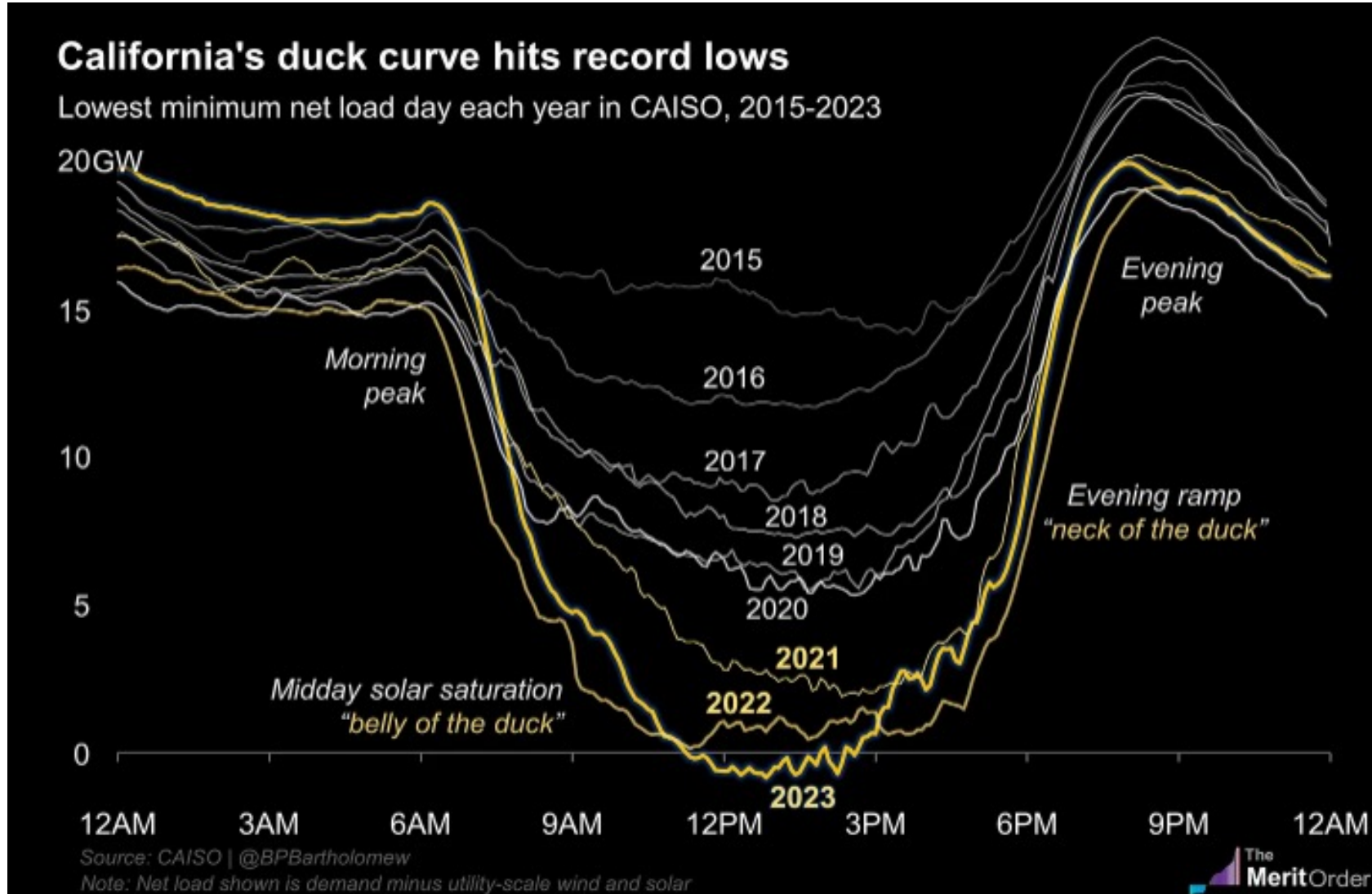
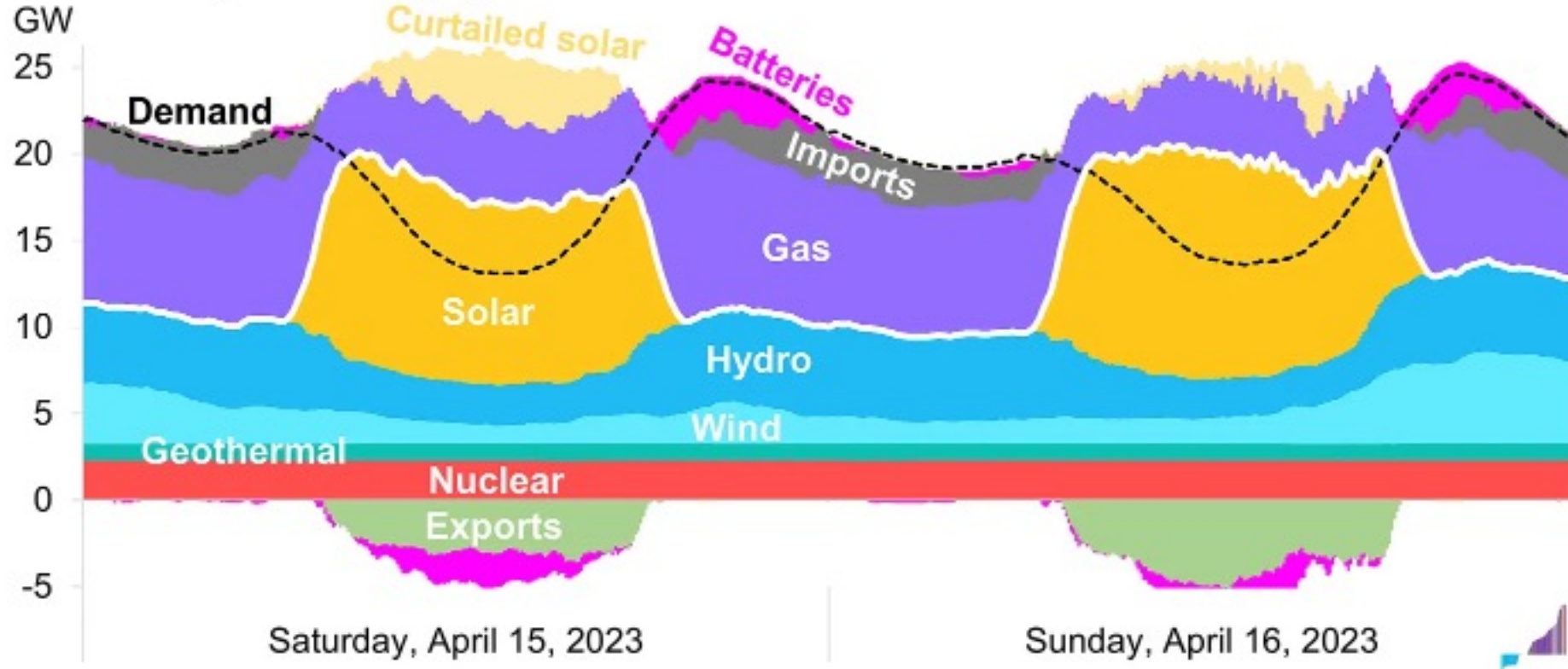


# Enerji Depolama Sistemleri

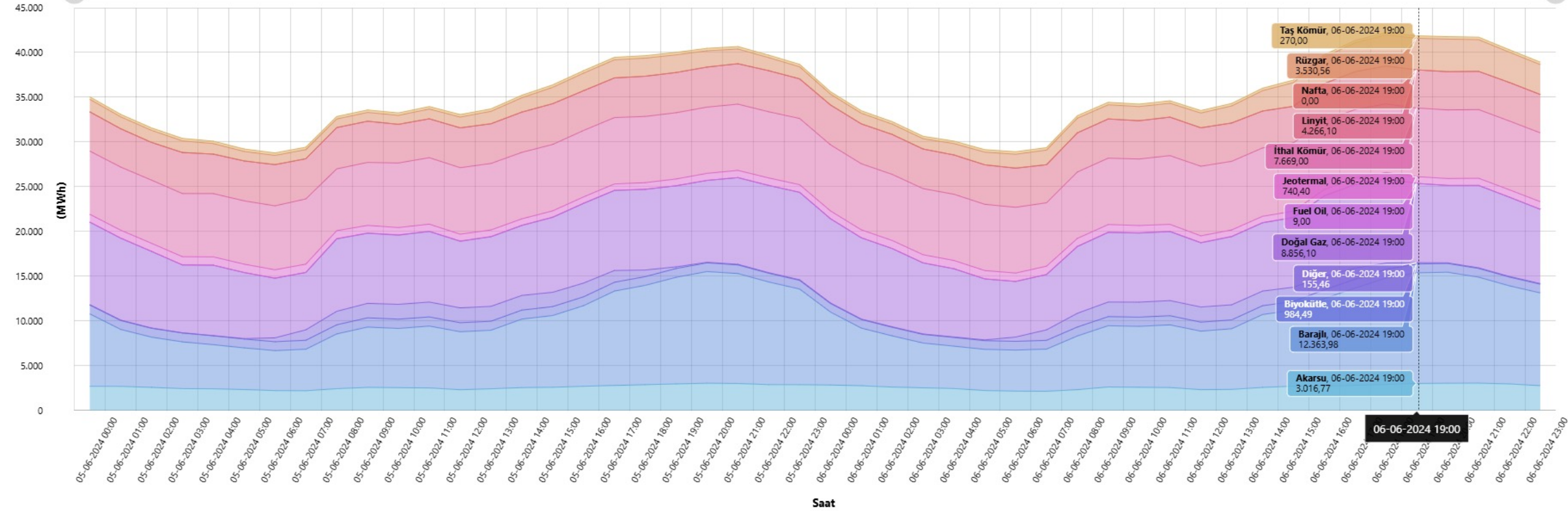
Abdulhalik Emre Teksan



### California power supply and demand

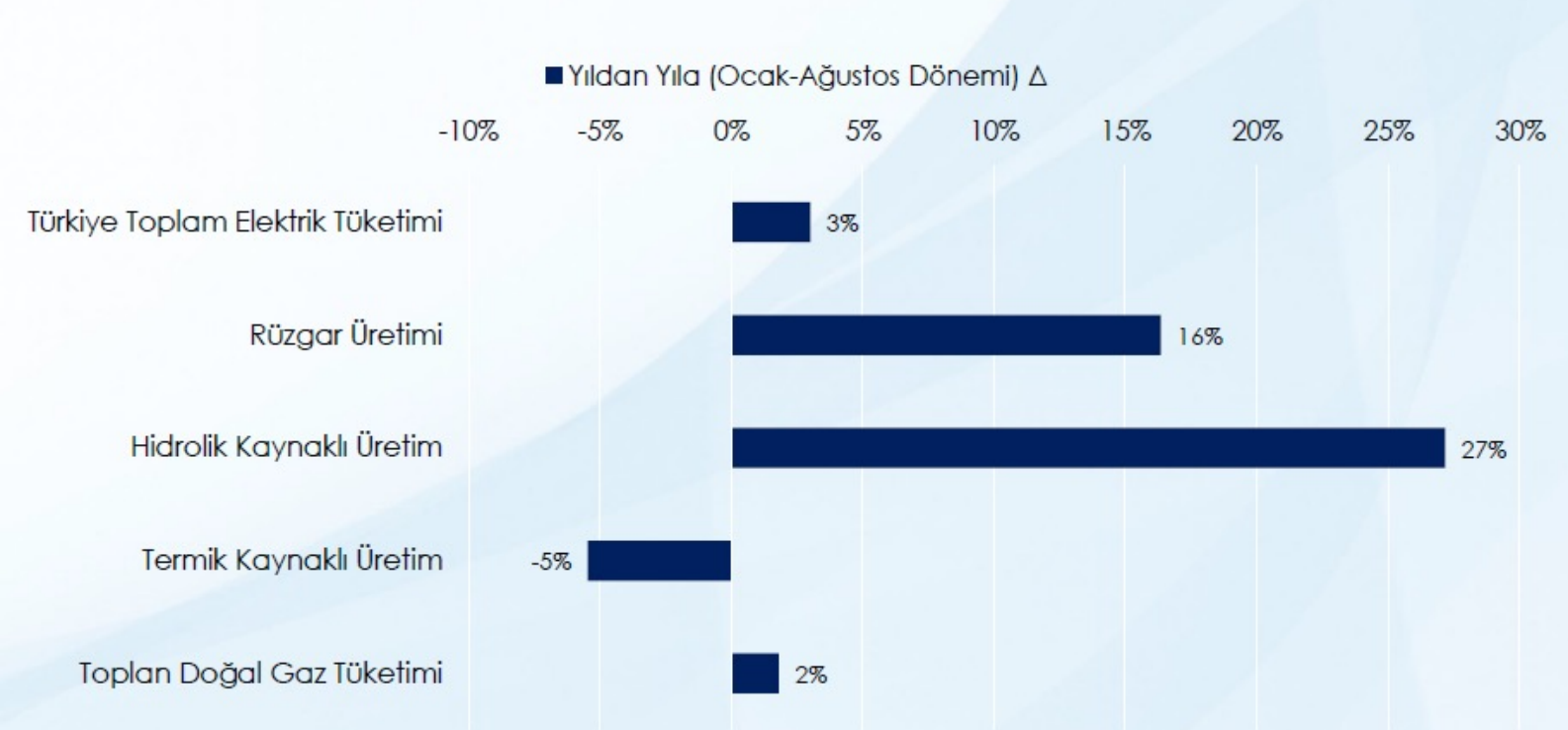


Kaynak : <https://themeritorder.substack.com/p/coming-soon-california-duck-curve>



Kaynak : Şeffaflık platformu EPIAS

 <b>Gaz Tüketimi</b>	 <b>Elektrik Tüketimi</b>	 <b>Rüzgar</b>	 <b>Hidro</b>	 <b>Termik</b>
Ocak-Ağustos 2024 Türkiye Doğal Gaz Tüketimi (Milyar m3)	Ocak-Ağustos 2024 Türkiye Elektrik Tüketimi (GWh)	Ocak-Ağustos 2024 Türkiye Rüzgar Kaynaklı Üretim (GWh)	Ocak-Ağustos 2024 Türkiye Hidroelektrik Kaynaklı Üretim (GWh)	Ocak-Ağustos 2024 Türkiye Termik Kaynaklı Üretim (GWh)
<b>34,9</b>	<b>223.637</b>	<b>50.986</b>	<b>56.646</b>	<b>104.472</b>



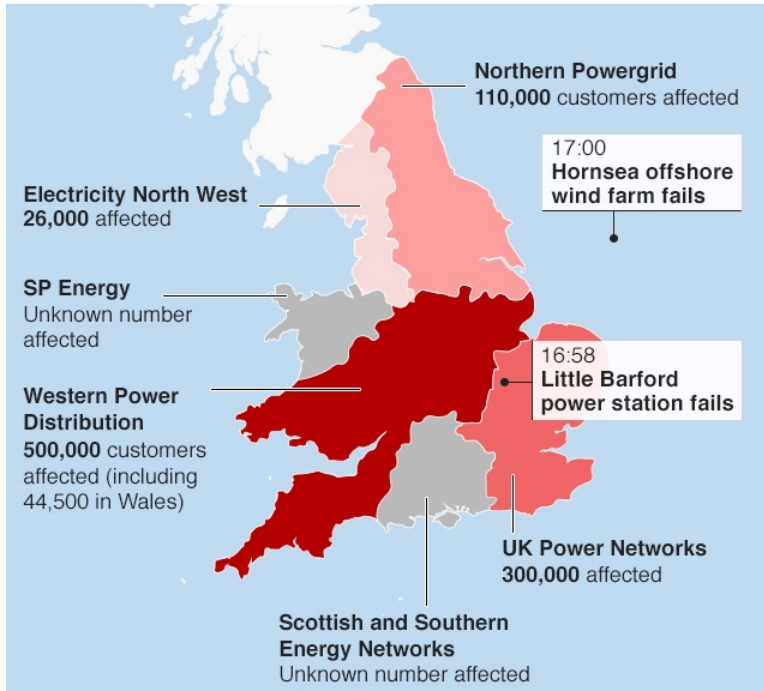
Kaynak : Şişecam Ağustos Enerji Raporu

Üretim Kaynak Tipi	Ocak-Ağustos 2024		Ocak-Ağustos 2023		Değişim
	MWh	Yüzdesel Oran	MWh	Yüzdesel Oran	Yüzdesel Oran
Doğal Gaz	34.731.869	15,9%	41.861.311	20,4%	-17,0%
İthal Kömür	43.367.106	19,8%	42.497.389	20,7%	2,0%
Linyit ve Taş Kömür	25.794.349	11,8%	25.224.732	12,3%	2,3%
HES Üretim	56.646.371	25,9%	44.548.864	21,7%	27,2%
Rüzgar	25.492.760	11,7%	21.910.537	10,7%	16,3%
Güneş	17.661.683	8,1%	13.023.142	6,3%	35,6%
Jeotermal	5.673.046	2,6%	5.754.219	2,8%	-1,4%
Biyokütle Ve Diğerleri	6.450.266	3,0%	5.795.234	2,8%	11,3%
Fuel Oil + Asfaltit + Nafta+ LNG	578.623	0,3%	924.842	0,4%	-37,4%
Uluslararası Enerji Ticareti	2.156.379	1,0%	4.059.264	2,0%	-46,9%
<b>Toplam</b>	<b>218.552.446</b>	<b>100%</b>	<b>205.599.527</b>	<b>100%</b>	<b>6,3%</b>

