



smartPulse

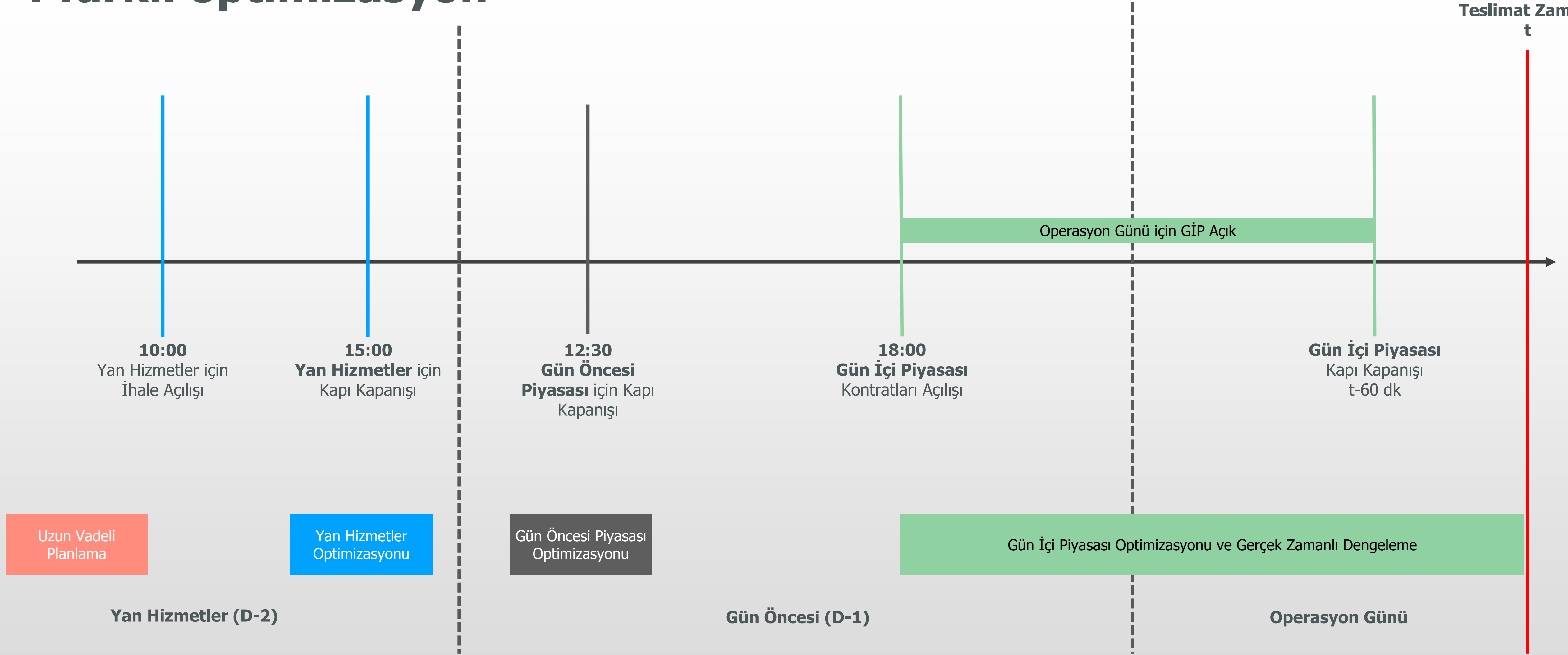


Bataryalı Enerji Üretim Tesislerinde Ticaret Optimizasyonu ve Otomasyonu

Önder Akar, smartPulse
Eylül 2024

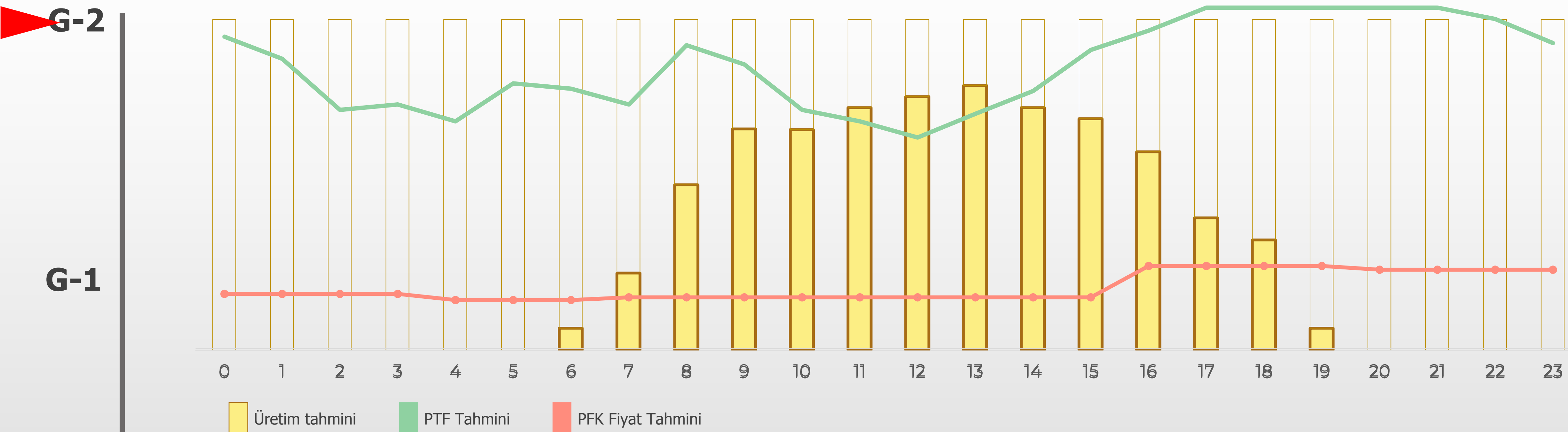


4 farklı optimizasyon



Yan Hizmetler Teklif Dönemi Optimizasyonu

Hem yan hizmetler hem de arbitraj fırsatları değerlendirilerek optimum kazancı sağlamak amaçlanır.



Girdiler

Üretim tahmini

GÖP ve YH Fiyat Tahmini

Arbitraj mı x Yan Hizmetler mi?

Çıktılar

YH Fiyat Teklifi

Backtest Örneği

Dönem : 2024 Q1 | Tesis : 10MW Güneş, 10MW/10MWh batarya

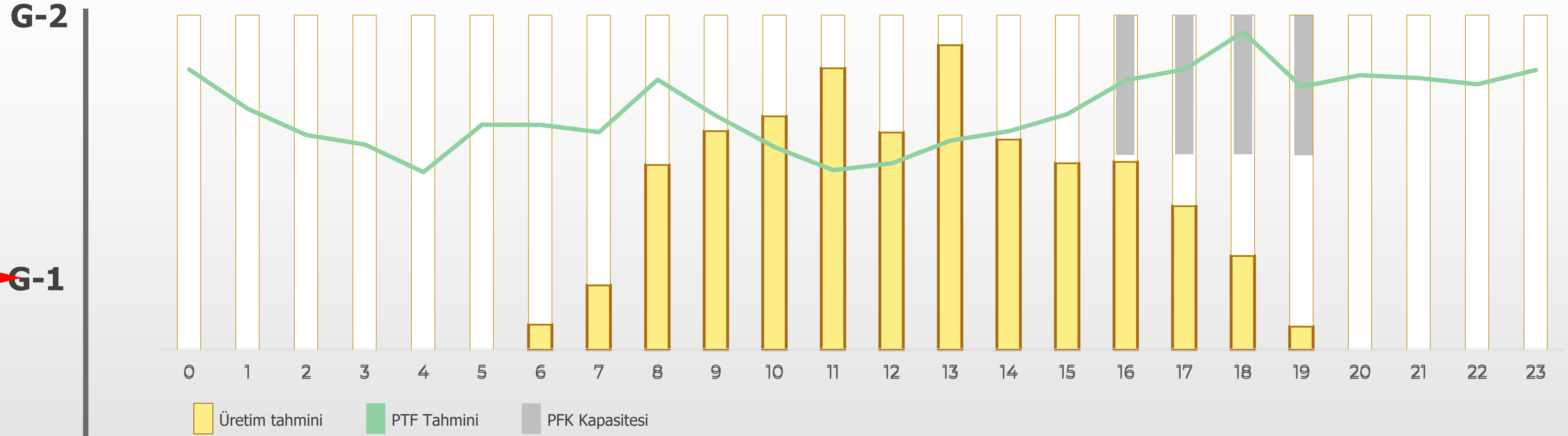
PFK Senaryosu	Bataryasız	Bataryalı	Bataryanın Sağladığı Gelir Artışı	Curtail Oranı
Gerçekleşen PFK Fiyatı	\$355,825	\$669,436	88%	5%
Gerçekleşen PFK Fiyatının %50'si	\$355,825	\$473,167	33%	2%
Gerçekleşen PFK Fiyatının %25'i	\$355,825	\$391,702	10%	1%
PFK Yok	\$355,825	\$369,942	4%	0%

- PFK fiyatları mevcut koşullarda **çok cazip.**
- O kadar ki bazı saatlerde **santrali curtail** edip daha fazla PFK sağlama daha optimum olabiliyor.
- Çok sayıda bataryanın olduğu senaryoda fiyat rekabeti olacağı için **PFK fiyatları düşecektir.**

Gerçekleşen fiyatlar baz alınmıştır.
YEKDEM değil piyasa satışı esas alınmıştır.
Mükemmel tahmin varsayımı ile gerçekleşmiştir.

Gün Öncesi Piyasası İçin Optimizasyon

Yan hizmetler piyasası sonucu belli, göp fiyat tahmini ve üretim tahmini kullanarak optimum batarya kullanımını belirleme



Girdiler

Üretim tahmini

GÖP Fiyat Tahmini

YH Sonuçları

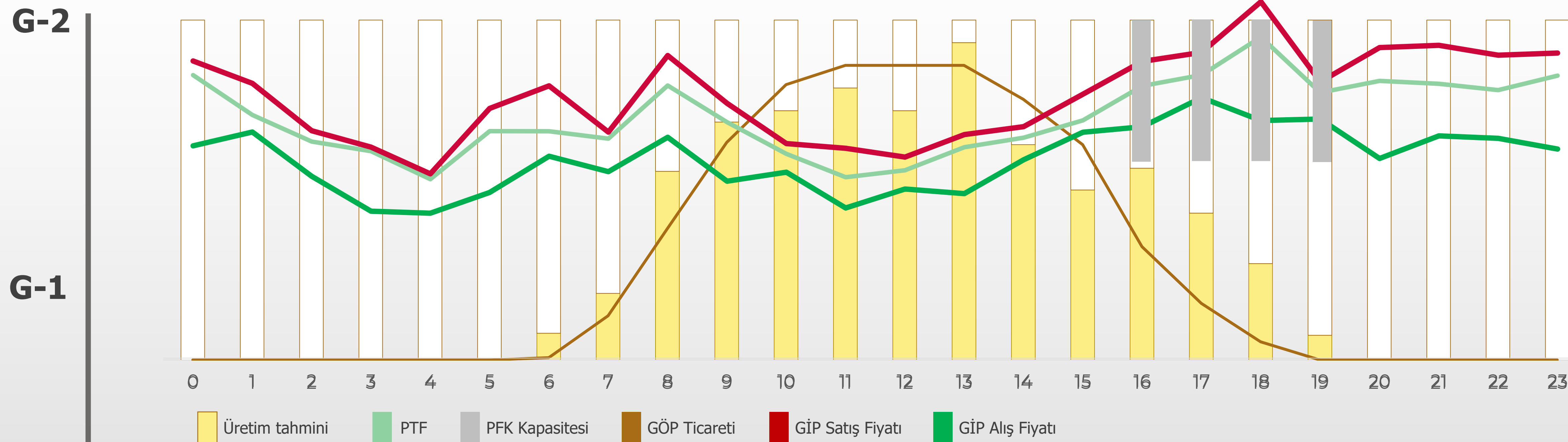
**Optimum batarya
kullanımı**

Çıktılar

GÖP Teklifi

Gün İçi Piyasası İçin Optimizasyon

YH ve GÖP sonuçları ışığında canlı GİP fiyatları ve güncel üretim tahmini ile optimum bataryaya planı belirleme



Girdiler

Üretim tahmini

GÖP Sonuçları

YH Sonuçları

Gip Tahtası fiyatları

Bataryanın canlı durumu

Çıktılar

Gip Ticareti

Batarya Şarj/Deşarj Kararı

Alıcı – Satıcı Tahtası

Buy			Sell		
C.Amount	Quantity	Price	Price	Quantity	C.Amount
7	7	1,714.50	1,768.80	13	13
26	19	1,710.30	1,768.90	60	73
60	34	1,710.20	1,769.40	7	80
110	50	1,710.00	1,769.70	7	87
124	14	1,702.00	1,769.90	12	99
149	25	1,702.00	1,770.00	26	125
189	40	1,700.00	1,790.80	38	163
214	25	1,661.00	1,790.90	15	178
231	17	1,651.10	1,791.00	20	198
295	64	1,651.00	1,799.90	200	398

- Örnek bir saat için piyasa işlem tahtası
- Alıcı ve satıcılar sürekli değişiyor

Bu her saat için takip ediliyor

11:00

Buy			Sell		
C.Amount	Quantity	Price	Price	Quantity	C.Amount
7	7	1,714.50	1,768.80	13	13
26	19	1,710.30	1,768.90	60	73
60	34	1,710.20	1,769.40	7	80
110	50	1,710.00	1,769.70	7	87
124	14	1,702.00	1,769.90	12	99
149	25	1,702.00	1,770.00	26	125
189	40	1,700.00	1,790.80	38	163
214	25	1,661.00	1,790.90	15	178
231	17	1,651.10	1,791.00	20	198
295	64	1,651.00	1,799.90	200	398

12:00

Buy			Sell		
C.Amount	Quantity	Price	Price	Quantity	C.Amount
7	7	1,714.50	1,768.80	13	13
26	19	1,710.30	1,768.90	60	73
60	34	1,710.20	1,769.40	7	80
110	50	1,710.00	1,769.70	7	87
124	14	1,702.00	1,769.90	12	99
149	25	1,702.00	1,770.00	26	125
189	40	1,700.00	1,790.80	38	163
214	25	1,661.00	1,790.90	15	178
231	17	1,651.10	1,791.00	20	198
295	64	1,651.00	1,799.90	200	398

