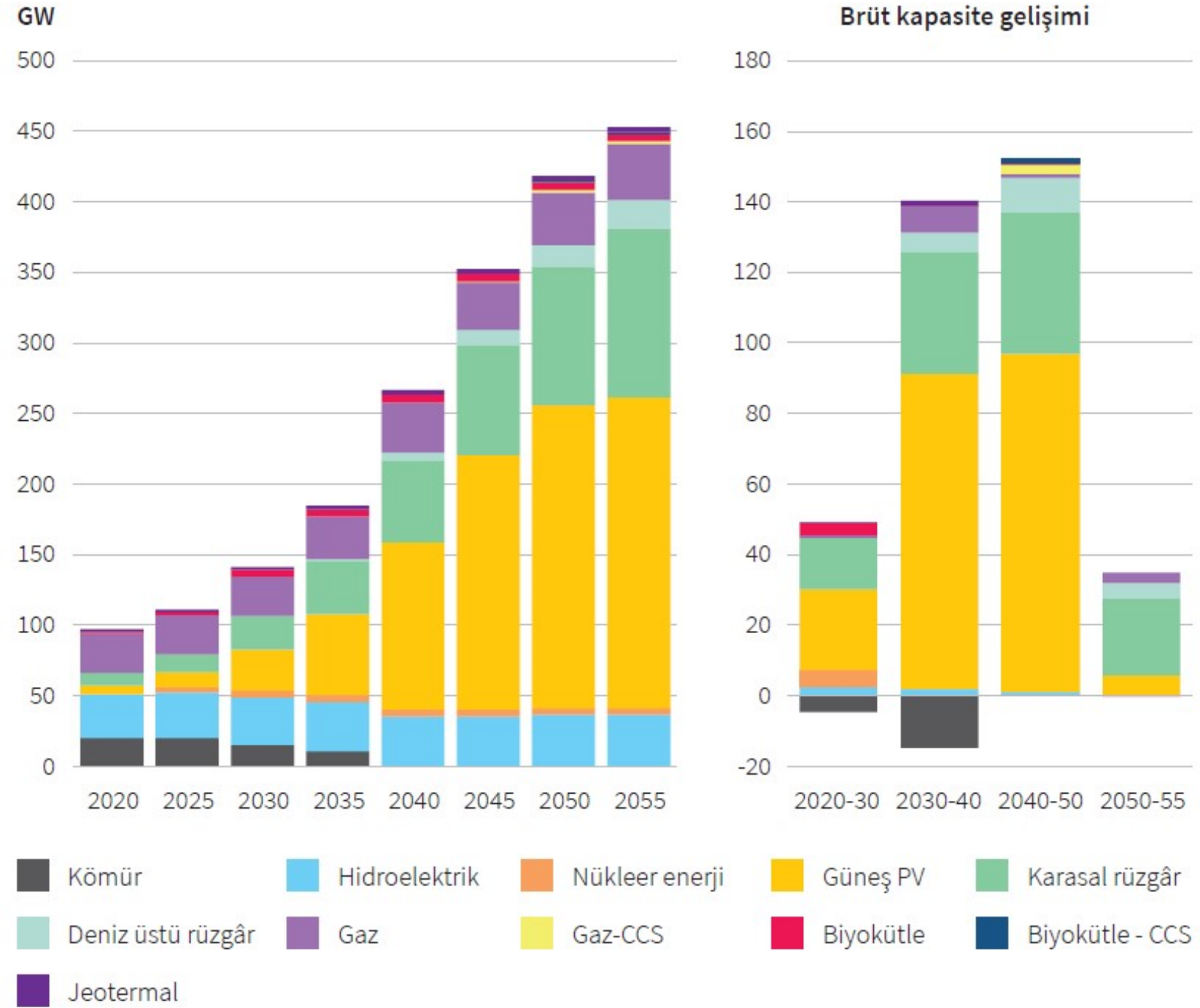


Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2035 Ulusal Enerji Eylem Planı'na göre 2035 yılında ihtiyaç duyulacak depolama kapasitesi : **7,5 GW/15 GWh**

3 2053 NET KARBON NÖTR PROJESİYONU

TÜRKİYE ENERJİ PİYASASI GELECEK PROJEKSİYONLARI

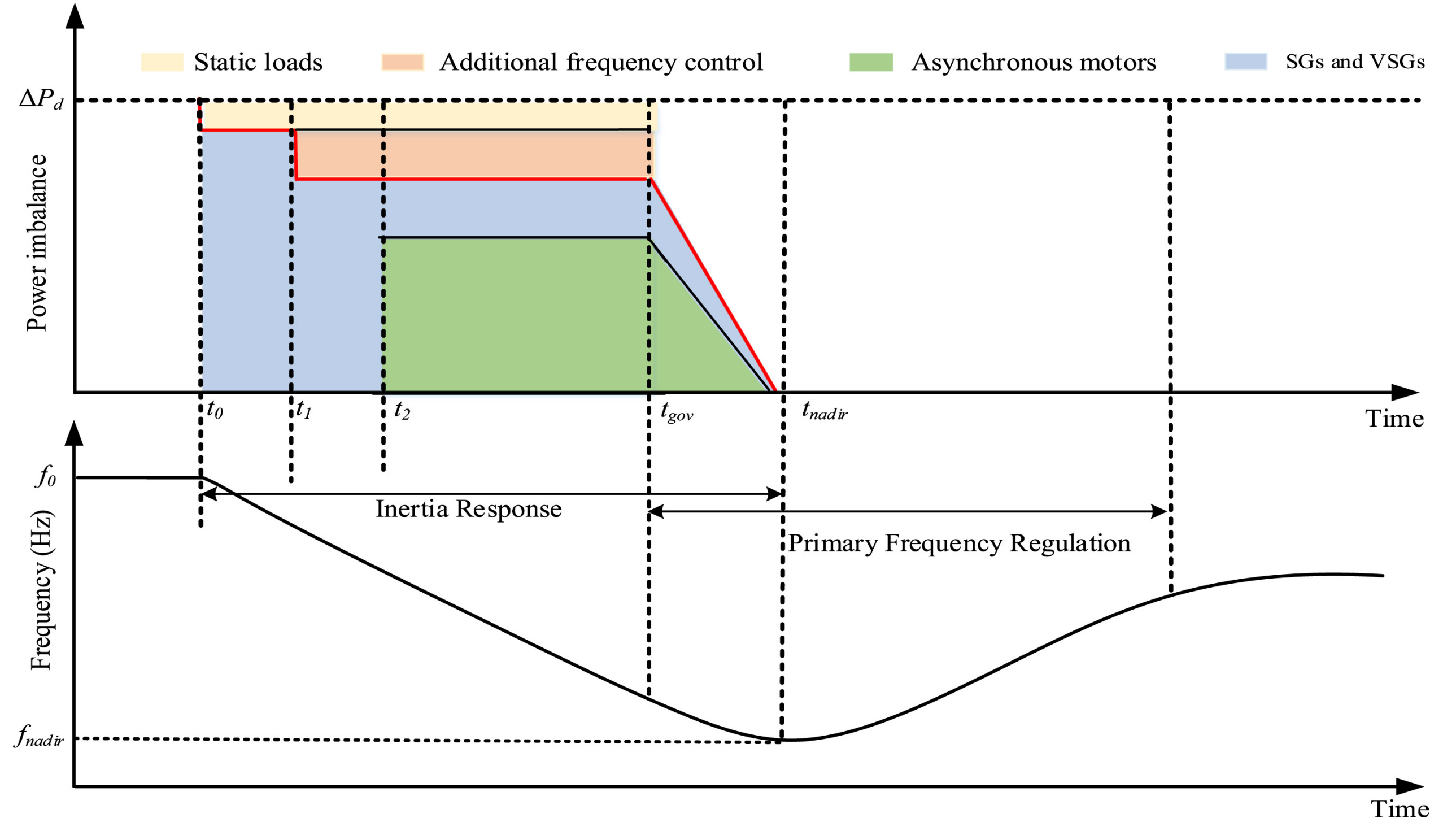
Şekil 39: Kurulu güç kapasiteleri ve yeni kapasitelerin yıllara göre değişimi



SHURA – Net Sıfır 2053 Raporu’na göre 2053 yılında **30 GW** batarya kurulu gücü.