Kaynak : Şişecam Ağustos Enerji Raporu

## England and Wales power cut

Customers affected in each electricity supply area



Source: Electricity supply companies / National Grid



## Energy Policy

Volume 146, November 2020, 111821

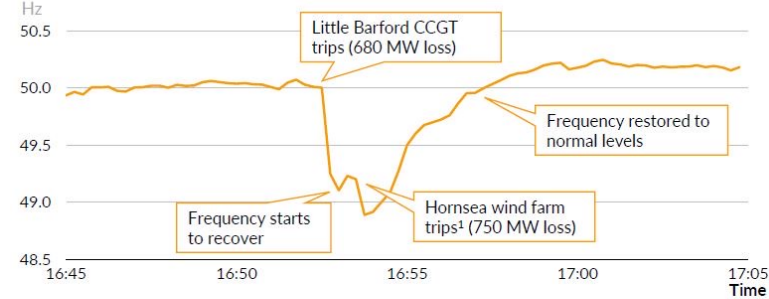


# What does the GB power outage on 9 August 2019 tell us about the current state of decarbonised power systems?

Janusz Bialek <sup>a b</sup>

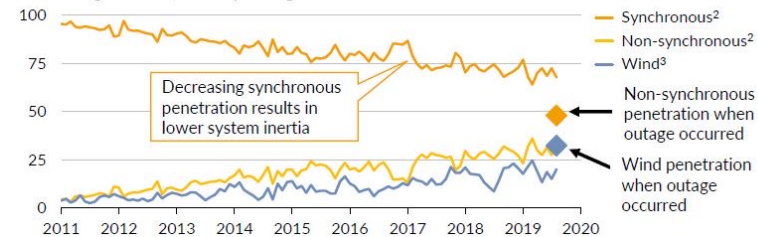
[Show more](#)

Transmission network frequency during outage event



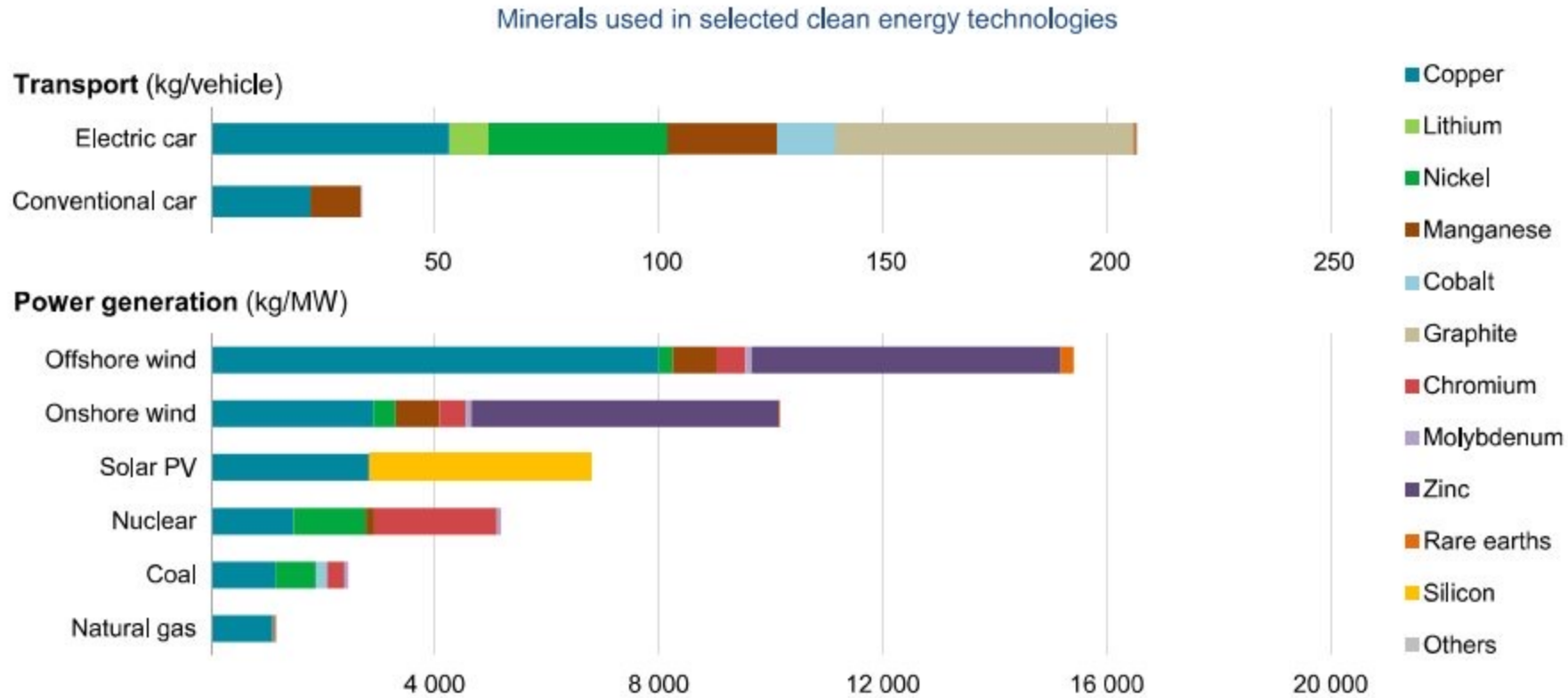
Historic generation in GB<sup>1</sup>

% of total generation, monthly average





The rapid deployment of clean energy technologies as part of energy transitions implies a significant increase in demand for minerals



IEA. All rights reserved.

Notes: kg = kilogramme; MW = megawatt. Steel and aluminium not included. See Chapter 1 and Annex for details on the assumptions and methodologies.

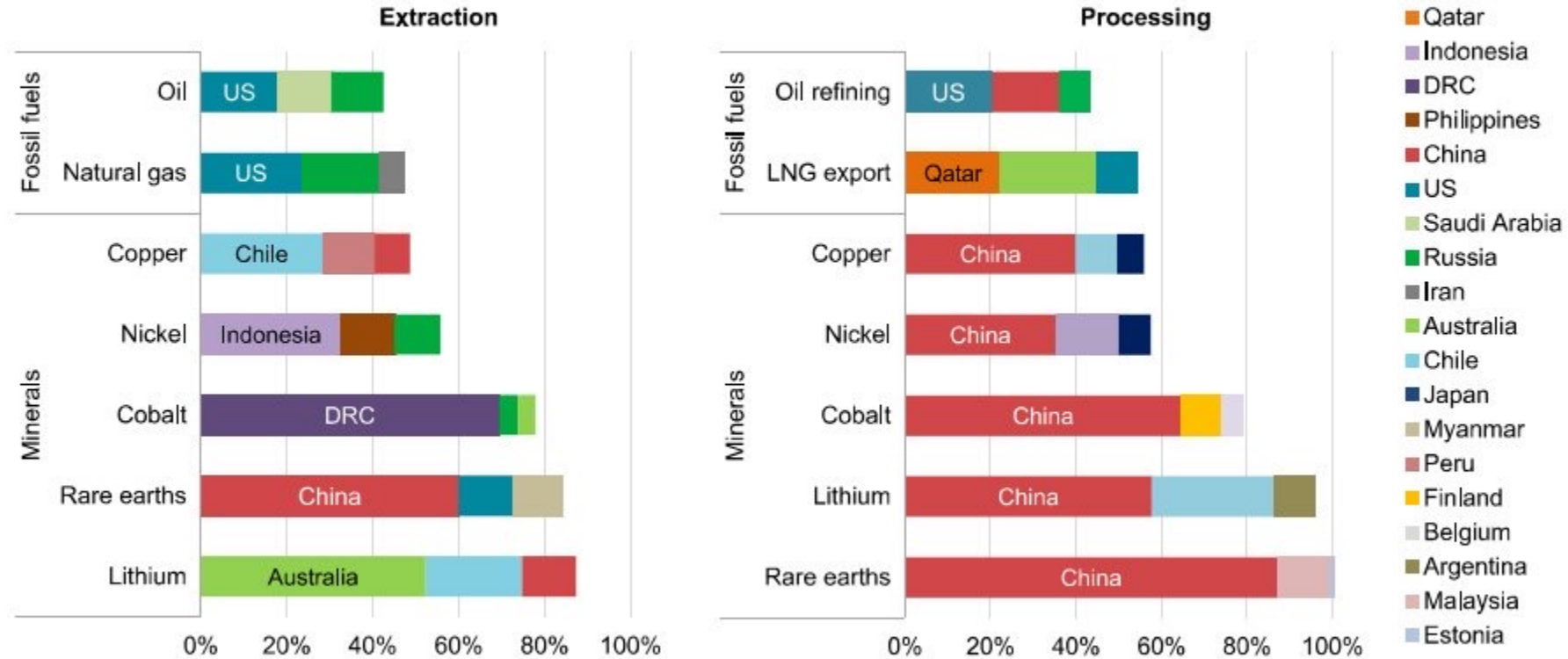
- **Lityum – 40X**
- **Grafen – 20-25X**
- **Kobalt – 20-25X**
- **Nikel – 20-25X**
- **Bakır– 2X**
- **Nadir elementler – 3-7X**

**2050- Net Sıfır için gerekli maden miktarının günümüz üretimine oranı**

[\\*\\*The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – Analysis - IEA](#)

## Production of many energy transition minerals today is more geographically concentrated than that of oil or natural gas

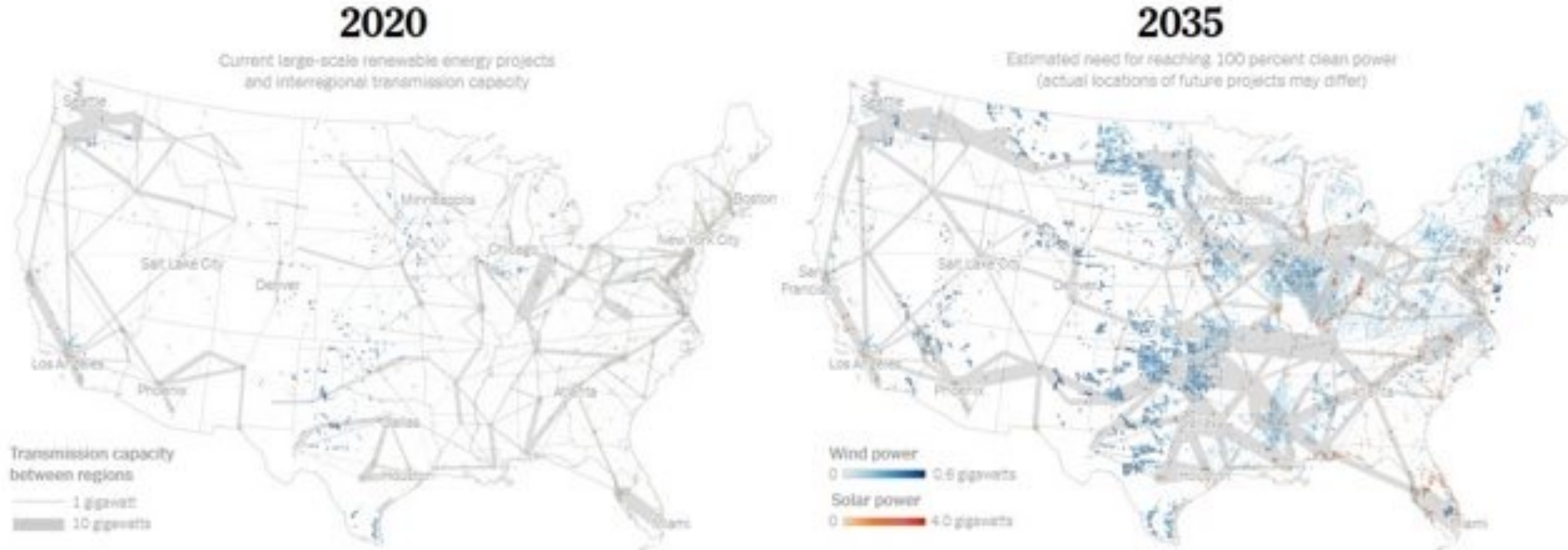
Share of top three producing countries in production of selected minerals and fossil fuels, 2019



IEA. All rights reserved.

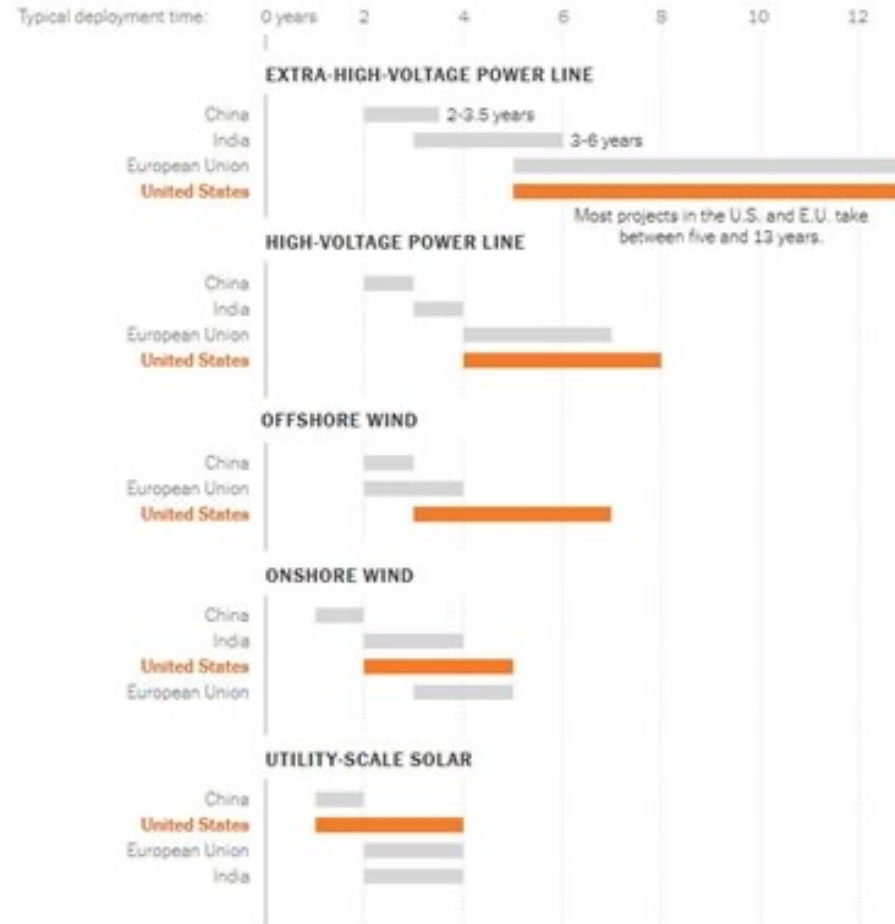
Notes: LNG = liquefied natural gas; US = United States. The values for copper processing are for refining operations.  
Sources: IEA (2020a); USGS (2021), World Bureau of Metal Statistics (2020); Adamas Intelligence (2020).

[\\*\\*The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – Analysis - IEA](#)



Source: National Renewable Energy Laboratory | The 2035 map is based on the "All Options" path from NREL's [100% Clean Electricity by 2035 Study](#). Both maps show utility-scale renewable projects, but do not include distributed installations, like rooftop solar.

