

Enerji İstatistik Notu 59: Bir Diğer Elektrik Talep Tahmini Hikayesi

Tek cümle: “Makine öğrenmesi modeline göre durum biraz IEA raporundaki gibidir. Bir durgunluk, sonra hızlanma gibi”

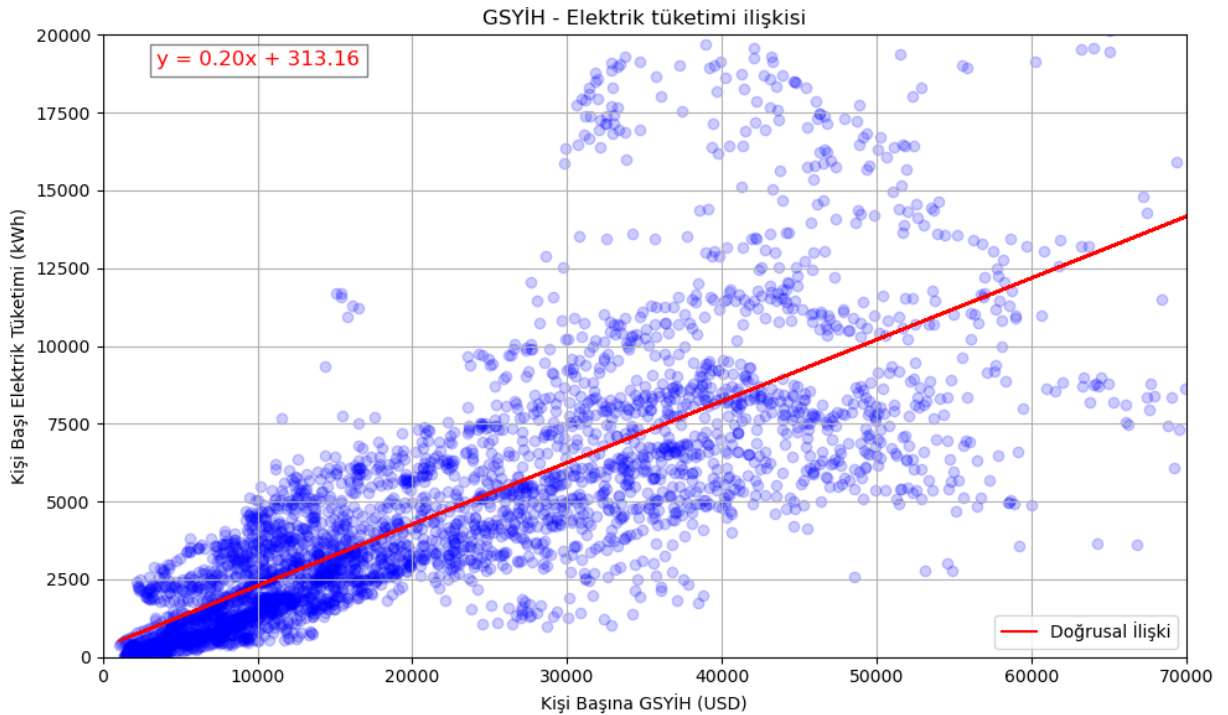
Barış Sanlı, barissanli2@gmail.com

Elektrik talebinde temel bir hikaye vardır. Ekonomi geliştikçe ekonomik büyüme-elektrik talep artışı ilişkisi düşer. Yani GSYİH %5 büyürken, elektrik talebi zamanla bunun 2 katı artışlardan 0.8 katı artışlara doğru düşer denirdi. Bu notta bu ilişkinin biraz daha karışık olduğuna değinerek ilk defa küresel verileri baz alan bir Türkiye elektrik talep tahmini yapılacaktır. Tabii ki tüm kodlar da github üzerinden incelemeye açıktır.

Ana sorulardan bir tanesi, GSYİH-elektrik talebi ilişkisinde neden bir kurala bağlı hareket olması gerektiğidir. Yani ekonomi bazen ihracat bazlı, bazen tüketim bazlı, bazen de finansal bazen de ağır elektrik yoğun bir sanayi ile büyüyebilir. Tüm bunların aynı ilişkiyi sağlamasını beklemek tartışmalıdır.