1 INERTIA PROBLEMİ (ERCOT)

YAN HİZMETLER
PİYASASI'NA NEDEN
İHTİYAÇ
DUYUYORUZ?



1 INERTIA PROBLEMİ

YAN HİZMETLER
PİYASASI'NA NEDEN
İHTİYAÇ
DUYUYORUZ?



2

ENERJİ PİYASASI ARZ-TALEP SORUNU

**YAN HİZMETLER
PİYASASI'NA NEDEN
İHTİYAÇ
DUYUYORUZ?**



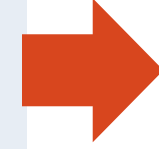
YAN HİZMETLER PİYASASI GENEL KAVRAMLAR

1 Primer Frekans Kontrolü (PFK)



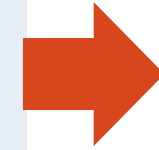
PFK: Ünite aktif çıkış gücünün artırılması veya düşürülmesi yoluyla sistem frekansının referans değerler içerisinde tutulması yan hizmetidir.

2 Sekonder Frekans Kontrolü (SFK)



SFK: Merkezi bir kontrol ile şebeke frekansındaki sapmaları nominal seviyeye getirmek ve yük akışlarının planlanan seviyede tutulması yan hizmetidir.

3 Voltaj ve Reaktif Güç Desteği



Üretim tesislerinin reaktif güç kapasitesi sağlaması ve/veya senkron kompensatör olarak çalışması suretiyle reaktif güç kontrolü ve voltaj desteği hizmeti sağlanmasına ilişkin zorunlu yan hizmettir.

Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği- Depolama Sistemine Dair

Gereklilikler

1

Yan Hizmetler Katılım Koşulları

- ▶ Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği belgelendirme esasları doğrultusunda belgelendirilmiş olmak. (SCADA, OSOS ve EMS)
- ▶ 1 sn → Aktif güç 0'dan sistemden enerji çektiği duruma geçiş süresi
- ▶ 1 sn → Aktif güç 0'dan sisteme enerji verdiği duruma süresi geçiş süresi
- ▶ 1 sn → Rezerv kapasitesi etkinleştirme süresi
- ▶ %50 SOC (Bekleme rezerv kapasitesi)

2

Depolamalı Tesis-PFK Teknik Kriterler

- ▶ En az 10 MWe depolama gücü.
- ▶ Enerji Kapasitesi (MWh) / Rezerv Kapasitesi (MW) oranı en az 1,25.
- ▶ Elektrik depolama tesisleri primer frekans kontrol hizmeti kapsamında hizmet sağlarken 10 mHz ölü band uygulanacaktır.

3

Depolamalı Tesis-SFK Teknik Kriterler

- ▶ En az 10 MWe depolama gücü.
- ▶ 3-4-5 saatlik teklif dönemlerine dair **6.75, 9.0** ve **11.25** katlık enerji kapasitesi/rezerv kapasitesi oranlarına sahip olmak.

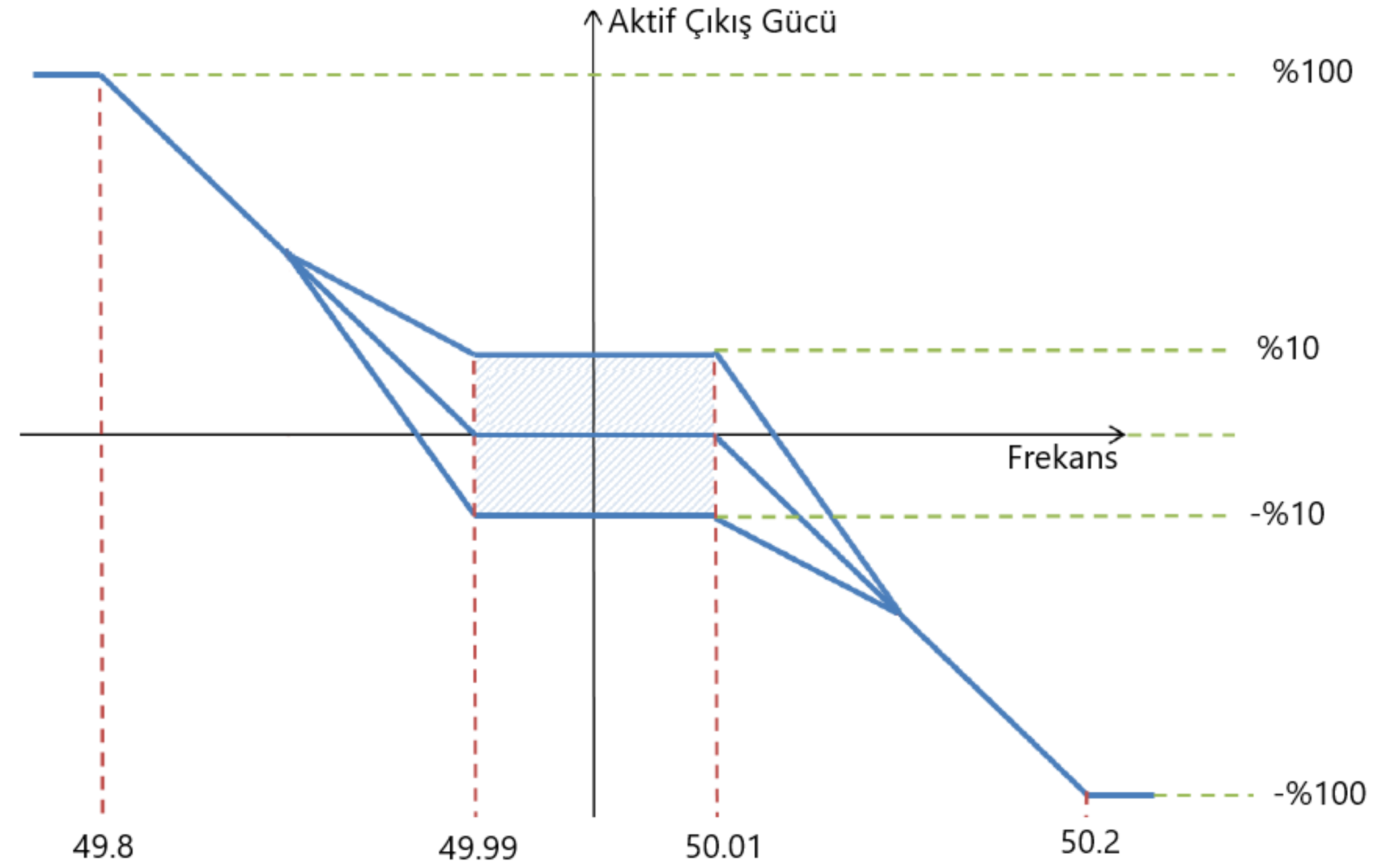
4

Depolamalı Tesis Test Prosedürleri

- ▶ Kurulu gücünün %40'ı kadar reaktif güç desteği
- ▶ Aktif Çıkış Gücü ve Uygulanan Simüle Sinyal Testleri
- ▶ EDT Doluluk Oranı Testi