### U.S. Clean Energy Projects Can Take Longer To Get Off the Ground



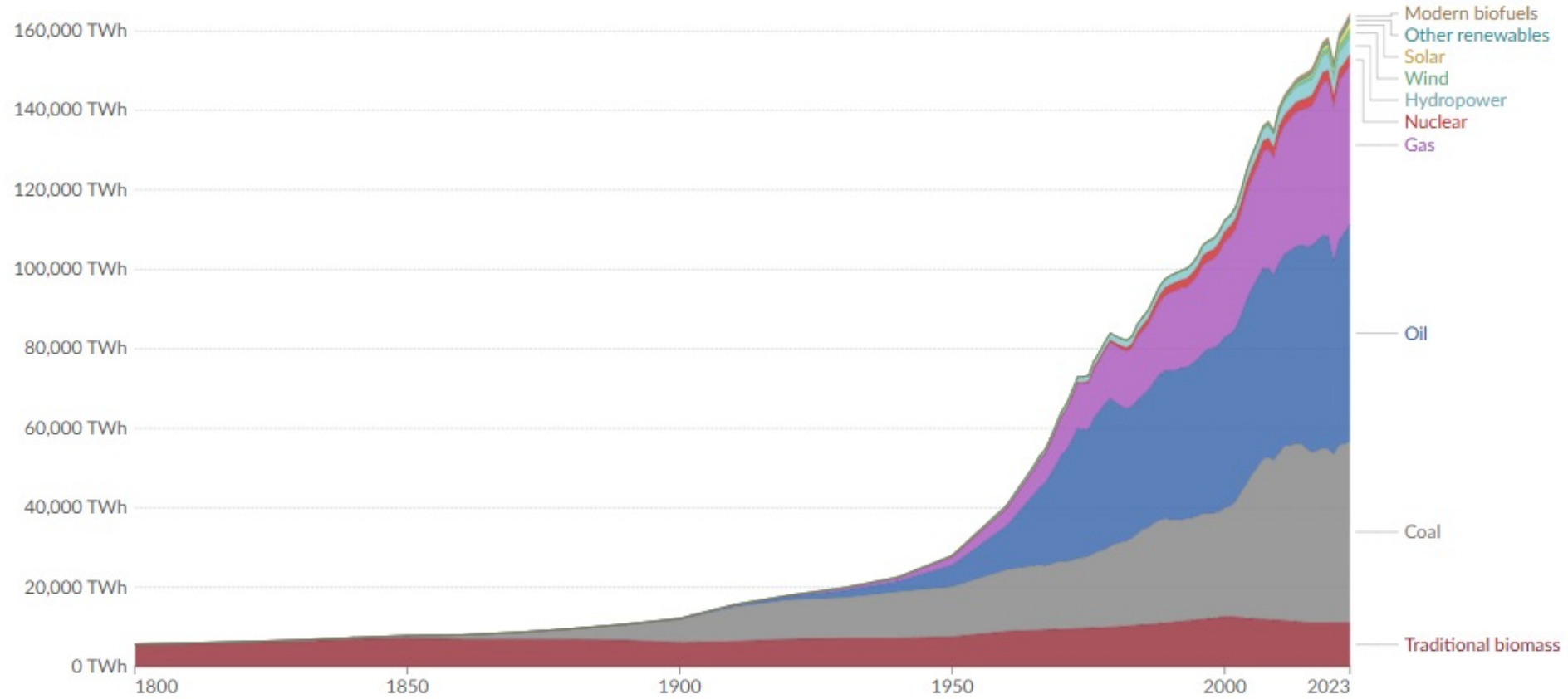
Source: The International Energy Agency's [World Energy Outlook 2022](#) - Notes: Ranges reflect typical projects commissioned in the three years prior to the publication of the I.E.A. report. By then, India had not completed any offshore wind projects. - By The New York Times

## Global direct primary energy consumption

Energy consumption is measured in terawatt-hours, in terms of direct primary energy. This means that fossil fuels include the energy lost due to inefficiencies in energy production.

Table Chart

Settings



Play time-lapse 1800 2023

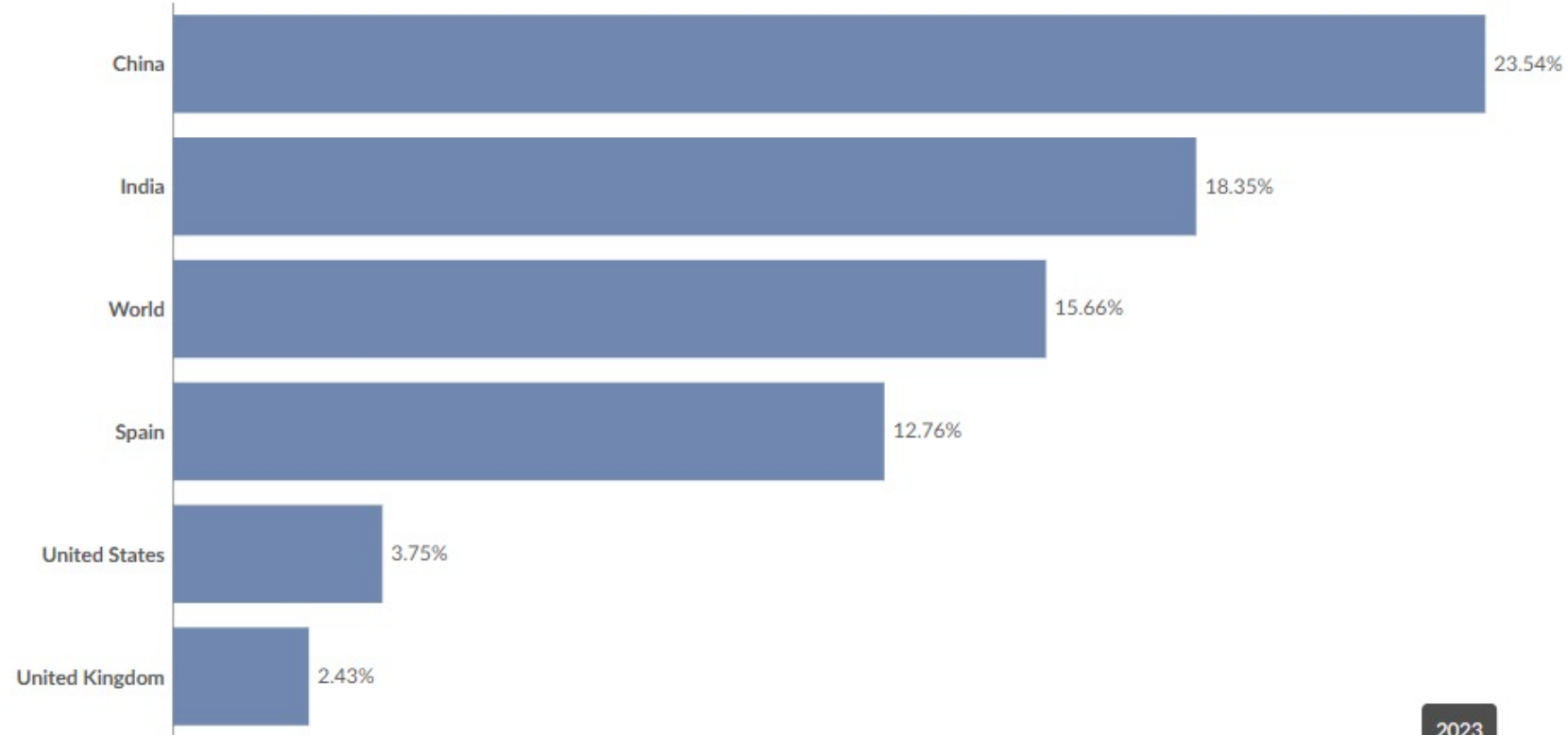
Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Smil (2017) - [Learn more about this data](#)

## Annual percentage change in solar and wind energy generation, 2023

Change in energy generation relative to the previous year.

Our World  
in Data

Table | Map | Chart



Play time-lapse

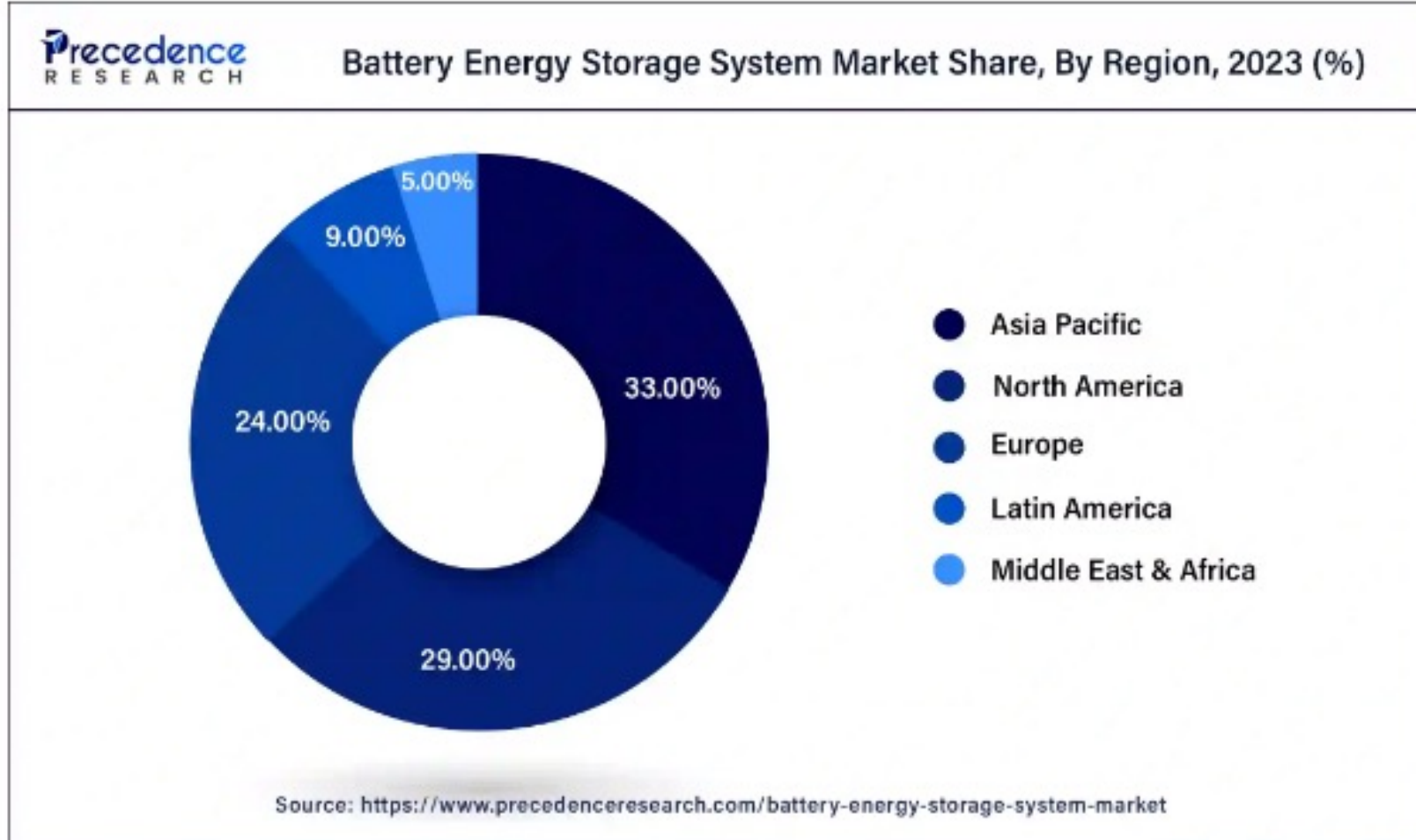
1979

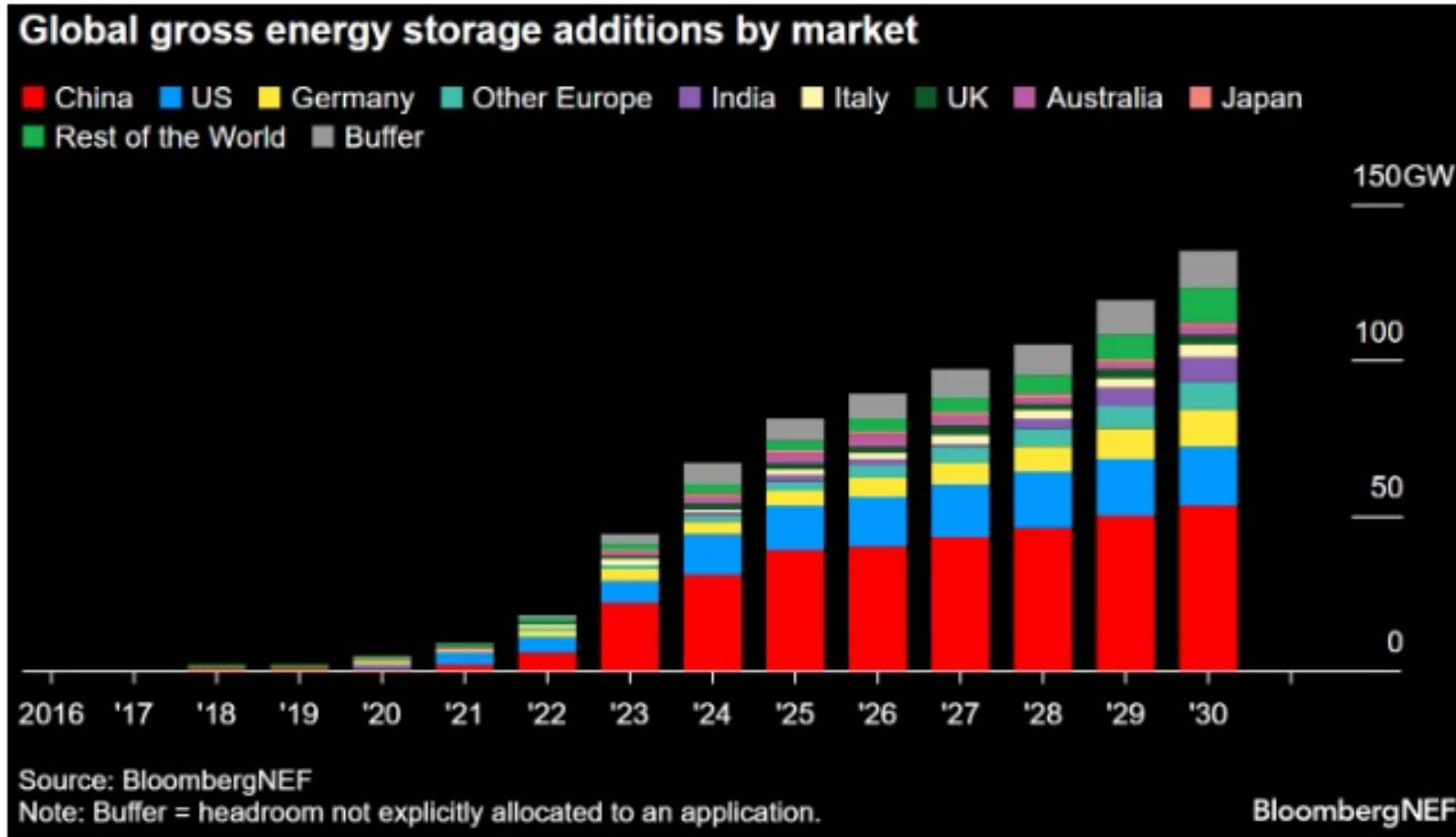
2023

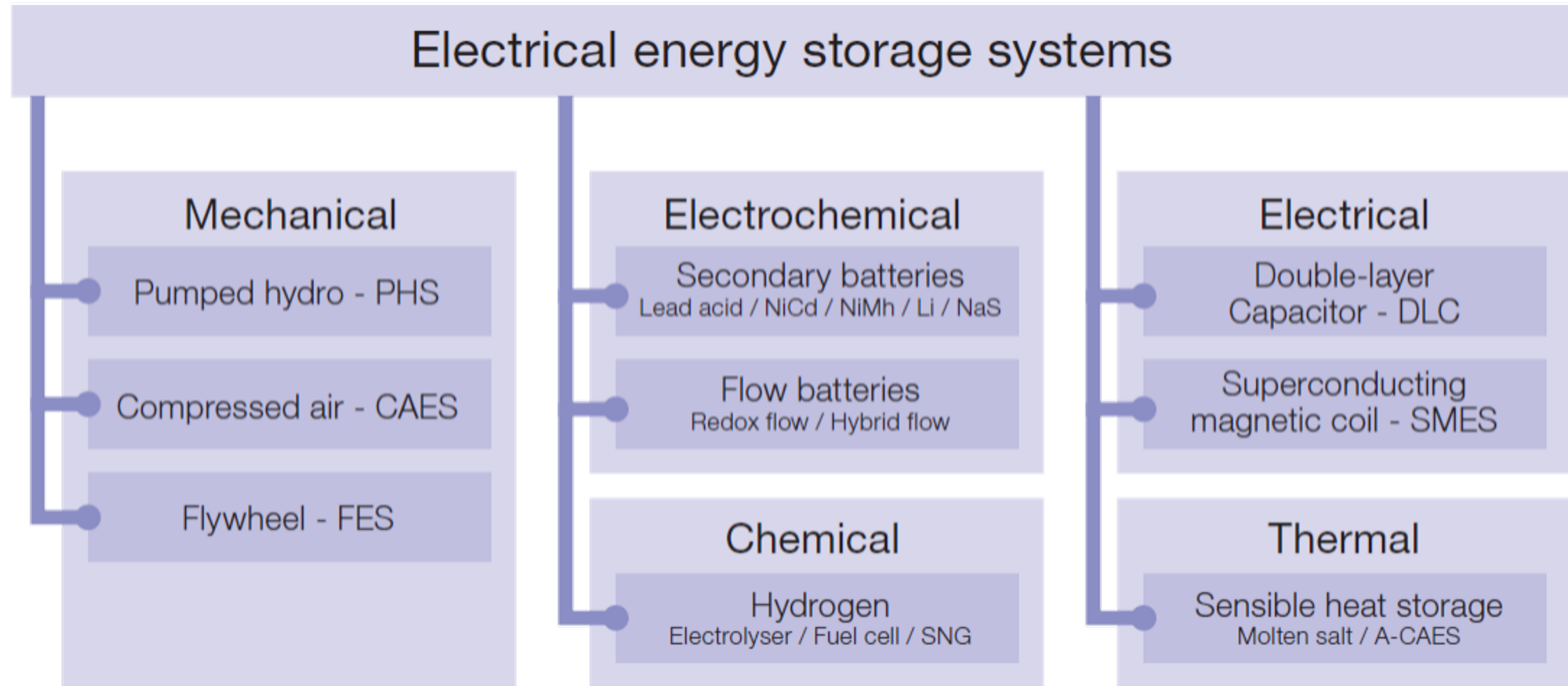
2023

Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024) - [Learn more about this data](#)  
OurWorldinData.org/energy | CC BY









