

DÜNYADAKİ UYGULAMALAR ÇERÇEVESİNDE ENERJİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ebru ACUNER, Sermin ONAYGİL

İTÜ Enerji Enstitüsü, Ayazağa Yerleşkesi, 34469, Maslak, İSTANBUL

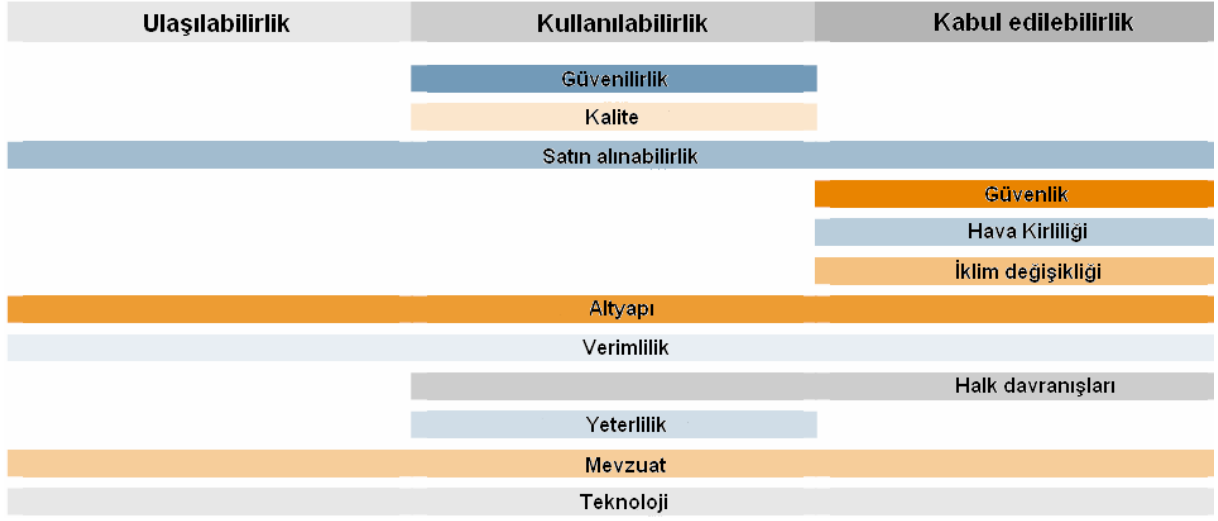
Özet:

Herhangi bir ülkenin enerji politikaları açısından irdelenmesi istendiğinde; enerji ile ilgili stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının makro düzeyde incelenmesi, en etkin enerji stratejileri ve uygulamalarının mikro düzeyde değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçların benzer ülkeler ile kıyaslanması aşamalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Söz konusu değerlendirmenin başarıya ulaşabilmesi için enerji mutlaka kurumsal, ekonomik, sosyal ve çevresel etkenlerle bir arada ele alınmalıdır. Başka bir deyişle, herhangi bir politikanın doğru olarak değerlendirilmesi, ilgili tüm politika ve stratejilerin birbirleri ile ilişkilerinin ve birbiri üzerindeki etkilerinin tanımlanmasına bağlıdır. Bu değişken yapılı ve karmaşık etkileşimleri doğru olarak açıklayabilmek için, esnek ve bütünlüklü değerlendirme araçları olarak tanımlanabilen modellere ihtiyaç vardır. Modelleme çalışmalarının başarılı olabilmesi için ise, modelleri birbirleri ile karşılaştırmak ve benzer veya farklı özelliklerini belirlemek gerekir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizdeki modellemeye yönelik çalışmalara örnek olabilmesi açısından, dünyadaki uygulamalar çerçevesinde enerji modellerinin benzerliklerine ve farklılıklarına göre gruplandırılmasıdır.