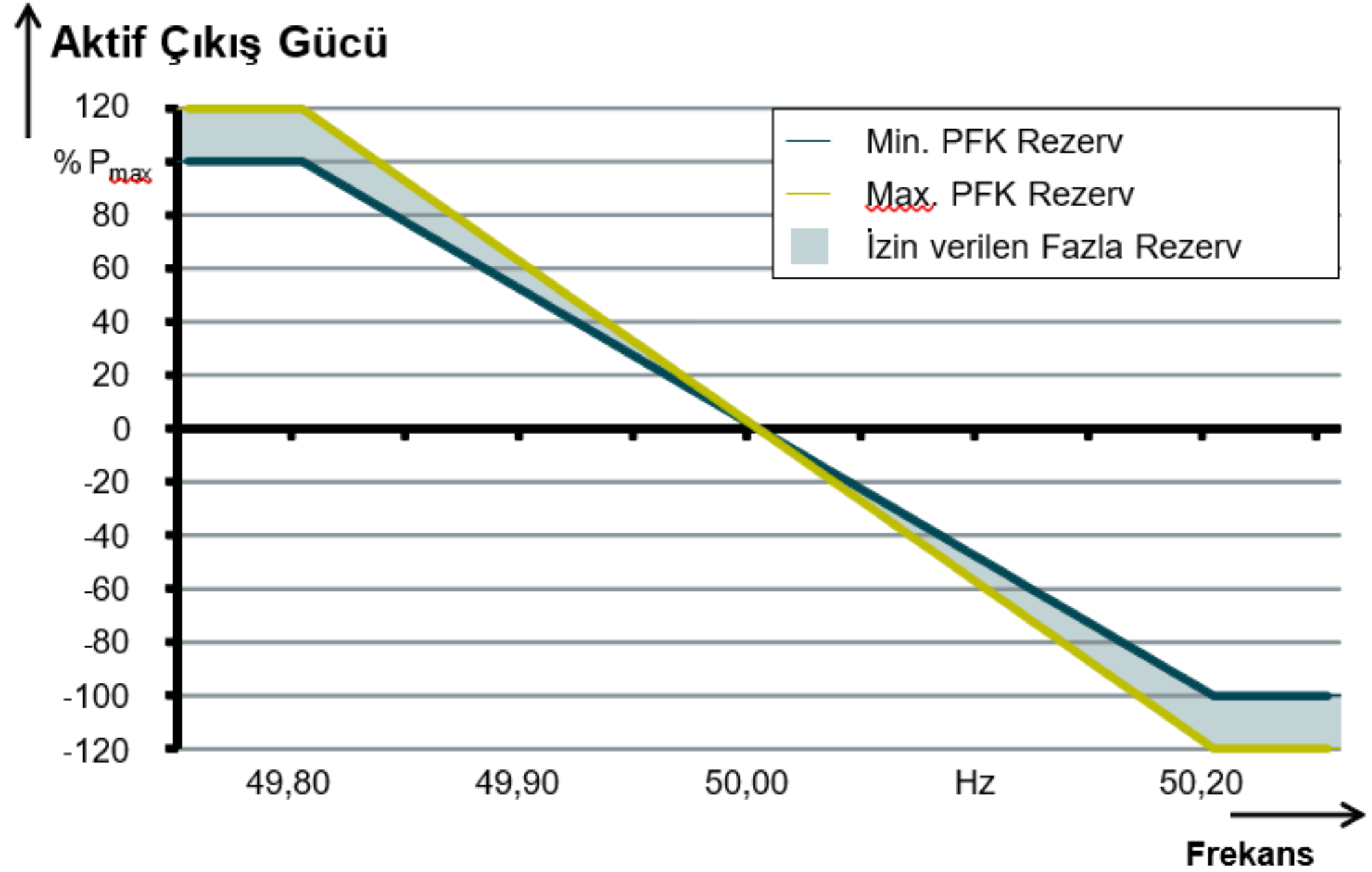
PFK %50 SOC Dengeleme Yöntemleri

1 10 mHz Ölü Bant Aralığı



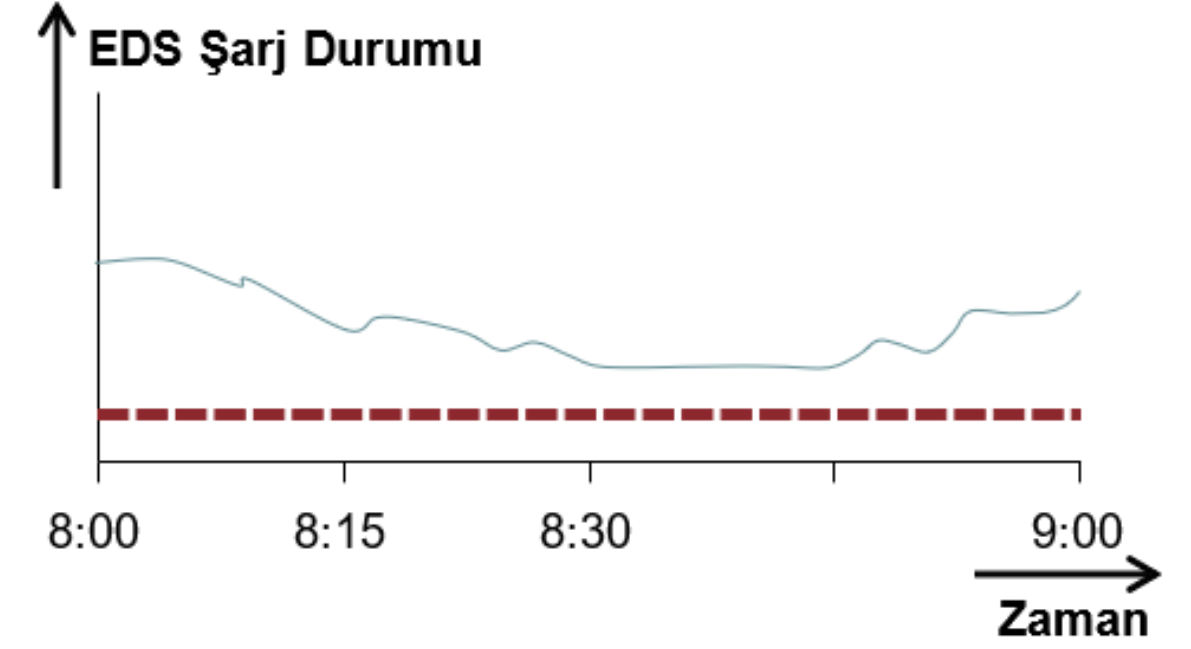
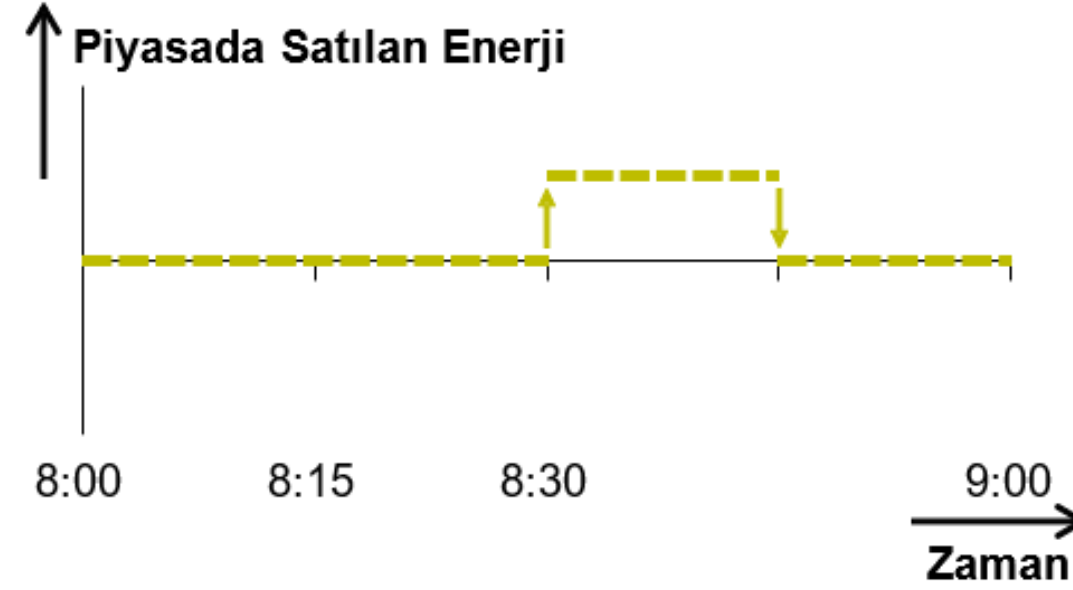
Belirli bir ölü bant aralığında (± 10 mHz), elektrik depolama tesisi kurulu gücünün en fazla %10unu geçmeyecek şekilde sisteme enerji verebilir veya sistemden enerji çekebilecektir.