Diğer bir soru da, Türkiye gibi bir büyük ülkenin (Avrupa’da 3ncü elektrik tüketicisi) ne kadar bir elektrik talebi olması gerekmektedir. Örneğin Almanya ile bakılırsa 500 TWh bandında, Fransa gibi bakılırsa 577 TWh (nüfusa göre eşlenirse) tüketmesi beklenebilir. Fakat bu iki ülkenin de elektriğin toplam enerji talebindeki oranı¹ Almanya’da %19 (Türkiye gibi), Fransa’da %25, Çin’de ise neredeyse %30 civarındadır. Kısaca elektrifikasyon oranı da bir diğer parametre olabilir.

Energy Institute Küresel Enerjinin İstatistik Değerlendirmesi veri setinde² bir çok ülke ve bölge yer almaktadır. Bu veri seti üzerinden 4000+ satırlık GSYİH, elektrik talebi ve artışları verisi elde edildi. Tüm dünyadaki gelmiş geçmiş tüm GSYİH – elektrik talebi ilişkileri tek bir veri çerçevesine alındı.

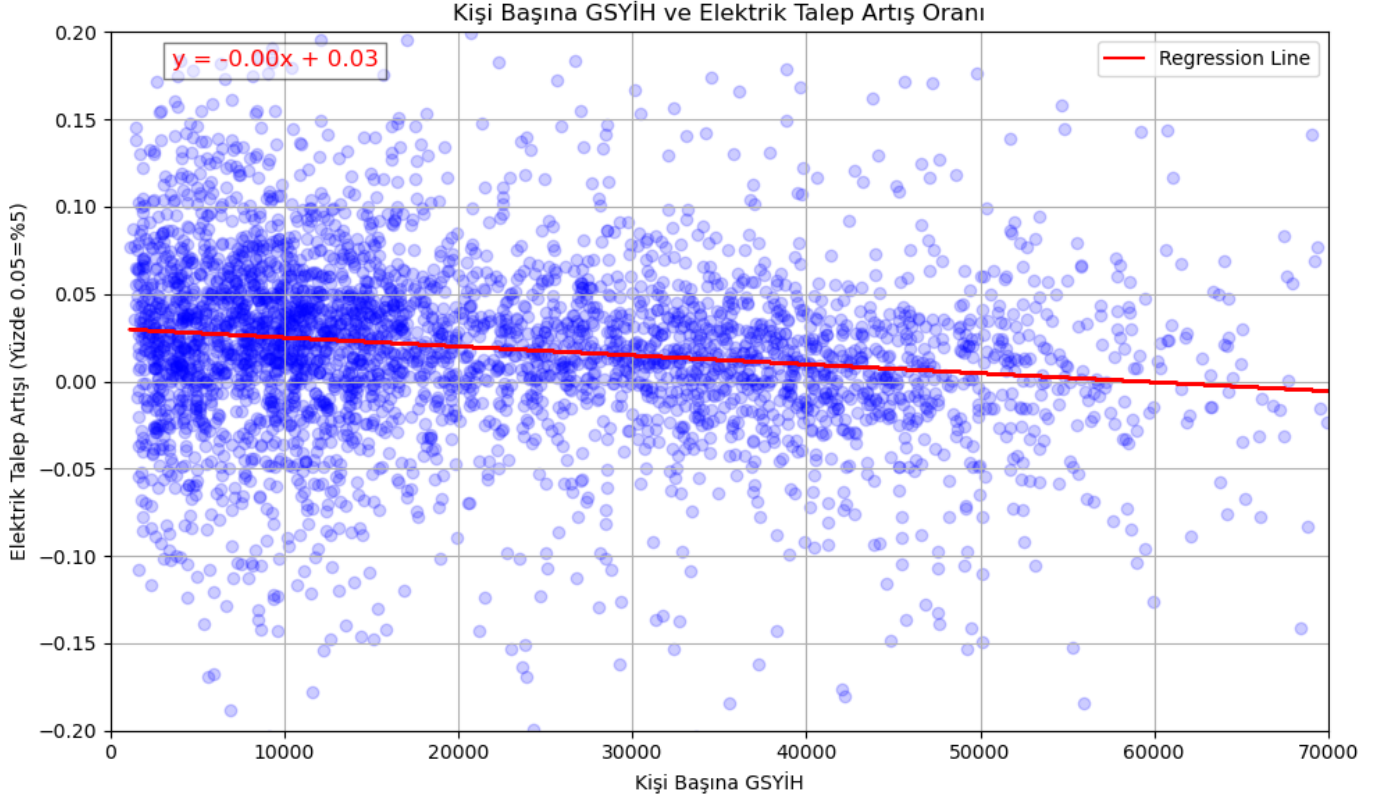


¹ <https://yearbook.enerdata.net/electricity/share-electricity-final-consumption.html>

² <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>

Tüm veri setinden elde edilen ilişkide beklenildiği gibi doğrusal bir ilişki var gibi görünüyor. Yani ülkeler zenginleştikçe elektrik talebi artıyor.

