

## Kış Döneminde Güneş ve Depolama (Bölüm 2)

Bariş Sanlı, [barissanli2@gmail.com](mailto:barissanli2@gmail.com)

### Giriş

Güneşin arz güvenliği etkilerine dair ilk kısa notun ardından<sup>1</sup>, gelen yorumlar üzerine daha detaylı analizler yapma ihtiyacı doğdu. 2019 yılındaki simülasyon çalışması<sup>2</sup>, depolamanın arz güvenliği sorununu çözemeyeceği ama iyileştirebileceği, çünkü yüksek talep günlerinde(birden çok gün) tüm üretim portföyünün üretim için çalıştığı, depolama için daha da fazla üretimin zaten fiyatları arttıracığını düşündürmektedir.

Önceki çalışmada ise güneş artsa da, sistemsel etkisinin kış ve yaz arz güvenliğinde farklı olduğu belirtilmişti. Bu çalışmada sadece kış döneminde en yüksek talep dönemlerinde en düşük kapasite faktörünü görmekle kalmayıp, yaz dönemine yakından bakınca da yazın en yüksek sıcaklıkların yaşandığı dönemde de kapasite faktörlerinde küçük düşüşler gözlenmiştir.

Bazen “kategorizasyon” ile bu tip çalışmaları güneşçi, depolamacı, fosilci gibi gruplandırmalar olabilir. Oysa ortada kategorik bir durum yoktur. Çünkü veri gerçektir. Bir hipotetik senaryo anlatılmamaktadır.

Çoğu zaman bugünkü problemlerin çözümünü gelecekte gelecek olması muhtemel gelişmelere bağlarız. Teknolojik gelişim gerçekten bunu sağlar. Fakat enerji sektörü romantikten çok gerçekçidir, çünkü maliyetler ve riskler çok yüksektir. Her yeni teknoloji de sorunlarıyla gelecektir. Bunları bugünden belirlememiz gerekir.

Enerji krizinde yazılan birçok raporda “enerji verimliliği artırılmalıdır” önerileri Avrupa’da, Amerika’da sıkça yer aldı. Hükümetler çok paralar ayırdı, ama bugün gördüğümüz tüketimler düşüş olarak sadece sıcaklık düşüşlerini göstermektedir. Yani uzlaş, politika, para sorunları çözülsede politikalar detayda farklı çalışabilir.

Elektrik şebekesi, her ülkenin hatta kıtaların en büyük tümleşik makinesidir ve bünyesinde 100 yıllık bilimsel deney, çalışma, araştırmanın kristalize olduğu bir yapıdır. Dışarıdan kablo olarak gözüke de içeriden çok özellikli ve üzerinde en çok akademik çalışmaların yapıldığı mühendislik alanlarından biridir ve bilgi yoğunluğu çok yüksektir. “Şu şöyle oluversin” denildiğinde “şu” diye nitelenen konu binlerce bilimsel çalışmanın sonucundaki “Şu”dur. O binlerce çalışmayı yeni binlerce çalışma ve gerçek hayat durumları ile değiştirmek de dönüşüm hızının temel sınırı(fundamental limit)dır.

Daha fazla güneş, daha fazla depolama Türkiye sistemini daha iyi bir noktaya taşır ama bu sorunların azalacağı anlamına gelmez. En azından sistemdeki hareketli parça sayısı artıyor.

<sup>1</sup> <http://barissanli.com/calismalar/2023/20230101-gunes.pdf>

<sup>2</sup> <http://barissanli.com/python/depolama.php>

Ayrıca sorunların yeri ve biçimi değişiyor. Bu yazı, daha fazla güneş ve depolama yapılacağını ön kabul alarak, eğer yapılırsa sorunların nasıl evrileceğine dairdir. Daha fazla depolama daha fazla yenilenebilir entegrasyonuna da hizmet edecektir.

## Veri Seti

EPDK raporları ile EPIAŞ saatlik lisanslı ve lisanssız güneş üretim rakamları kullanılmıştır<sup>3</sup>. Çalışmanın geleceğe bir bakış açısı sağlaması için üretim yerine kapasite faktörü üzerinden analiz tercih edilmiştir.