2 Frekans-Aktif Çıkış Gücü İlişkisi



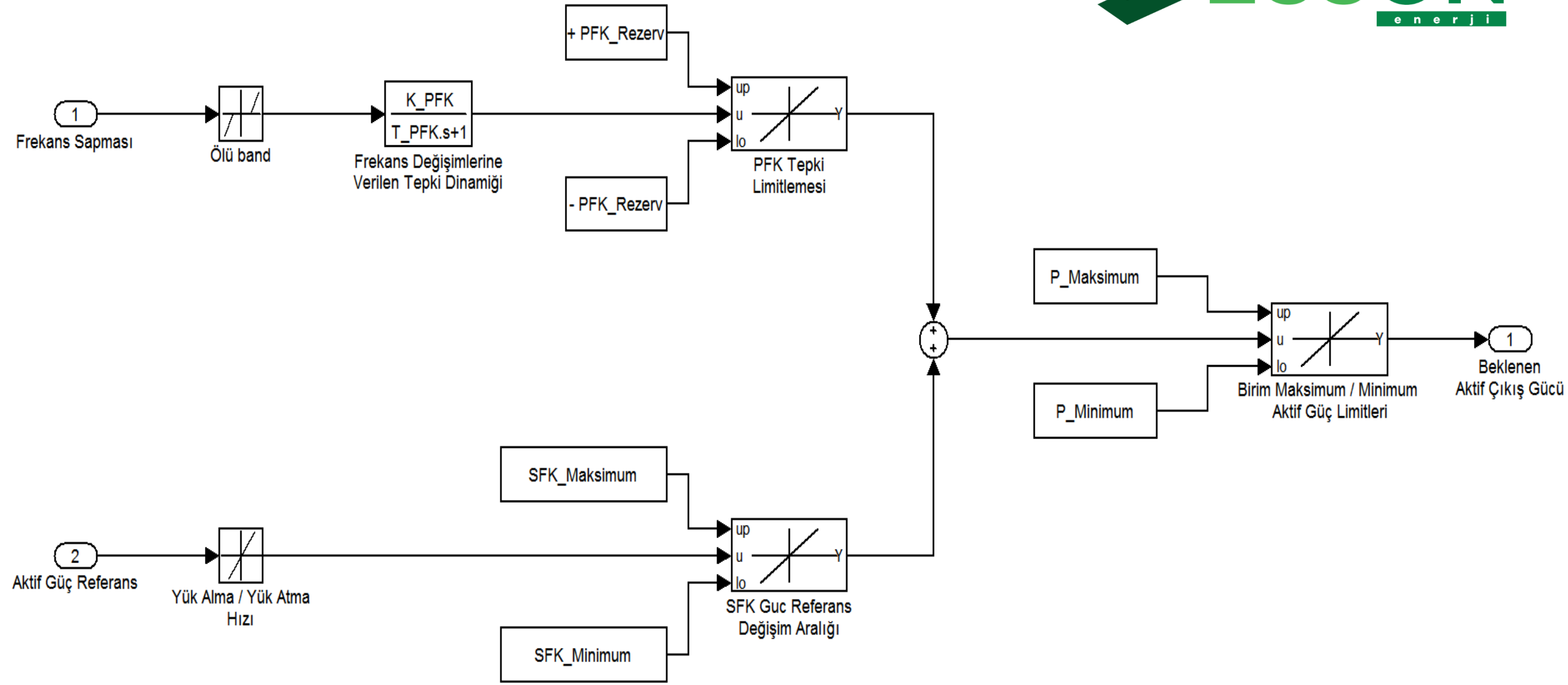
Elektrik depolama tesisi, sistem frekansının 50 Hz'in üstünde olduğu durumlarda sistemden enerji depolarken, sağlaması gereken rezerv miktarının %20'sine kadar daha fazla rezerv sağlayabilir. Elektrik depolama tesisinin sisteme sağlaması gereken rezerv miktarından daha az rezerv sağlamasına müsaade edilmeyecektir.

3 Enerjinin Piyasada Satışı



Elektrik depolama tesisi alış/satış yönünde organize toptan elektrik piyasalarına teklif vererek depolanmış enerji seviyesinin tekrar %50 seviyesine getirilmesini sağlayabilir.

PFK-SFK Kontrol Mekanizması



K_PFK: Frekans Değişimine Verilen Tepki Oranı (MW/Hz)

T_PFK: Frekans Değişimine Verilen Tepki Zaman Sabiti (sn)

PFK_Rezerv: Primer Frekans Kontrol Rezerv Miktarı (MW)

SFK_Maksimum: AGC'den Gönderilebilecek Maksimum Aktif Güç Referans Değeri (MW)

SFK_Minimum: AGC'den Gönderilebilecek Minimum Aktif Güç Referans Değeri (MW)

P_Maksimum: Yan hizmet birimi Maksimum Ulaşılabilir Aktif Çıkış Gücü (MW)

P_Minimum: Yan hizmet birimi Minimum Ulaşılabilir Aktif Çıkış Gücü (MW)