13:00

Buy			Sell		
C.Amount	Quantity	Price	Price	Quantity	C.Amount
7	7	1,714.50	1,768.80	13	13
26	19	1,710.30	1,768.90	60	73
60	34	1,710.20	1,769.40	7	80
110	50	1,710.00	1,769.70	7	87
124	14	1,702.00	1,769.90	12	99
149	25	1,702.00	1,770.00	26	125
189	40	1,700.00	1,790.80	38	163
214	25	1,661.00	1,790.90	15	178
231	17	1,651.10	1,791.00	20	198
295	64	1,651.00	1,799.90	200	398

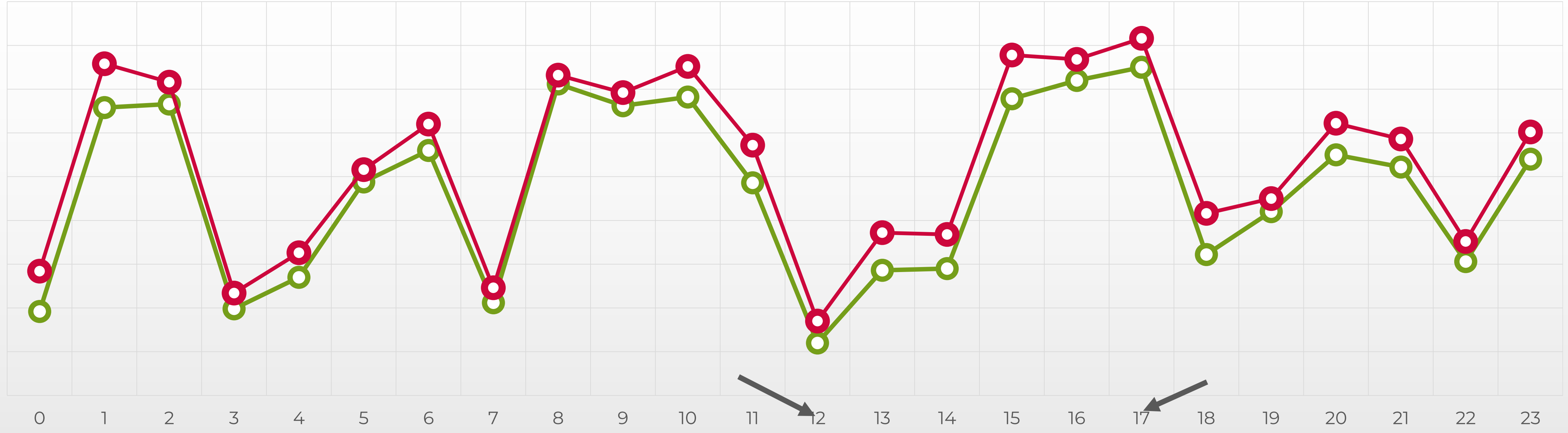
14:00

Buy			Sell		
C.Amount	Quantity	Price	Price	Quantity	C.Amount
7	7	1,714.50	1,768.80	13	13
26	19	1,710.30	1,768.90	60	73
60	34	1,710.20	1,769.40	7	80
110	50	1,710.00	1,769.70	7	87
124	14	1,702.00	1,769.90	12	99
149	25	1,702.00	1,770.00	26	125
189	40	1,700.00	1,790.80	38	163
214	25	1,661.00	1,790.90	15	178
231	17	1,651.10	1,791.00	20	198
295	64	1,651.00	1,799.90	200	398

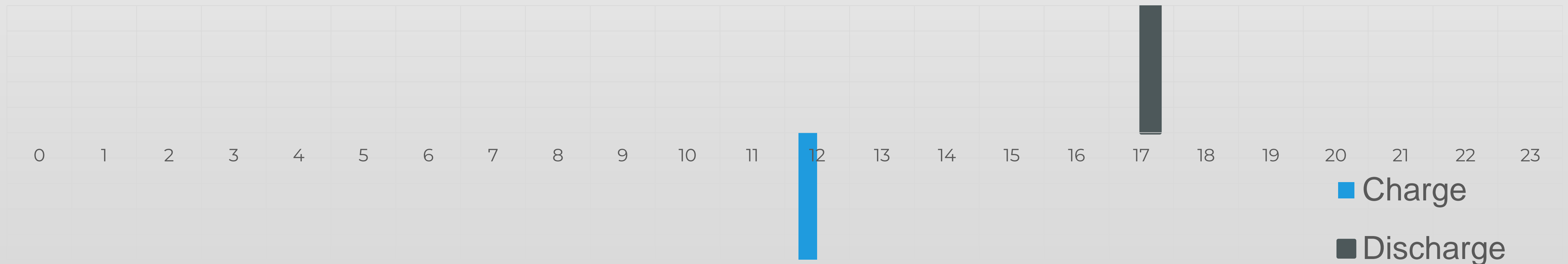
...

...

En iyi fiyatlar arasında arbitraj ve buna göre batarya planı

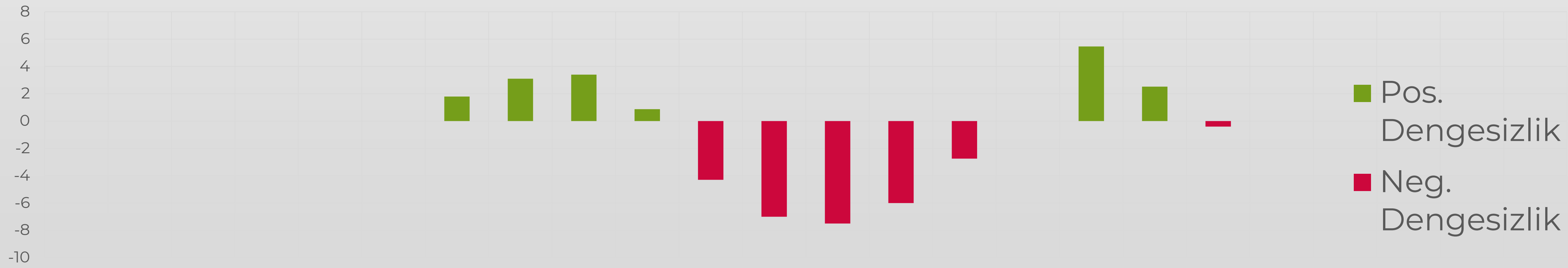
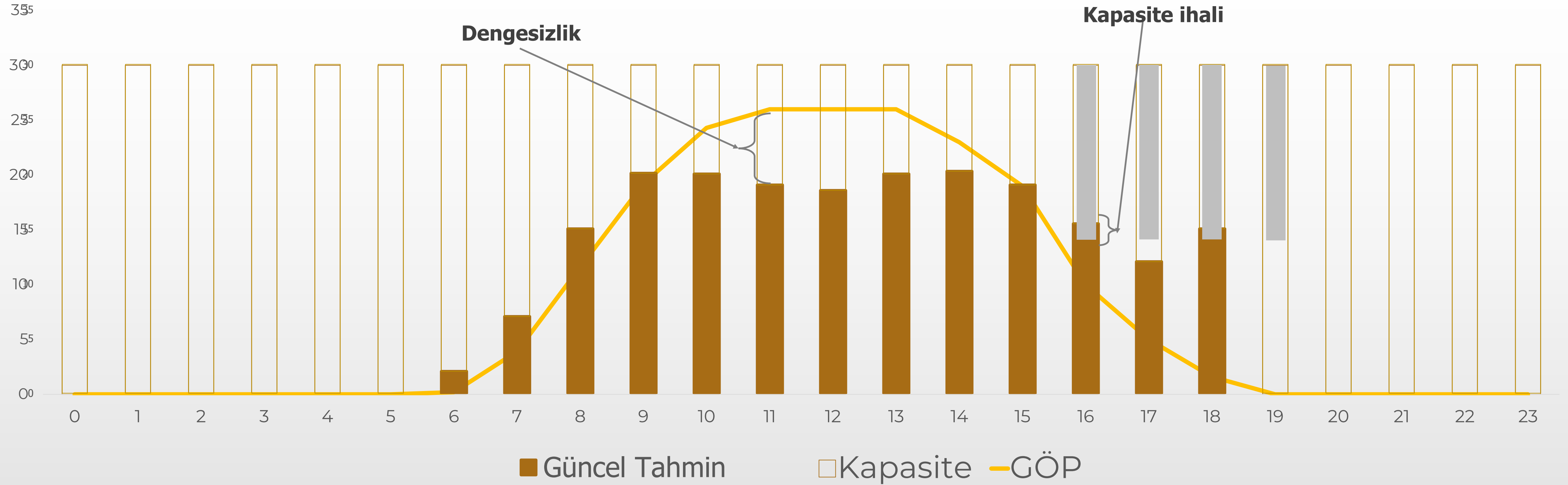


○ Alıcı ○ Saticı



■ Charge
■ Discharge

Gerçek hayatta problem çok daha karmaşık

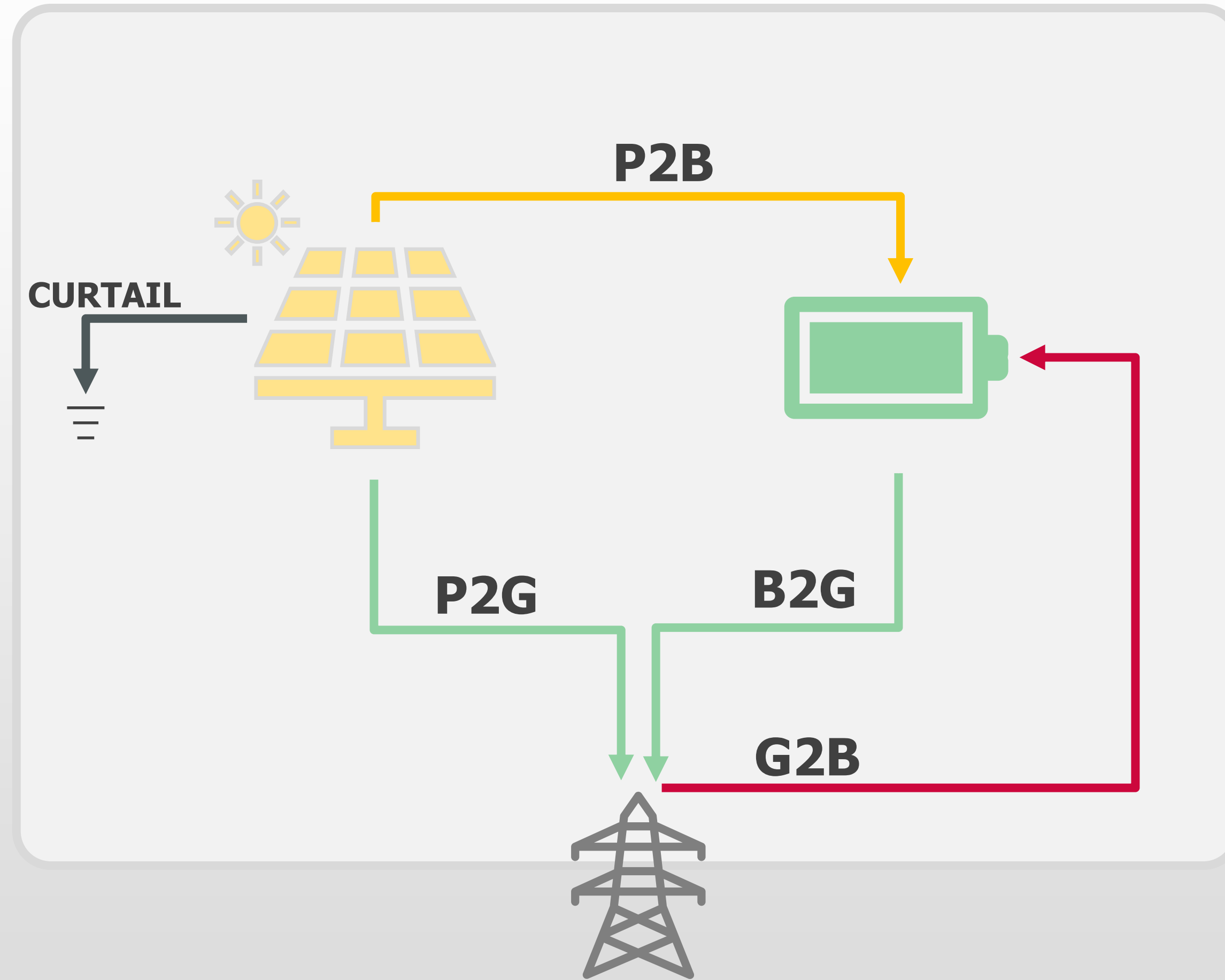


Sorular

- Saat 12:00 de şarj ederken bataryamda **yeteri kadar kapasite** var mı?
- Kapasite **yoksa önceden deşarj edip** tekrar bu cycle yaparak anlamlı bir kazanç oluşur mu?
- Dengesizlik maliyetleri oluşacak, **bataryayı orada kullanmak mı** yoksa bunları piyasada kapatmak mı?
- Beklenen üretim, yan hizmetler kapasitesini kısıtlıyor. Bu durumda **santralin curtail edilmesi mi yoksa bataryayı kullanarak bu enerjiyi depolamak mı?** Oysa arbitraj olacak olsa idi burada deşarj yapmamız gerekiyordu.