## Bakış Açısı

Yenilenebilir baz yüke mi çevirmeliyiz? Asıl amacımız ne? Burada karışık bir düşünceye de düşmemek lazım. Yani amacımız, sistem işletmecisinin tüm yükünü almak olamaz. Bir benzetme ile okulları kapatınca eğitim sorunu çözülüyor.

Neden baz yük kavramını çok tartışıyoruz? Çünkü sistem işletmecisinin belirsizliklerini azaltıyor. Sistem işletmecisi ne kadar zaman-miktar eksenini bildiği ve kontrol ettiği yük varsa sistemi o kadar rahat yönetiyor. Ama sistemin optimum noktası da “sistem işletmeci”sinin en rahata erdiği yer değildir. Bunun bir maliyet eksenini de vardır.

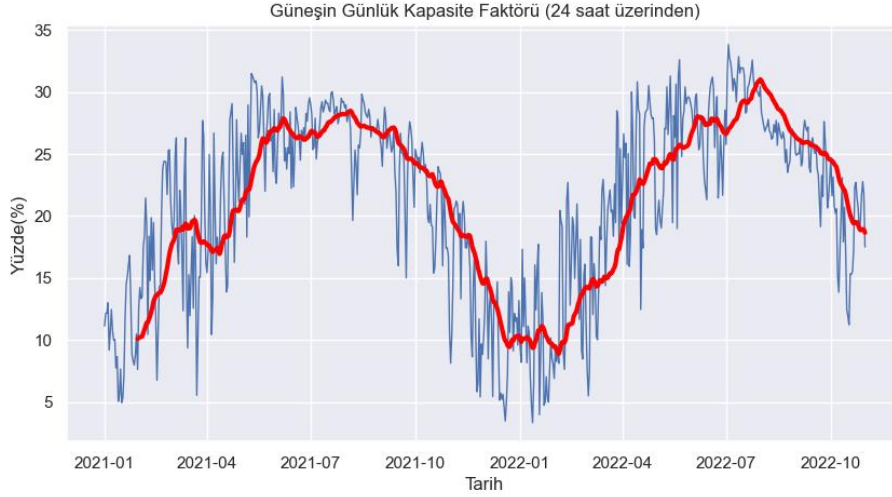
Tüm sistem değişirken, sistem işletmecisinin eski kavramlarda yaşatılmaya çalışılması da zordur. Herkes değişen zamana uyum sağlayacaksa, sistem işletmecisi de uyum sağlamak hatta liderlik etmek zorundadır. Dolayısıyla tartışmanın özü baz yük değil, mümkün olduğunca önceden tahmin edilebilir ve uzun süre devrede kalabilen üretim miktarıdır.

Baz yük santrallerinin “atalet” (inertia) gibi etkileri de vardır ama IEEE yayınlarında bol bol yeni “atalet yönetimi” yöntemleri de mevcuttur. Teknolojik gelişim atalet deki değişimi de kabullenmiştir. Mesela bazı Avrupalı sistem raporlarında gelecek tahminlerinde atalet tahminleri de yer almaktadır.

## Kışın Güneş

Daha önceki notumuzda, güneşin günlük kapasite faktörleri gösterilmişti. Bu faktör kışın %5'lerin altına düşüyor, yazın da %30'ların üzerine çıkıyordu (Şekil 1).