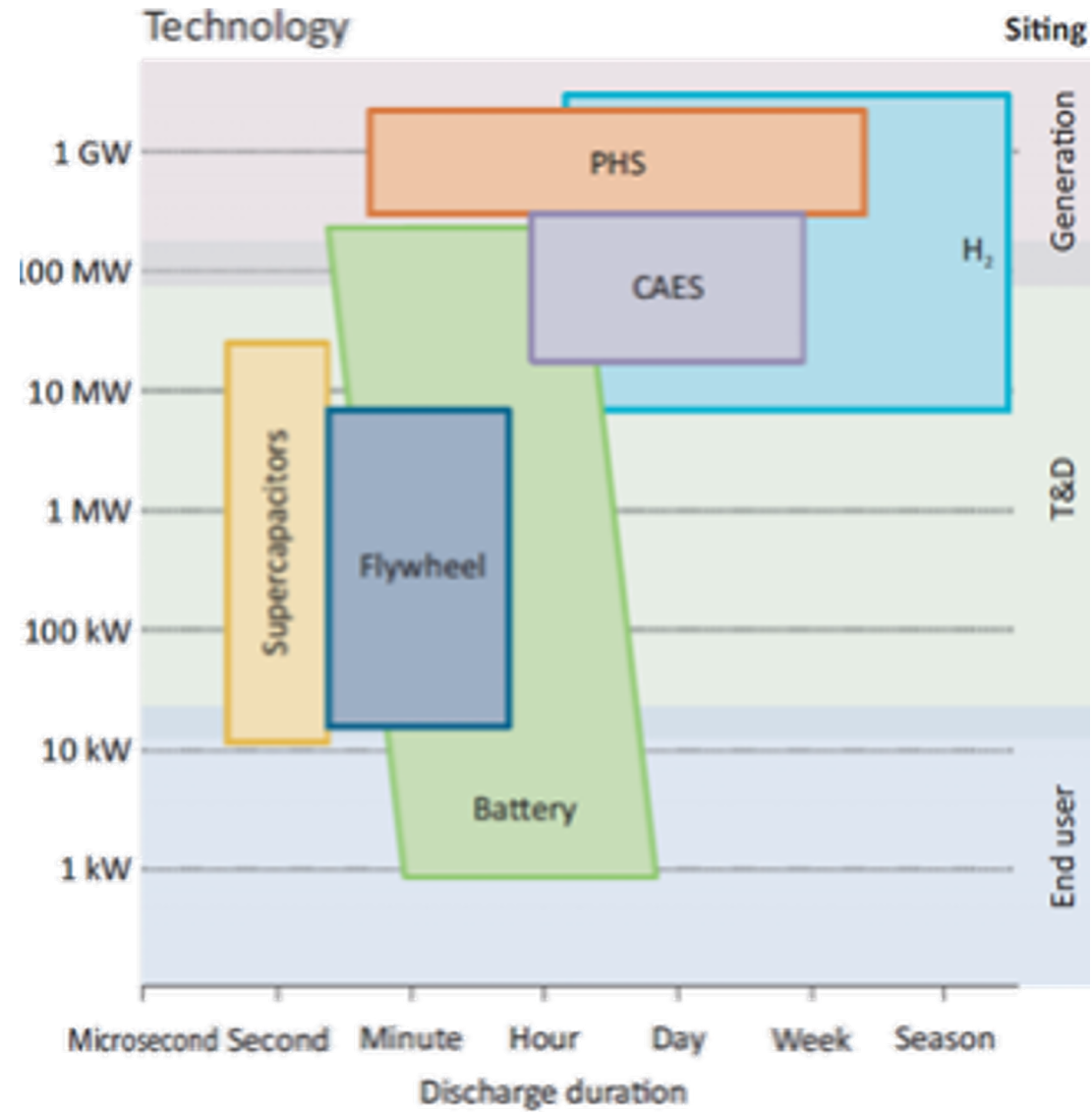
Kaynak: Fraunhofer ISE

		Battery Chemistry				
		LFP	NMC	LCO	LTO	NCA
Features & specifications	Energy density	90-150 Wh/kg	150-220 Wh/kg	150-250 Wh/kg	50-100 Wh/kg	200-280 Wh/kg
	Power density	300-500 W/kg	600-1000 W/kg	300-500 W/kg	1000-3000 W/kg	800-1500 W/kg
	Cycle life	2000-4000	1000-2000	500-1000	5000-10000	1000-2000
	Charge and discharge rates	1C-3C	1C-3C	1C-3C	5C-50C	1C-3C
	Thermal stability	High	Medium	Low	Very High	High
	Recyclability	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Capacity retention (per cycle)	Low	Medium	Varies	Lowest	Medium
	Cost	\$100-150/kWh	\$150-200/kWh	\$200-250/kWh	\$300-400/kWh	\$200-250/kWh

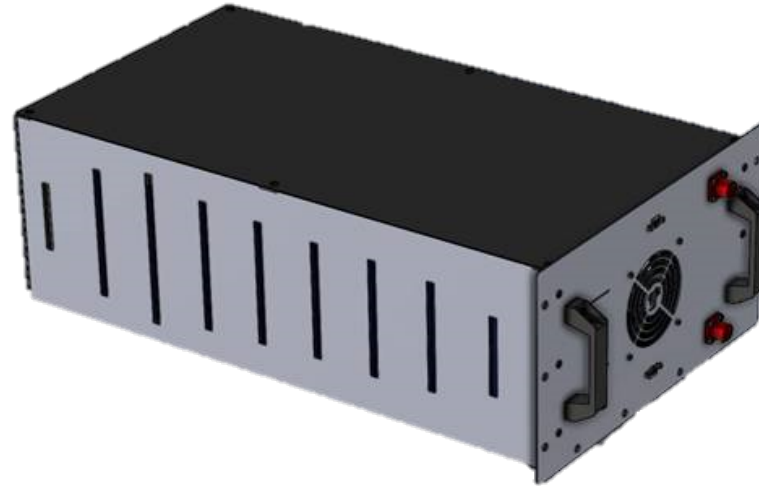
Excellent
 Good
 Average
 Below Average

\*Cathodes considered with a graphite anode- LFP, NMC, LCO, NCA, the anode LTO is paired with NMC or LMO battery chemistry.

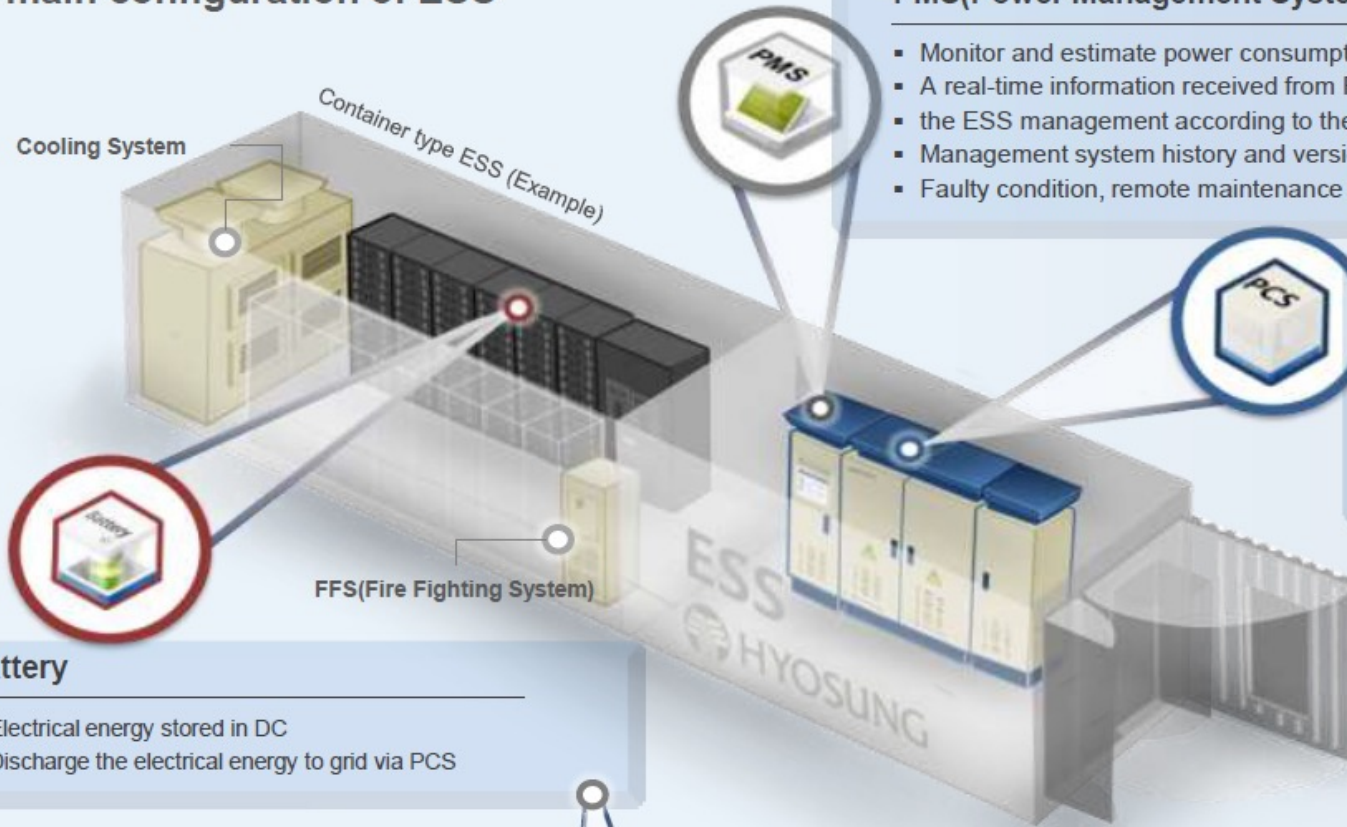
Cell Generation	Cell Chemistry
Generation 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Li/O<sub>2</sub> (lithium-air)</li> </ul>
Generation 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>All solid-state + lithium anode</li> <li>Conversion materials (primarily lithium-sulphur)</li> </ul>
Generation 3c	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: LMFP</li> <li>Anode: graphite</li> </ul>
Generation 3b	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: HE-NMC, HVS (high-voltage spinel)</li> <li>Anode: silicon/graphite</li> </ul>
Generation 3a	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: NMC622 to NMC811</li> <li>Anode: graphite + silicon (5 to 10%)</li> </ul>
Generation 2b	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: NMC523 to NMC622</li> <li>Anode: graphite</li> </ul>
Generation 2a	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: NCM111</li> <li>Anode: 100% graphite</li> </ul>
Generation 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: LFP, NCA</li> <li>Anode: 100% graphite</li> </ul>
Generation 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cathode: LCO</li> <li>Anode: graphite</li> </ul>



Kaynak: IRENA, Sandia Ulusal Laboratuvarları



## The main configuration of ESS



### PMS(Power Management System)

- Monitor and estimate power consumption and active operation
- A real-time information received from PCS to monitor the ESS
- the ESS management according to the host controller command
- Management system history and version
- Faulty condition, remote maintenance for recovery available

### PCS(Power Conditioning System)

- Invert DC power stored in batteries to AC power with voltage and frequency of commercial
- Convert AC power to DC and charged in batteries

### Battery

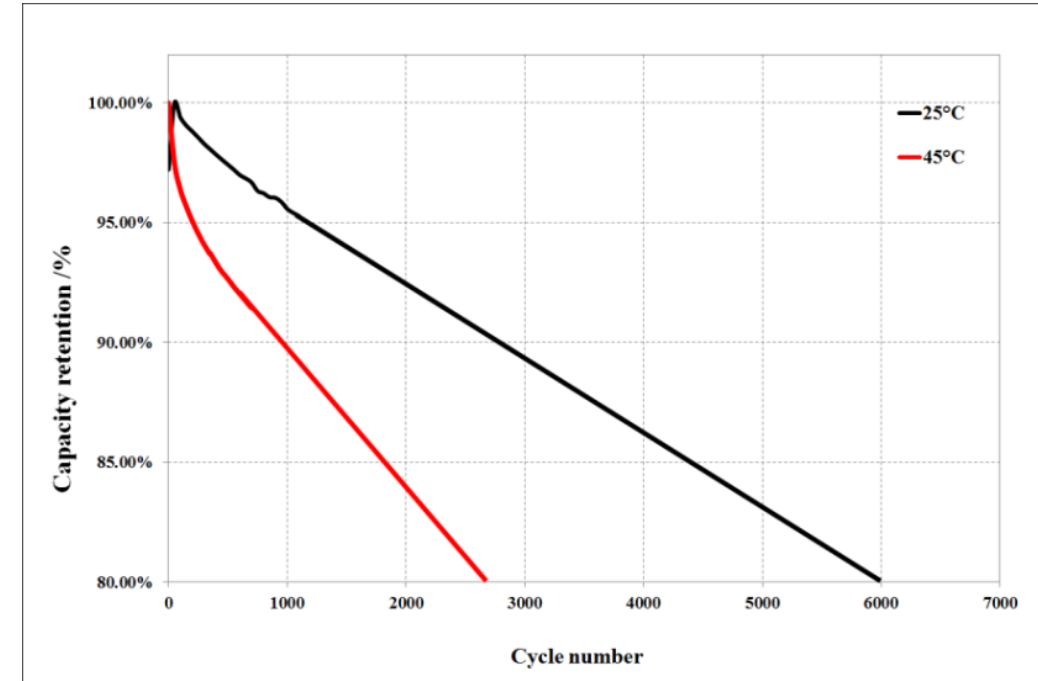
- Electrical energy stored in DC
- Discharge the electrical energy to grid via PCS

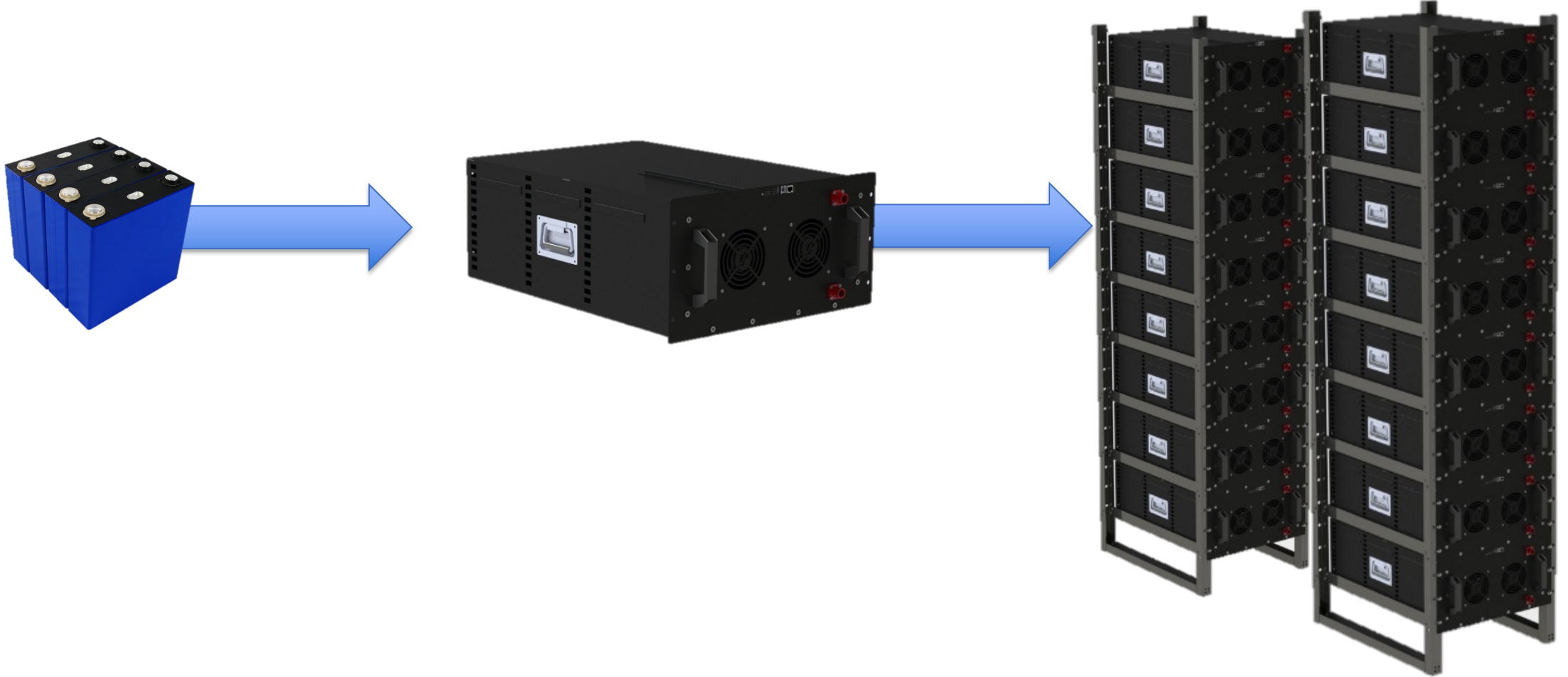
### BMS(Battery Management System)