Kararlar



Fiziksel Akış Kararları

P2B(h) : Plant to battery

P2G(h) : Plant to grid

B2G(h) : Battery to grid

G2B(h) : Grid to battery

Curtail(h)

Finansal Kararlar

BUY(h)

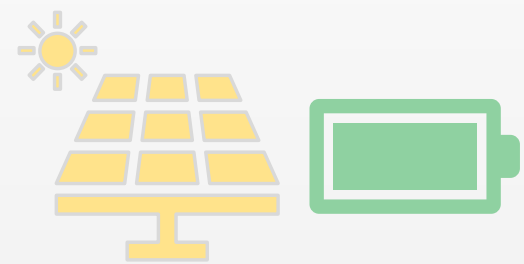
SELL(h)

Tüm **kısıtları ve fırsatları** çok kısa bir süre içinde değerlendirip doğru karar vermek : **OPTİMİZASYON**

Örnek bir GİP Optimizasyon Uygulaması

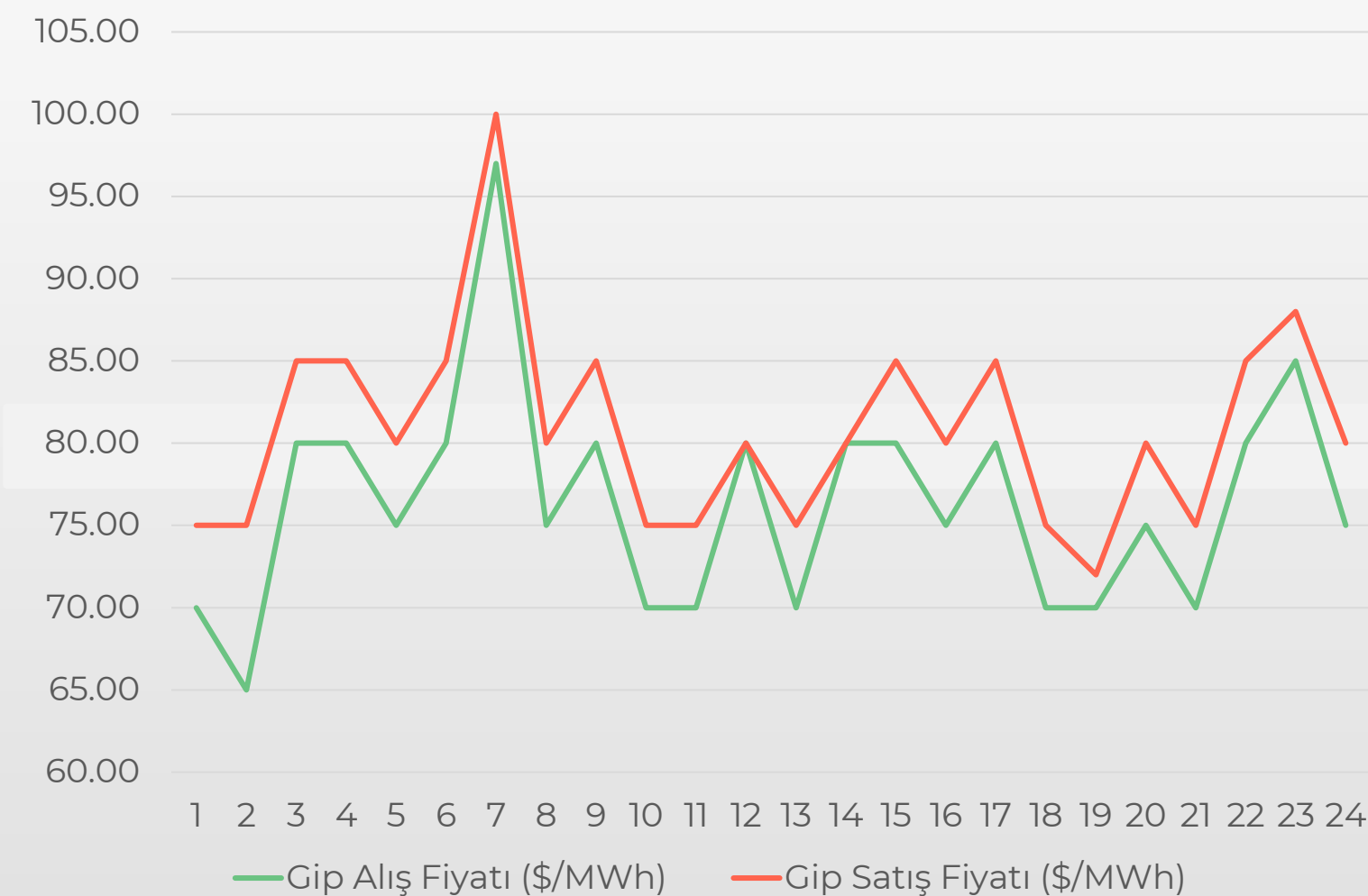
Tahmin sapması hiç yok tek hedef : Arbitraj

Tesisin Temel Özellikleri

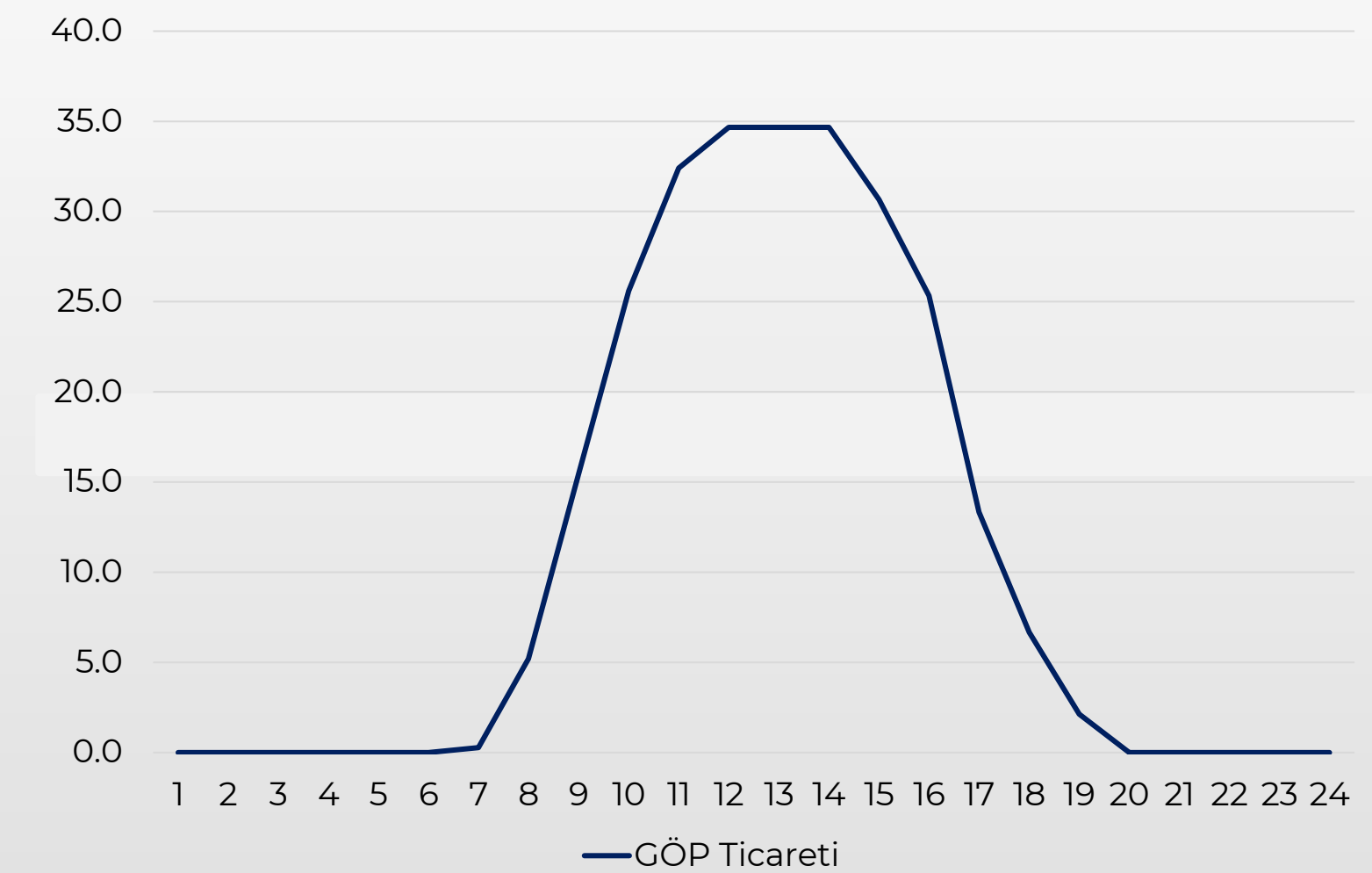


Kurulu Güç	MW	40
Batarya Kapasitesi	MWh	40
Minimum SoC	%	10%
Maksimum SoC	%	90%
Başlangıç Soc	%	50%

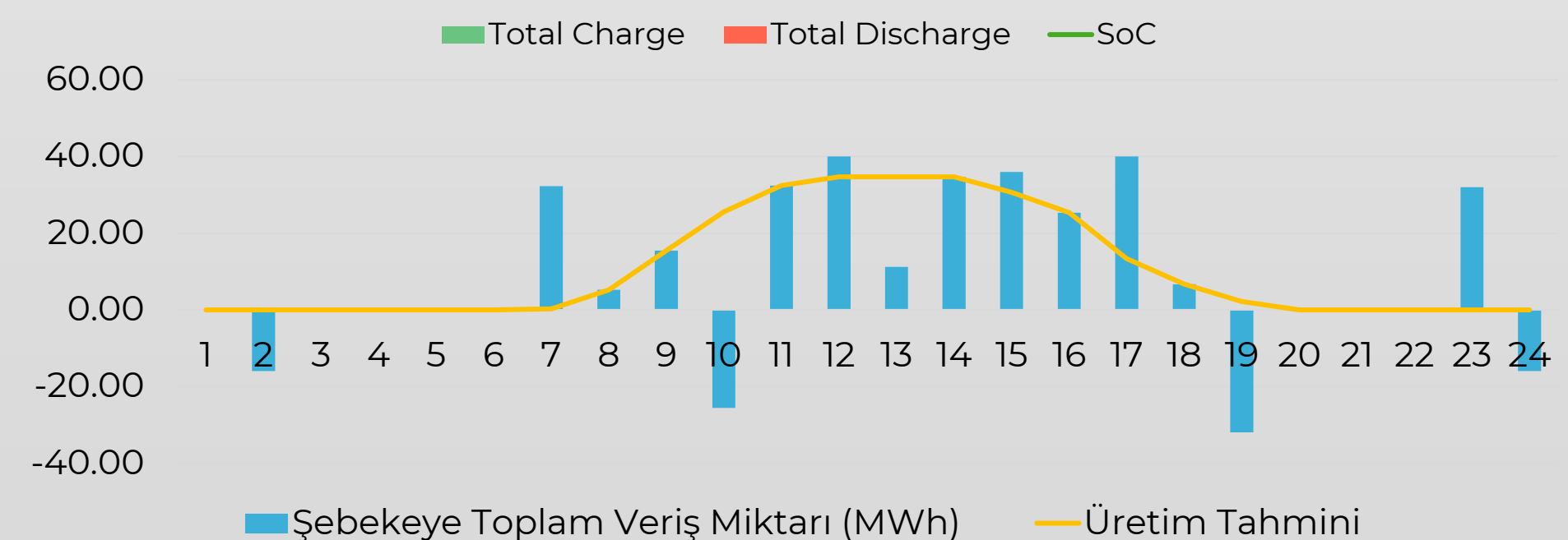
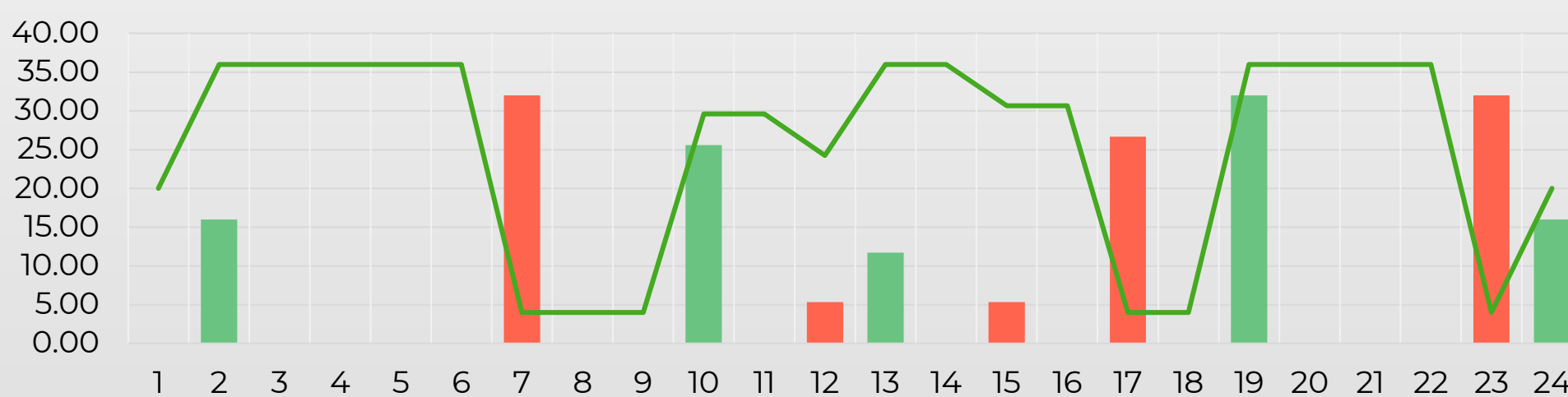
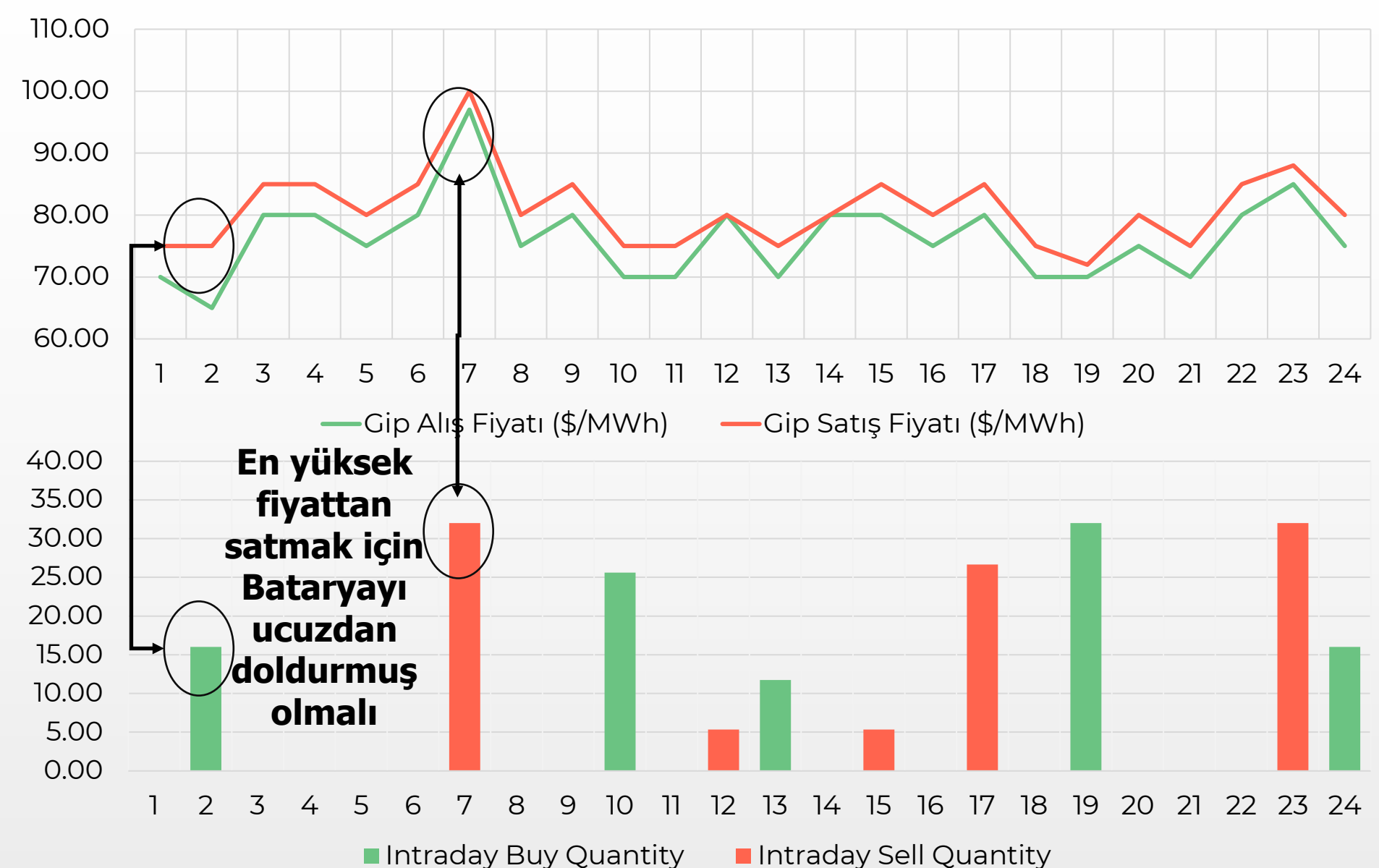
GİP Tahtalarının Anlık Görüntüsü



