

TÜRKİYE ELEKTRİK PİYASASI DİNAMİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ AÇISINDAN PİYASA SİMÜLASYONU VE FİYATI TAHMİN MODELİ

Bakatjan SANDALKHAN
Kıdemli Müdür
Deloitte Danışmanlık A.Ş.

ÖZET

Elektrik enerjisi günümüzde rekabet ortamında alınıp satılan ticari bir mal özelliğine kavuşmuştur. Mühendislerin, ekonomist ve hukukçu gibi düşünmeye ve davranmaya başladığı, tüketicilerin müşteri olarak ele alındığı, imtiyaz haklarının yerini seçme özgürlüklerinin aldığı, maliyet bazlı düzenlemeye tabi tarifelerin yerine serbest piyasada arz-talep dengesini yansıtan fiyatların olduğu yeni ticari ortamda değişime ayak uyduran yenilikçi ve değişime öncülük eden vizyon sahibi şirketler risklerini en iyi şekilde yöneterek sürdürülebilir kazançlar elde ederken, değişimin dışında kalan şirketler de fırsatları değerlendiremeyerek büyük zararlara uğrayacaktır.

Elektrik piyasası serbestleşme sürecinde yatırımcılar yeni kapasite yatırım kararlarını, piyasadaki fiyat sinyalleri; fiyat sinyalinin altında yatan diğer yatırımcı ve/veya üreticilerin davranışları; yakıt maliyetleri ve talep artışı gibi arz-talep dinamiğine bağlı belirsizlikleri dikkate alarak vermektedirler.

Bu kapsamda, yatırımcılar için büyük önem arz eden noktalardan biri piyasa işleyiş yapısına hakim olmanın da ötesinde çok çeşitli etkenlerin piyasa fiyatı sinyali üzerindeki etkilerinin simüle edilmesidir. Karar verme süreçlerinde önemli roller oynayan simülasyon modelleri; karmaşık piyasa dinamiğinin anlaşılması açısından da önemli bir yer tutmaktadır.

Türkiye elektrik piyasası simülasyonu için geliştirilen EPSİM – Elektrik Piyasası Simülasyon Modeli, piyasa katılımcılarının karar verme süreçlerine destek amaçlı geliştirilmiş olup bu bildiride modelin çalışma prensibi ve uygulama bilgilerinin

yanı sıra piyasada oluşacak elektrik fiyatının çeşitli varsayımlarla tahmin edilmesi için nasıl kullanılabileceği yer almaktadır.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi günümüzde rekabet ortamında alınıp satılan ticari bir mal özelliğine kavuşmuştur. Mühendislerin, ekonomist ve hukukçu gibi düşünmeye ve davranmaya başladığı, tüketicilerin müşteri olarak ele alındığı, imtiyaz haklarının yerini seçme özgürlüklerinin aldığı, maliyet bazlı düzenlemeye tabi tarifelerin yerine serbest piyasada arz-talep dengesini yansıtan fiyatların olduğu yeni ticari ortamda değişime ayak uyduran yenilikçi ve değişime öncülük eden vizyon sahibi şirketler risklerini en iyi şekilde yöneterek sürdürülebilir kazançlar elde ederken, değişimin dışında kalan şirketler de fırsatları değerlendiremeyerek büyük zararlara uğrayacaktır.

Yaşanmakta olan küresel ekonomik krizin bir düzeltme hareketi olduğu ve dünya ekonomisi ve finansal piyasalarda yeni dengenin oluşmakta olduğu görüşünden hareketle, Türkiye elektrik enerjisi piyasasının da yeni bir döneme girmekte olduğuna şahit olmaktayız.

Bu yeni dönemde gerek finansman kaynaklarına erişim ve gerekse ticaret ve satış faaliyetlerinde artan rekabet nedeniyle, proje geliştirme sürecinde yatırım kararından, inşaat ve işletme aşamalarına kadarki tüm aşamalarını iyi planlayan, gereken araştırma ve analiz çalışmalarının titizlikle yapan ve katma değer yaratan süreçler tasarlayan ve bu iş süreçlerini destekleyen yapılanma ve sistemleri kuran şirketler rekabet avantajını elde edebileceklerdir.