YAN HİZMETLER PİYASASI GÜNCEL DURUM

2022 yılında

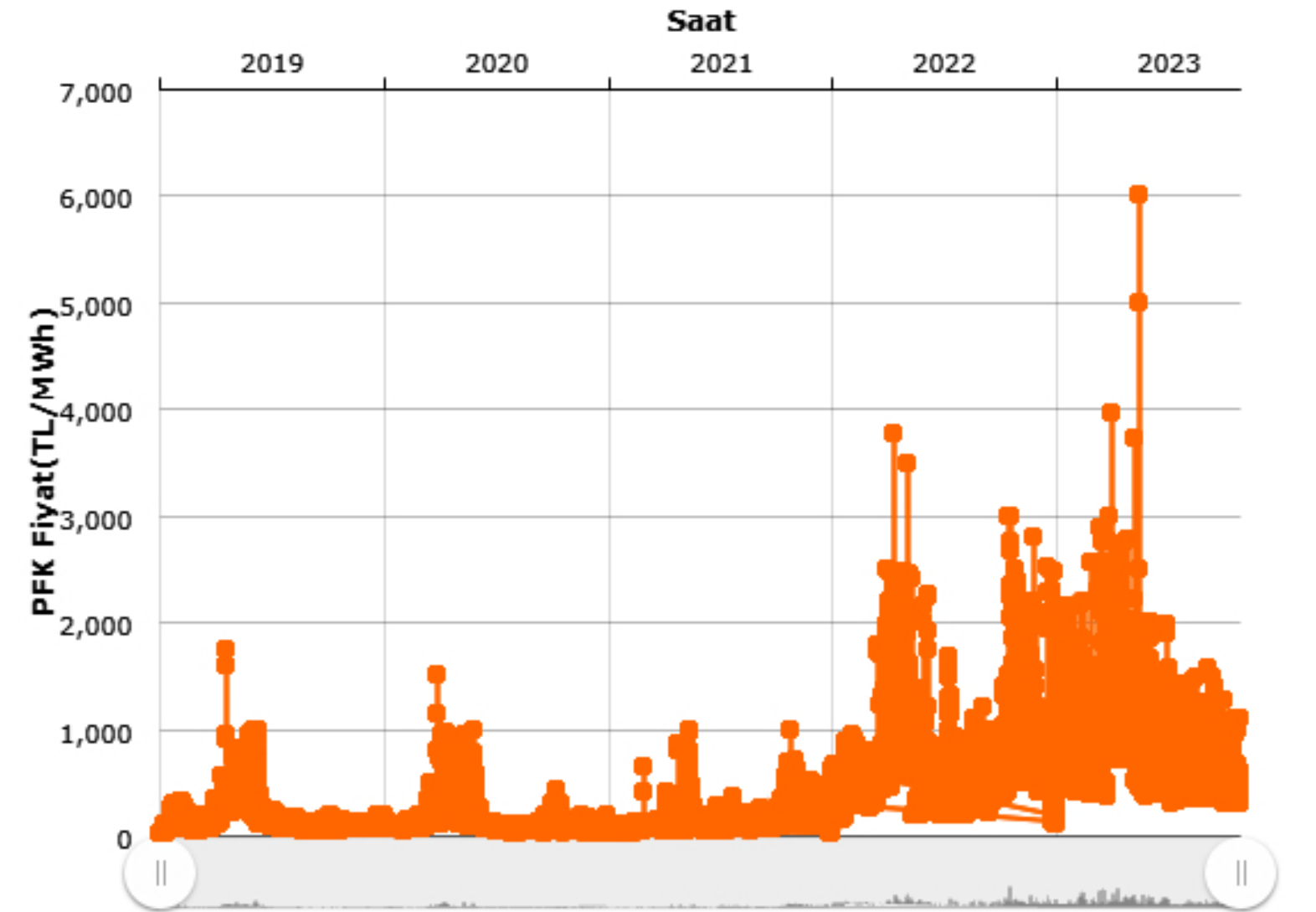
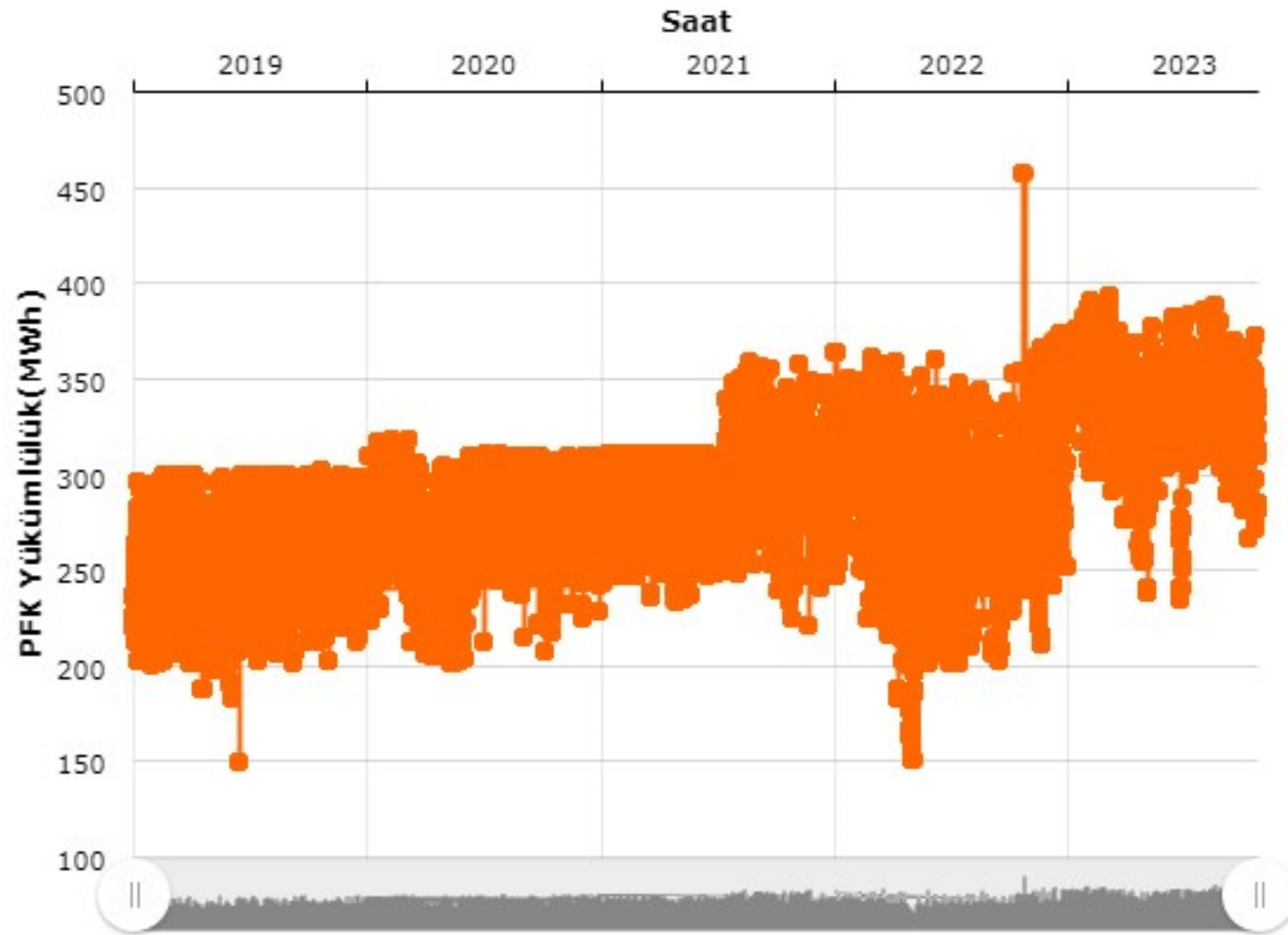
Toplam Yük Alma (YAL) Talimat Miktarı: 11.307 GWh,
Yerine Getirilen Yük Alma (YAL): 10.360 GWh,
Toplam Yük Atma (YAT) Talimat Miktarı: 1.917 GWh,
Yerine Getirilen Yük Atma (YAT): 1.783 GWh,
Talimat Yerine Getirilme Oranı Yük Alma (YAL) için %91,62; Yük Atma (YAT) için %93,02 olmuştur.