GÖP Ticareti = Güncel Üretim Tahmini

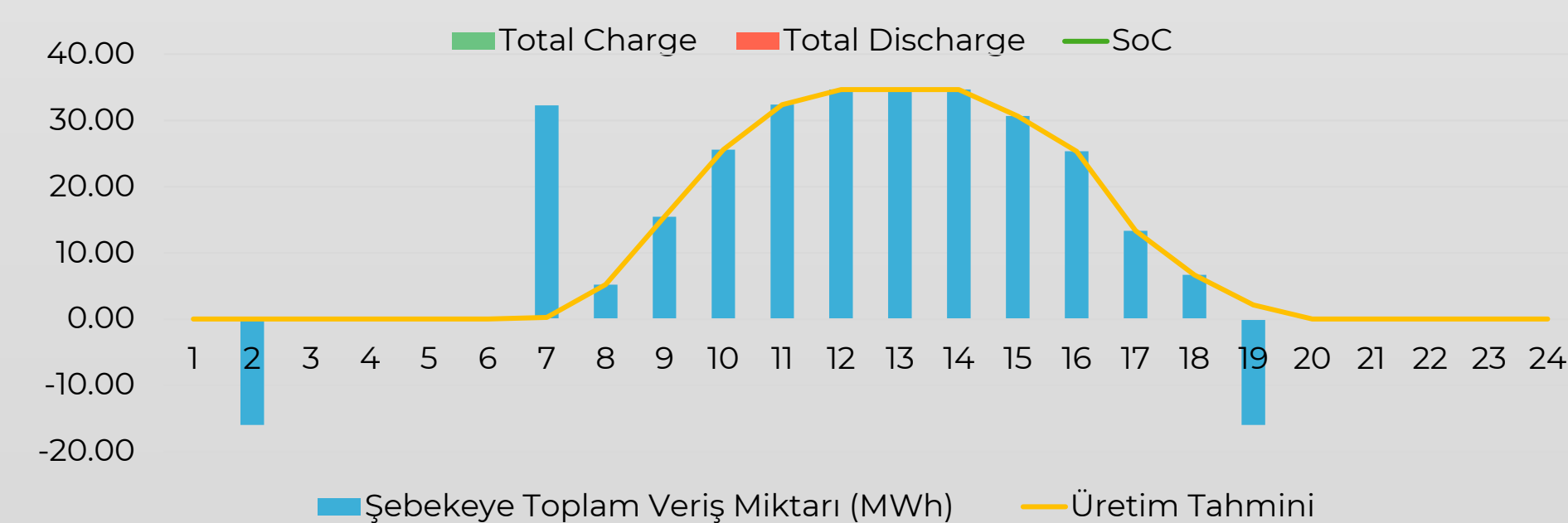
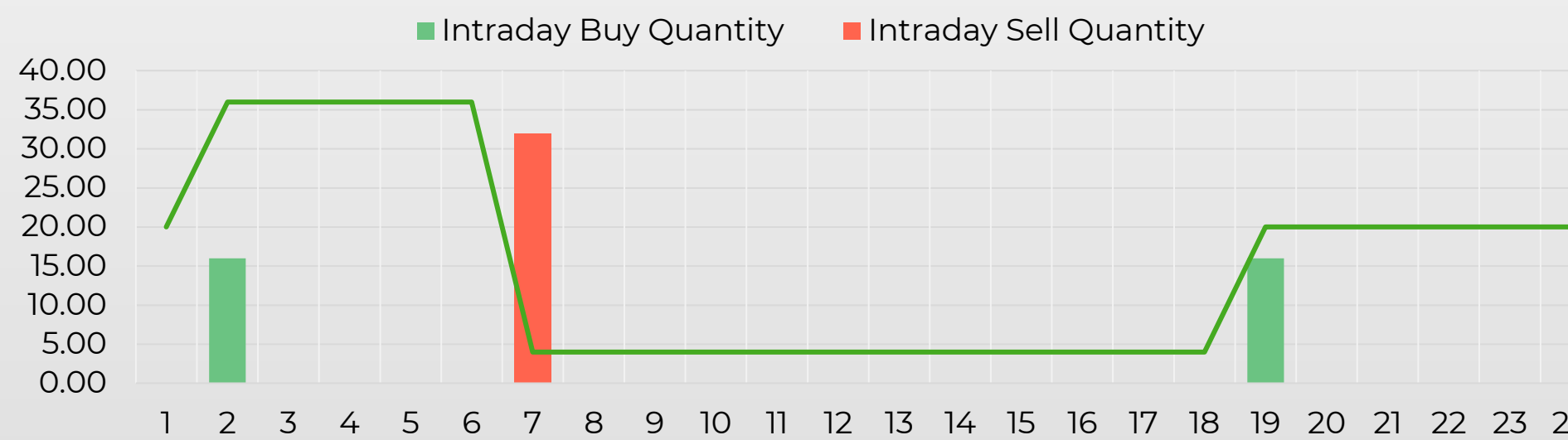
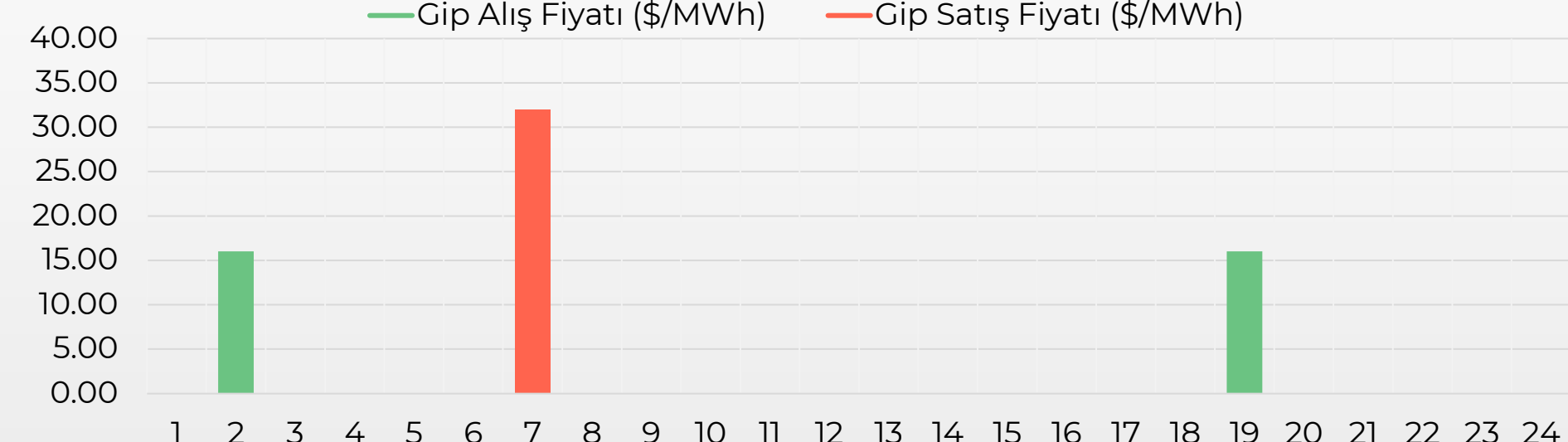
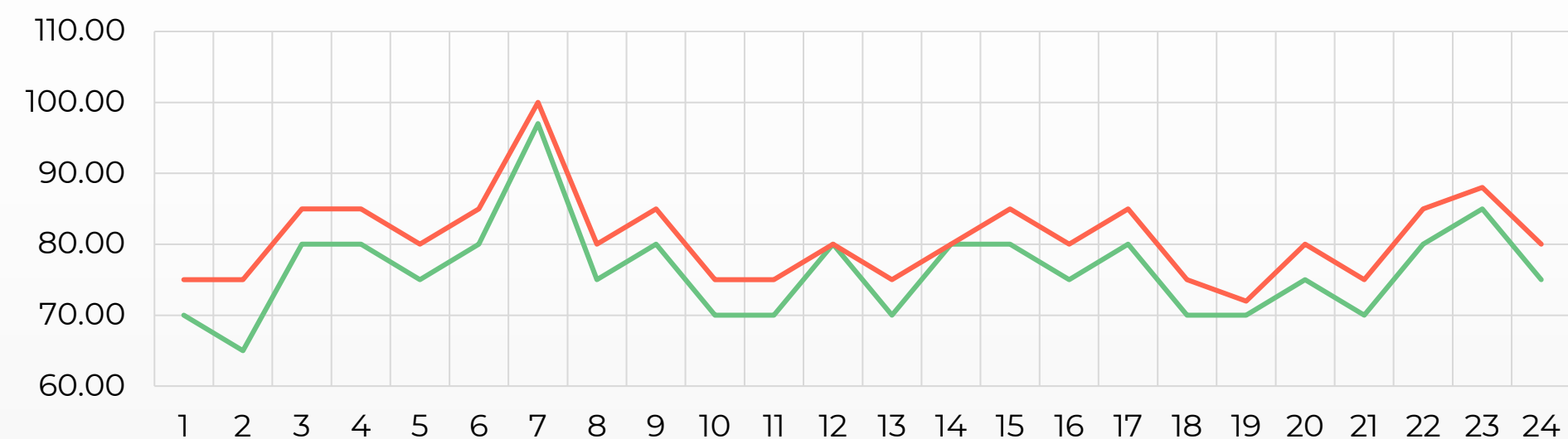