Sermaye yoğun elektrik enerjisi sektörü yatırımları genellikle proje finansman modelleri ile gerçekleştirilmektedir. Proje finansmanında en önemli husus; tahmini gelire göre finansman kaynağının seçiminde iç karlılık oranını maksimize edecek optimum sermaye yapısını (kredi ve öz sermaye oranı) oluşturmaktır [1]. Aktif yatırımcı grubunun öz sermaye olanağı optimum sermaye yapısı için yeterli değilse, ilave pasif yatırımcıların aranması veya “mezzanine” finansmanı gibi diğer finansman

enstrümanlarının ve mevcut kısıtlar doğrultusunda projeyi finanse edilir hale getirmek üzere finansal mühendislik tekniklerinin kullanılması gereklidir [2].

Burada baştan tüm aşamalara bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşılması durumunda bir aşamada uygulanan süreç ve uygulamaların diğer aşamalarda farklı şekilde uygulanmasıyla maliyet etkin ve katma değeri yüksek çözümler üretmek mümkündür. Örneğin, yatırım aşamasında fiyat tahmini ve piyasa analizi için kullanılan piyasa simülasyonu, işletme aşamasında hem üretim planlamasında kullanılabileceği gibi enerji ticareti sürecinde orta ofisinde risk analizi kapsamında kullanılabilecektir [3].

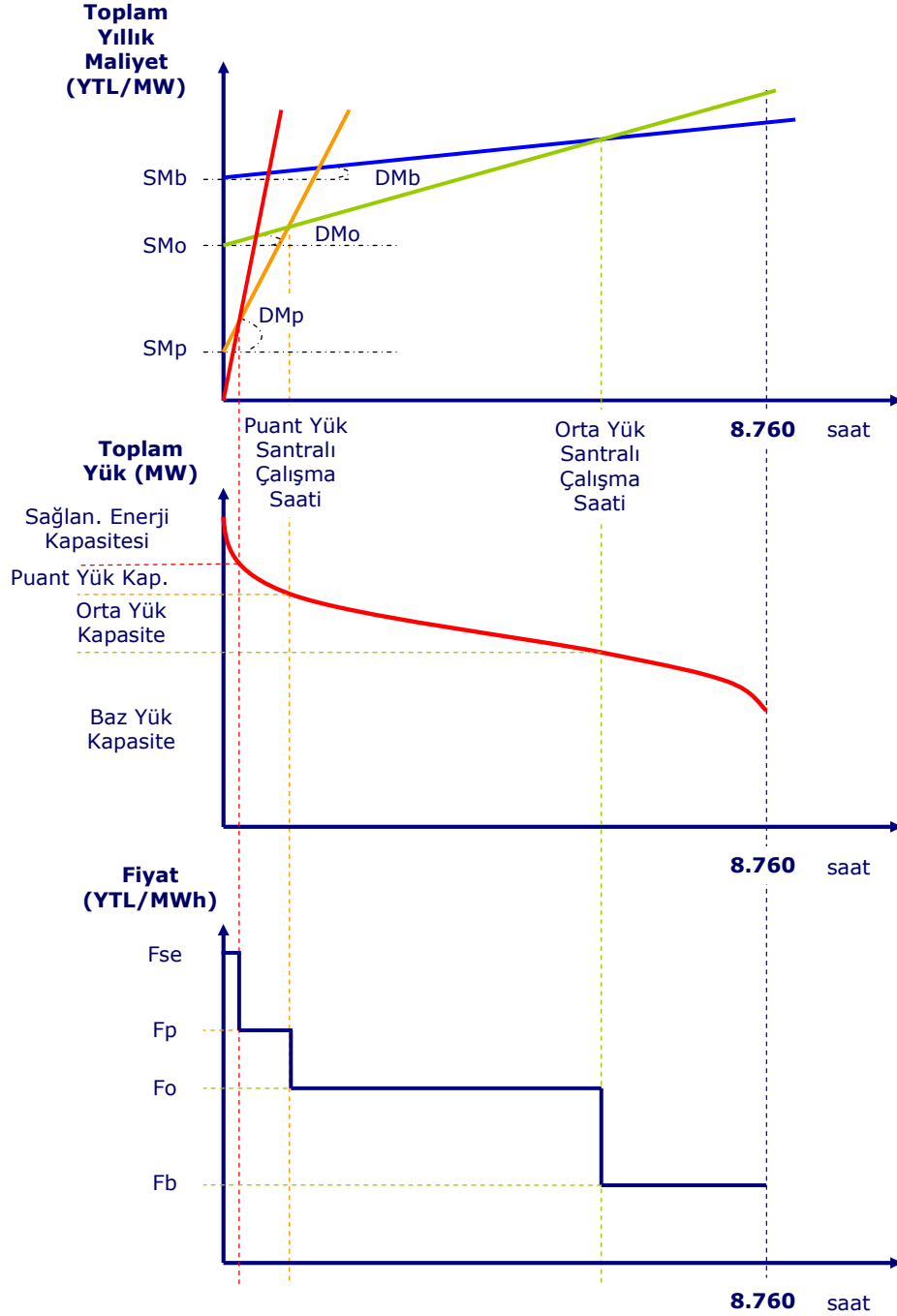
2. PİYASA FİYAT SİNYALİ VE YENİ KAPASİTE YATIRIMI