GİRİŞ

Dünya Enerji Konseyi, 2007 yılında hazırlamış olduğu “2050 yılına doğru Enerji Politika Senaryoları” başlıklı raporunda, enerjide sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için, “ulaşılabilirlik (accessibility), kullanılabilirlik (availability) ve kabul edilebilirlik (acceptability)” olarak tanımlanan 3-A stratejisinin temel alınması gerekliliğini belirtmiştir (Şekil 1). Şekilden de görüldüğü gibi bu strateji kapsamında ulaşılabilirlik, uygun maliyetler ile enerji kaynaklarının temin edilebilmesi; kullanılabilirlik, enerji arzının sürekli ve arz hizmetinin de kaliteli ve güvenilir olması; kabul edilebilirlik ise

herhangi bir kaynağın kullanımının çevresel ve sosyal etkilerinin istenilen kriterleri sağlaması anlamlarına gelmektedir [1].



Şekil 1. 3-A Stratejisi [1]

Söz konusu strateji ile geçmiş ve günümüz temelinde geleceğe yönelik planlamaların, politika analizlerinin yapılabilmesi için, enerji; ekonomik, çevresel, sosyal ve teknolojik faktörlerle birlikte ele alınmalıdır. Bu değişken yapılı ve karmaşık etkileşimleri doğru olarak açıklayabilmek için, strateji ve politika değerlendirme araçları olarak tanımlanabilen modellere ihtiyaç vardır.

ENERJİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Modellerin bir takım genel ve ortak özellikleri bulunmaktadır. Örneğin, herhangi bir model karmaşık olan gerçeğin daha basite indirgenmesini sağlamakta ve geliştirildiği zaman içerisinde önemli görülen konuları irdelemektedir. Ayrıca, her model belli varsayımları kullanarak sonuca ulaşmakta ve bu varsayımların bazıları da her durum için geçerli olamamaktadır. Bu ve benzeri yaklaşımlar, modelleri kendi aralarında gruplandırmak amacıyla kullanılabilmektedir. Genel olarak enerji modelleri;

- genel ve özel amacı,,
- yapısı ve varsayımları,
- kullandığı analitik yaklaşım: top-down veya bottom-up,
- yöntemi,
- matematiksel yaklaşımı,

- coğrafik kapsamı: uluslararası, bölgesel, ulusal, yerel,
- zaman periyodu: kısa, orta, uzun dönemli,
- gerekli veri grupları ve sayıları,

gibi başlıklar altında gruplandırılabilir [2].

AB 6. Çerçeve Programı kapsamında gerçekleştirilen “Küresel Bakış Açısıyla Avrupa’nın Enerji Trendleri: Enerji-Ekonomi-Çevre Modelleri ile Referans Projeksiyonlar” başlıklı projede arz güvenliği ve iklim değişikliği politikaları ve stratejilerini değerlendirmek üzere 15 farklı model kullanılmıştır. Söz konusu projenin amacı; farklı analitik yaklaşımları içeren bu modellerin sonuçlarını karşılaştırmanın yanı sıra, önerilen politika ve stratejilerin etkilerini değerlendirmektir. Raporda adı geçen 15 modelin; coğrafik kapsamı, bağlı bulunduğu kurum/ülke, önerilen yenilenebilir enerji ve nükleer enerji kullanımı, CO₂ tutma/yakalama, hidrojen ekonomisi gibi politika/stratejilere göre karşılaştırılması Tablo 1’de verilmiştir [3].

Tablo 1’den görüldüğü gibi, modellerin karşılaştırılmasında öncelikli olarak coğrafik kapsamı dikkate alınmış ve buna göre seçilen modeller dünya geneli, uluslararası (Avrupa geneli ve belirli bölgeleri) veya ulusal (sadece Amerika Birleşik Devletleri-ABD ve Kanada’da) olarak gruplandırılmışlardır. Ayrıca, modellerin kullanımından sorumlu kurumlar ve bulundukları ülkeler de belirtilmiştir. Bu çalışmadaki alternatif politika/stratejiler de modellerin kapasiteleri ile ilgili bilgiler verebilmektedir.