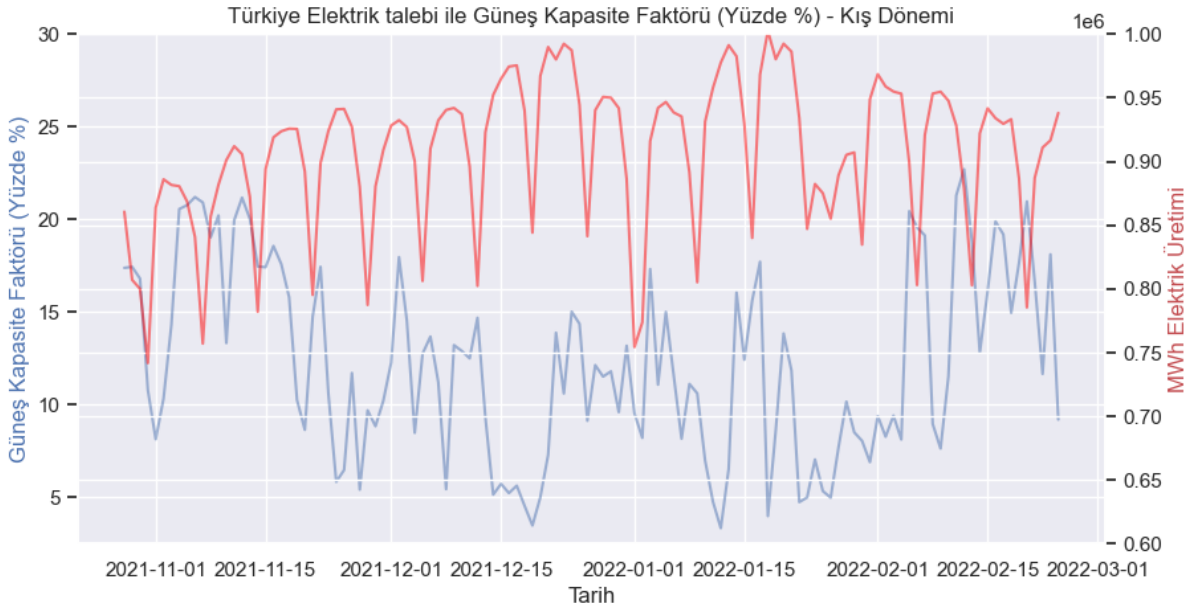
<sup>3</sup> <http://barissanli.com/calismalar/2023/20230101-gunes.pdf>



Şekil 1 - Güneş üretiminin günlük kapasite faktörü

Şimdi kış döneminde Kasım-Mart dönemine tekrar yakından bakalım (Şekil 2). Birçok metrik ve sayısal veri ile de bu dönem incelenebilir. Fakat 15 Aralık 2021’de kapasite faktörü çok hızlı düşmüş ve en az 5 gün o seviyelerde kalmıştır<sup>4</sup>. (muhtemel soğuk ve yağışlı hava)

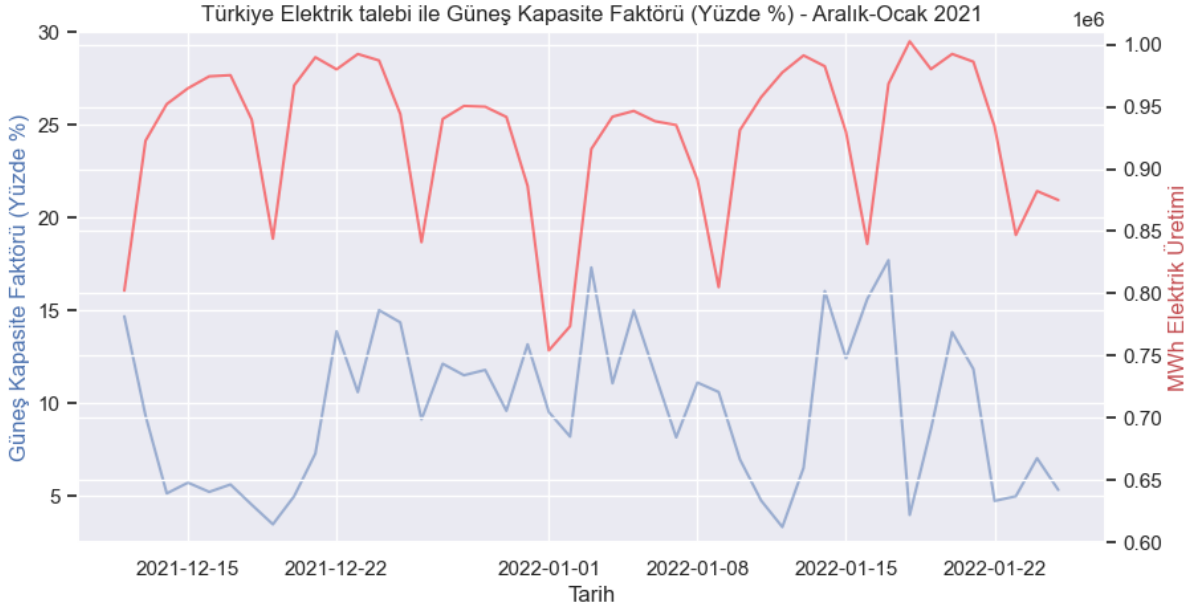
Şekil 2’de kapasite faktörünün en düşük olduğu günler, talebin daha da arttığı günler ile çakışmaktadır. Yani talep artarken güneş faktörü de en düşük seviyelerini görmektedir. Kısaca kapasite faktörünün %5’in altına düştüğü günlere bakılırsa bunların kış talebinin daha da yükseldiği dönemlere denk geldiği görülecektir. Bunun sebebi yağışlar ve kar olabilir.