Ç.4.6 Yan Hizmetler

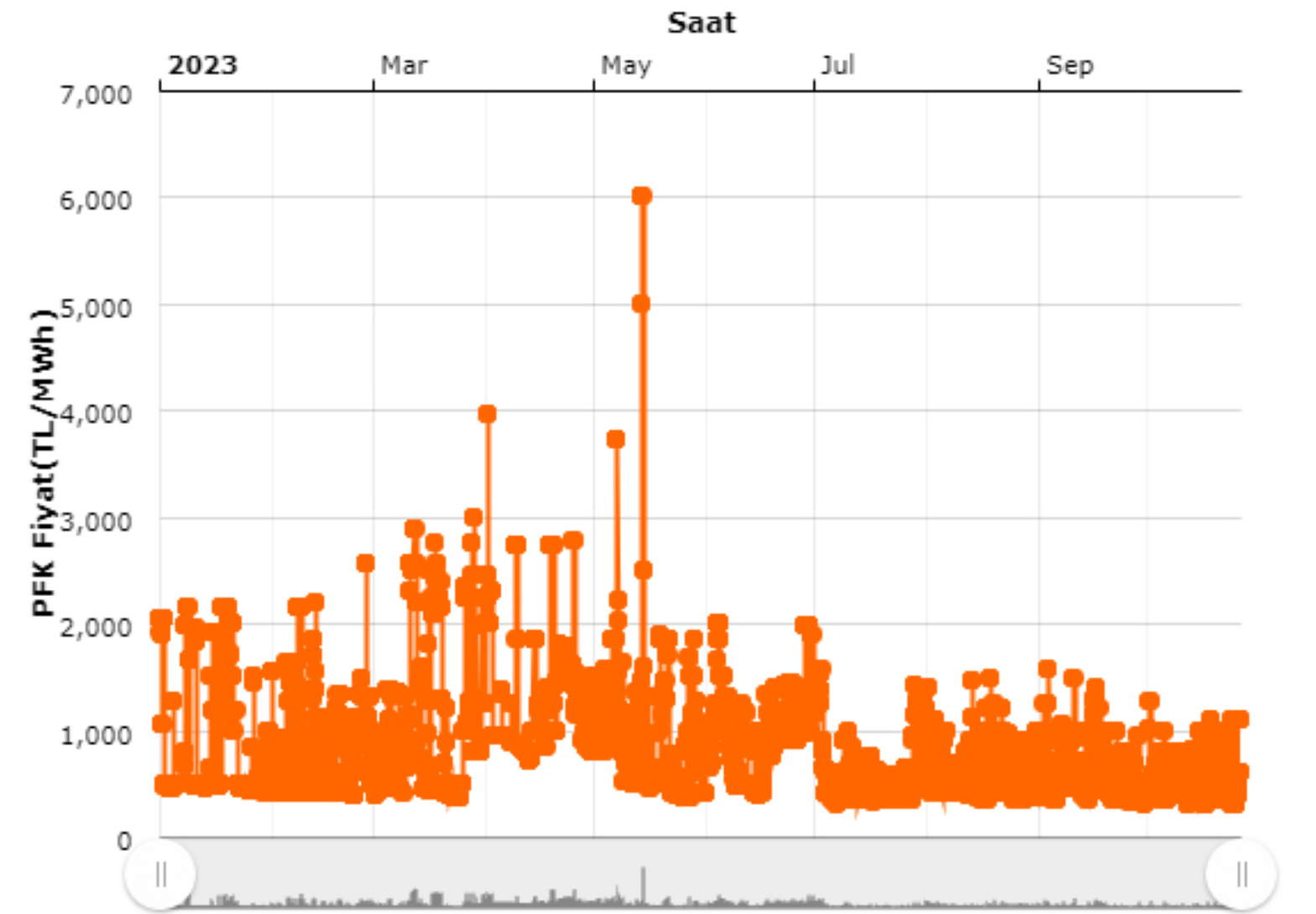
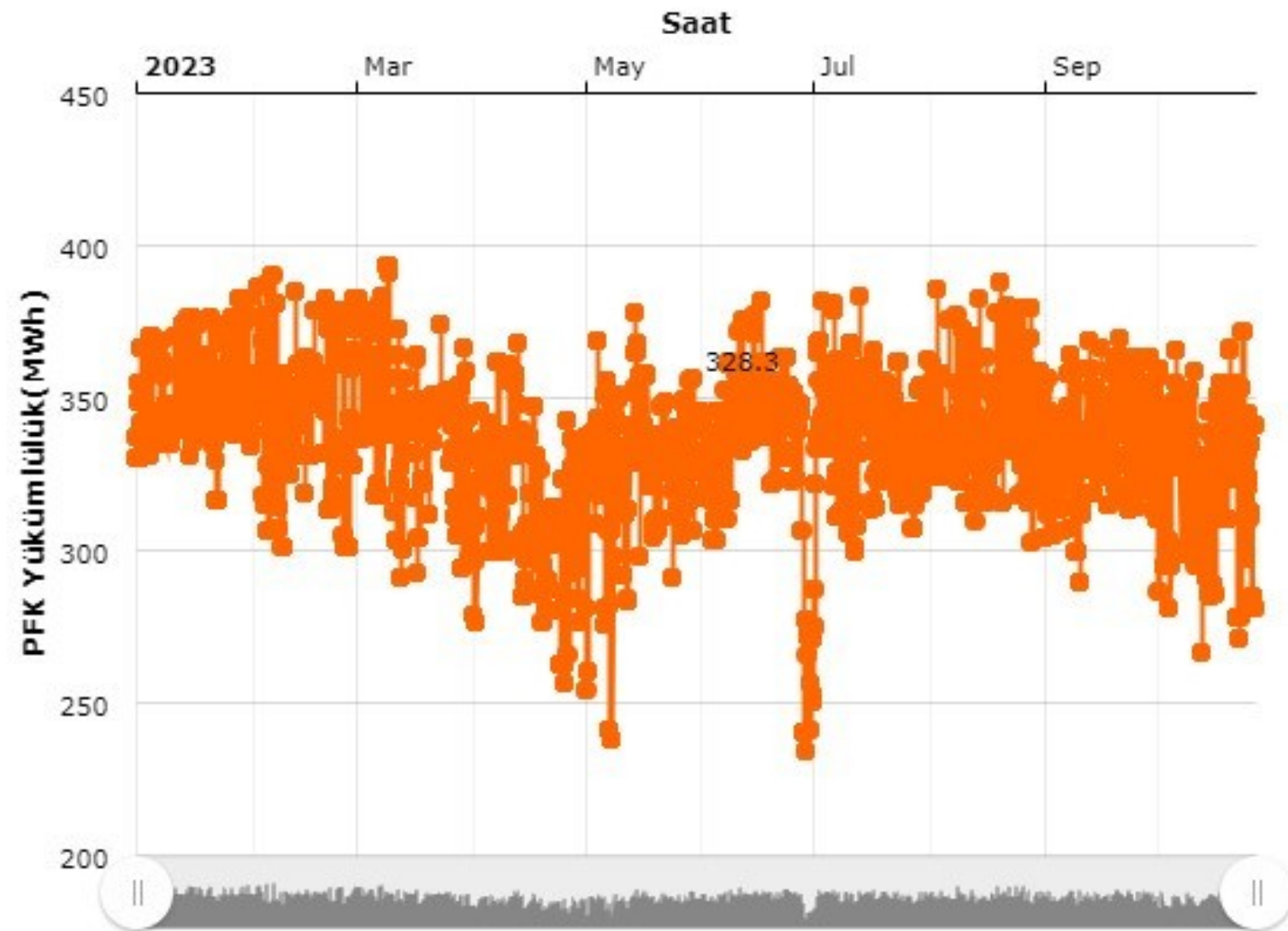
01.02.2018 tarihi itibarıyla Yan Hizmetler Piyasası devreye girmiştir. Bu doğrultuda Primer Frekans Kontrol (PFK) ve Sekonder Frekans Kontrol (SFK) rezerv kapasitelerinin tedarik süreçleri değişmiş olup PFK ve SFK rezerv kapasiteleri Yan Hizmetler Piyasası kapsamında tedarik edilmeye başlanmıştır.

2022 yılı Ocak-Aralık ayları arasında uzlaştırma sonuçlarına göre toplam 12.326.873.653,19 TL yan hizmet maliyeti oluşmuştur.