Teorik olarak tam rekabetçi elektrik piyasası¹ yeni üretim kapasitesi yatırımları için gereken fiyat sinyallerini üretir [4]. Tam rekabetçi piyasada, talebi karşılayacak yeterli üretim kapasitesinin olması durumunda, elektrik enerjisi spot fiyatı marjinal (en son devreye giren) santralin üretim maliyetine eşittir. Talebin mevcut emreamade kapasiteyi geçtiği durumda; fiyat, tüketim tarafının piyasaya yeterli katılımı sağlandığında, tüketicinin bir birim elektrik için ödemeye istekli olduğu seviyede belirlenir. Puantın olduğu bu durumda yükselen fiyat, puant santralin yatırım maliyetini karşılarken, aynı zamanda baz yük ve orta yük santrallerin sabit maliyetlerinin karşılanmasına katkı sağlar. Dolayısıyla, üreticiler ve tüketiciler arasında riski paylaştıran başarılı bir toptan satış spot piyasası ve vadeli işlemler piyasası, teorik olarak yeni üretim kapasitesine optimum yatırımın gerçekleşmesini sağlayacak fiyatları ortaya çıkarır. Spot piyasa gelecekteki ikili anlaşma fiyatlarını etkiler; gelecek için tahmini spot fiyatı temelde sözleşme fiyatını teşkil eder. Dolayısıyla, yeni kapasite yatırımı için tam rekabetçi piyasada oluşan spot fiyatı belirleyici rol oynamaktadır.

Yakıt tipine göre santrallerin sabit ve değişken üretim maliyetlerinin dağılımı farklılık gösterir. Değişken üretim maliyeti ve yük eğrisi arasındaki ilişki şu şekilde ortaya çıkmaktadır: Termik santrallerde fuel oil yakıtlı santralin puant, doğal gaz yakıtlı santralin orta yük, kömür, linyit ve nükleer santrallerin baz yük santrali oldukları teknik özelliklerinden ve maliyet birleşenlerinden ortaya çıkmaktadır (Akarsu, kanal

¹ Tam rekabetçi elektrik piyasası, talep tarafının piyasaya yeterli katılımı, saydam spot fiyatları ve likit forward piyasaları ile tamamlanan piyasadır.

tipi ve küçük rezervuarlı hidrolik santraller su rejimlerinden dolayı zorunlu çalışma kapsamında bazen baz yük santral olarak yer alırken, büyük rezervuarlı hidrolik santraller ise faydalı su kısıdına bağlı olarak orta ve puant yük santrali olabilmektedir).