Tablo 1’de genel özellikleri verilen modeller; ekonomik değişkenler baz alınarak makroekonomik teoriler yardımıyla nihai enerji talebi ve tüketimleri belirlemek amaçlı **top-down**; enerji tüketim değişkenini kullanarak mikroekonomik ölçekte ekonomik performansın değerlendirilmesini hedefleyen **bottom-up** analitik yaklaşımları temelinde de karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Avrupa'nın enerji trendlerini belirlemek amaçlı 15 farklı modelin karşılaştırılması [3]

Model	Coğrafik kapsamı	Sorumlu kurum/ülke	İçerdiği politika/strateji
AIM – Asian Pasific Intergrated Model	Dünya	NIES, Japonya	Yenilenebilir
DNE 21+ - Dynamic New Earth 21+	Dünya	RITE, Japonya	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
ETP – Energy Technology Perspectives	Dünya	IEA, Fransa	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
GMM – Global Markal Macro	Dünya	PSI, İsviçre	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
MESSAGE – Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact	Dünya	IIASA, Avusturya	Yenilenebilir, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
NEWAGE	Dünya	IER, Almanya	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
POLES	Dünya	IPTS, İspanya	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
PROMETHEUS	Dünya	NTUA, Yunanistan	Yenilenebilir, nükleer, hidrojen
NEMS – National Energy Modeling System	ABD	EIA, ABD	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
MAPLE	Kanada	NRCan, Kanada	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
MARKAL	Batı Avrupa	ECN, Hollanda	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
NEMESIS	Avrupa	ERASME, Fransa	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen
PACE	Dünya	ZEW, Almanya	Yenilenebilir, nükleer, hidrojen
PRIMES	AB-25	NTUA, Yunanistan	Yenilenebilir, nükleer, hidrojen
TIMES-EE	Avrupa	IER, Almanya	Yenilenebilir, nükleer, CO ₂ tutma/depolama, hidrojen

Söz konusu proje kapsamında seçilen 15 modelin analitik yaklaşımları bazında karşılaştırılmasının yapıldığı Tablo 2’de, geçmiş eğilimleri kullanarak ekonomi ile enerji sektörleri arasındaki etkileşimleri belirlemek amaçlı top-down modeller **makro-ekonomik** ve **hesaplanabilir genel denge modelleri** olarak sınıflandırılmıştır. **Makro-ekonomik modeller** sektörler için yatırım-tüketim ilişkisini açıklamaktadır. **Genel denge modelleri** ise mikro-ekonomik prensiplere göre işçilik, sermaye, enerji gibi üretimi etkileyen faktörlerle arz-talep davranışını belirlemek ve ilgili piyasaları dengeye getirmek amaçlıdır. Mevcut ve yeni teknolojilerin maliyet ve verimlilik analizleri ile nihai tüketim sektörlerinin (sanayi, bina, hizmet, ulaşım) enerji taleplerini karşılayacak en maliyet etkin stratejiyi belirlemek için kullanılan bottom-up modeller de **dinamik enerji sistem optimizasyon** ve **bütünleşik enerji sistem simulasyon** modelleri olarak gruplandırılabilir.

Tablo 2. Seçilen 15 modelin analitik yaklaşımları dikkate alınarak karşılaştırılması [3]

Coğrafik kapsam	Top-down modeller		Bottom-up modeller	
	Makro-ekonomik	Genel denge	Dinamik enerji sistem optimizasyonu	Bütünleşik enerji sistem simülasyonu
Dünya		AIM NEWAGE PACE	DNE21+ ETP GMM MESSAGE	POLES
			PROMETHEUS	
ABD, Kanada				NEMS MAPLE
Avrupa	NEMESIS		MARKAL TIMES-EE	PRIMES

Dinamik enerji sistem optimizasyon modelleri on yıllık zaman dilimlerinde enerji piyasasının kısmi dengede olması koşulu ile, tüm nihai tüketim sektörleri ile ilgili teknolojilerin maliyet etkinliğini hesaplamaktadır. Bazı durumlarda makro-ekonomik koşulları ve enerji taleplerini birlikte değerlendirmek, coğrafi ve teknolojik kapsamına göre farklılıklar göstermektedir. Örneğin, MARKAL, Batı Avrupa enerji sistemini bütün olarak ele alırken, enerji verimliliği içeren TIMES-EE ise, AB-15 ile birlikte Norveç, İsviçre, Polonya ve Çek Cumhuriyeti'ndeki elektrik üretim sektörlerini incelemektedir.