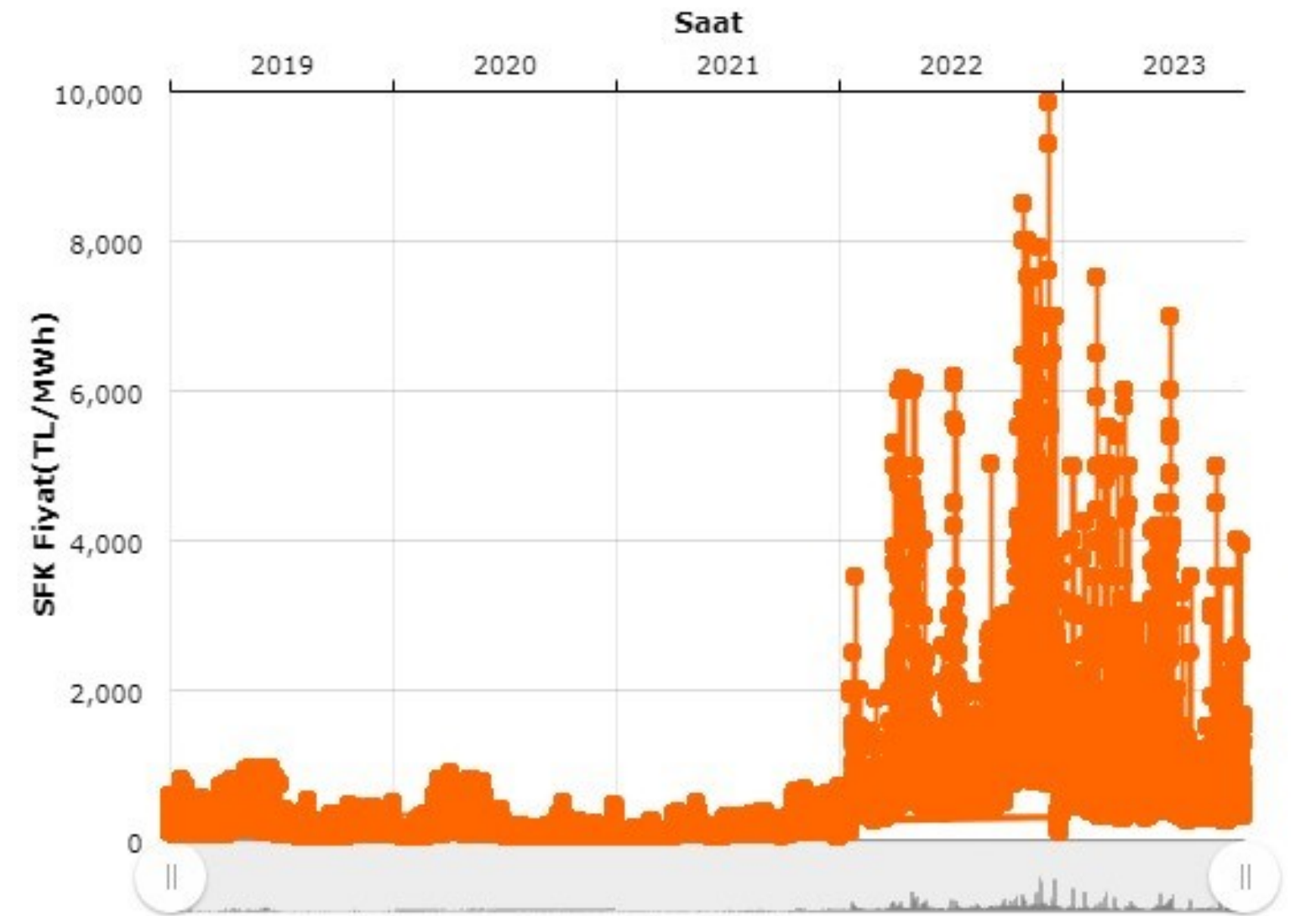
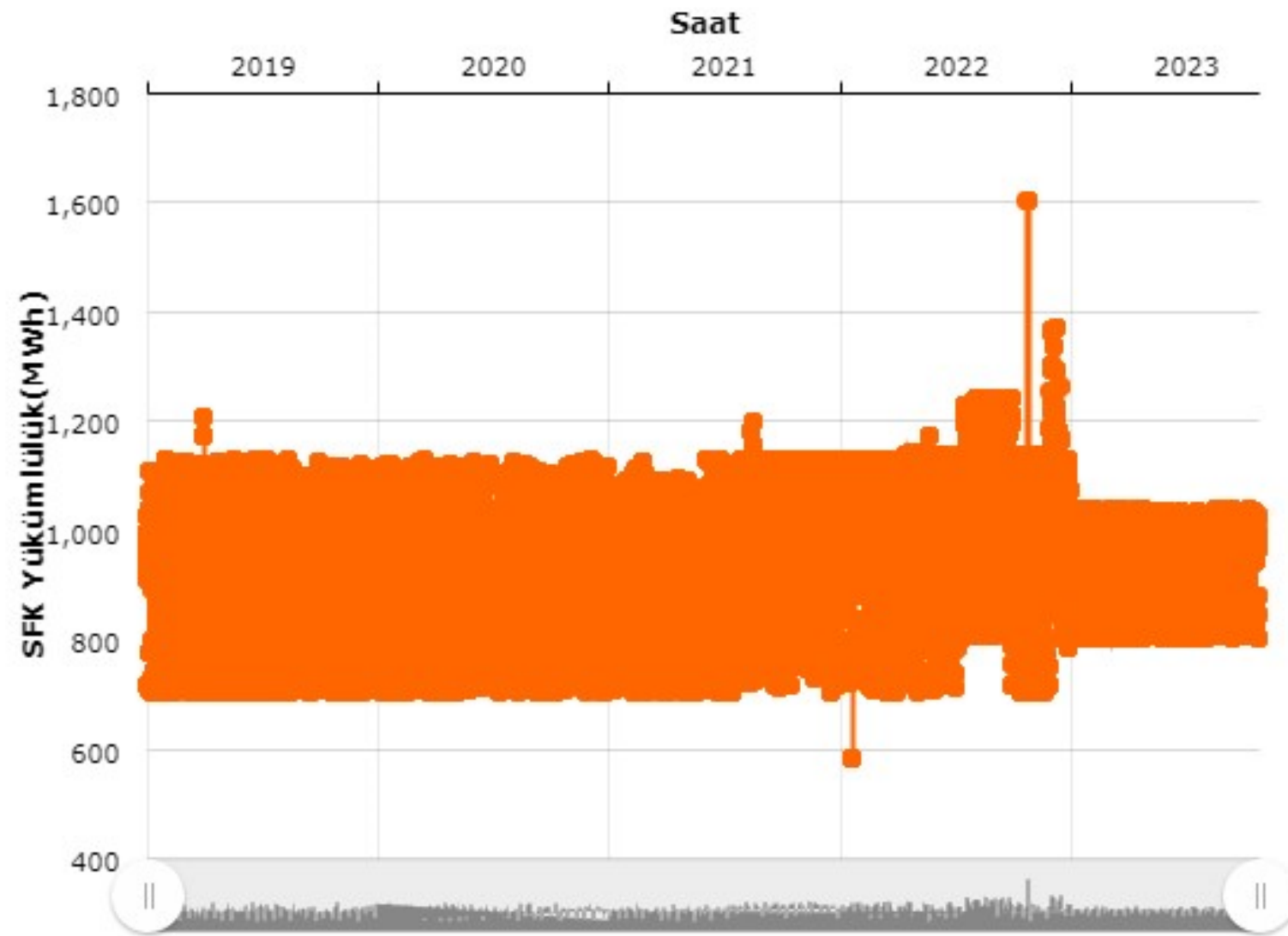
YAN HİZMETLER – PFK REZERV MİKTARI VE FİYATLANDIRMA (2019-2023)