Fakat burada bir başka sorunla baş başa kalıyoruz. Türkiye gibi ülkelerde kişi başı gelir arttıkça, elektrik talep artışı düşüyor. Aynı mantıkla Fransa ve Almanya'yı hiçbir zaman yakalayamaması lazım. Çünkü zenginleştikçe Zeno'nun paradoksları gibi daha da yavaş ilerliyor olması gerekir. Fakat Türkiye talep artışının da böyle olmadığını gördük. Merak edenler için GSYİH arttıkça elektrik talep artışı düşüyor mu? Evet düştüğü bir grafik bulmak da zor değil, tıpkı aşağıdaki grafik gibi.



Şimdi herşeyin daha da karıştığı bir noktaya gelelim ki IEA Elektrik 2025 raporunu bunun altını çizmiş³. Çin'in toplam enerji tüketiminde elektrik kullanımı zaten yüksekti. Fakat 2020 sonrası elektrik talep artışı tekrar ekonomik büyüme artışının üzerine çıktı. Bunun sebepleri raporda anlatılıyor. En önemli sebeplerinden bir tanesi sanayideki elektrik tüketimi.

Çok tekrarlanan ekonomik büyüme elektrik ilişkisinin doğrusal olmayabileceğini düşündürdüğü için bu gözlemler değerlidir. Yani ekonomik büyümeye yaklaşan bir elektrik talep artışı zamanla tekrar hızlanabilmektedir.

Peki tüm dünyadaki elektrik talebi – ekonomik büyüme ilişkisi böyle bir doğrusal olmayabilecek durumları yansıtıyor mu acaba? Bunun için de 4000 satırlık veri setinin en iyi yakınsama yaptığı algoritmalarla “Random Forest” yöntemi tüm dünya verisi ile eğitildi. Modele, nüfus ve GSYİH verildiğinde elektrik talebini yakın bir şekilde (0.92) üretebiliyordu. Burada kullanılan yöntem ve kaynak kod tartışmaya açık olmakla birlikte, sonuçları açısından belki ilgi çekici olabilir.

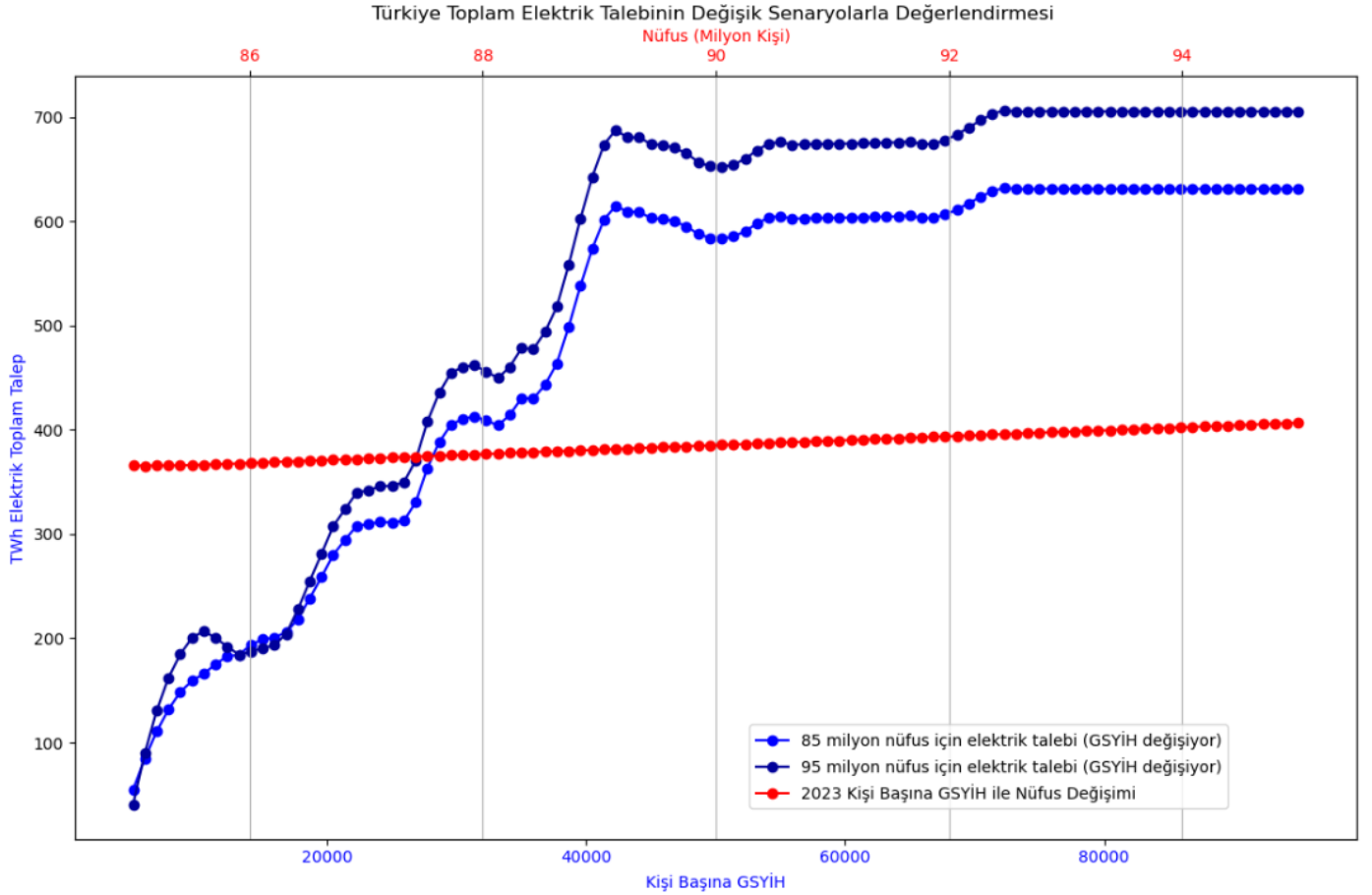
³ <https://www.iea.org/reports/electricity-2025>