- Monitoring battery's current, voltage, temperature, SOC, devices status
- Exchange information and data to communicate with PCS

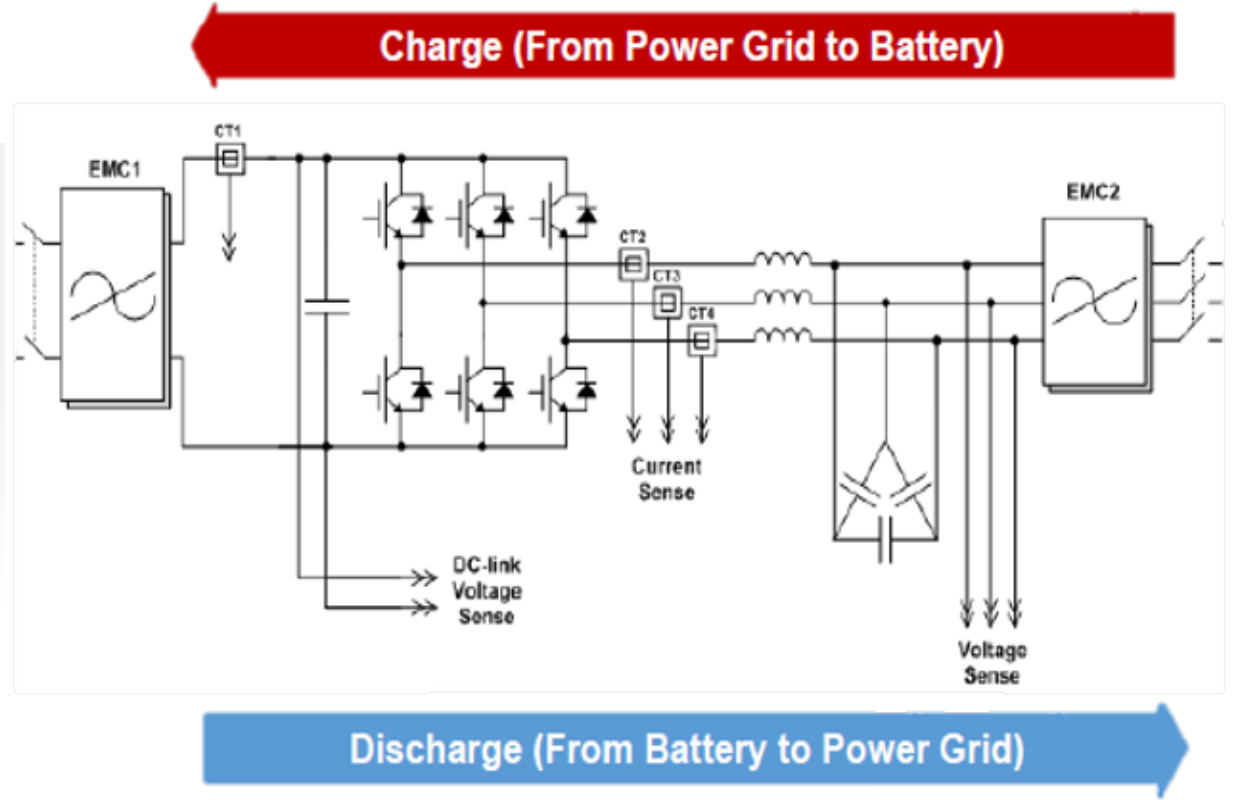


- Standart Kapasite 280.0 Ah
- Standart Voltaj 3.2 V
- AC Empedans Direnci (1KHz)  $\leq 0.25 \text{ m}\Omega$
- Sürekli şarjı / Deşarjı 1 C/1 C
- Darbe (pulse) Şarjı / deşarjı (30s) 2 C/2 C
- Döngü Ömrü  $\geq 6000$  döngü





PCS, şebekeden gelen AC gücü DC bataryayı şarj etmek için DC'ye dönüştürülebilir ve DC batarya gücünü boşaltmak için DC'yi AC'ye dönüştüren yani AC ve DC arasında dönüşüm sağlayan çift yönlü bir güç dönüştürme cihazıdır.



- Tek kabinde modüler dizayn ve geniş güç aralığı
- Çoklu batarya girişi, farklı batarya giriş uygulamaları
- Verim > % 98
- **Uyumluluk;**
  - CE LVD IEC 62477,
  - CE EMC IEC 61000,
- **Şebeke kodları**
  - G99,
  - VDE-AR-N 4105,
  - EN 50549-1:2019
  - AS4777



## PMS (POWER MANAGEMENT SYSTEM - GÜÇ YÖNETİM SİSTEMİ)

PMS, Depolama sisteminin içerisinde yer alan Güç Dönüştürücü ve batarya sistemi ile haberleşerek gerekli güç yönetimini sağlayan, anlık veri akışının olduğu, alarm ve verilerin canlı olarak izlenebildiği bir kontrol cihazıdır.

### PMS's main functions



System Monitoring

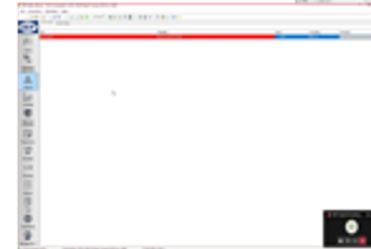


Measure Data



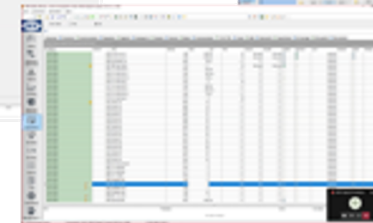
Operation Control

### I / O Status



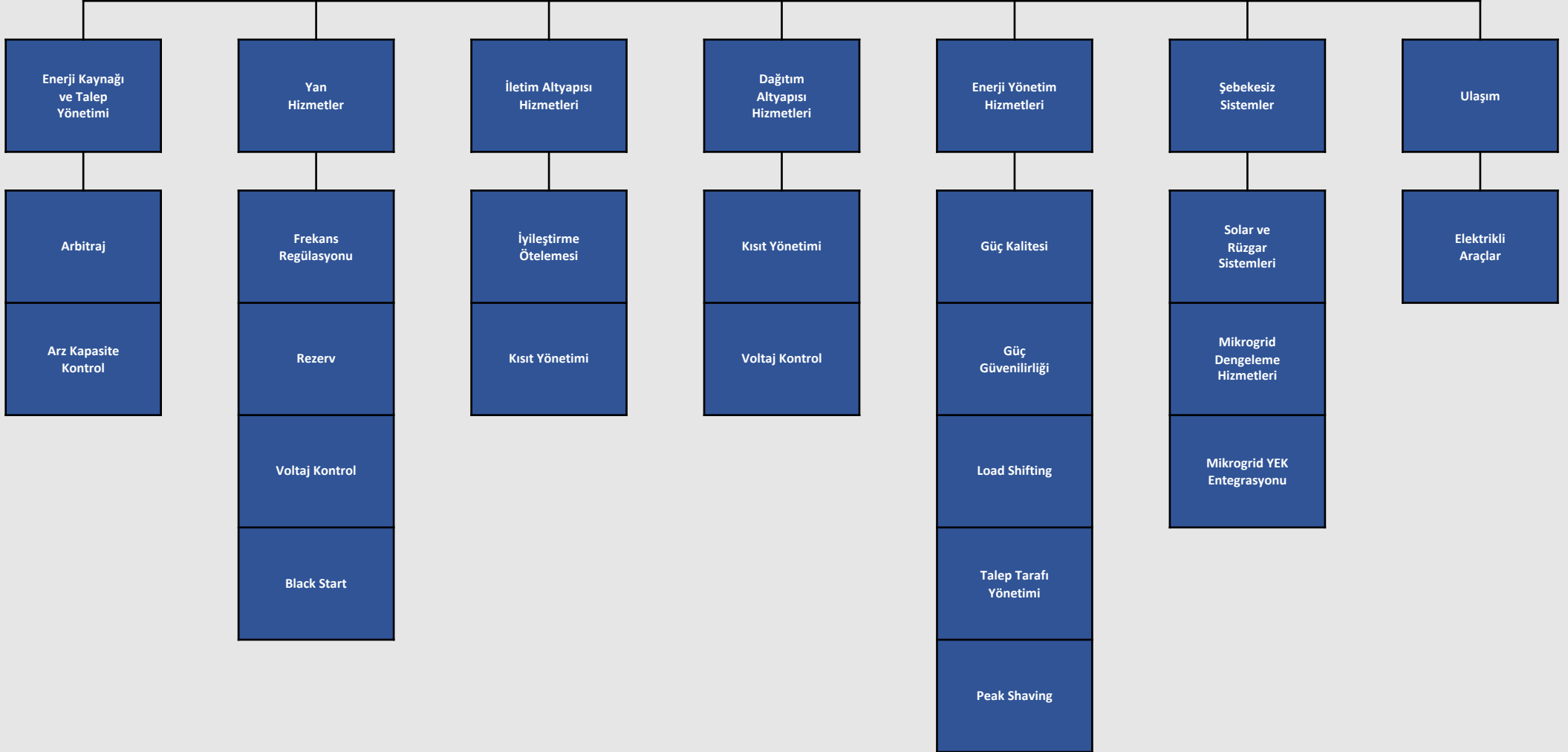
Confirmation of Alarm

### Setting of Control Conditions

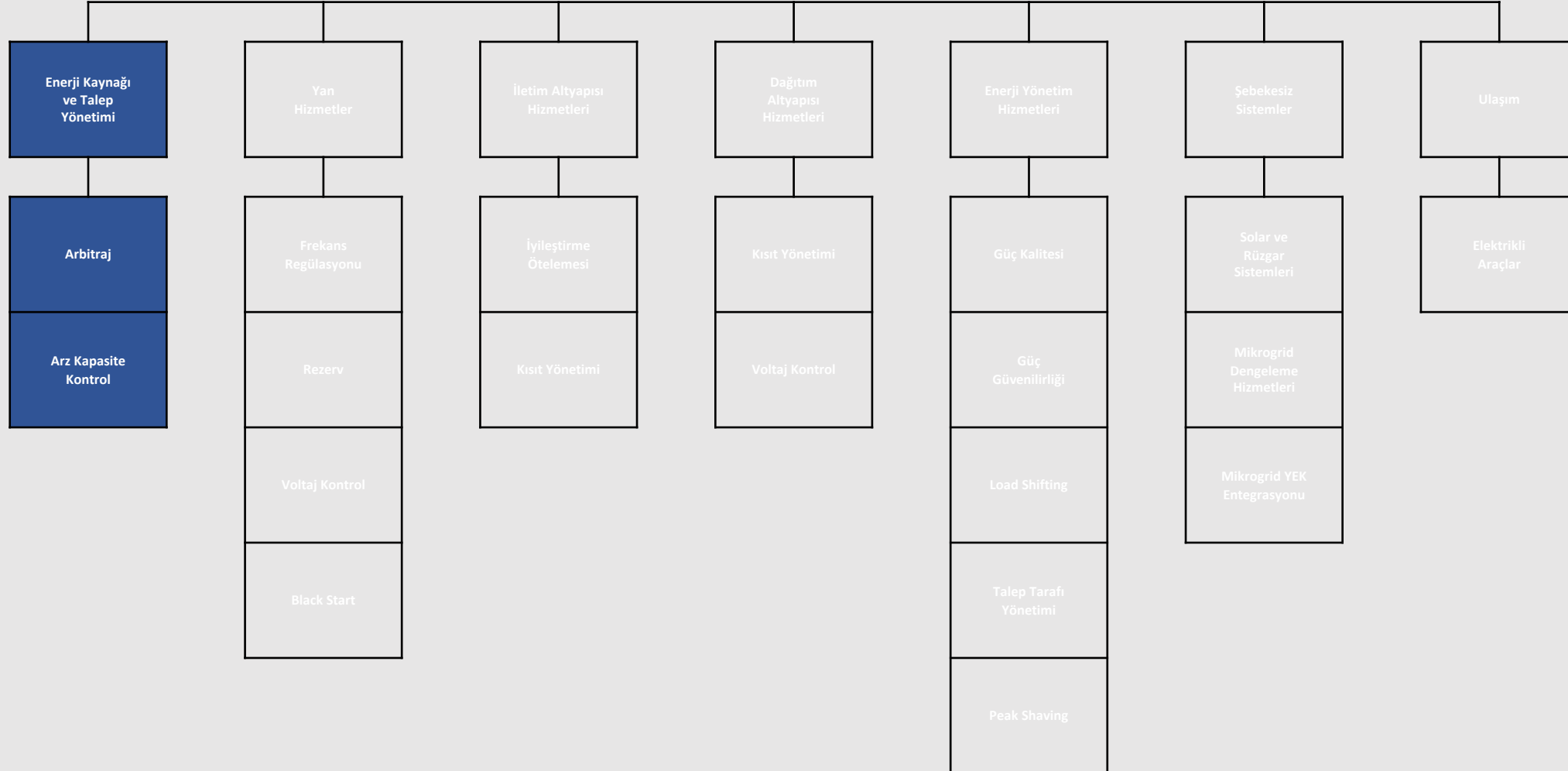


Report

TESS UYGULAMA ALANLARI



TESS UYGULAMA ALANLARI

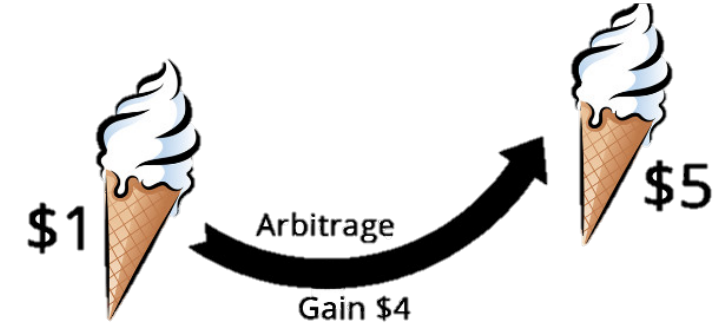


- **Enerji Arbitrađı**

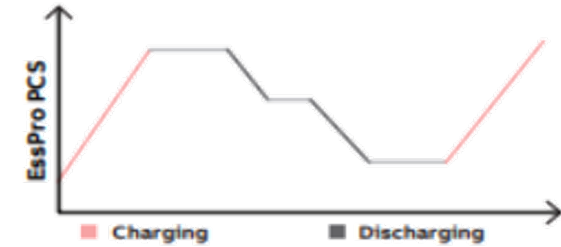
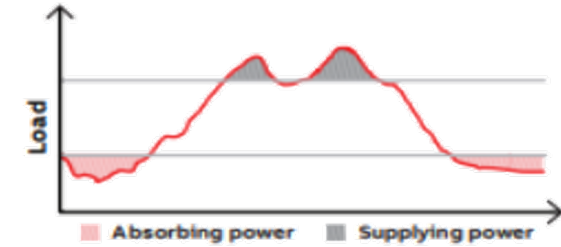
Enerji depolama sistemleri; elektriğin fiyatının düşük olduğu zaman aralığında depolanarak satış fiyatının pahalı olduğu zaman aralığına kaydırılması için kullanılmaktadır.