Şekil 1. Optimum Kapasite Sağlanmasında Santrallerin Yıllık Toplam Maliyeti, Yükl Eğrisindeki Yerleri ve Beklenen Piyasa Fiyatları

Dolayısıyla, fiyatın yükseldiği dönem(ler) fiyat yükselmesine bağlı olarak hangi tip santralin daha cazip olduğunu da ortaya koyar. Örneğin, sadece puant saatlerde yükselen fiyat, puant

yük santrallerinin karlı olduğunu gösterir. Baz yük kapasitesine gereğinden fazla yatırım yapılırsa puant dışı dönem fiyatları düşer ve yanlış yatırım kararları, fiyat hareketleri ile piyasa fiyatlama mekanizması içerisinde düzeltilir. Fiyatın yükselebileceği yer ise sağlanamayan enerji maliyeti² (Fse) kadardır. Şekil 1’de santrallerin yıllık toplam maliyetleri, yük eğrisindeki yerleri ve beklenen piyasa fiyatları gösterilmektedir. Toplam yıllık maliyet grafiğinde açılar değişken üretim maliyetini ifade etmektedir. Puant yük santrallerinin değişken üretim maliyeti (DM_p) yüksek iken, baz yük santrallerinin değişken üretim maliyeti (DM_b) düşüktür. Puant yük santrallerinin sabit maliyeti (SM_p) düşük iken, baz yük santrallerinin sabit maliyeti (SM_b) yüksektir. Her bir toplam yıllık üretim maliyet eğrisinin kesiştiği noktadan itibaren maliyet avantajını elde eden santral çalışmaya başlayacaktır.

Dolayısıyla, baz yük santralleri yılda yaklaşık 7.500-8.760 saat çalışırken, orta yük santrali maliyet avantajı elde ettiği süre kadar çalışır. Puant yük santralleri da benzer şekilde sadece toplam maliyetinin orta yük santrallerinden daha düşük olduğu dönemde çalışır. Bu sistem, santrallerin, değişken üretim maliyeti esasında bir ekonomik sıralamayla (merit order) çalışmasını sağlar. Sistemin bu şekilde en ekonomik çalışmasını sağlamak üzere Şekil 1’deki yük eğrisinde gösterildiği kadar baz yük, orta yük ve puant yük kapasitesi bulunmalıdır. Dolayısıyla, sistem ve piyasa analizi sonucunda hangi yakıt tipi santralına sistemin ihtiyaç duyduğunu tespit eden piyasa fiyatı sinyallerine göre yatırımın yapılması gerekmektedir.