Şekil 2 - Kış dönemi güneş kapasite faktörü talep ilişkisi

<sup>4</sup> <https://www.cnnturk.com/hava-durumu/istanbul-dahil-9-kente-sari-antalyaya-turuncu-kodlu-uyari-15-aralik-2021-hava-durumu>

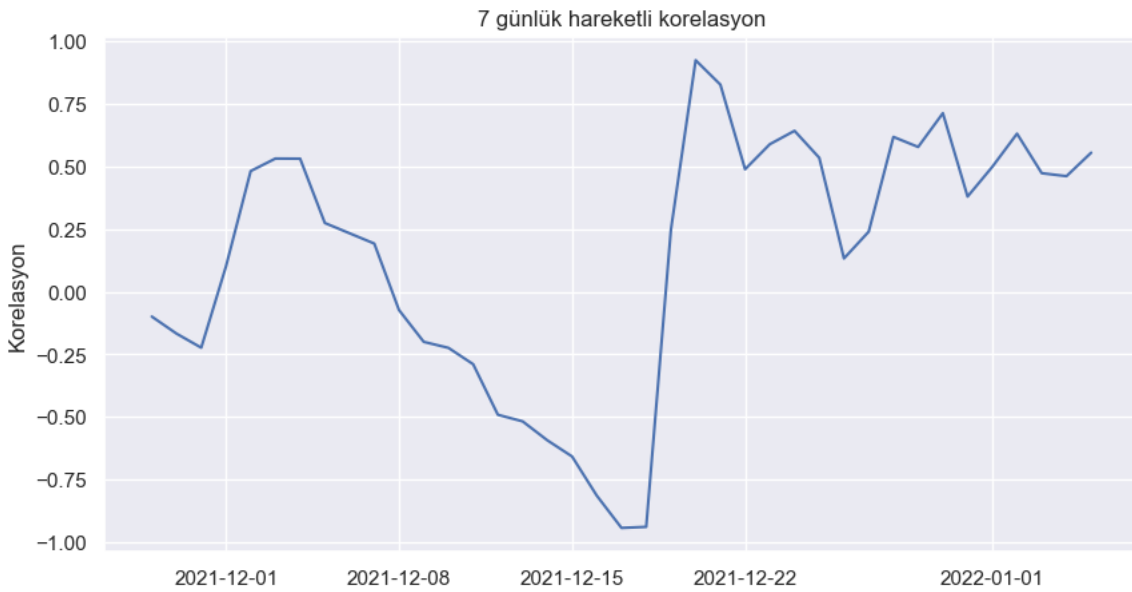
Daha da yakından bakar isek karışık bir resim karşımıza çıkacaktır. Şekil 3'te kapasite faktörünün günler içerisinde %10 artış azaldığını görebiliriz. Bazen yüksek talep, bazen haftasonu ve diğer talep günleri ile karşı karşıya kalınabilmektedir.



Şekil 3 - Aralık-Ocak 2021 dönemi talep ve güneş kapasite faktörü

Yaklaşık bu 45 günlük süreçte, ortalama kapasite faktörü %9.6 (yaz dönemi kapasite faktörünün 3'te 1'i) ve toplam üretim ortalaması ise 927 GWh(yüksek talep) civarındadır. Özellikle bol yağışlı, karlı bir dönemde, kapasite faktörü %5'ler civarındadır. Kısaca yaz talebi gibi ama üçte bir güneş kapasite faktörü olarak nitelendirebiliriz.

Korelasyon olarak bakılırsa, 7 günlük hareketlide, hızla bir ters korelasyona gidildiği sonra aniden iyileştiği görülebilir.