Aşağıdaki grafikte, makine öğrenmesi ile eğitilen sistemde,

- 85 milyon nüfus için değişen GSYİH seviyelerindeki toplam elektrik talebini (açık mavi),
- 95 milyon nüfus için değişen GSYİH seviyelerindeki toplam elektrik talebini (koyu mavi),
- Türkiye'nin GSYİH/kişi 2023 seviyesinde kalırken, nüfus değişirse (kırmızı)

oluşabilecek talepleri göstermektedir.

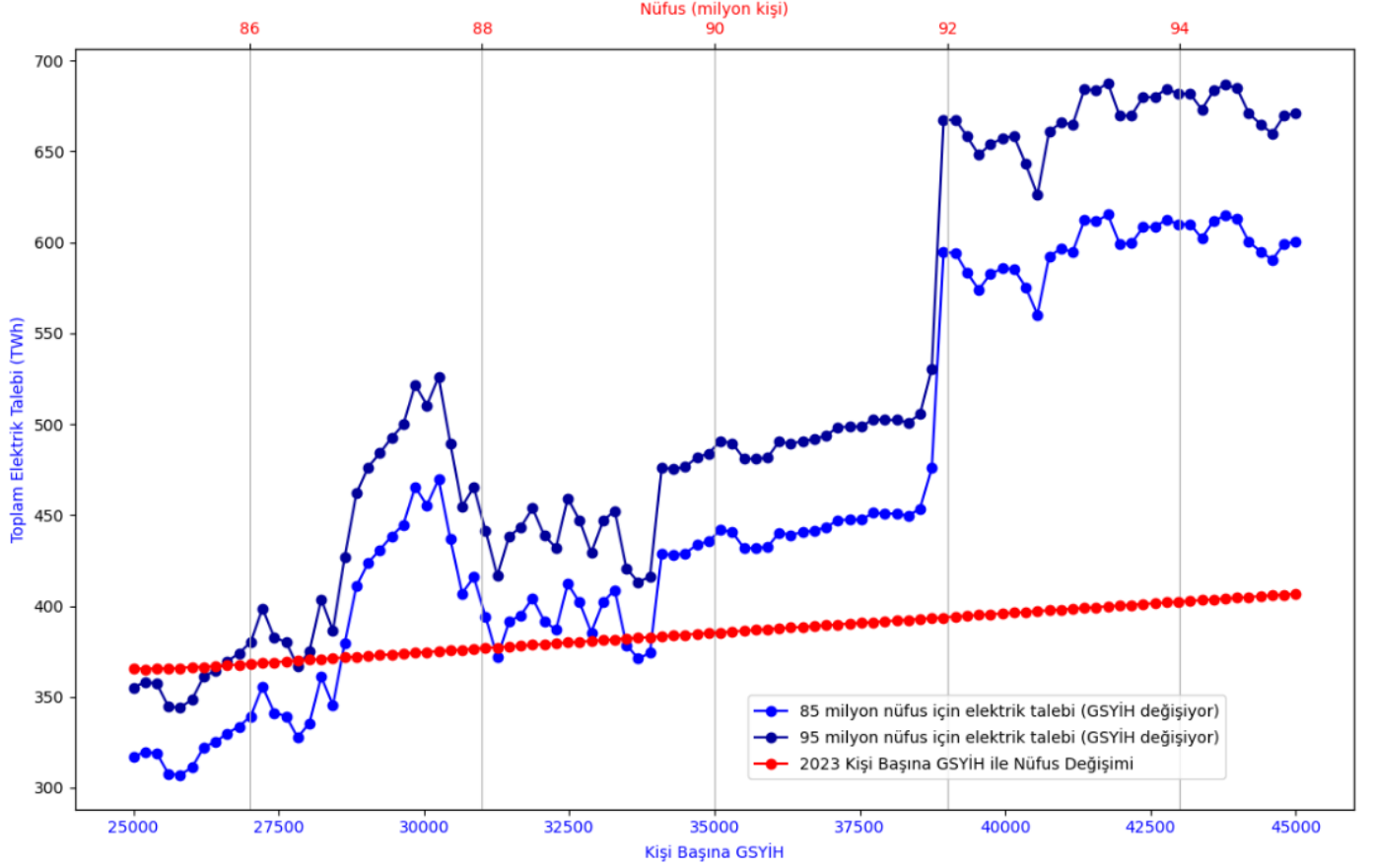
Türkiye'deki elektrik talebi 600 TWh bandına kadar artma potansiyeline sahiptir. Bu talep olacak/olmayacak demek değildir. Ama net sıfırın getireceği elektrifikasyon ve elektrik çağı, bugünkü veri ile aslında oldukça yüksek bir nokta göstermektedir. Bu Fransa vari bir yakınsama olarak değerlendirilebilir.