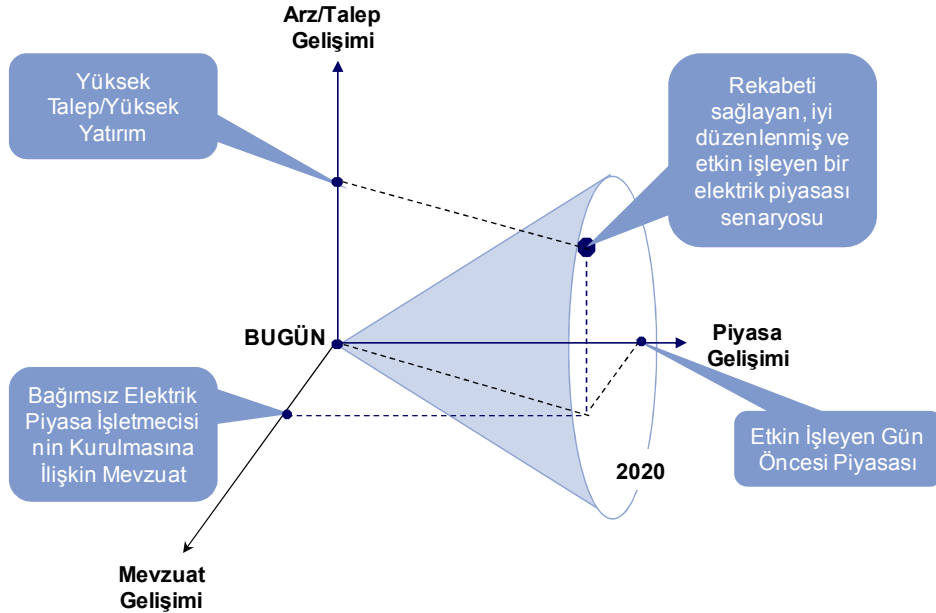
Pratikte, elektrik piyasasında yapılan yatırımların zamanlaması ve yatırım miktarları, fiyat sinyallerini kendilerine göre yorumlayan değişik piyasa katılımcıları tarafından belirlenmektedir. Elektrik fiyatlarının yüksek volatilitesi, üretimin sermaye yoğun özelliği ve yeni üretim tesislerinin uzun inşaat süresi yatırım riskini yükseltmektedir. Üreticiler riske duyarsız ve tüm gereken bilgilere sahip olsaydı, tam rekabetçi piyasada üretim kapasitesi optimum seviyesinde olurdu [5] [6]. Üretim şirketleri tahmin ettikleri uzun vadeli ortalama gelirlerinin, uzun vadeli marjinal üretim maliyetine eşit olacağı noktaya kadar yatırım yaparlardı. Ancak, gelecekteki üretim gelirlerinin tahmin edilmesi; fiyat artışlarının veya düşüşlerinin tekrarı, seviyesi ve süresine bağlı olduğundan oldukça zordur.

² Sağlanamayan enerji maliyeti (Value of Lost Load-VOLL), belli bir miktar elektrik enerjisinin sunulamaması durumunda ülke ekonomisine getireceği zararı yansıtır. Bu maliyet İngiltere’de başlangıçta £2.000/MWh olarak tespit edilmiş ve enflasyona endekslenmiş, Avustralya’da AUS\$10.000/MWh, ABD’de \$2.000- 50.000/MWh arası ve Türkiye’de 1.000\$/MWh olarak ele alınmaktadır.

3. YATIRIM KARARI İÇİN PİYASA SİMÜLASYONU VE FİYAT TAHMİNİ

Yatırımcı ve/veya finansörün kararı; işletmeye geçtiğinde santralda üretilen elektrik enerjisini i) Kime? ii)Kaça? ve iii) Ne kadar? satacak ana sorularının cevaplarına göre şekillenmektedir. Yatırım aşamasında bu sorulara cevap ararken en az 10 yıl olmak üzere santralin ekonomik ömrü boyunca büyük belirsizlikleri barındıran piyasa gelişimi, mevzuat gelişimi ve arz-talep gelişimi öngörülerini içeren senaryo analizleri ile tatmin edici sonuca varılabilir.

Gelecekteki belirsizlikleri anlamaya yönelik olarak senaryo analizinden yararlanmak; strateji belirleme ve yatırım karar sürecinin önemli bir parçasıdır. Geleneksel tahmin teknikleri geçmiş verileri kullanarak tahminler üretirken, gerçek hayat özellikle elektrik üretim yatırımları için en az 10 seneyi kapsayan uzun dönemde beklenmedik bir takım gelişmeler ve değişimleri barındırabilir. Bu açıdan bakıldığında senaryo analizi, yöneticilere gelecekle ilgili birbirinden farklı bir çok değişik görüntü sunabildiği için çevresel belirsizlikler karşısında daha donanımlı olunmasını sağlar. Belirsizliklerin yüksek olduğu Türkiye elektrik sektöründe beklenen gelişmelere ilişkin en iyi yöntem senaryo analizidir.