Şekil 4 - 7 günlük hareketli korelasyon

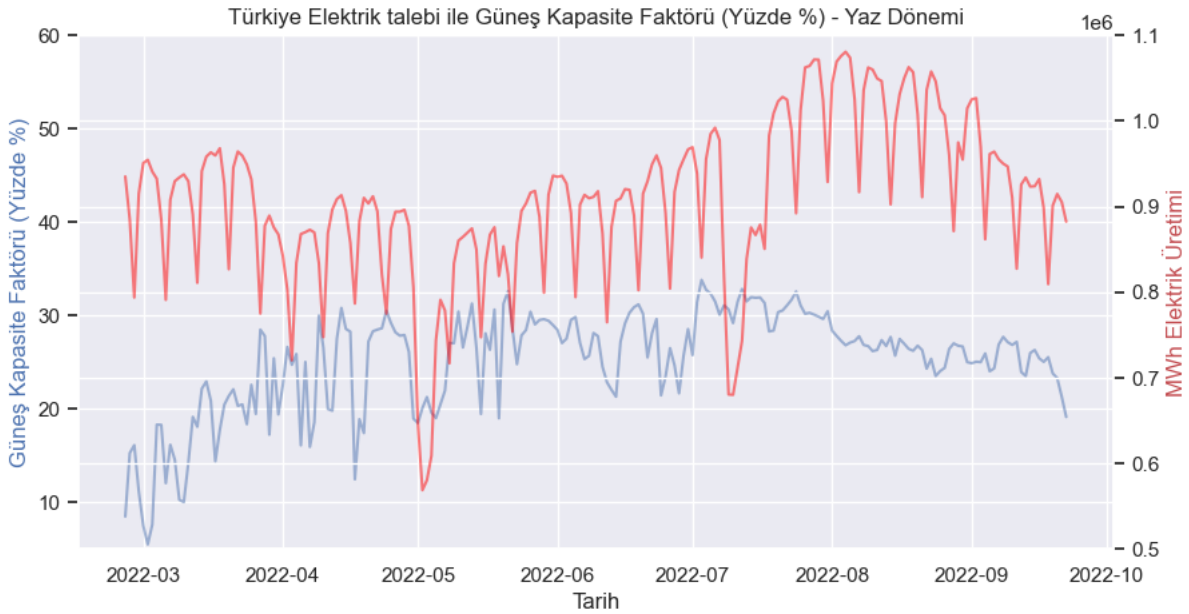
## Çare Depolama mı?

Spesifik olarak piller özelinde konuşuyorsak, depolama bu sorunu çözer mi? Cevap hem evet hem hayır. Soğuk ve yağışlı günlerde talep artıyor, bulutlanma ve diğer faktörlerden de kapasite faktörü düşüyor. Bu olayların ne kadar süreceği önemli bir “ön kabul”. Diyelim ki 5 gün bu durumlar yaşanıyor. Güneş kapasite faktörü de bu 5 günde %10'lardan %5'lere düşüyor.

1000-2000 MW'larda belki bu %5 kapasite faktörü değişimi büyük problem olmaz ama bu rakam 20000-30000 MW olduğunda fark çok daha yüksek olacaktır. Farz edelim 5 gün önceki %10 kapasite faktörü olan günlerden üretimi depolama ile bu günlere taşıyacağız. Oysaki o günler de soğuk. O günlerdeki üretimin bir kısmını depolamaya aktarsak o günkü fiyatlar yükselecek.

Kısaca soğuk dönemler ve sıcak dönemler birer mevsimsel olay, günler arasında taşıma yapmanın fiyat düşürücü etkisi çok çok düşük olabilir. Muhtemelen “depolama”da bu etkiler için Bahar aylarında depolanıp, kışın/yazın kullanılacak 60-90 günlük bir zamansal kaydırma gerekecektir.

Peki barajlarda su ile yönetmek mümkün mü? Daima mümkün ama elektrik saatlik fiyatlanıyor. Bir gündeki üretimi bir başka güne taşımak iki gündeki fiyatları ters yönde hareket ettirecektir. Buna detaylı bakmak gerekecektir. Kaldı ki, depolama bu fiyatların en yükseğine göre çalışmakla birlikte, en düşüğü üzerine bir Premium(kazanç) bekleyecektir.