Fakat çalışmayı daha ilginç yapacak bir diğer grafik de var. Türkiye'nin bugün bulunduğu yerden (Energy Institute'a göre satın alma paritesine göre 33.756\$/kişi) daha da zenginleşmesi veya fakirleşmesi toplam elektrik talebini nasıl değiştirecektir? Makine öğrenmesi modeline göre durum biraz IEA raporundaki gibidir. Bir durgunluk, sonra hızlanma gibi.

Aşağıdaki grafikte, bizim bulunduğumuz gelir seviyesinde, makul-yavaş büyüme, bocalama dönemini önce bir hızlı artış (33000-34000), sonra ise küçük sabit bir artış sonra tekrar büyük bir artış takip etmektedir. Aslında modelin politika değişimlerini IEA Elektrik 2025 raporundakine benzer bir şekilde yansıtmaları ilginçtir. Elektrik talebi düşünüldüğü gibi doğrusal artmamaktadır. Modele göre arada atlamalar yapmakta sonra durulmaktadır. Her model yanlıştır, bazıları kullanışlıdır. Bu da düşündürücü olanı.

Türkiye Toplam Elektrik Talebinin Değişik Senaryolarla Değerlendirmesi(25000-45000 USD/kişi aralığı)



Tüm bunlardan ne sonuç çıkıyor?

- Geleneksel GSYİH-Elektrik ilişkisi çok kaba bir yakınsamadır. İşe yarıyor mu? Evet, ama tüm hikayeyi anlatmıyor.
- Çin gibi elektriğin toplam tüketimdeki oranı çok yüksek bir ülkede (Avrupa'nın 1.5 katı bir elektrifikasyon var) bile elektrik talebi 2020 yılından sonra tekrar hızlanmıştır ve ekonomik büyümenin üzerine çıkmıştır. Bu düşünülmesi gereken bir durumdur.
- Tüm dünyadaki GSYİH-elektrik talebi verilerinden bir makine öğrenmesi modeli üretildiğinde ise uzaktan S eğrisi bir talep artışı gösterirken, detaylarda kırılmaların olduğu görülmektedir.
- Türkiye elektrik talep artışı dönem dönem yavaşlayıp, dönem dönem sıçramalar gösterecektir. Tıpkı tüm dünya veri setinde de görüldüğü gibi, yani bu bir küresel normdur. Tabii modeli doğru kabul ederseniz.