Sadece GİP Arbitraji Optimizasyon sonuçları



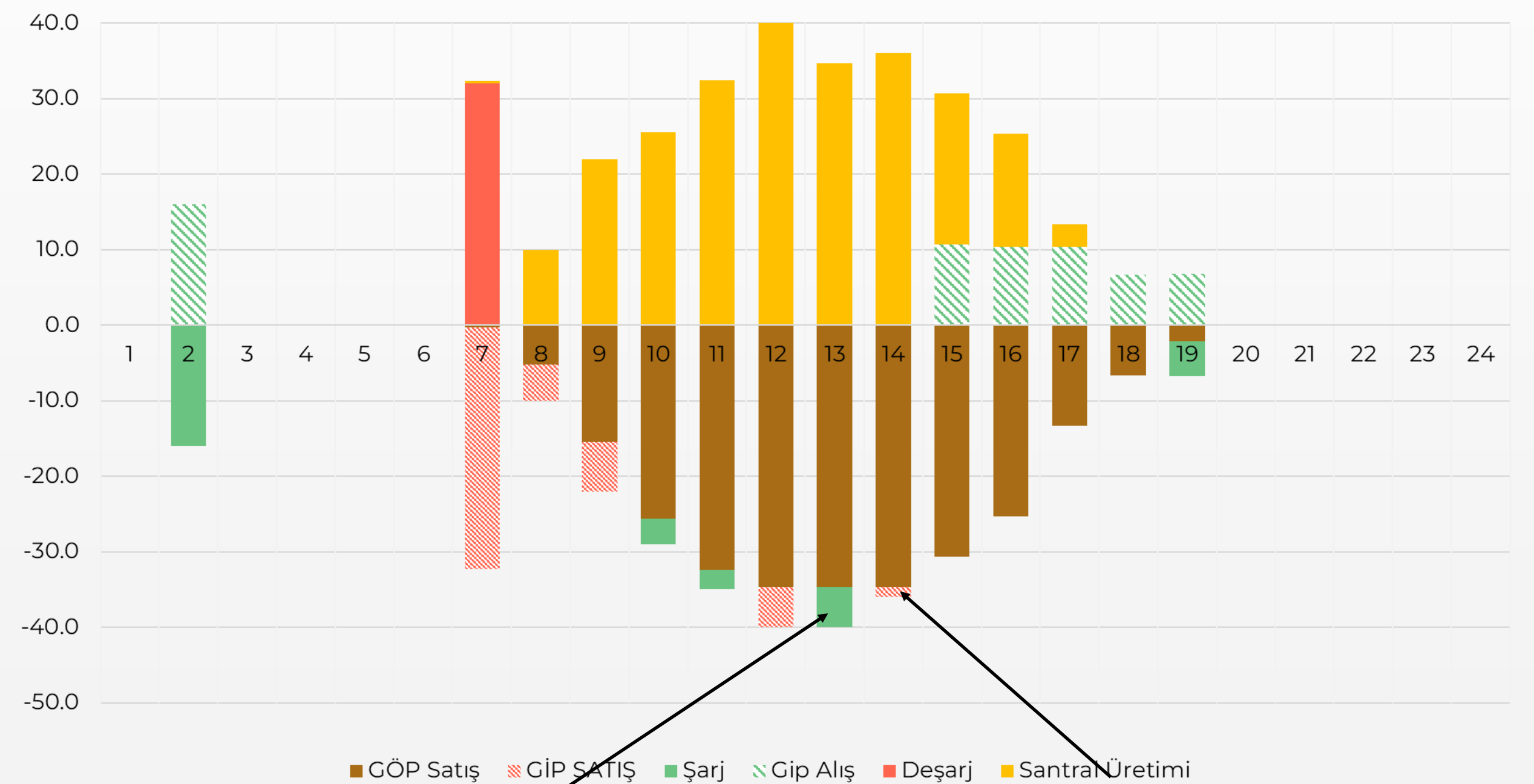
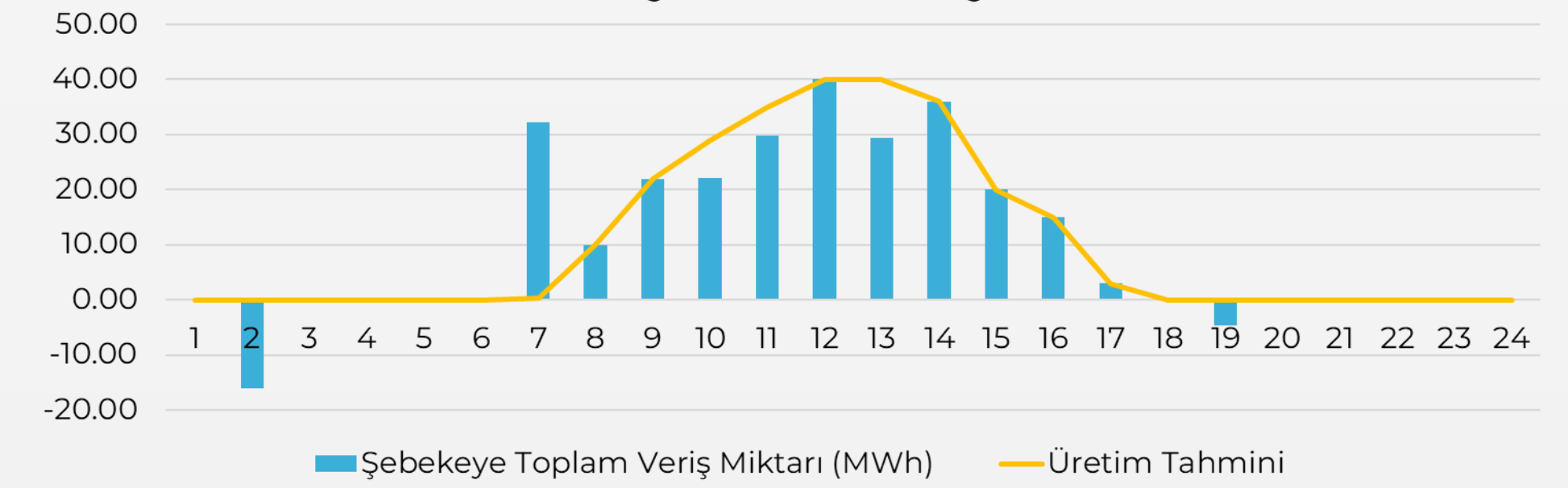
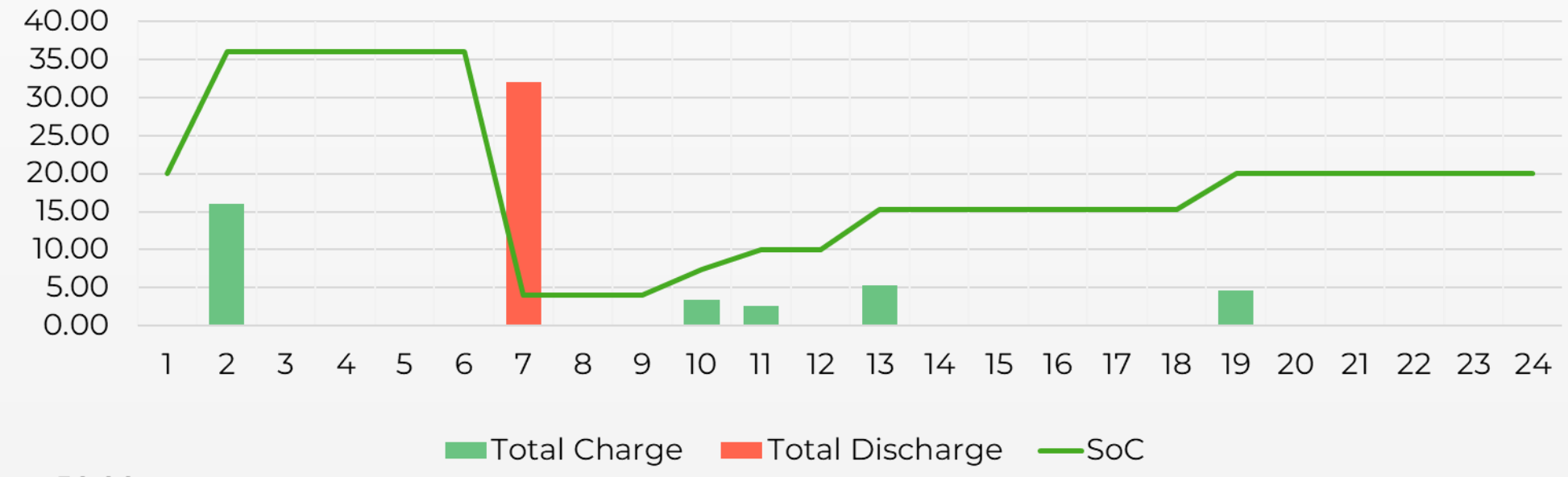
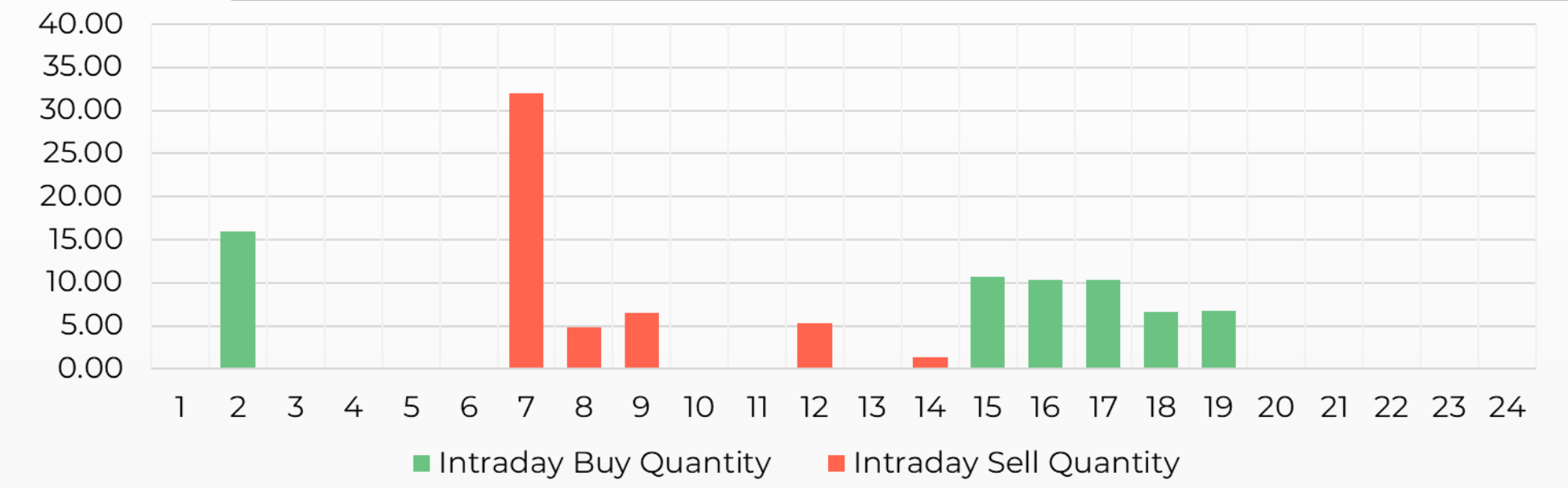
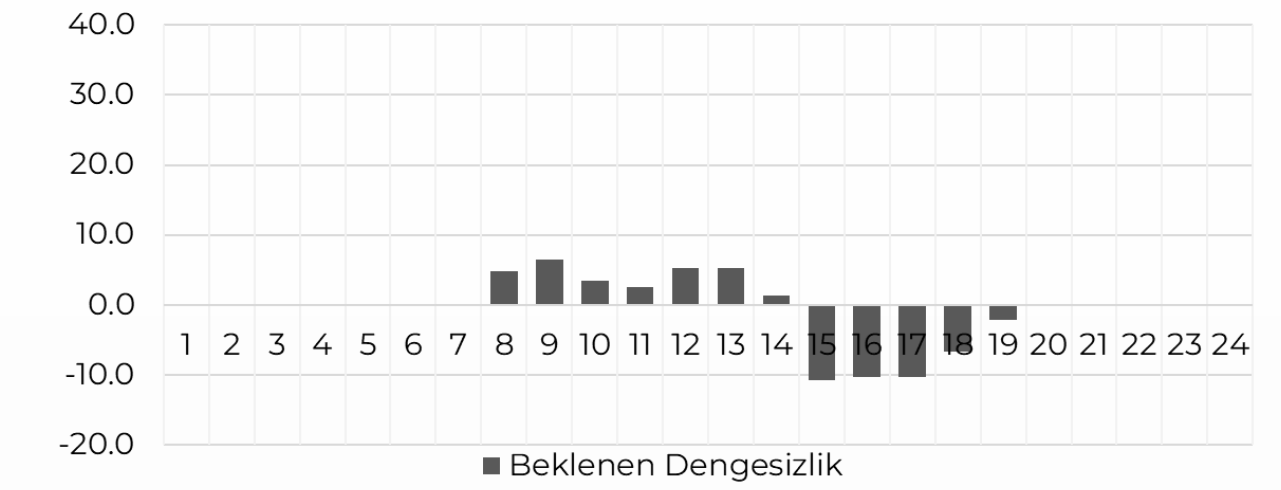
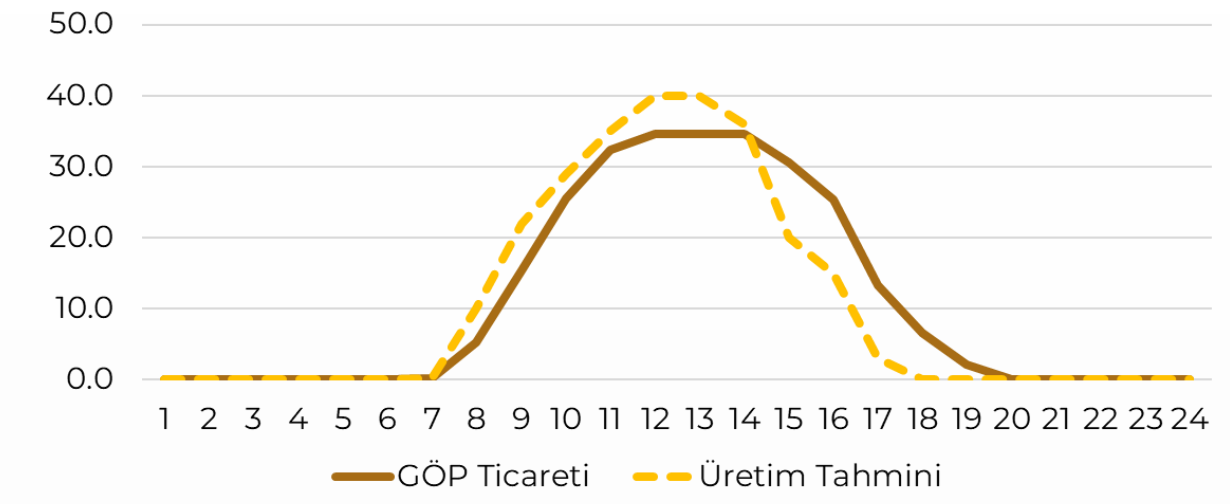
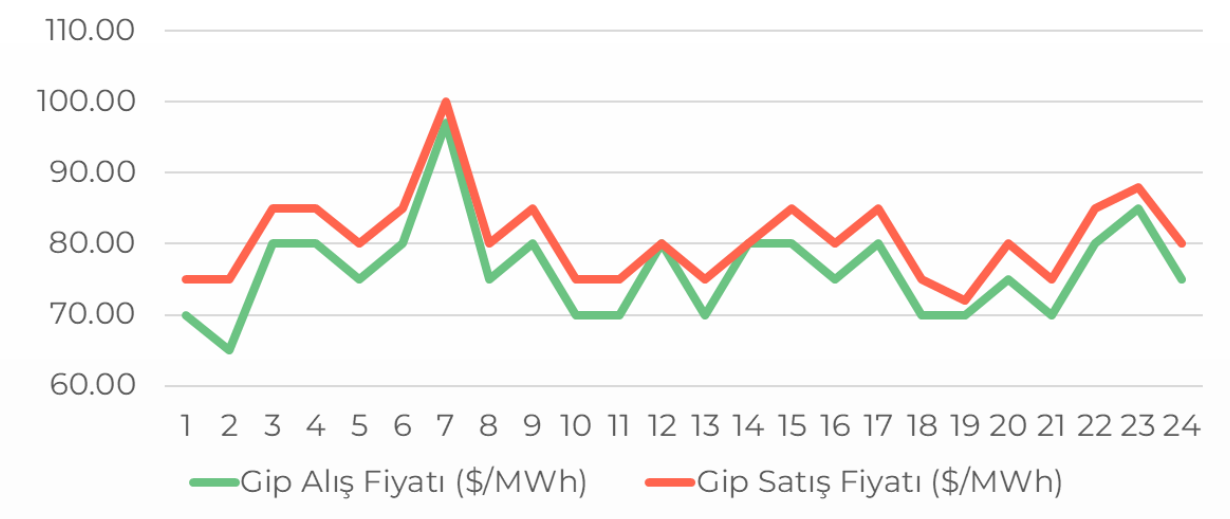
- Tahmin sapması olmadığı varsayımından **sadece arbitraj** modunda çalıştı.
- Önce bir ticari plan oluşturdu sonra da bu plana uygun bir **şarj/deşarj planı**
- Ancak **çok küçük fiyat arbitrajında bile** çalıştı.
- Bazı saatlerde bu marjı maksimize etmek için daha fazla alış/satış yapabilirdi ancak yapamadı çünkü bir engeli var : **şebekeye verilebilecek güç sınırı**
- Bu kadar sık al/sat yapması gerçek hayat için geçerli değil, çünkü modelin bir bilgiyi daha dikkate alması gerekiyor : **cycle cost!**