- **Esnek Kapasite**

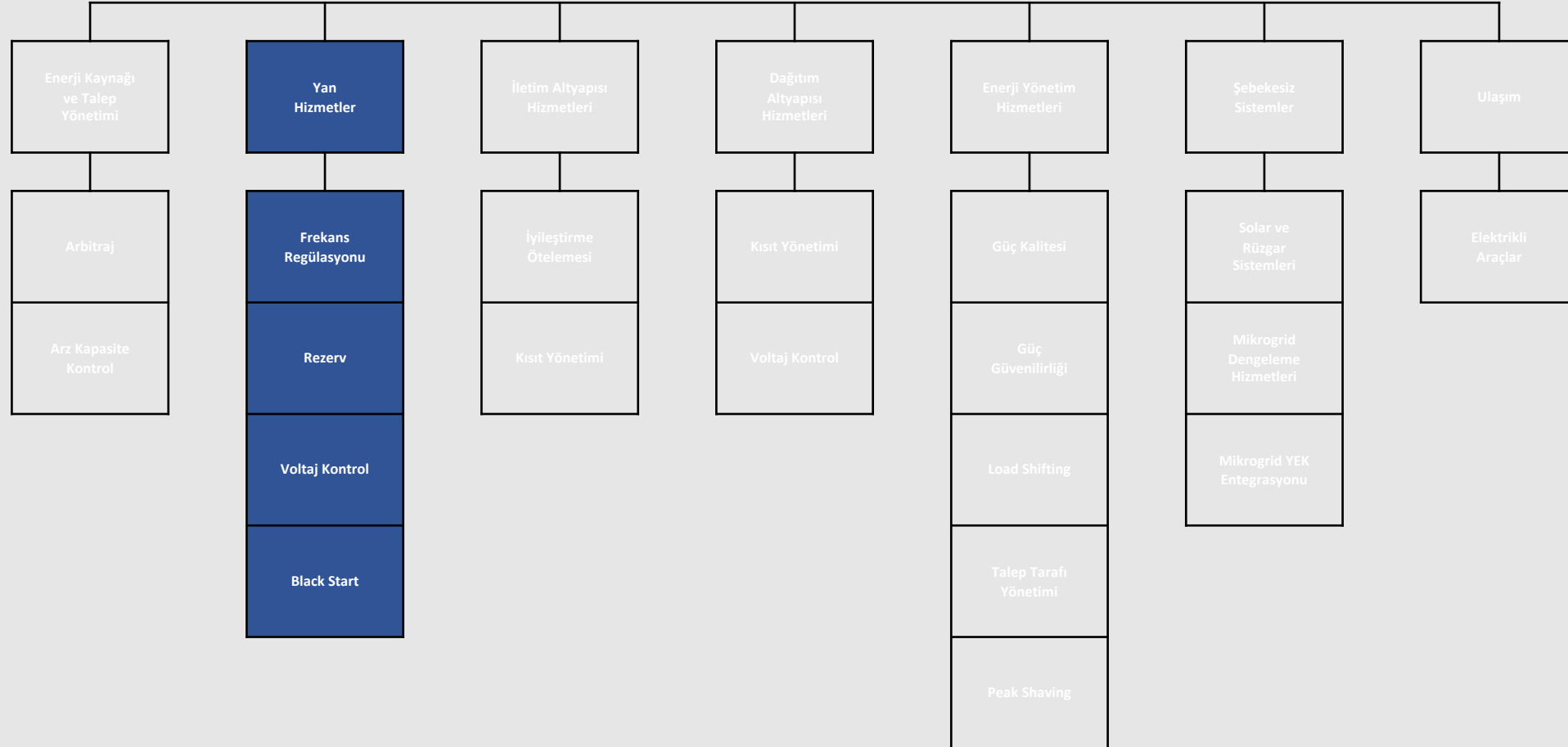
Puant yükü karşılamak ve sıklıkla görülmeyen ani güç ihtiyaçlarını karşılamak için enterkonnekte şebekelerde ek üretim kaynakları, puant yük santralleri, enerji ithalatı gibi esnek kapasite yöntemleri kullanılmaktadır. Enerji depolama sistemleri kullanıma hazır rezerv kapasite olarak önemli bir esnek kapasite seçeneğidir



**Load leveling**

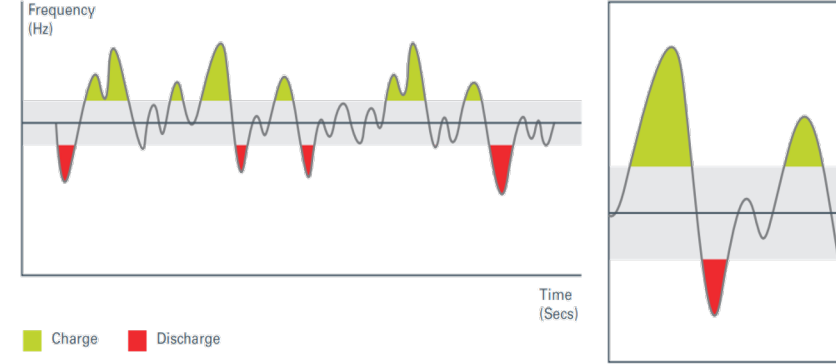


TESS UYGULAMA ALANLARI

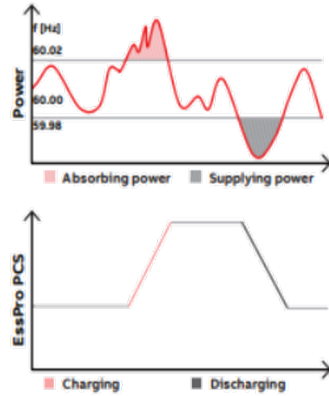


- **Şebeke Frekans Desteği**

Üretim ve yük arasındaki oluşabilecek dengesizliğin giderilmesi için kısa süreli güç desteği ve frekans regülasyonu gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artması ile şebekeye bağlı frekans rezervi olarak kullanılan jeneratör sayısı azalmakta, frekans kontrolünü zorlaştırmaktadır.



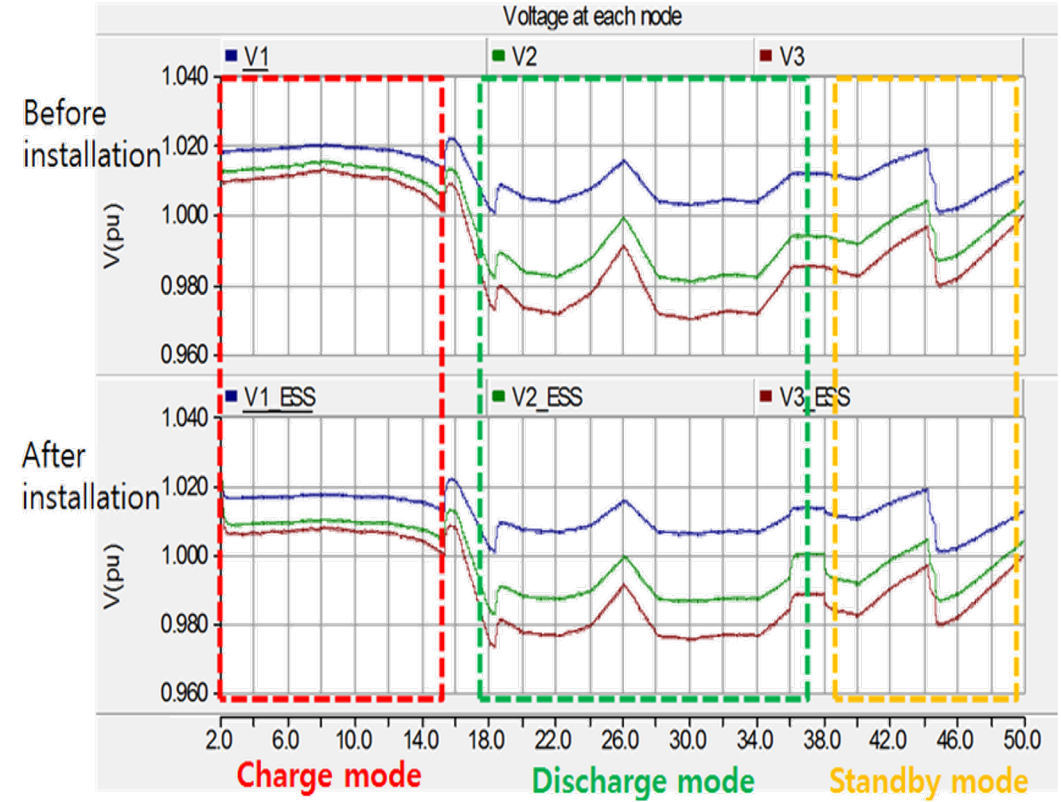
Frequency regulation



Enerji depolama sistemleri ile sistem güvenilirliğini artırmak için daha hızlı bir frekans kontrol rezervi oluşturulabilir. Primer frekans kontrolü yan hizmet faydasının yanı sıra aynı zamanda baz yük santrallerin ana trafolarına entegre edilerek santralin frekans kontrol hizmetlerinin pil tesisi üzerinden kesintisiz bir şekilde sağlanması mümkün olabilmektedir.

- **Reaktif Güç Desteği ve Gerilim Kontrolü**

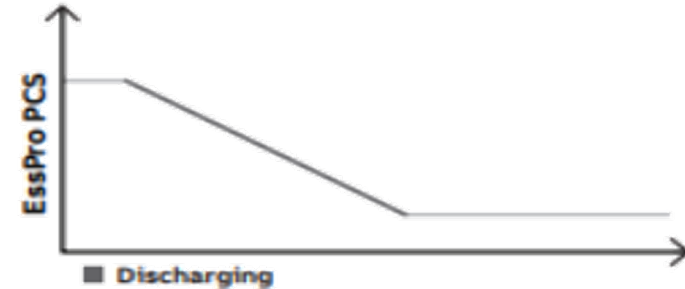
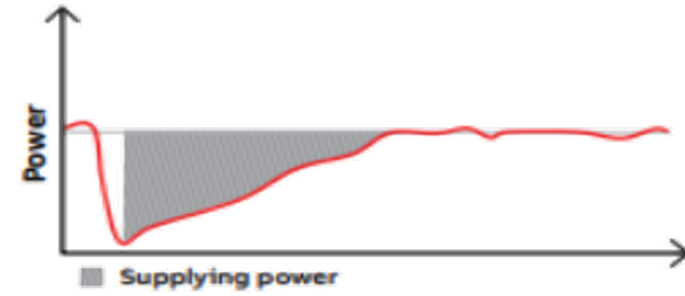
Generatörler, yükler ve elektrikli makineler farklı seviyelerde reaktif güç sağlayabilmektedir. Çeşitli enerji depolama yöntemleri sisteme reaktif enerji sağlayabilmekte ve senkron halde kalmasına yardımcı olabilmektedir.



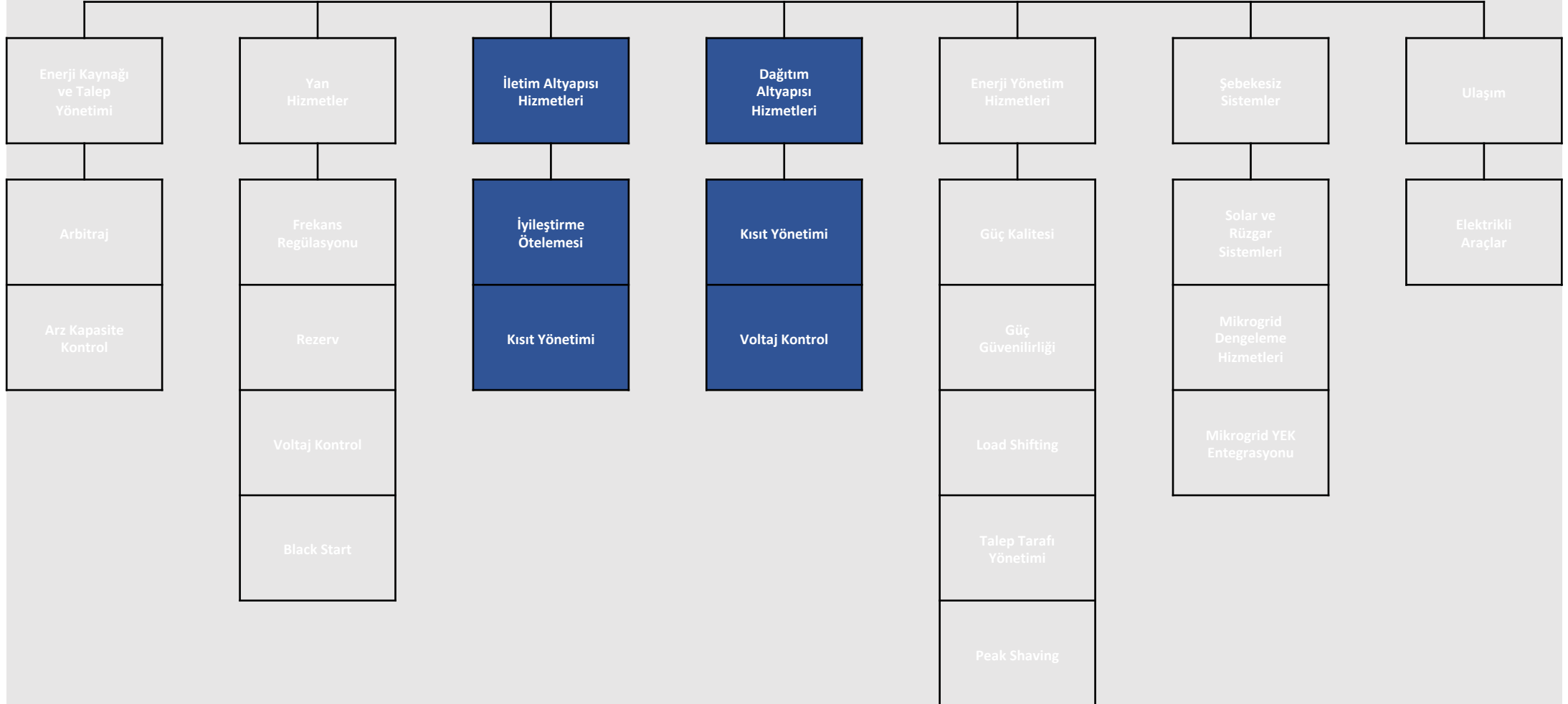
- **Jeneratör Başlangıç Gücü (Black Start)**

Pek çok jeneratör çalışabilmek için başlangıç gücüne ihtiyaç duymaktadır. Enerji depolama sistemleri ile karşılanabilen bu kapasite jeneratörlerin yeniden devreye girebilmesinde çok önemlidir.

### Spinning reserve



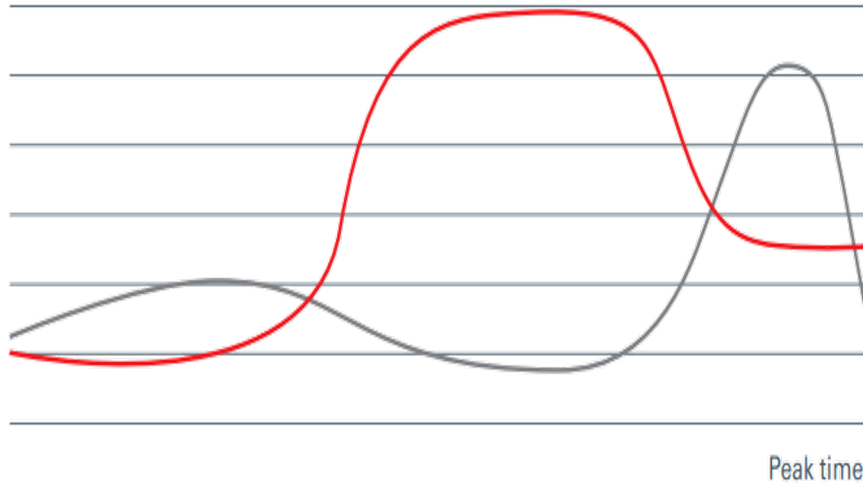
TESS UYGULAMA ALANLARI



- **Enerji İletim ve Dağıtım Yönetimi (Yatırım Öteleme)**

Enerji santralleri genellikle nüfus yoğunluğunun olmadığı bölgelere kurulmuştur. Üretilen enerji iletim hatlarıyla tüketicilere kadar ulaştırılır. Talebin yüksek olduğu dönemlerde iletim hatlarında yoğunluk yaşanmaktadır.