Şekil 5 - Yaz dönemi kapasite faktörü ve üretim

Yaz dönemine ayrı baktığımızda da, talebin arttığı dönemde, güneş kapasite faktöründeki düşüş görülmektedir. Fakat bu daha düzgün ve ağır bir düşüştür. Ayrıca kapasite faktörü de nispeten yüksektir. Bunun yönetimi kış aylarına göre daha kolay olacaktır. Diğer taraftan Mart-Mayıs döneminde ise kapasite faktöründeki hızlı iyileşme göze çarpmaktadır. Genel

olarak güneşin yaz arz güvenliği etkisi olumludur. Burada depolama gün içi kaydırma ile büyük bir esneklik de sağlar. Fakat günler arası kaydırma isteniyorsa, haftasonu-haftaiçi depolama arbitrajı(talep değişiminden dolayı) mantıklı görülebilir.

## Sistemsel Değişim

Tartışmanın başlangıcında sistem işletmecisine baz yük sağlamamız mı gerekiyor diye bir tartışmaya da yer verilmişti. Sonra depolamanın ana sorunu çözmeyeceği ama iyileşme sağlayabileceğini önermiştik. Ana çözümü, mevsimsel depolama yani bahardan-yaza/kışa bir depolama sağlayabilir. Bu teknoloji kafalarımızda olabilir, pilotu da yapılabilir ama ticari olarak elimizde mevcut değil. Enerji sektöründe fikirler ile ticari riskleri belli olan teknolojilerin arası genelde 20-50 yıldır.

Uzaktan bakınca sistem işletmecisi eldeki gaz ve hidro kaynaklarını kullanarak, yazın-kışın kullanacağı suyu/gazı kullanmayarak aslında sanal bir kaydırma yapabilir. Fakat elektrik sisteminde uzaktan hoş gelen fikirler detayda öyle çalışmamaktadır.

Sistem işletmesindeki en sıkıntılı dönemler, düşük talepte yüksek yenilenebilir dönemleri (kısıtlar), talebin yüksek olduğu dönemler ve bunlarla ilişkili mevsimsel hava olaylarıdır. Zaten bu en yüksek talep dönemlerinde eldeki tüm kaynaklar (gaz/su) en sonda-limitte kullanılmaktadır. Bu dönemlere saklanacak gaz veya su sadece kümülatif fiyat-maliyet etkisi yapabilir. Ama bu da tartışmalıdır. Çünkü yazın çalıştırılmayan gaz santrallerine sistemde kalmaları için kışın ekstra para ödenecektir veya fiyatlar kışın çok yüksek seviyelere çıkacaktır. New England'ın Aralık ayının son haftasında sistem dengelemesi için %31'in üzerinde petrolden elektrik üretmesi üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur<sup>5</sup>.

Su yönetimi önemli görülse de, tarım enerjiden daha öncelikli olduğundan fikir yürütmek yanlış olacaktır. Tarım öncelikleri enerjiye göre şekillenmeyebilir.

Dolayısıyla sistem yönetiminde daha farklı bir yaklaşım gerekmektedir. Bunlardan en önemlisi, sistemde yüklerin belirliliğini-tahmin edilebilirliğini arttırmaktır. Bu tamamen yeterli olmasa da ileri doğru bir adımdır. Depolama bunu sağlar, ama ne kadar uzun bir ufuk için belirlilik oluşturacağını hesaplamak gerekir. Ayrıca sistemde daha fazla rezerv kapasite bulundurma ve bunun maliyetinin olacağını da kabul etmek gerekir.

Sistem işletiminde en önemli değişen nokta sistemdeki anlık atalet(inertia) miktarıdır. Bu sistem güvenliğinde çok önemli olacaktır. Diğer nokta ise gaz ve hidro kaynaklarının sanal birer depolama olarak kullanılabilip kullanılmayacağıdır. Elektrik piyasasını bilmeyenler için cevap evettir, bilenler için asıl büyük soru nasıl ve ne kadar'dır.