Kaynak: Deloitte Türkiye

Şekil 2. Yatırım Kararında Piyasa Analizi ve Fiyat Tahmini Çalışmaları için Senaryo Analizi Örneği

Türkiye elektrik enerjisi piyasasında yatırım kararı aşamasındaki en önemli çalışmalardan piyasa analizi ve fiyat tahmini çalışması için senaryo analizi; piyasa gelişimi, mevzuat gelişimi ve arz/talep gelişimi olmak üzere üç ana eksenle değerlendirmek mümkündür. Günümüzden başlayarak geleceğe doğru baktığımızda zaman ilerledikçe genişleyen senaryo hunisi ile beklenen olası gelişme aralıklarını kavramsal olarak belirlemek mümkündür.

Basitleştirilmiş örneğe baktığımızda, 2020 yılına kadar:

- mevzuat gelişimi açısından bağımsız elektrik piyasa işletmecisinin kurulmasına ilişkin mevzuatın tamamlanması,
- piyasa gelişimi açısından etkin işleyen gün öncesi piyasasının tesis edilmesi,
- arz/talep gelişimi açısından yüksek talep/yüksek yatırım yapılması

ile rekabeti sağlayan, iyi düzenlenmiş ve etkin işleyen bir elektrik piyasası senaryosunu elde edebileceğiz.

4. EPSİM – Elektrik Piyasası Simülasyon Modeli

Elektrik piyasası serbestleşme sürecinde yatırımcılar yeni kapasite yatırım kararlarını, piyasadaki fiyat sinyalleri; fiyat sinyalinin altında yatan diğer yatırımcı ve/veya üreticilerin davranışları; yakıt maliyetleri ve talep artışı gibi arz-talep dinamiğine bağlı belirsizlikleri dikkate alarak vermektedirler.

Bu kapsamda, yatırımcılar için büyük önem arz eden noktalardan biri piyasa işleyiş yapısına hakim olmanın da ötesinde çok çeşitli etkenlerin piyasa fiyat sinyali üzerindeki etkilerinin simüle edilmesidir. Karar verme süreçlerinde önemli roller oynayan simülasyon modelleri; karmaşık piyasa dinamiğinin anlaşılması açısından da önemli bir yer tutmaktadır.

Aynı zamanda, satış imkanları ve alternatifleri açısından değerlendirdiğimizde;

- İkili Anlaşma satışlarında fiyat dalgalanmalarından korunmak mümkün olurken özellikle rüzgar ve hidroelektrik santrallerinde rüzgar ve hidroloji riskleri bertaraf edilememektedir.

- Spot piyasası satışlarında makul risk seviyesinde spot fiyatların yatırım ve işletme maliyetlerini karşılayabileceği bilinmemektedir.

Bu durumda, piyasa simülasyonu ve fiyat tahmini çalışmalarını yapmak suretiyle;

- proje yatırım geri dönüşünün istenilen süre zarfında sağlanması,
- işletme maliyetlerinin karşılanması ve
- değişik kaynaklı risklerden korunmak için gereken stratejilerin geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Piyasanın doğru bir şekilde modellenmesi pek çok farklı ve etkileşimli faktörün çeşitli etkilerinin analiz edilmesini sağlayacaktır.

Piyasa Katılımcıları tarafından, piyasanın gidişatı, fırsat ve risklerin değerlendirilmesi rakiplerin faaliyet ve davranışlarının irdelenmesi, büyümenin organik olarak veya birleşme yoluyla gerçekleştirilmesi, tedarik zincirinin neresinde ve nasıl yer alınacağını belirlenmesi, piyasa katılım stratejilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda, karar verme süreçlerini destekleyen bir simülasyon modeli; karmaşık piyasa dinamiğinin anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