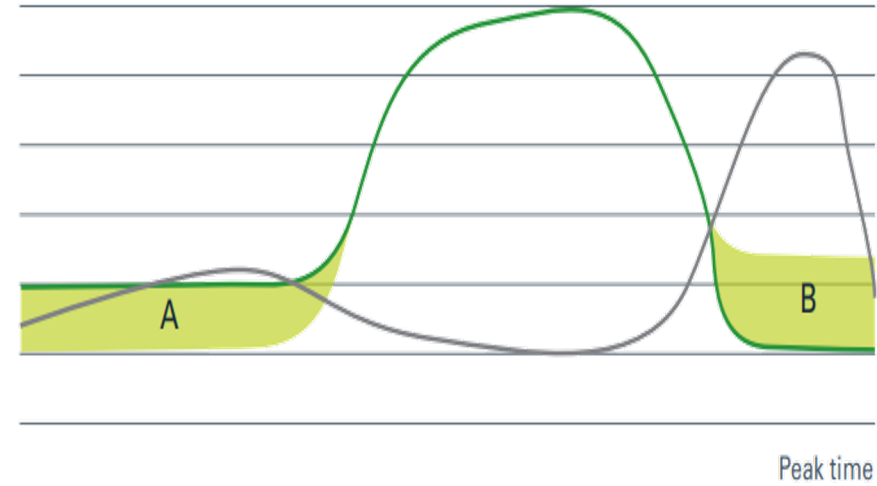
Grid energy consumption without energy storage



— Grid electricity costs

— Grid electricity consumption without energy storage

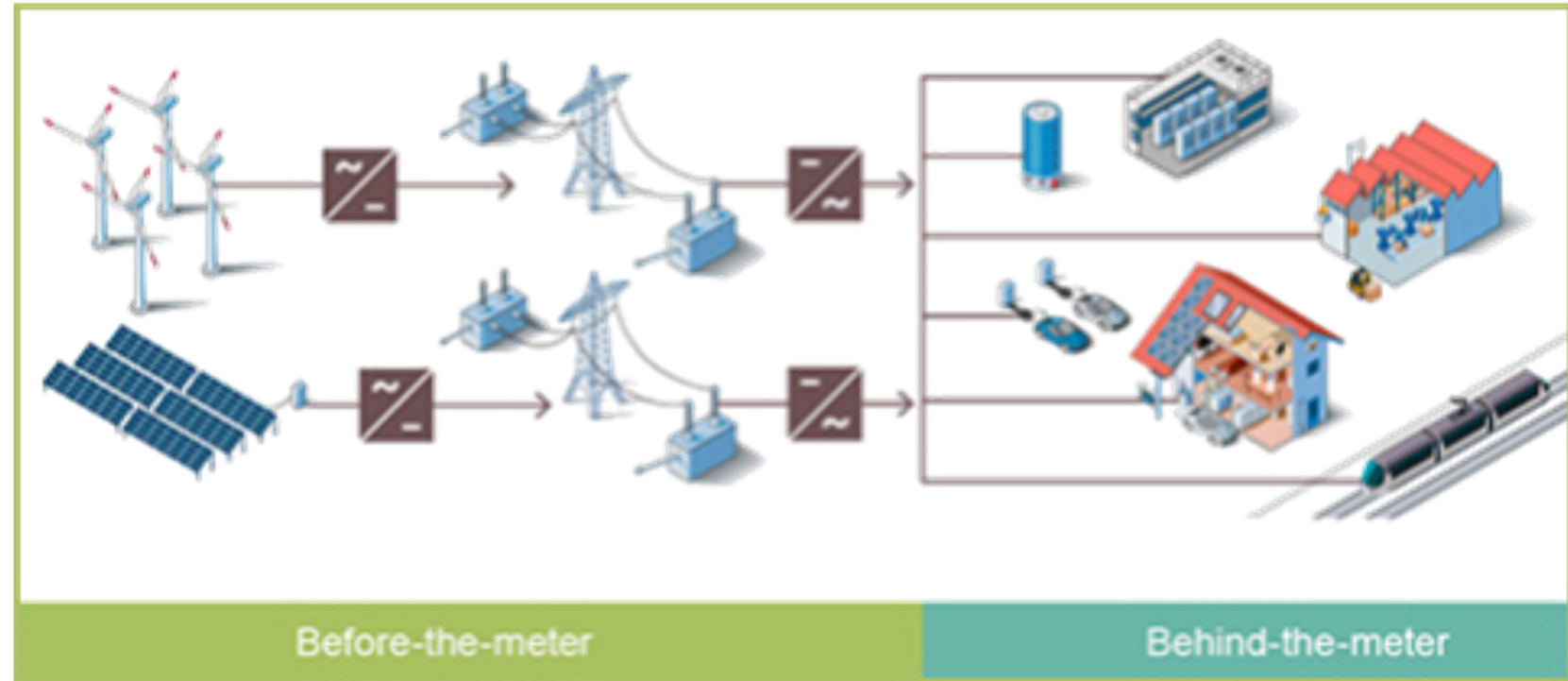
Grid energy consumption with energy storage



— Grid electricity consumption with energy storage

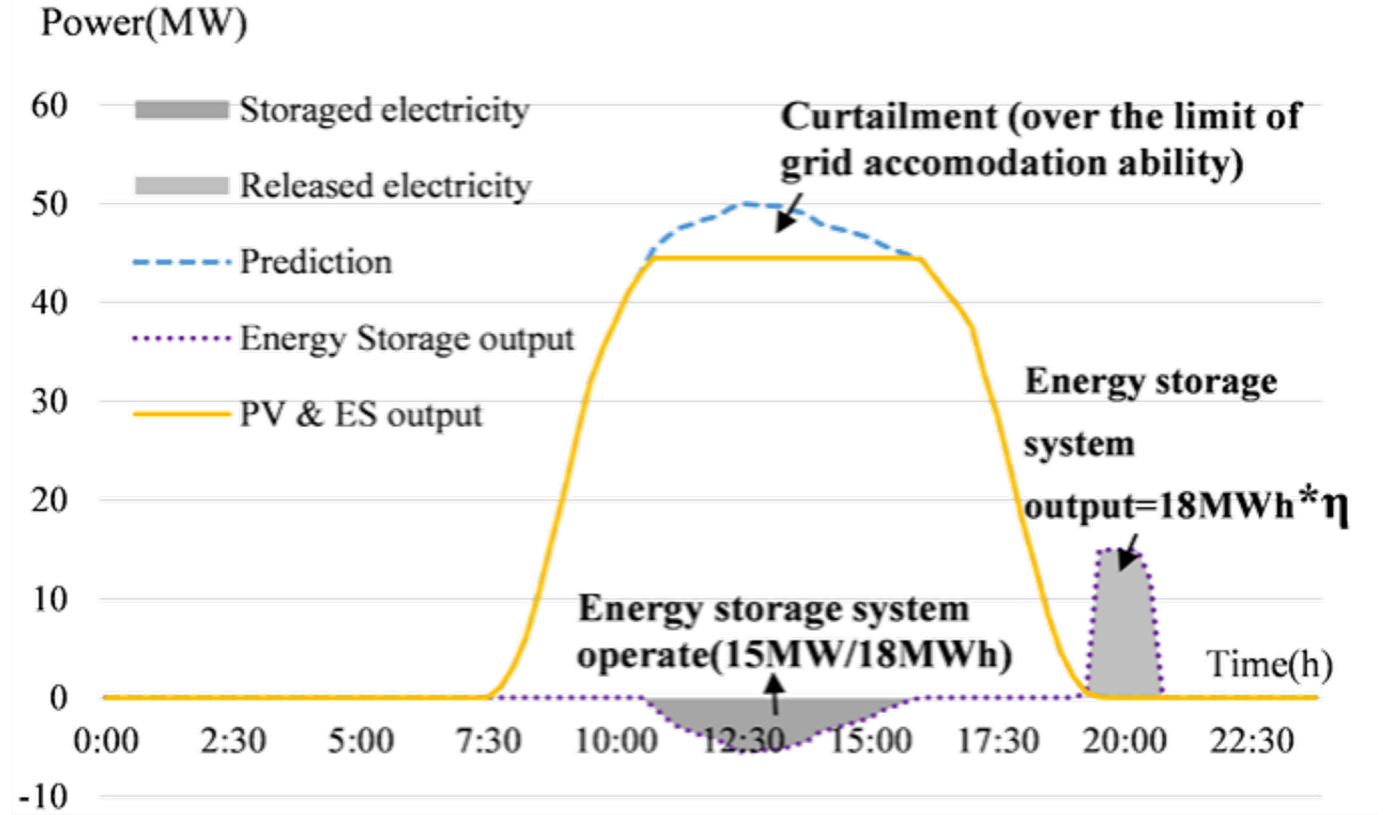
■ Load Shifting A=B

Tüketicilere yakın bölgelerde üretilen enerjinin depolanması ve ihtiyacın yerel enerji depolarından karşılanması verimli olmanın yanında iletim hatlarının mevcut kapasitesinin efektif kullanılmasını sağlayacaktır.

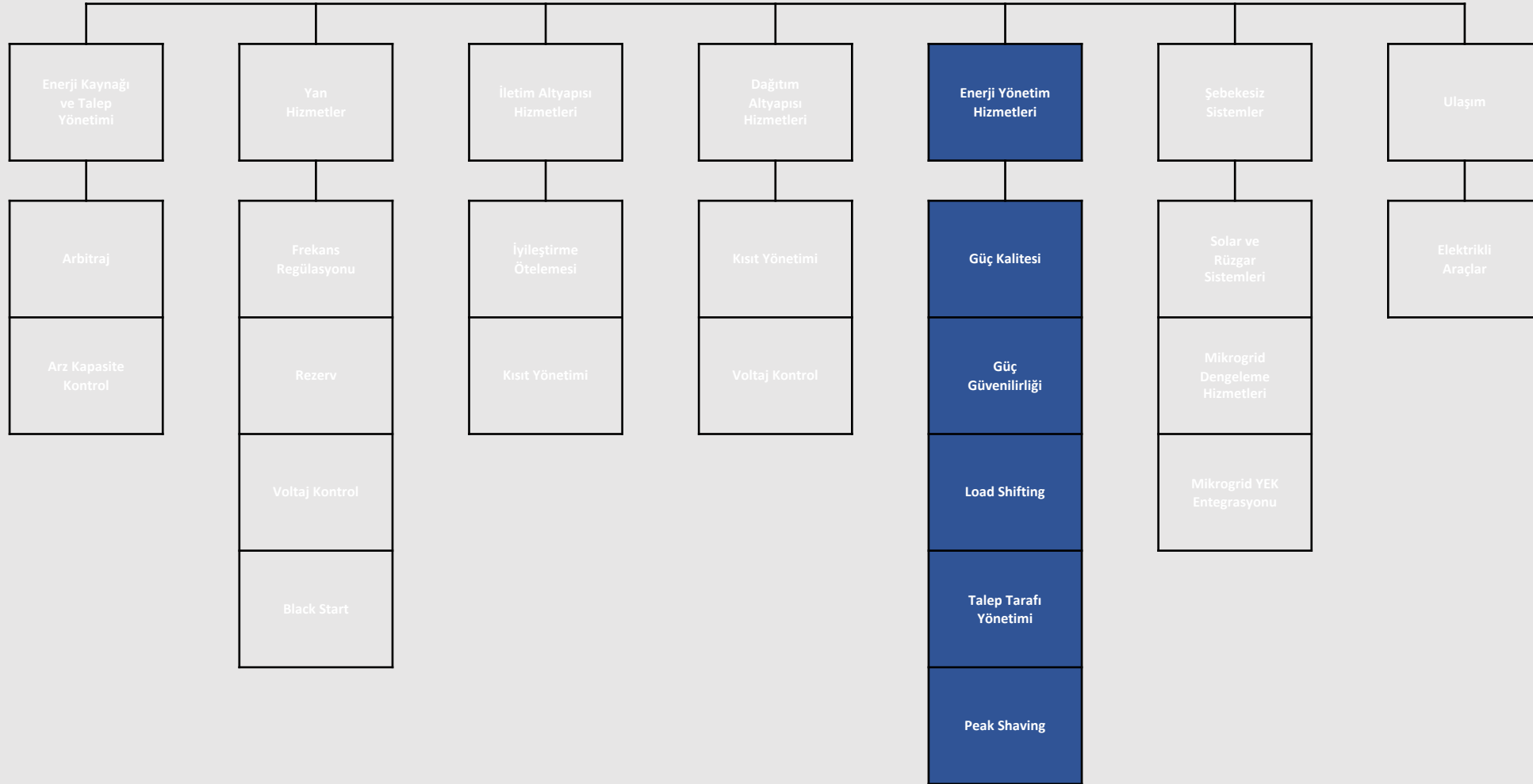


- **Kısıt Yönetimi**

Akıllı şebekelerde değişen yenilenebilir enerji kaynaklarının penetrasyon seviyesinin artması ve üretim güçlerinin belirsiz parametrelere bağlı olması şebekenin istikrarını tehlikeye atabilir. Bu nedenle, güç arz ve talebindeki hızlı değişimlere uyum sağlama yeteneğine sahip esnek kaynakların kullanılması gerekmektedir. Umut verici bir çözüm olarak yerel şebekeye bağlı Batarya Enerji Depoları (BESS), akıllı şebekelerin güvenilirliğini ve güvenliğini önemli ölçüde artırabilir. Bu kaynaklar, fazla enerjiyi depolayarak ve yoğun dönemlerde teslim ederek akıllı şebekelerin esnekliğini artırabilir.



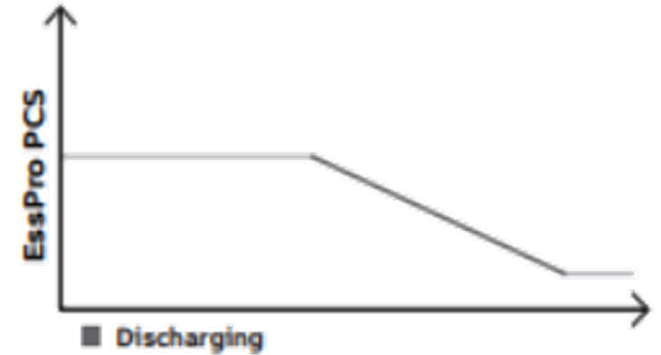
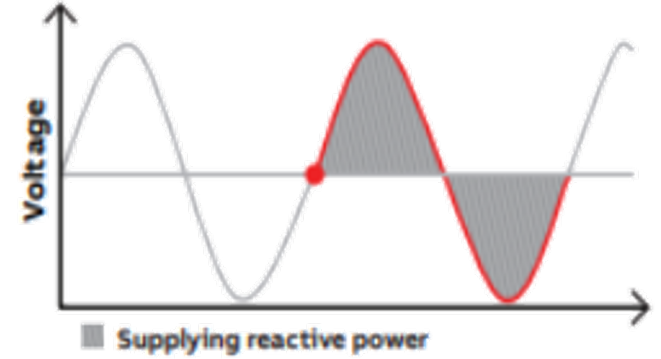
TESS UYGULAMA ALANLARI



- **Güç Kalitesi**

Enerji depolama sistemleri, gerilimin daha kararlı olmasını ve güç kalitesini artırarak sistemin daha kararlı olmasına yardımcı olabilmektedir. Hassas cihazları kullanmakta olan bireysel ve kurumsal tüketiciler için güç kalitesi çok önemlidir. Bu tüketiciler ile enerji sağlayıcı arasındaki iş ortaklığı enerji depolama sistemleri ile güçlenmektedir.

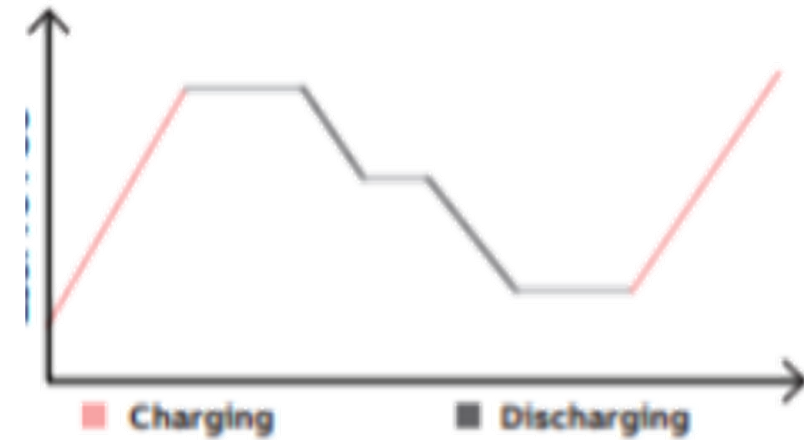
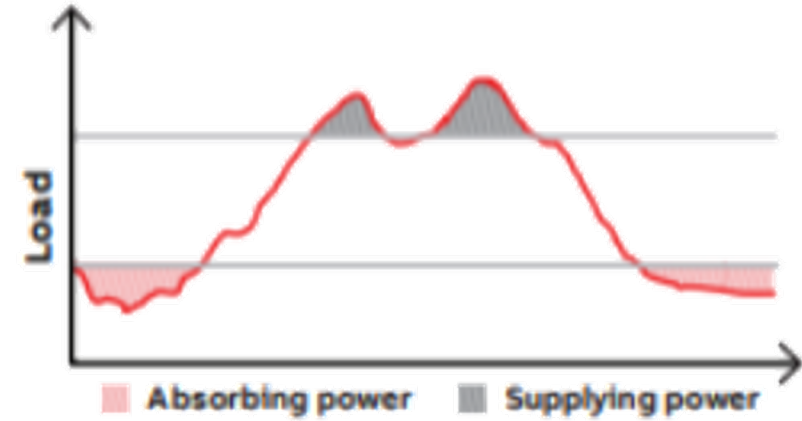
### Power quality



- **Maksimum Talep Durumu İçin Destek**

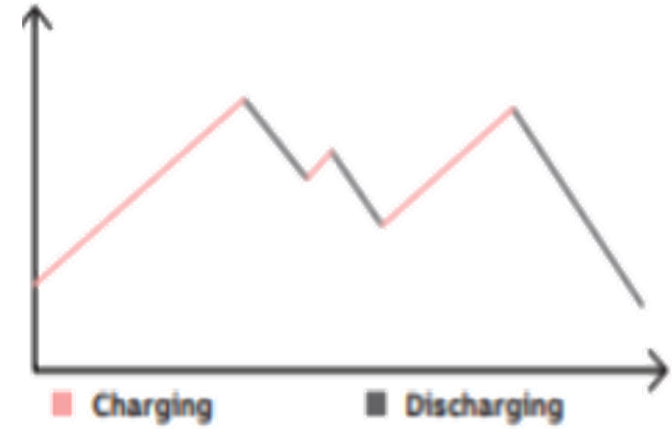
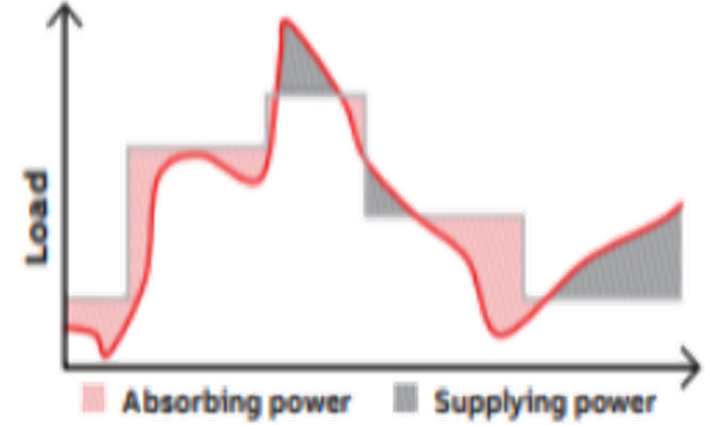
İşletmede düşük talep zamanlarında elektrik enerjisinin depolanarak yüksek talep zamanlarında pahalı elektrik enerjisi üretiminin engellenmesi sağlanır.