Sadece GİP Arbitraji Optimizasyon sonuçları – CycleCost ile



- Cycle cost ekleyince batarya **sadece 1 sefer** arbitraj yapmaya çalıştı.
- Bu bilgi düzenli olarak **yeniden hesaplanmalı** ve günlük ticari modele eklenmeli.
- Başlangıçta **SoC %50 idi hedef** olarak yine aynı şekilde bitirmesini koşul olarak ekledik.
- Bu sebeple en ucuz şekilde tekrar aynı seviyeye geldi.
- Optimizasyon dönemi sonunda bataryada **bulunan enerjinin de bir değeri** var. Planlama buna göre yapılmalı.

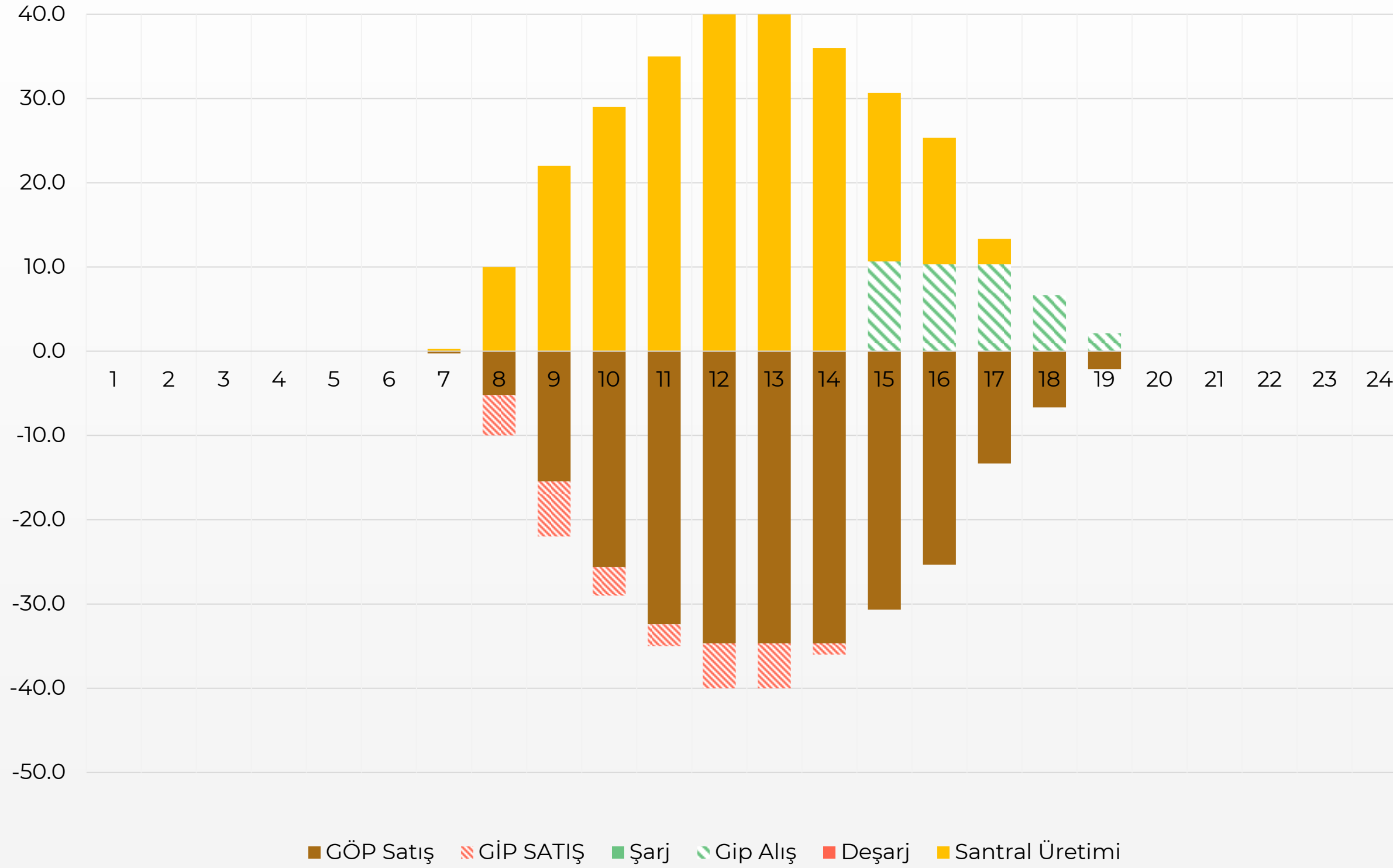
Daha karmaşık bir Örnek : Arbitraj + Dengesizlik



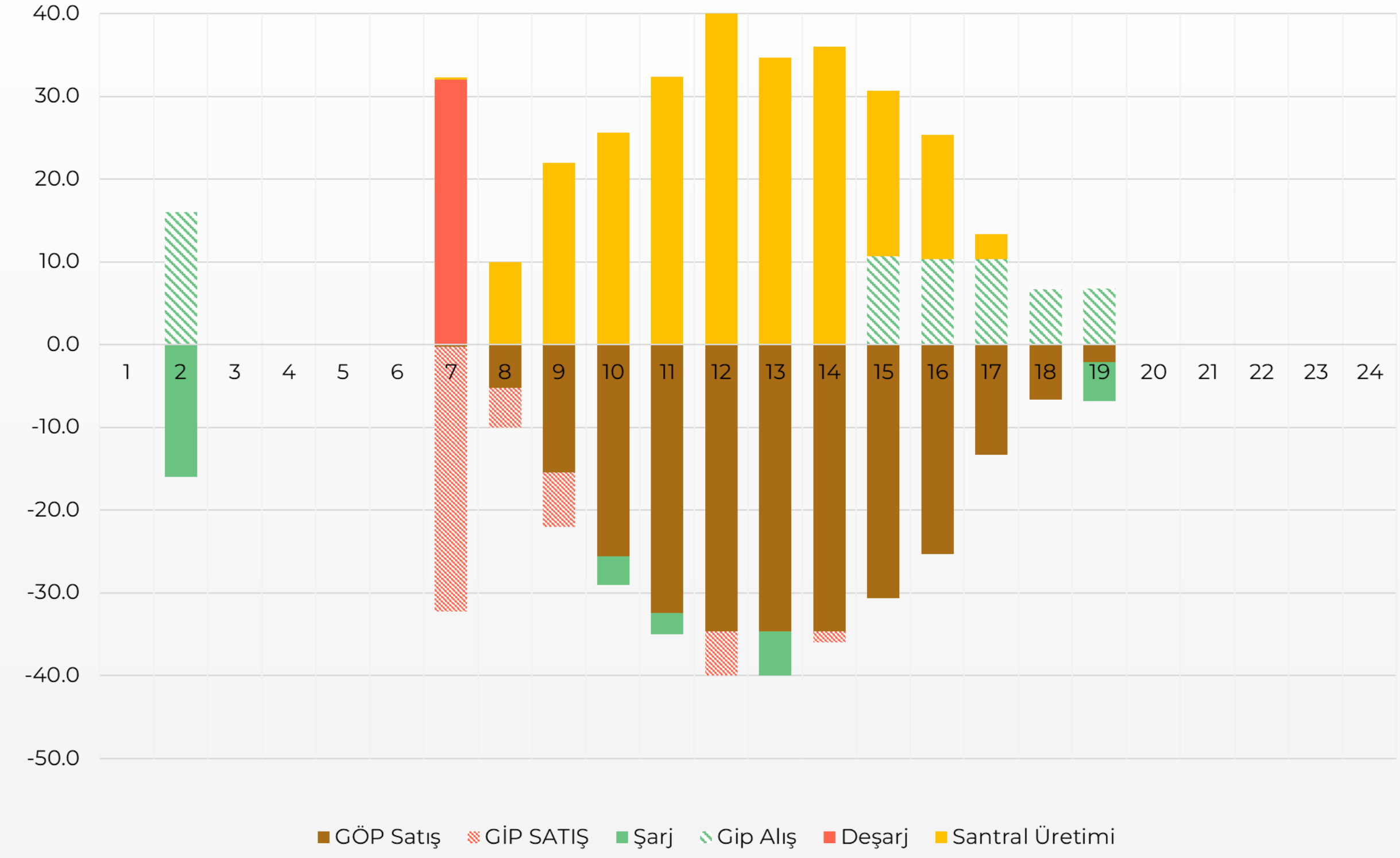
Ticaret ile dengeleme
Batarya ile dengeleme