Bütünleşik enerji sistem simülasyon modelleri de üretim teknolojileri, nihai tüketim ve verimlilik verileri ile birlikte ekonometrik tahminleri kullanarak enerji arz ve talebini detaylı olarak irdelemektedir. Bu gruptaki en geniş kapsamlı model dünya enerji piyasasının simülasyonunu içeren POLES'dir. PRIMES, NEMS ve MAPLE ise, arz ve talebin eşit olması koşulu ile, piyasadaki fiyatların belirlendiği algoritmayı (market clearing algortihm) kullanarak, ekonomik faktörler için davranış şartlarını çözümlenmektedir [3].

“Gelişmekte olan ülkelerin enerji sistemlerinin modellemesi” adlı çalışmasında ise, günümüzde kullanılmakta olan başlıca enerji modelleri, ülkelerin enerji ve ekonomik yapıları dikkate alınarak karşılaştırılmıştır [4]. Çalışma kapsamında irdelenecek model seçiminde öncelikle; modelin uluslararası platformdaki yeri, gelişmekte olan ülkelerin koşullarına uygunluğu ve söz konusu ülkelerin ilgili kurumlarınca ulusal bazda kullanılabilirliği ile ilgili faktörler göz önüne alınmıştır. Bu değerlendirmeyi

yaparken, 40 adet yaygın veya orta düzeyde bilinen model üzerinde durulmuş ve her üç kriteri de sağlayan 12 adet model seçilmiştir. Ayrıca bu seçimde ekonomik ve çevresel faktörler de değerlendirilerek modellerin enerji stratejilerine etkilerinin incelenmesine de dikkat edilmiş, ve modeller; temel yaklaşımları, kullandıkları yöntem ve amaçlarına göre sınıflandırılmışlardır (Tablo 3). Gelişmekte olan ülkeler için seçilen 12 modelin çoğunlukla **bottom-up veya hibrid (bottom-up + top-down)** modeller oldukları gözlemlenmektedir. Bunun başlıca nedeni, **bottom-up modellerin** piyasa davranışları ve üretim girdilerinden bağımsız olarak verimliliği arttırmaya yönelik teknolojileri doğrudan modellemesidir. Diğer yandan, bottom-up modellerde; enerji kaynakları, talep ve teknoloji değişimi gibi başlıca girdiler dışsal faktörler olarak ele alınmaktadır. Bu kapsamda, hem bottom-up hem de top-down modellerin üstünlüklerini içeren **hibrid modeller** de tercih edilebilmektedir. Modellemenin amacına, veri ihtiyacına ve istenilen çıktılara uygun olarak diğer iki yaklaşım esnek bir şekilde bir araya getirilebilmektedir.

Tablo 3. Seçilen enerji modellerinin yaklaşım, yöntem ve amaçlarına göre sınıflandırılması [4]

Model	Yaklaşım			Yöntem				Amaç
	Top-down	Bottom-up	Hibrid	Simulasyon	Optimizasyon	Ekonomik denge	Toolbox	
AIM			X	X				3E
ASF	X				X			3E
IMAGE/TIMER			X	X				3E
LEAP		X		X				3E
MARIA	X				X			3E
MARKAL		X			X			3E
MESSEGE			X		X			Arz1
MiniCAM			X			X		3E
PowerPlan		X		X				Arz2
RETScreen		X					X	YÇ
SGM	X					X		3E
WEM			X			X		3E

3E: Enerji-ekonomi-çevre modeli, **Arz1:** Enerji arzı-ekonomi-çevre modeli, **Arz2:** Elektrik arzı-ekonomi-çevre modeli, **YÇ:** Yenilenebilir enerji- çevre modeli.

Yöntem açısından bakıldığında, **optimizasyon modelleri** enerji ile ilgili herhangi bir yatırım kararının verilmesinde en iyi çözümün bulunmasını amaçlamaktadır. Bu modellerde piyasa koşullarının düzgün şekilde işlediği ve müşteri davranışlarının da

optimum olduğu varsayılmaktadır. Ancak, bu varsayımlar gerçek hayatta geçerli değildir. Gelişmekte olan ülkelerin piyasa koşulları ve müşteri davranışları dikkate alındığında, bu tip modellerin kullanılması durumunda en iyi çözüme ulaşılması zorlaşmaktadır. **Ekonomik denge modelleri** ise genellikle piyasa koşullarının kısmi olarak dengede olduğunu varsaymaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde piyasa koşullarının dengesiz yapısı düşünüldüğünde, bu tür modellerin kullanımının da uygun olmadığı söylenebilir.