## Load leveling



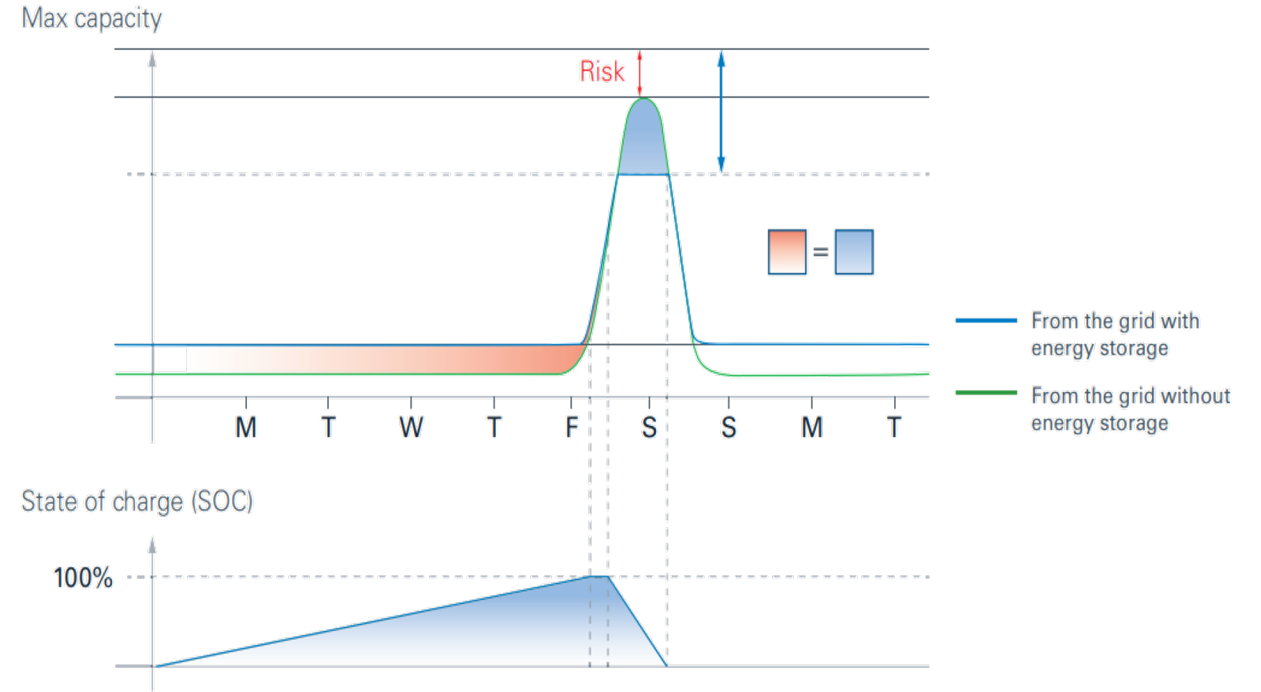
- **Şebeke Kararlılığı**

Dengeleyici güç sistemleri, kararlılığı bozulmuş şebekelerin kesinti yaşanmadan tekrar kararlı hale gelmelerine yardımcı olmaktadır. Sistemi tekrar kararlı hale getirebilmek için sistemler 10 ile 30 saniye arasında, bir otomasyon sistemine bağlı olarak devreye girer.

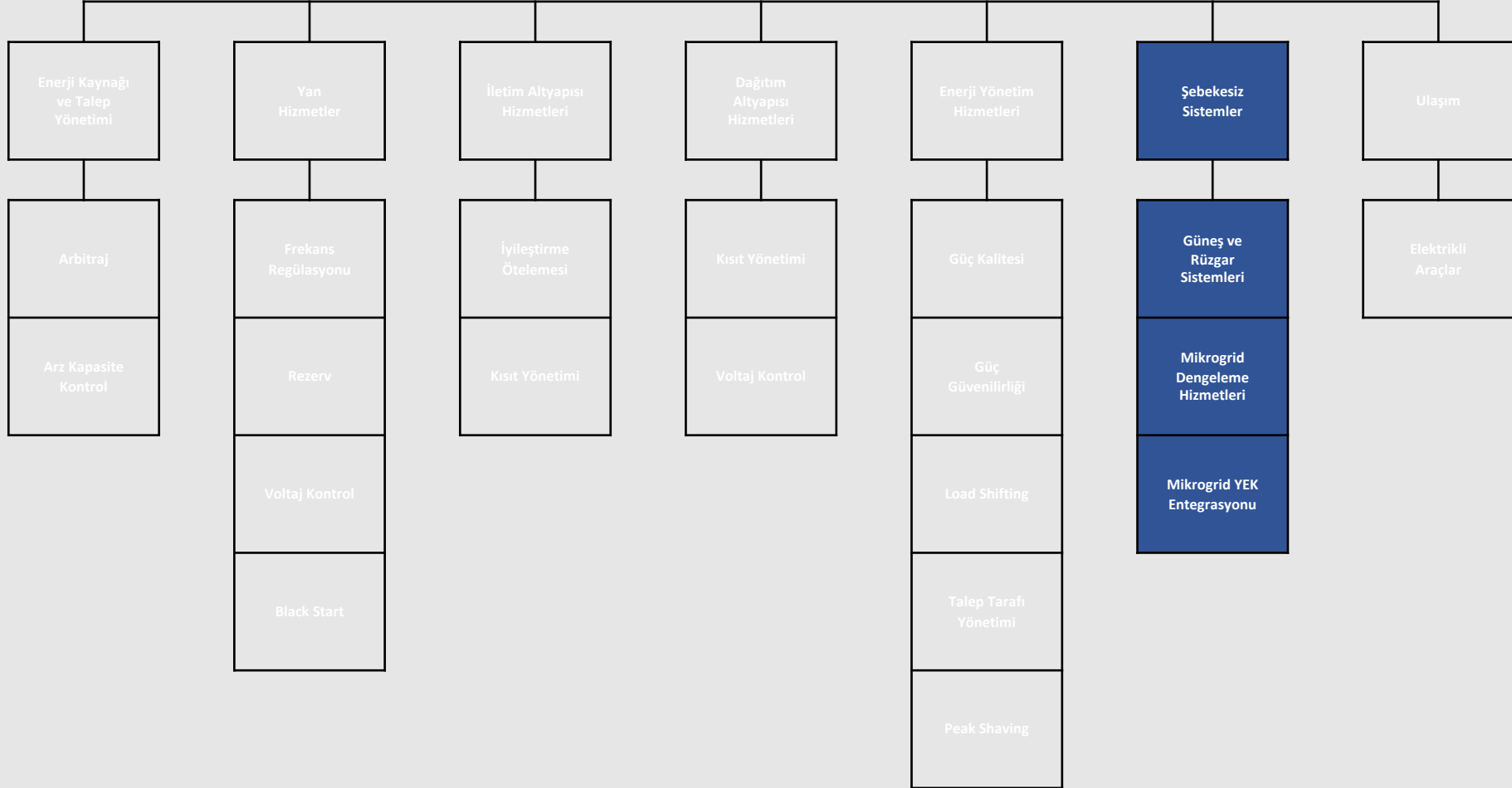


- **Peak Shaving**

Maksimum güç talebi durumunda, elektrik enerjisi sarfiyatını düşürmek amacıyla kullanılan ve üretimin tüketimden fazla olduğu zaman enerjinin depolanıp, az olduğu zaman şebekeye verilerek güç dengesinin sağlanmasında kullanılan tekniktir.



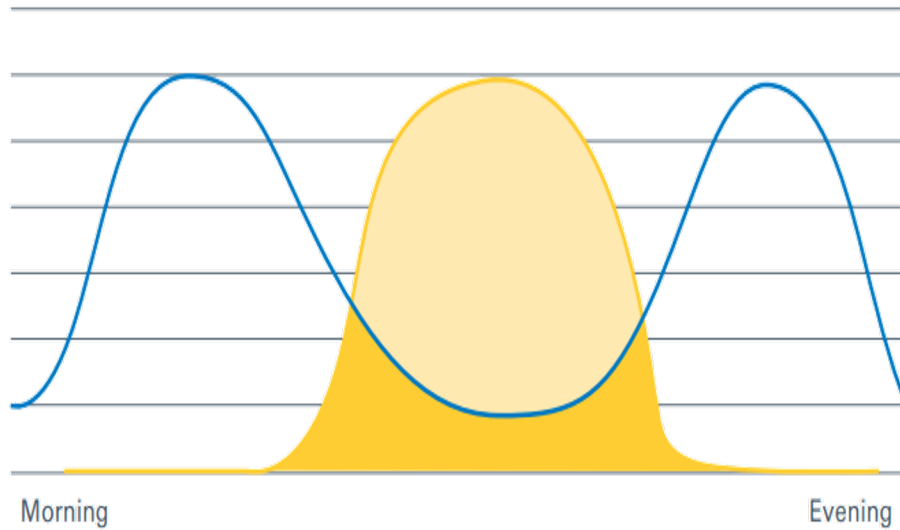
TESS UYGULAMA ALANLARI



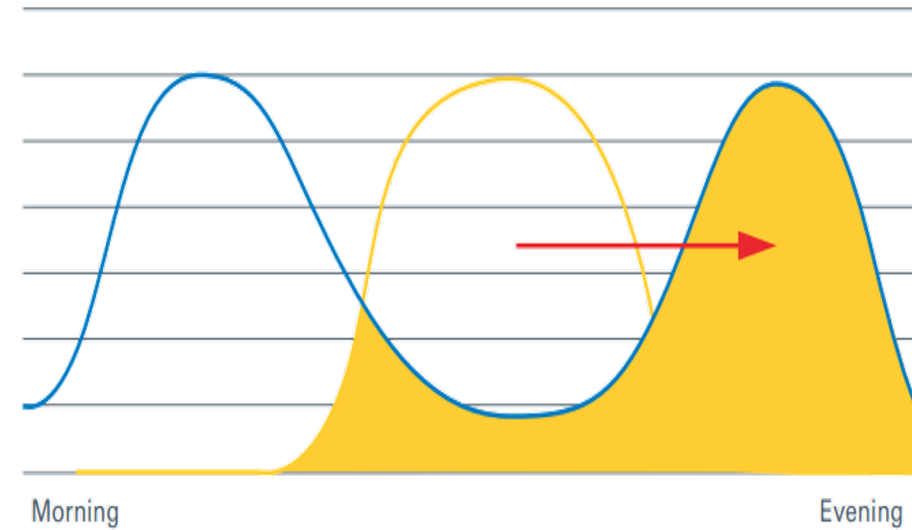
- **Yenilenebilir Enerji**

Yenilenebilir enerji sistemlerinin gün içerisinde üretilmiş oldukları fazla enerjiyi depolayarak talebin üretimden fazla olduğu veya üretimin tüketimden düşük kaldığı saatlerde kullanılan bir sistemdir.

Solar self-consumption without energy storage



Solar self-consumption with energy storage



— Energy consumption

— PV production

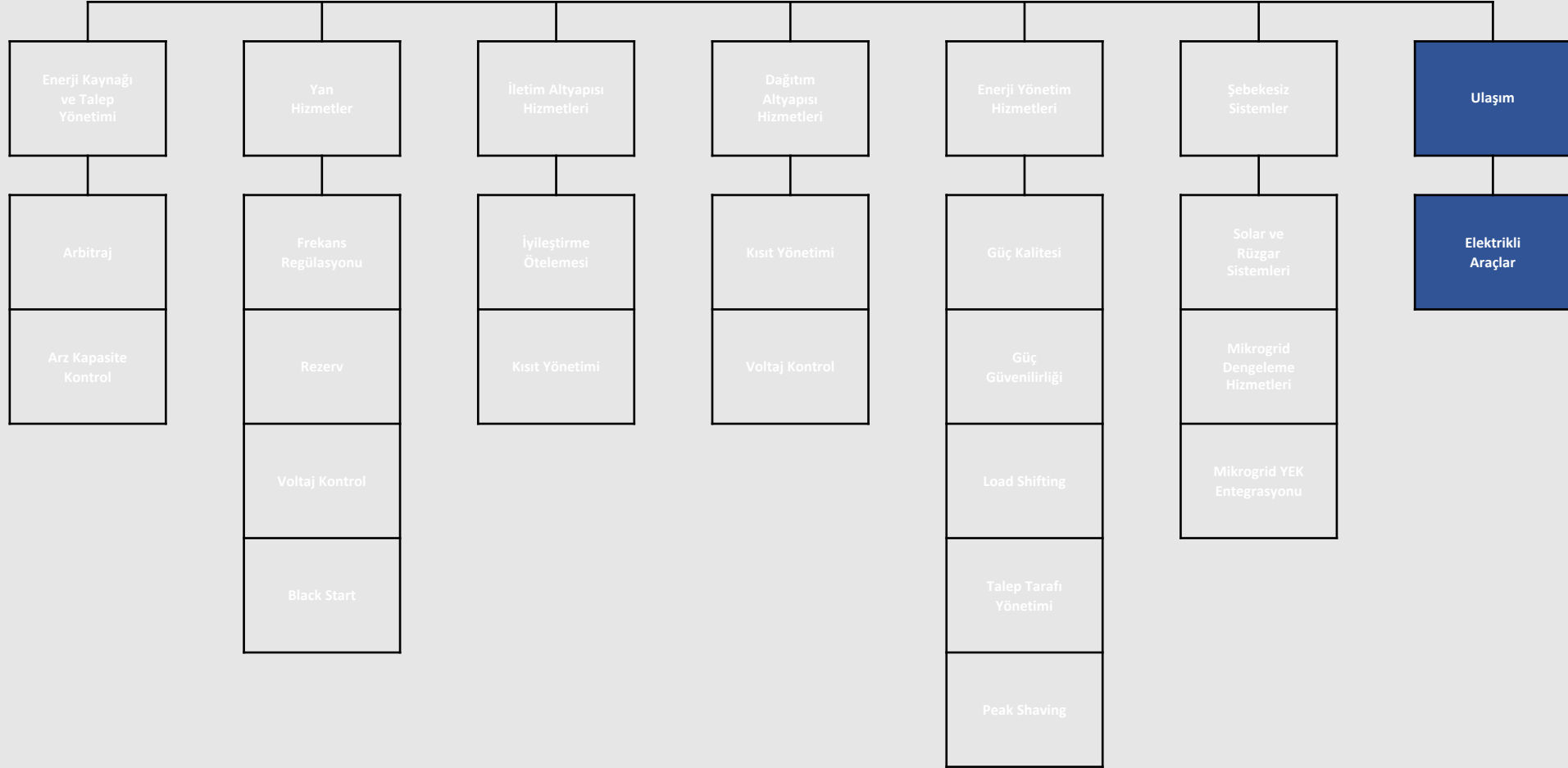
— Self-consumption

- **Mikro Şebeke**

Mikro şebeke, tüketim noktalarının ve üretim santrallerinin (dağıtılmış enerji kaynakları, DEK) belirli sınırlar içinde birbirine bağlanması durumudur



TESS UYGULAMA ALANLARI



- **Elektrikli Araçlar**

Günümüzde artan elektrikli araç sayısı beraberinde getirdiği avantajlar ile birlikte artan enerji ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Elektrikli araçların sayısının artması ile şarj istasyonlarının sayısı da her geçen gün artmakta fakat elektrik iletim altyapısında değişiklik olmamaktadır.



Sorularınız ?