## Sonuç

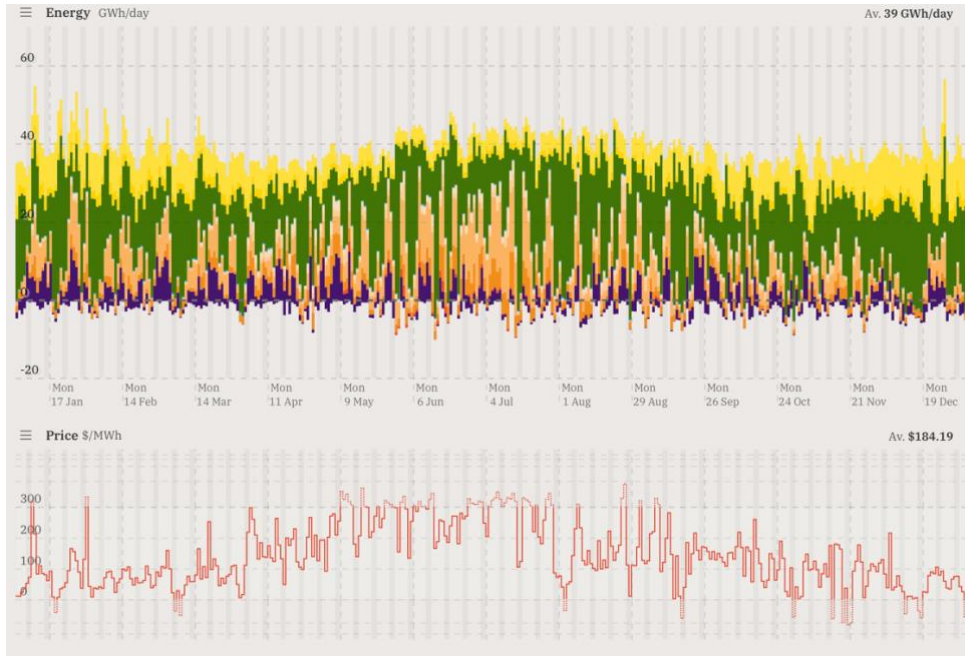
Sistem işletimindeki en sorunlu dönem yüksek talep dönemleridir. Güneşin varlığı yazın buna olumlu katkı sağlıyor, fakat kışın -hele ki fosil kaynaklar devreden çıkarsa- büyük bir

<sup>5</sup> <https://twitter.com/SStapczynski/status/1606856813869404162>

açık ve risk oluşturuyor. Güneş geldi diye diğer kaynakları devreden çıkarmak büyük bir risktir. Hele depolama bu sorunu çözer diye düşünmek tamamen daha da büyük bir risktir.

Pil depolama çok kısa dönemde, esneklik oluşturur. Bağlantı kapasitesi sorunlarını çözer. Ama sistem işletmesindeki zorlu günlerde, sistem sınırlarda çalıştığından esneklik kavramı üzerinde de düşünülmelidir.

Bunun bir örneğini Avustralya piyasasında gördük. 15 Haziran 2022'den 24 Haziran 2022'ye kadar Avustralya elektrik piyasası askıya alındı<sup>6</sup>. Bu elektrik sisteminde ise, çalışmaya başladığı tarihte en büyük pil olan Güney Avustralya'daki 150 MW/194 MWh olarak Horndale depolama sistemi de vardı. Bu proje Horndale rüzgar projesi yanında devreye alınmıştı<sup>7</sup>. Güney Avustralya'nın günlük pik talebi de 45-50 GWh civarındadır<sup>8</sup>. Ortalama saatlik talep de pik zamanlarda 2000 MW civarındadır. Bu kadar yenilenebilir, depolamalı ve yenilikçi piyasada, piyasanın askıya alınmak zorunda kalınması ilginçtir.



Şekil 6 - Güney Avustralya Elektrik Üretimi

Piyasanın askıya alınmasına dair açıklamalarda ise, “düşük rüzgar ve güneş üretimi” ve artan talebin de olduğu bazı parametreler gösterilmektedir. Yani bu yazıda anlatılan koşulların oluşturduğu sebepler önemli olmuştur<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> [https://www.aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/market\\_notices\\_and\\_events/market\\_event\\_reports/2022/nem-market-suspension-and-operational-challenges-in-june-2022.pdf](https://www.aemo.com.au/-/media/files/electricity/nem/market_notices_and_events/market_event_reports/2022/nem-market-suspension-and-operational-challenges-in-june-2022.pdf)

<sup>7</sup> <https://hornsdailepowerreserve.com.au>

<sup>8</sup> <https://opennem.org.au/energy/sa1/?range=1y&interval=1d>

<sup>9</sup> <https://aemo.com.au/newsroom/media-release/aemo-suspends-nem-wholesale-market>

Sonuç olarak daha çok öznel çıkarımlar şu şekildedir:

1. Sistemin amacı baz yük değil, mümkün olduğunca ileri doğru öngörülebilir, güvenilir güçtür. Burada teknolojik yöntemler ve hava durumu bu yüzden önem kazanmaktadır.
2. Geniş açıda, doğanın kuvvetlerinden fosil yakıtlarla kurtardığımız üretim mekanizmalarını tekrar doğanın güçlerine emanet etmeye çalışmanın sonuçları olacaktır.
3. Sistem yönetimi elindeki araçları maksimize ederek riskleri minimize etmeye çalışır. Dolayısıyla sistem düzenlemeleri, sistem yöneticisini, araçlarını maksimize etme ve daha teknolojik araçları kullanmaya itmesi beklenebilir.
4. Sistemdeki atalet(inertia) düşüşü etkisi, elektrik kesintilerine sebep olabilir. Atalet yönetimi teknolojik araçlar kadar kullanma becerisi ve bilgi birikimi istiyor, bunları erken tesis etmek gerekecektir.
5. Detaya baktığımızda, güneş, kış dönemindeki en yüksek talep dönemlerinde kapasite düşüşleri hatta diplerini görmektedir. Güneşin kışın bu etkisi muhtemelen gaz santrallerini daha da kritik hale getirmektedir. Peki sadece bu dönemler için hazır bulunması gereken gaz santrallerine ne kadar ödeme yapılması gerekecektir?
6. En yüksek talep günlerinde elde fazladan su/hidro kapasitesi muhtemelen olmayacağından (en yüksek talep gününde tüm kapasite kullanılmaktadır) ve bu günler günlerce sürdüğünden, su ile "sanal depolama" en pik dönemlerde istenen etkiyi veremeyebilir. Ama geri kalan zamanlarda pozitif etki sağlayabilir.
7. En sıcak talep dönemlerinde de kapasite faktörlerinde az bir düşüş olmaktadır. Ama bu daha yönetilebilirdir
8. Gelecek bir teknolojiye tüm sistem sorunlarını havale etmek çok doğru olmayabilir. Depolamanın etkisi çok daha kısa dönemde kalmaktadır. Baştan çok şey umup sonra da hayal kırıklığı olarak tanımlamak yerine, yapabileceklerine odaklanmak önemlidir.
9. Depolamanın artması yenilenebilir kapasitesini arttıracaktır. Bu sebeple çok önemlidir.
10. Depolamanın daha etkili olması için bahardaki fazla üretimi yaza/kışa hidrojen olarak taşımak ve doğalgazla karıştırarak doğalgaz santrallerinde yakmak seçeneklerden biri olabilir. Mevsimsel depolamada maalesef yine gaz santrallerinin kritikliği artmaktadır. Eğer hidrojen/kömür ortak yakma imkanı var ise bu da değerlendirilebilir.
11. Depolama, sistemde federatif bir arz güvenliği sağlayabilir. Bu ise sistem tasarımlarında hala pek gündeme gelmemektedir. Enterkonnekte şebekenin daha dinamik ve elastik bir şebekeler birliği topolojisine evrilmesini sağlayabilir.
12. Sistemdeki arıza miktarları artacaktır. Bugün ABD'de de ve Avrupa kıtasında da daha fazla sistem sorunu görüyoruz. Bunun bir kısmının sebebi de sistemdeki daha çok hareketli parçanın daha fazla hareket etmesidir. Yukarıdaki grafikte(Şekil 6) görüldüğü gibi, fazlaca artan dur-kalk, üretim hareketleri sistem güvenliğinde en güzel güvenilirlik dönemlerini geçtiğimiz anlamına gelebilir.

En son yayınlanan Kuzey Amerika Elektrik Güvenilirliği raporunda belirtilen en önemli noktaya bir kez daha değinmek faydalı olacaktır: "Enerji ihtiyaçlarının ve temel güvenilirlik hizmetleri görevlerinin yerine getirilmesine devam etmek için çözümler yerleşene kadar ("in place") üretim santrali kapanmalarının gidişatını yönet".



Kış arz güvenliği, eğer ısı pompaları ve elektrikli arabalar daha da yüksek oranlarda gelirse, elektrik için çok daha kritik olacaktır. En soğuk ve karlı günlerde en çok ısıtma ihtiyacı ve elektrikli arabaların düşen menzilleri ile üretim yapamayan güneş panelleri, sistem kritikliğinin yeni yumuşak karnı olabilir. Ve bu sorunların çözümü yıllar sürecektir.

5 Ocak 2023