EPSİM Türkiye elektrik piyasasını modellemek, piyasanın tüm temel dinamiklerini göz önünde bulundurarak, oyuncuların ve piyasanın etkileşimlerini simüle ederek gelecekte meydana gelecek sonuçları ve koşulları tahmin etmek amacıyla kullanılan bir simülasyon yazılımıdır. Gerçek zamanlı simülasyon yazılımı olması nedeniyle kullanıcıların, piyasa koşullarını ve oyuncu kararlarını anında değiştirmeye ve bunun sonucunda meydana gelen değişimlerin analiz edilebilmesine olanak tanır. Bunların yanı sıra, EPSİM farklı kullanıcıları da aynı anda oyuna dahil ederek sistemde farklı oyuncuların aldığı bağımsız kararların uygulanabileceği ve bunun sonucundaki piyasa yapısının raporlanabileceği bir ortam sunmaktadır.

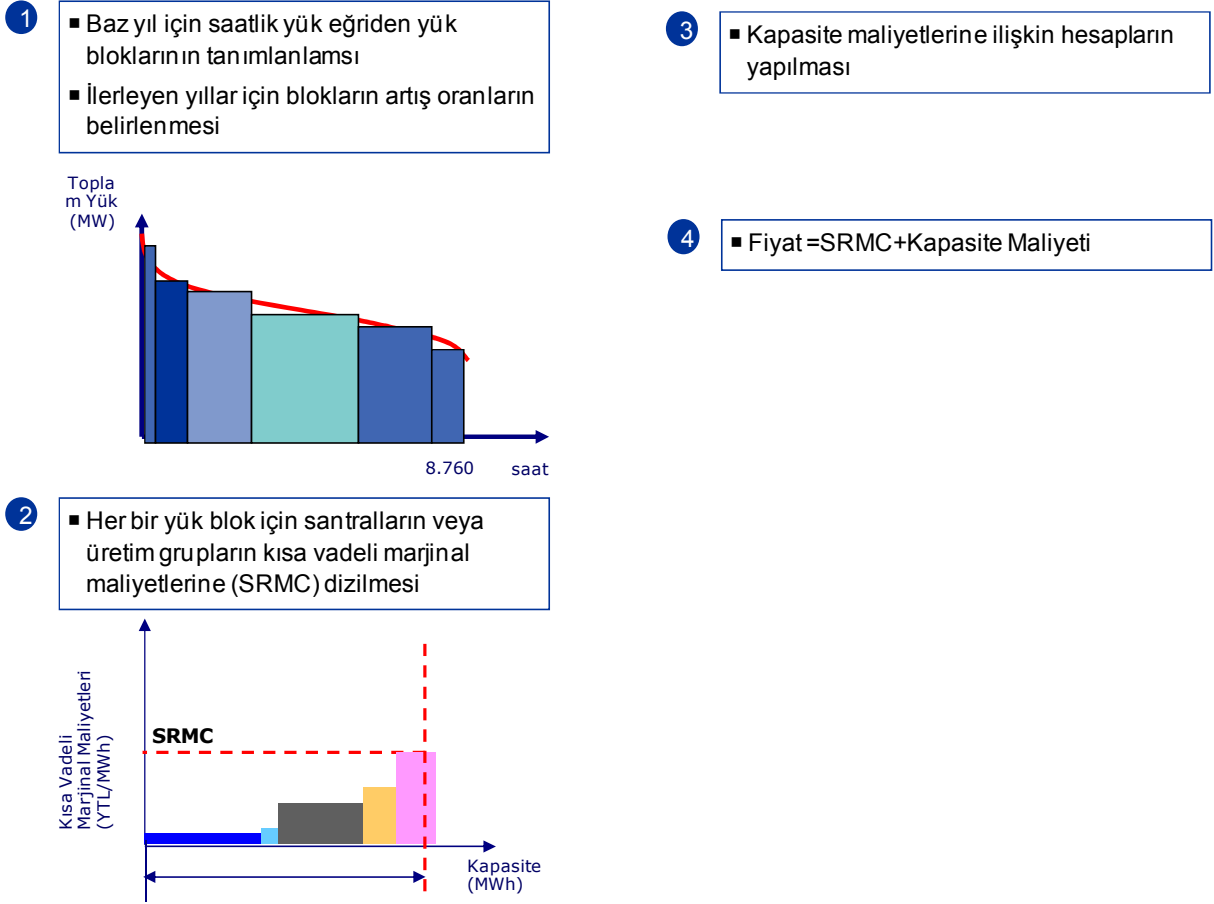
Mevzuat ve piyasa gelişiminin etkisi, regülator kararları, su geliri/hidroloji, arz/talep değişimi maliyetler (yakıt maliyetleri, değişken maliyetler, sabit maliyetler, emisyon maliyeti/vergi vb.) fiyat seviyeleri, yedek kapasite maliyetleri vb. değişkenlerin piyasaya olan etkilerinin değerlendirilmesi sonucunda “Yatırım İhtiyacı için Karar Analizi” yapılması sağlanmaktadır.