Örnek 2 sonuçları için bataryalı / bataryasız karşılaştırması

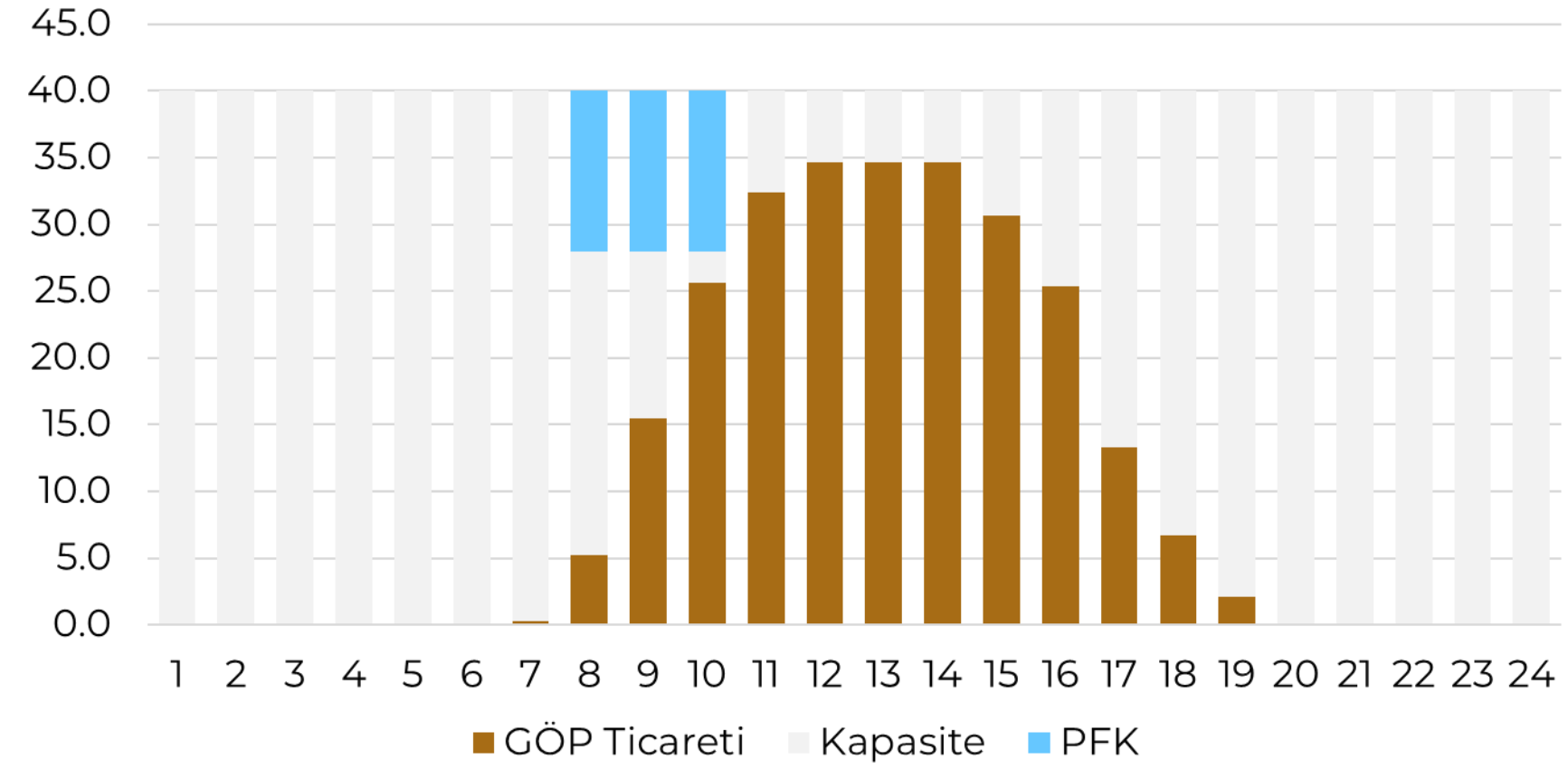
Bataryasız



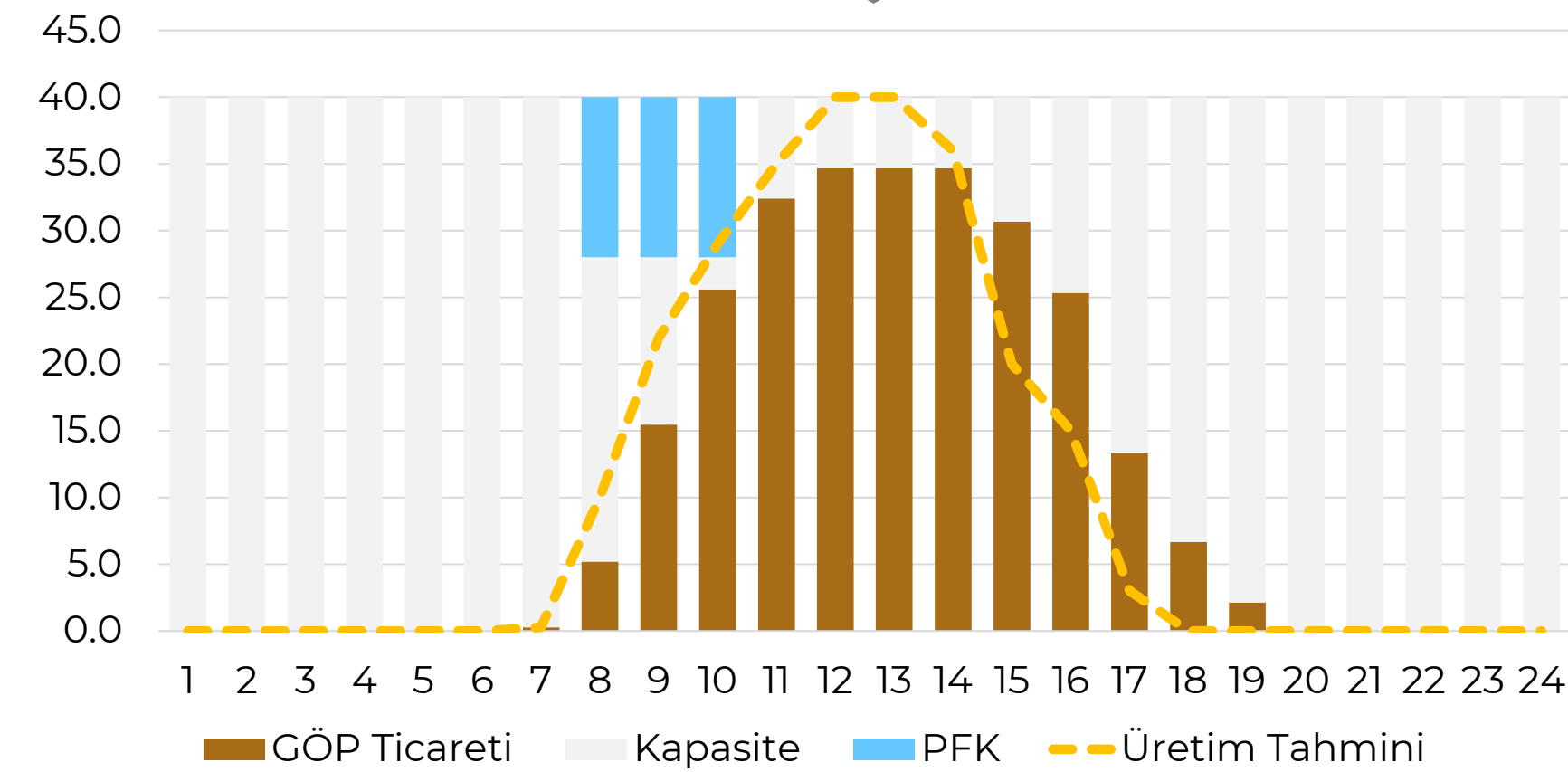
Bataryalı



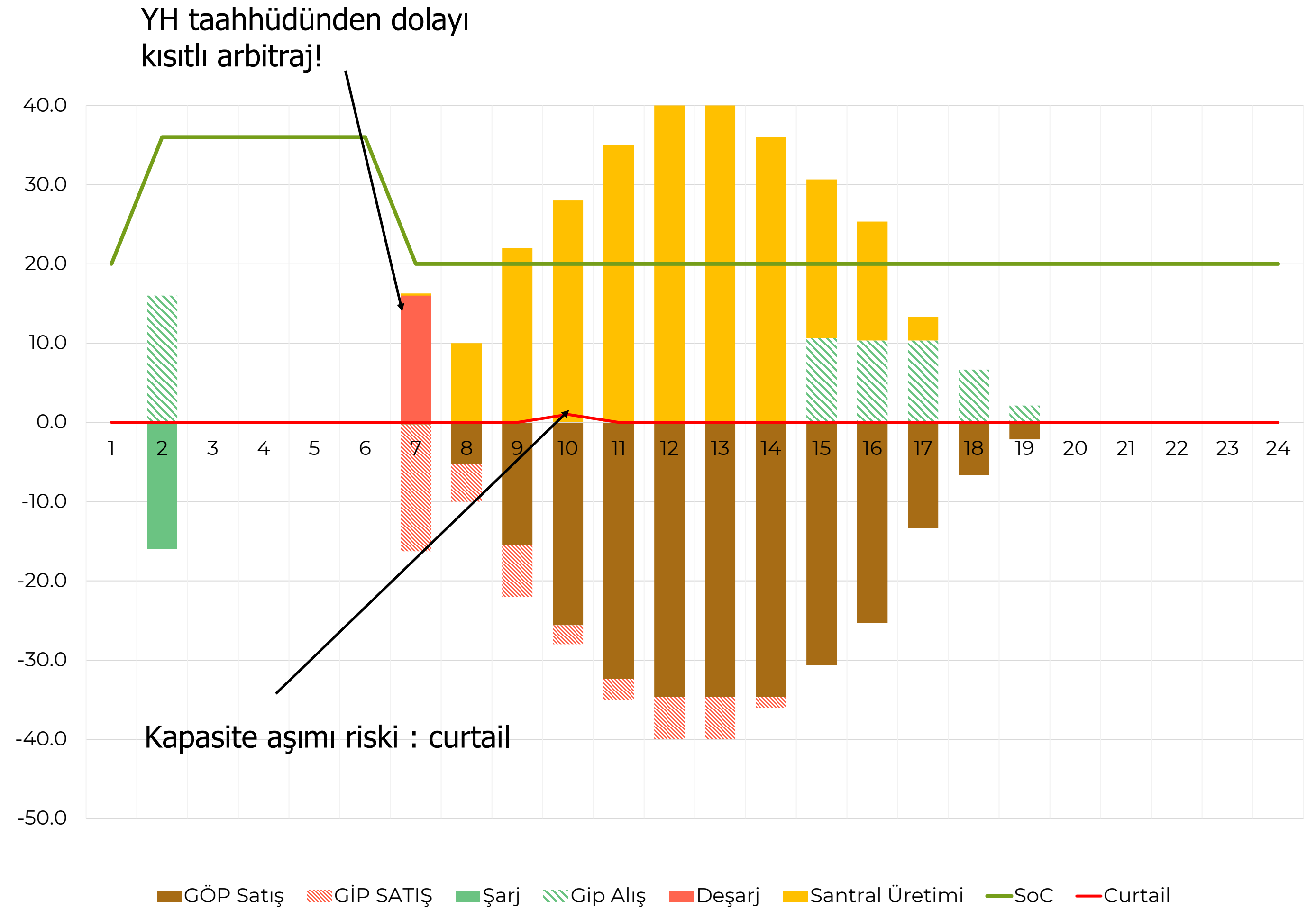
Gerçek hayata daha yakın bir örnek: Arbitraj + Dengesizlik + YH



Gün öncesinden YH kapasitesi ve GOP satışları tamamlanmış durumda.



Ancak 10. saatte bir sorun var : kapasite aşımı



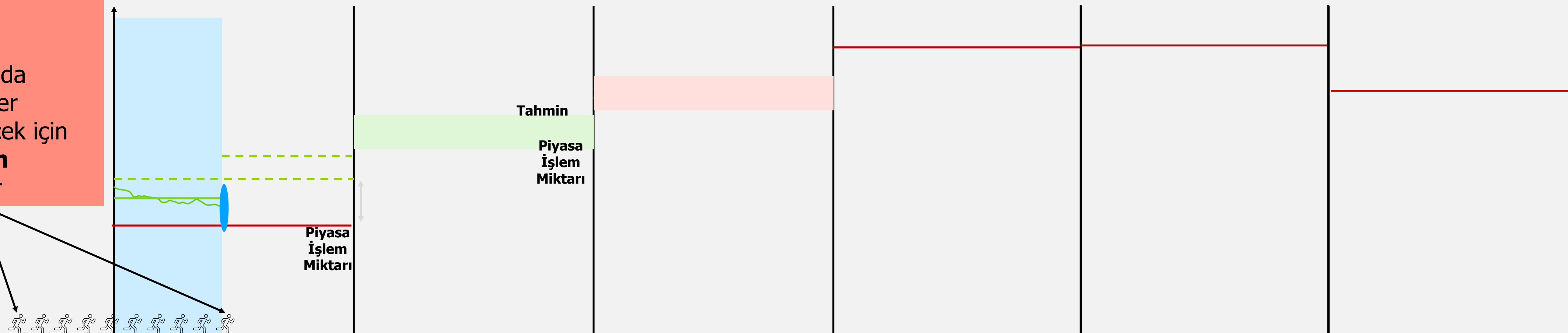
Kapasite aşımı riski : curtail

Her iterasyon ile batarya planı yeniden belirlenir

Önceki plan zaten ticarete ve SoC ye yansımıştır.

Optimizasyon iteratif çalışır.

Her iterasyonda değişen bilgiler ışığında gelecek için **yeni bir plan** oluşturulabilir



h

h+1

h+2

h+3

h+4

h+5

Ticarete kapalı

Ticarete kapalı

Ticarete açık

Ticarete açık

Ticarete açık

Ticarete açık

Dengesizlik

Alım Gideri

Satış Geliri

Σ

+

Σ

+

Σ

+

Σ

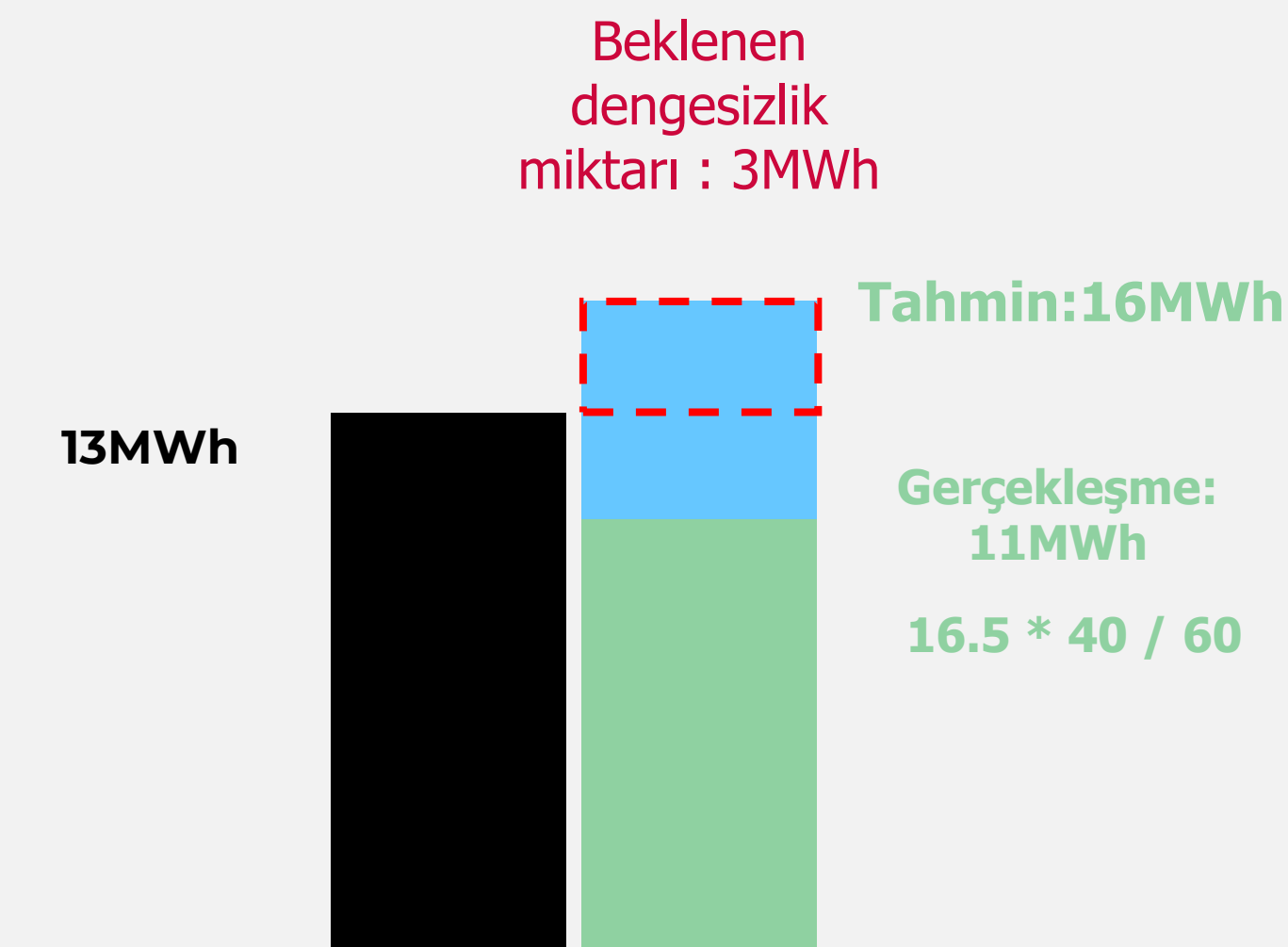
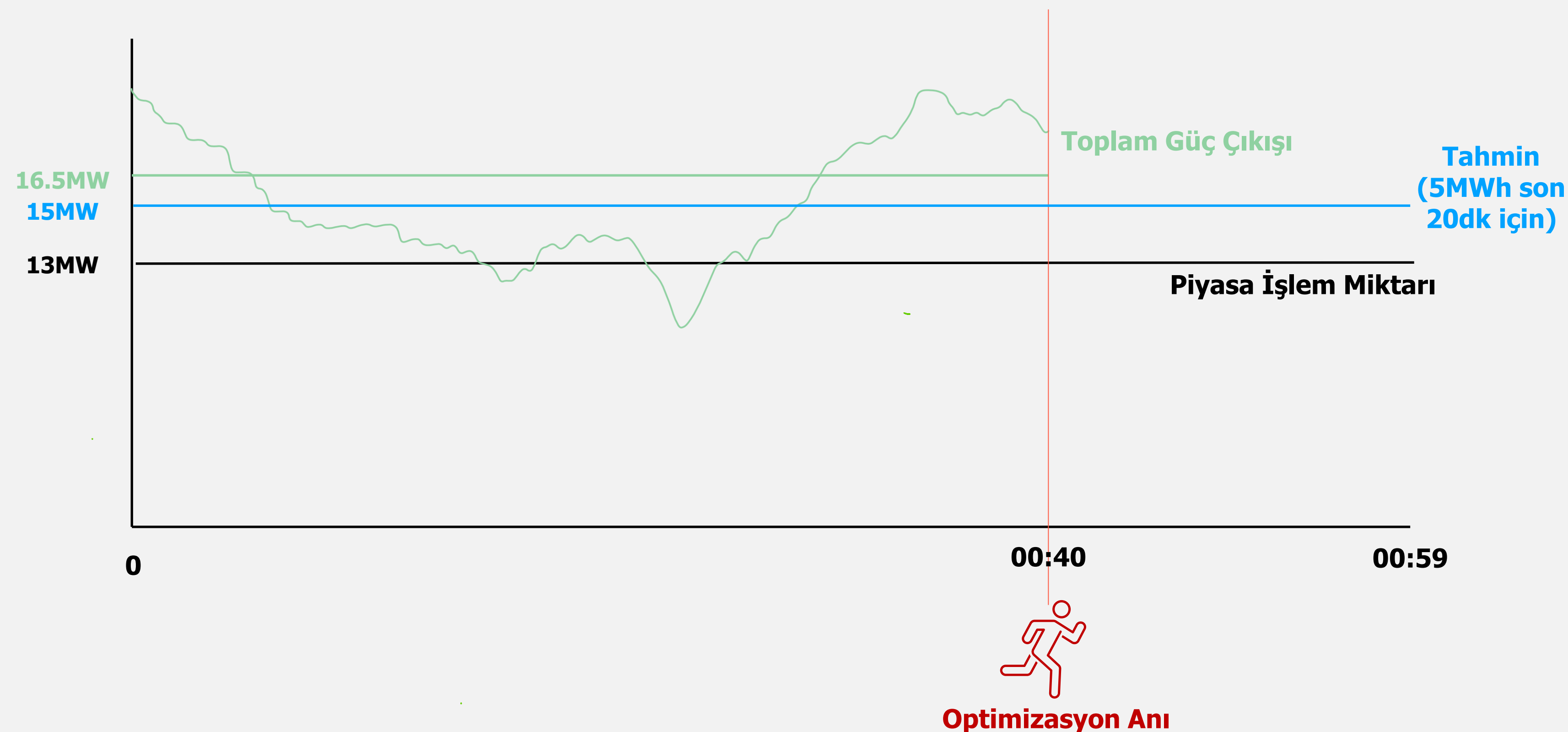
+