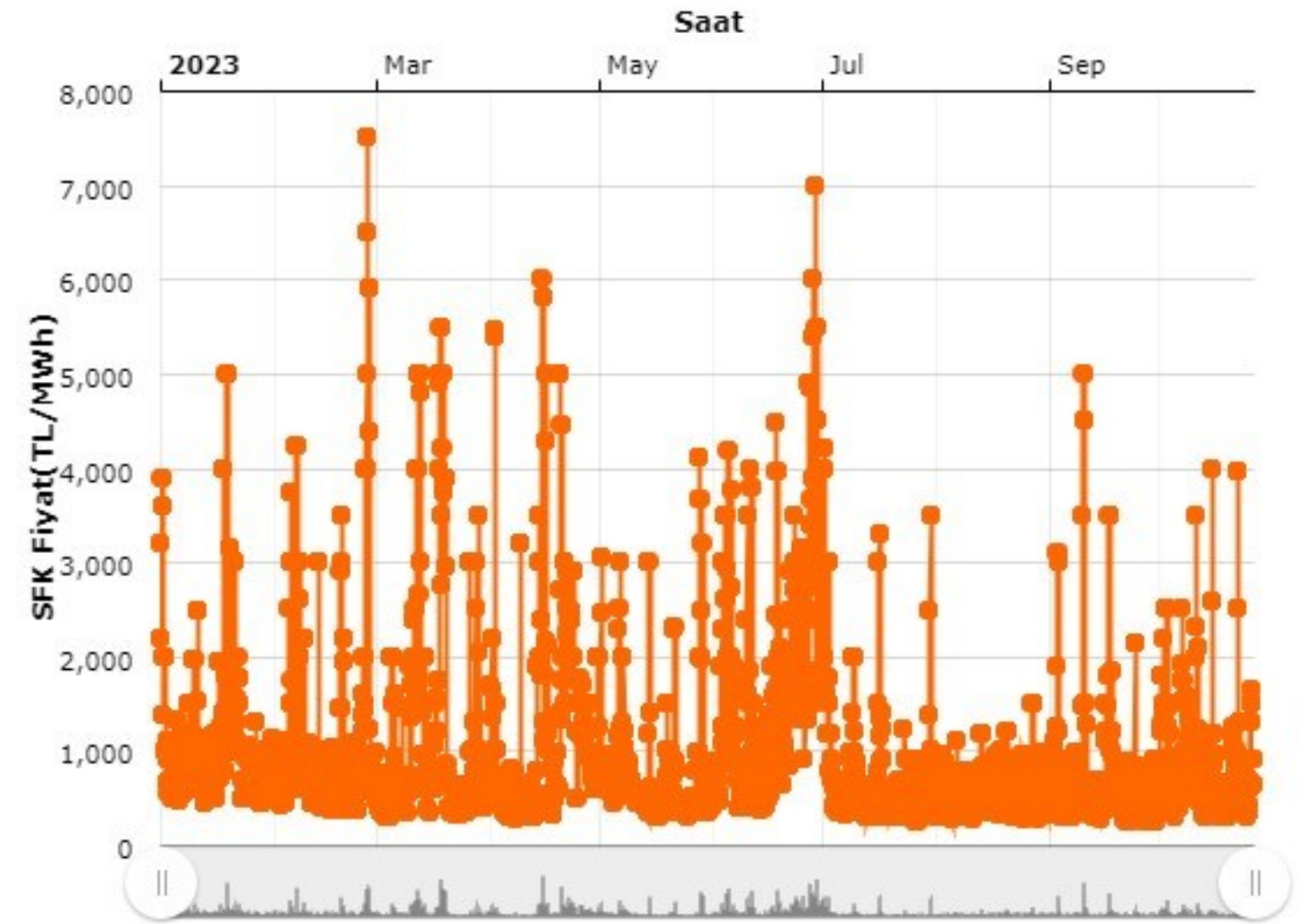
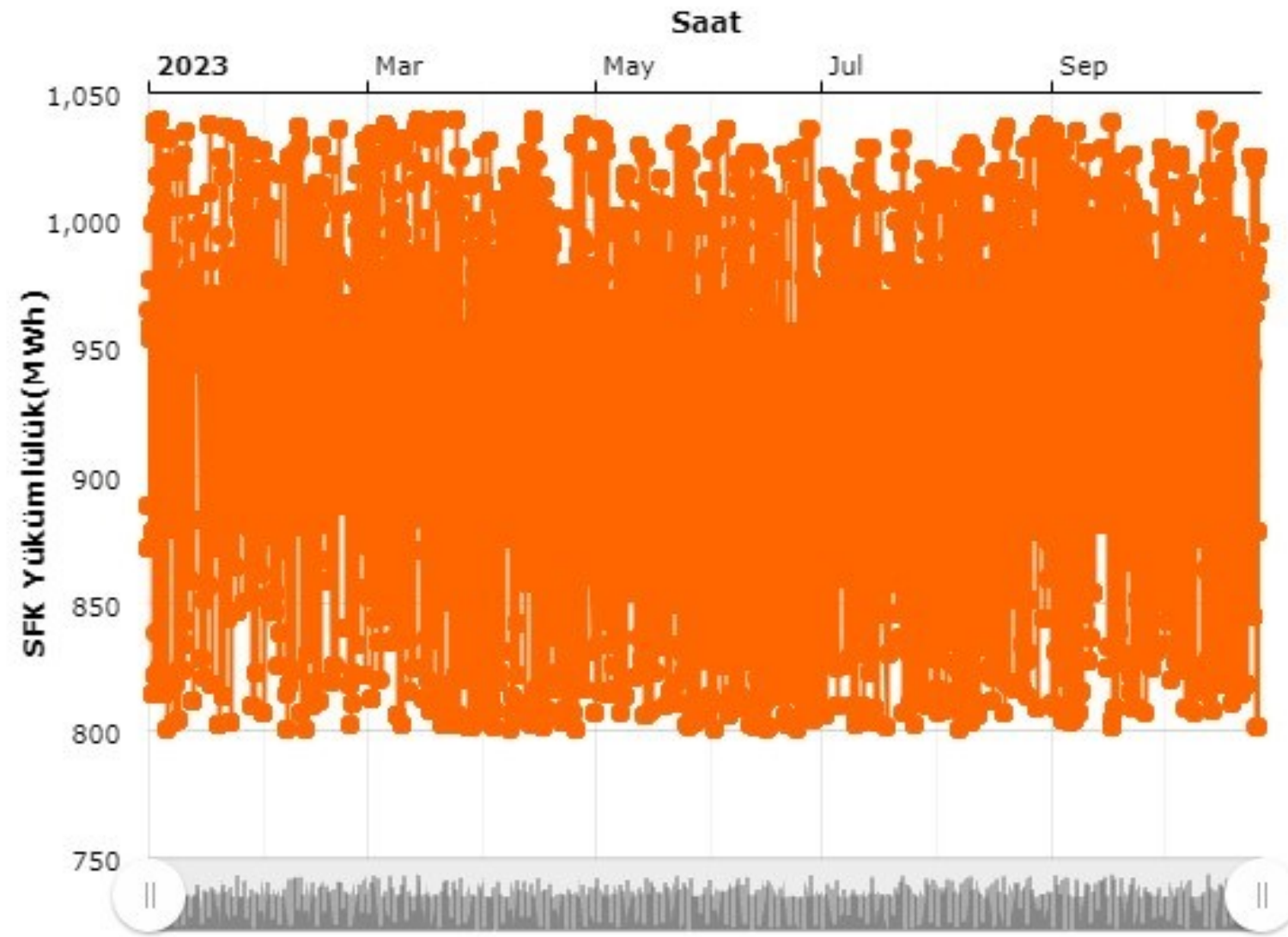
YAN HİZMETLER - PFK REZERV MİKTARI VE FİYATLANDIRMA (2023)



YAN HİZMETLER – SFK REZERV MİKTARI VE FİYATLANDIRMA (2019-2023)



YAN HİZMETLER – SFK REZERV MİKTARI VE FİYATLANDIRMA (2023)



ÖRNEK ÖZET FİNANSAL ANALİZ



100 MWe DGKÇ Santrali- 10 MWe BESS&PFK Finansal Özet

	2020	2021	2022	2023-YTD	2024-Tahmini
Toplam Gelirler (\$)	\$ 1.249.260,13	\$ 1.321.532,32	\$ 2.969.957,65	\$ 2.698.744,59	\$ 2.632.672,00
PFK Kapasite Geliri (\$)	\$ 1.086.313,16	\$ 1.149.158,53	\$ 2.582.571,87	\$ 2.346.734,43	\$ 2.289.280,00
Enerji Arbitrajı Geliri (\$) (%25 Arbitraj + Energy Throughput)	\$ 162.946,97	\$ 172.373,78	\$ 387.385,78	\$ 352.010,16	\$ 343.392,00
BESS Toplam Yatırım ve İşletme Giderleri (\$)	\$ 10.868.710,14	\$ 10.240.103,26	\$ 9.028.569,49	\$ 7.234.114,24	\$ 6.560.379,24
Toplam BESS CAPEX (\$)	\$ 10.357.971,01	\$ 9.741.847,83	\$ 8.559.601,45	\$ 6.811.231,88	\$ 6.150.754,83
Total Capex (USD) (İnverter, trafo, OG bağlantılar vb.)	\$ 1.300.000,00	\$ 1.250.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 1.150.000,00	\$ 1.150.000,00
Total Capex (USD) (Batarya, BMS, konteyner bileşenleri)	\$ 9.057.971,01	\$ 8.491.847,83	\$ 7.359.601,45	\$ 5.661.231,88	\$ 5.000.754,83
Yıllık İşletme ve BESS OPEX Giderleri (%) - %3	\$ 310.739,13	\$ 292.255,43	\$ 256.788,04	\$ 204.336,96	\$ 184.522,64
İletim Sistemi Kullanım-Lisans-Devreye Alma Test Bedelleri (Yıllık)	\$ 200.000,00	\$ 206.000,00	\$ 212.180,00	\$ 218.545,40	\$ 225.101,76
FİNANSAL ÖZET					
Basit Geri Dönüş Süresi	8,70	7,75	3,04	2,68	2,49
10 MWe/ 12,5 MWh (EOL) Batarya Kapasiteli PFK Katılımı - Teknik Veriler					
DGKÇ Santral Gücü (MWe)	100	100	100	100	100
Batarya Kurulu Gücü (MWe) (%5-10 PFK REZERVİ)	10	10	10	10	10
PFK - Min. Kapasite/Rezerv Oranı	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Batarya Ömür Sonu Gerekli Kapasite (MWh)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Şarj Derinliği (DOD) (%)	90%	90%	90%	90%	90%
15.yıl Batarya Kalan Kullanılabilir Kapasite	70%	70%	70%	70%	70%
Tek Yönlü Verim Kaybı (%)	8%	8%	8%	8%	8%
Ömür Başlangıcı (BOL) Batarya Kapasitesi (MWh)	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87
Sistem Mevcudiyeti (%)	98%	98%	98%	98%	98%
PFK Teklifi - Sistemde Kalma Oranı (16 saat/24 Saat)	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Ortalama PFK fiyatı (USD/ MW)	18,98	20,08	45,12	41,00	40,00
Capex (USD/ kW) (İnverter, trafo, OG bağlantılar vb.)	130	125	120	115	115
Capex (USD/ kWh) (Batarya, BMS, konteyner bileşenleri)	480	450	390	300	265

**DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER 😊**