Şekil 3. EPSİM Örnek Ekranlar

Modelleme çalışması yıllık periyotlarla, basitçe aşağıdaki 4 ana adımdan oluşmaktadır:

1. Talep hesaplanması: Baz yıl için saatlik yük eğrisinden yük bloklarının tanımlanması ve ilerleyen yıllar için blokların artış oranlarının belirlenmesi
2. Sistem marjinal maliyetinin hesaplanması: Her bir yük bloğu için santrallerin veya üretim gruplarının kısa vadeli marjinal maliyetlerine (SRMC) dizilmesi
3. Kapasite maliyetlerine ilişkin hesapların yapılması
4. Fiyat hesaplanması: $\text{Fiyat} = \text{SRMC} + \text{Kapasite Maliyeti}$



Şekil 4. Modellemede Ana Adımlar

Uygulama yöneticisi tarafından belirtilen zaman aralığı ve kullanıcıların anlık olarak belirleyebildikleri piyasa koşulları ve oyuncu kararları ışığında uygulama yukarıda belirtilen adımları yerine getirerek simülasyonu gerçekleştirir. Simülasyon işleminin sonucunda her oyuncunun mali durumu, üretim miktarları, ikili anlaşma miktarları fiyat, yatırımlar, elektrik kesintisi gibi sonuçlar yazılımın raporlama modülü tarafından raporlanabilmektedir.

Sonuç olarak, piyasa simülasyonu yapmak suretiyle piyasa dinamiğinin anlaşılması ve fiyat tahmini çalışması yapmak mümkündür.

Aynı zamanda, web-tabanlı simülasyon oyunu şeklinde eğitim ve online simülasyon çalışmalarında da kullanılabilecek olan EPSİM'in, değişen piyasa koşullarının en iyi şekilde modellenmesi için gereken gelişime açık bir yapıda olduğunun altını çizmekte fayda vardır.

KAYNAKLAR

- [1] Bakatjan, S. Arıkan M. and Tiong, R.L.K. (2003) “*Optimal Capital Structure Model for BOT Power Projects in Turkey*”, Journal of Construction Engineering and Management, Vol.129, No.1, pp89-97
- [2] Bakatjan, S. (2000) “*Financial Engineering for BOT Power Projects: A Simplified Model for Optimal Capital Structure*” M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara
- [3] Aksu, E. “Hidro-Termik Üretim Sistemlerinde Üretim Planlama ve Optimizasyon”, 2009
- [4] Bakatjan, S. “Türkiye Elektrik Piyasasında Kapasite Yatırımları ve Piyasa Eksenli Arz Güvenliği Çözümleri”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, 29 Kasım 2006
- [5] Stoft, S. (2002) *Power System Economics*, IEEE Press
- [6] Caramanis, M.C. (1982) “*Investment Decisions And Long-Term Planning Under Electricity Spot Pricing*”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems 101 (12): 4640-4648.