Σ

+

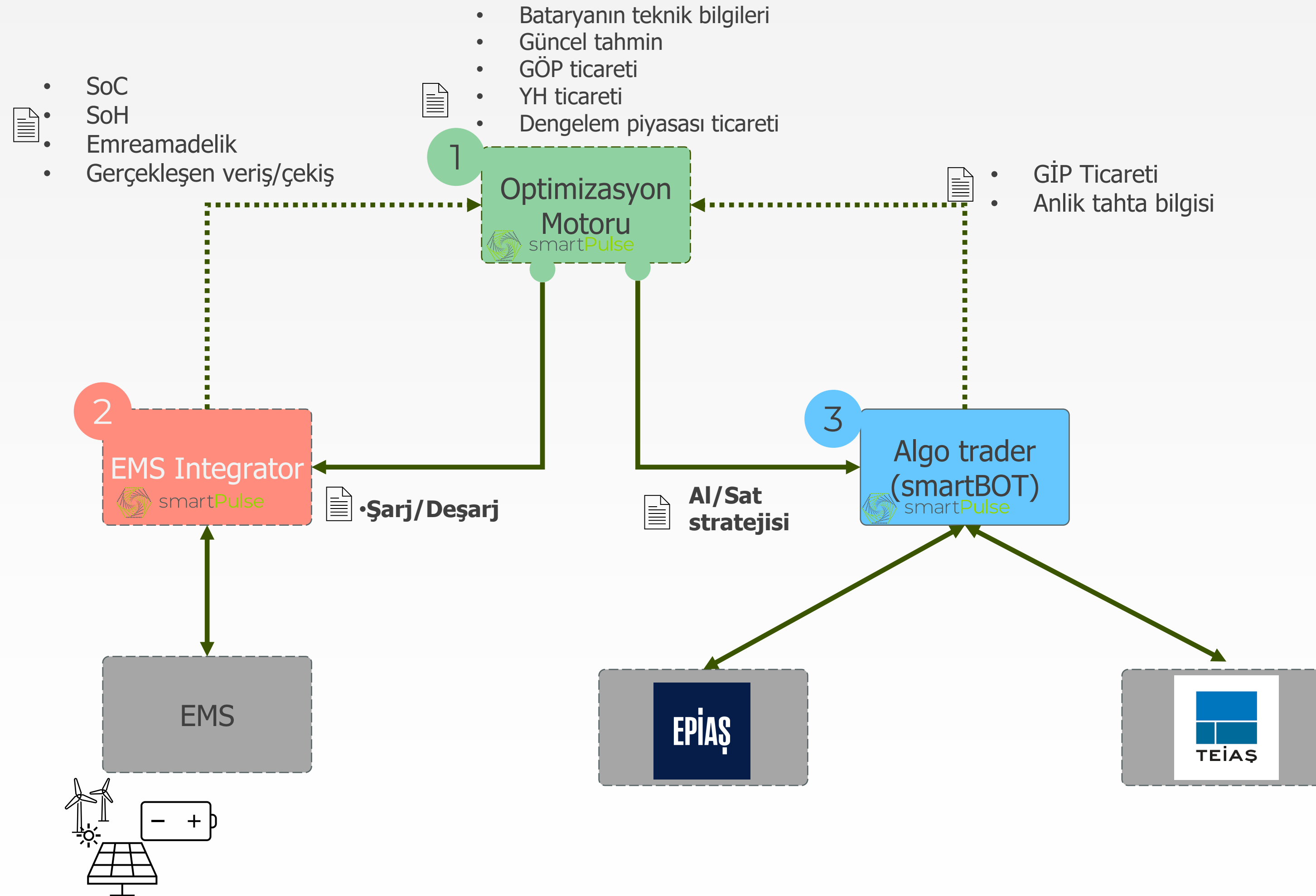
Σ

Gerçek Zamanın Dengelenmesi



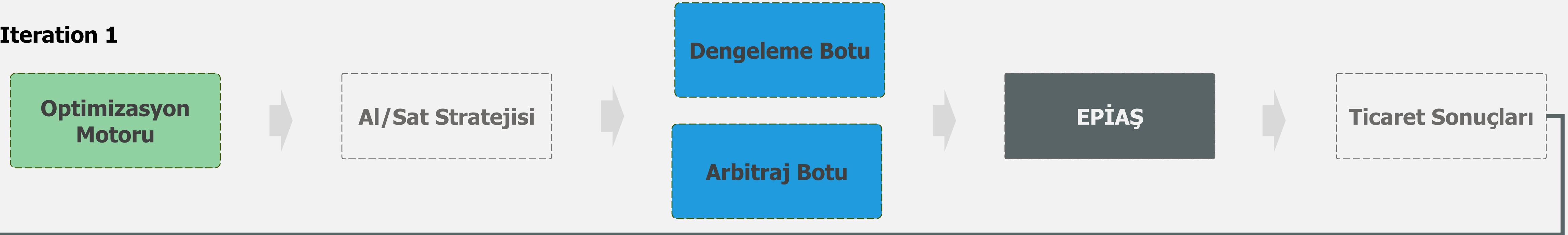
- Ticari manevra imkanı yok sadece batarya ile dengeleme yapılabilir.
- Gerçekleşme bilgileri ile plan yeniden değiştirilir.

Optimizasyon ve Otomasyon için 3 Bileşen

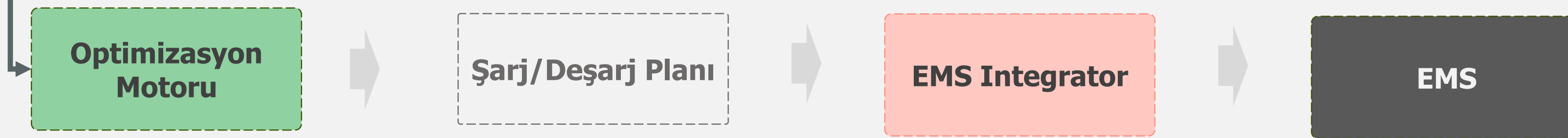


Iterasyonlardaki Adımlar

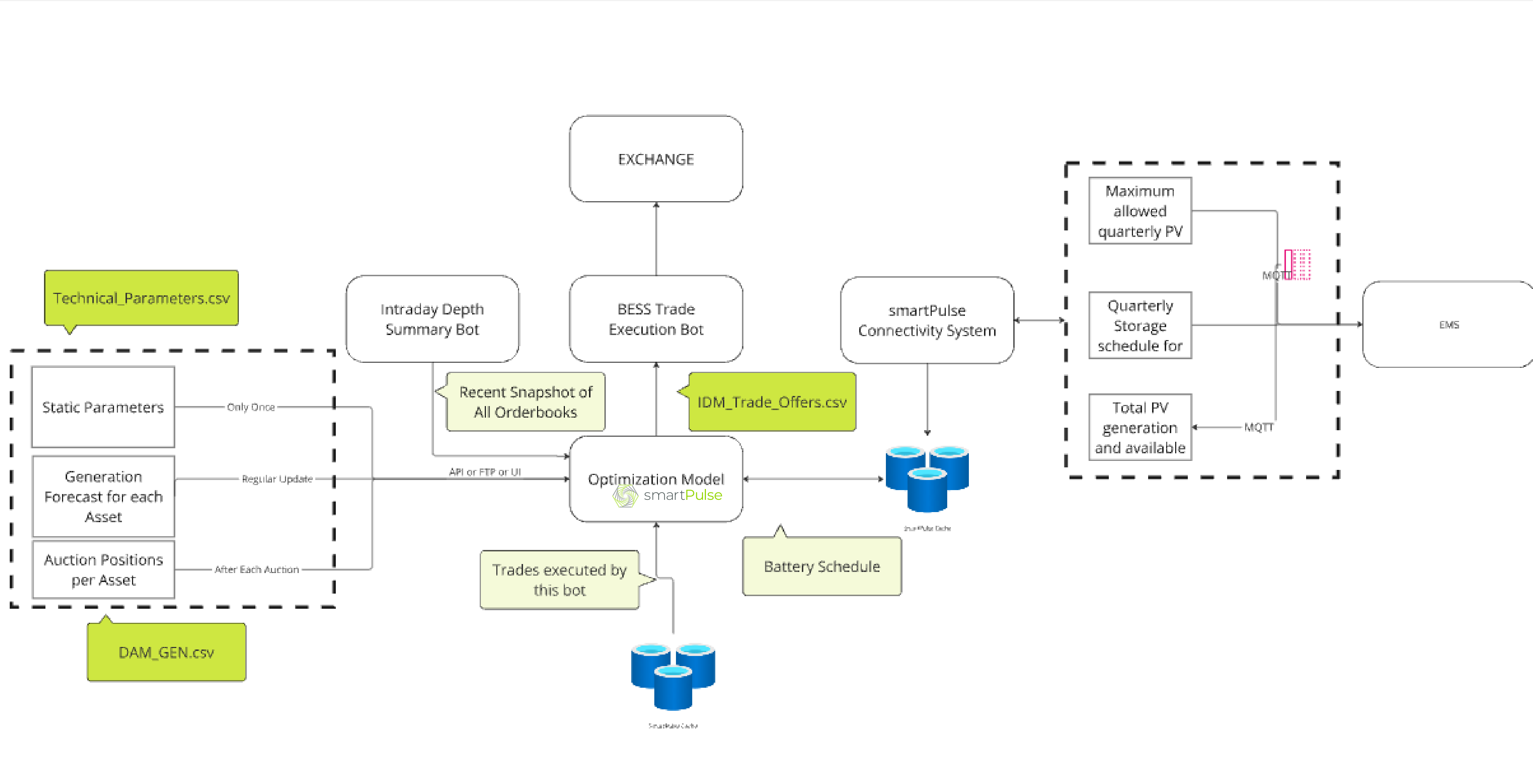
Iteration 1



Iteration 2



Gerçek bir uygulama şeması:



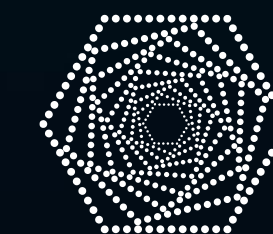
Sonuç olarak

1. Bataryanın optimizasyonu çok bileşenli bir problemdir.
2. Sürekli ve iteratif çalışmalıdır
3. Sabit girdileri yeniden hesaplamak için arada uzun vadeli Optimizasyon gerekir.
- 4. Otomasyon sürecin ayrılmaz parçası bu sebeple bataryanın ticari işletilmesi için yazılım desteği mecburidir.**



70i aşkın profesyonel ekibi ve Avrupa'nın en büyük enerji borsalarına aynı anda entegre olabilen tek teknoloji şirketi olan smartPulse, 20GW'tan fazla tesise izleme, dengeleme ve ticaret yazılımları sunmaktadır.

Teşekkürler



smartPulse