Enerji modelleri, yöntemlerine göre sınıflandırılırken karşılaşılan **toolbox** da temelde muhasebe tipi bottom-up (accounting type bottom-up) yaklaşımına dayanmaktadır. Toolbox'ın en büyük üstünlüğü, herhangi bir eğitim almamış kullanıcılar tarafından bile kolaylıkla uygulanabilir olmasıdır. Bu özellik de modelin gelişmekte olan ülkelerde enerji ve finansman konularında uzman olmayan kişiler tarafından da kullanılabilmesine olanak sağlar. Ancak, modelin en büyük sakıncası, geleceğe dönük senaryo çalışmalarında elektrik üretimi, arz kısıtlaması, elektrik tüketimi, konvansiyonel biyo yakıtlar, şehirleşme, ekonomik değişimler ve teşvikler gibi önemli değişkenlerin dolaylı olarak ele alınabilmesidir.

Simulasyon modelleri ise çoğunlukla açıklayıcı (descriptive) bottom-up veya hibrid yaklaşımlarını kullanmaktadır. Buradaki ana amaç, gerçek sistemin daha basit bir şekilde yeniden tasarlanmasıdır. Piyasa koşullarının düzgün veya müşteri davranışlarının optimum olması gibi varsayımlarda bulunulmadığı için, gelişmekte olan ülkelerde rahatlıkla kullanılabilir. Diğer yandan, modelin karmaşık yapısı, çok fazla veri ve uzman ihtiyacı da olumsuz yönleridir.

Yukarıda açıklanan tüm bu modellerin olumlu ve olumsuz yönleri göz önünde bulundurularak, her ülke için kendi ulusal koşullarına uygun olarak geliştirilmeleri gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

TÜRKİYE'DE ENERJİ MODELLEMESİ

Herhangi bir ülke için kullanım amacına göre enerji modelleri, “talep tahmin” ve “politika analiz” olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir [5]. Talep tahmini modelleri; enerji kaynaklarına olan taleplerin, en düşük maliyetle ve en kaliteli biçimde karşılanması, arz ve çevre güvenliğinin sağlanması gibi konuları irdelemektedir. Ülkelerde uygulanmakta olan veya uygulanması düşünülen enerji stratejileri ve politikalarının ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerinin incelenmesi de politika analiz modellerinin kapsamında yer almaktadır.

Türkiye’de enerji talep tahmini ile ilgili modelleme çalışmaları kapsamında, 1984 yılında Dünya Bankası tarafından önerilen ve enerji talebini "senaryo yaklaşımı"na dayalı bir yöntem ile ortaya koyma amaçlı MAED (Model for Analysis of Energy Demand) modeli, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)’nce benimsenmiştir. Söz konusu model Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA) tarafından geliştirilmiştir. Uzun dönemli genel enerji ve elektrik enerjisi taleplerini ortaya koyan bu model, ülkemiz enerji, ekonomik ve sosyal koşulları göz önüne alınarak uygulanmaktadır. Hedef ve politikadaki değişikliklerin yansıtılabilmesi, taleplerin değişen şartlara göre yenilenebilmesi özellikleri nedeniyle, bu modelin uygulanması ETKB tarafından yapılan planlama çalışmalarına önemli bir boyut kazandırmıştır [6].

Ancak, enerji politikalarının temelini projeksiyonlar, yani model bazlı hesaplamalar ve tahminler oluşturmaktadır. Sağlıklı politikaların geliştirilebilmesi için modellerin güvenilir sonuçlar üretmesi gerekir. Model sonuçlarının güvenilirliğinin yüksek olması ise (a) kullanım amacına uygun modelleme yaklaşımlarının uygulanmasına, (b) modellerin değişkenler arası ilişkileri gerçekçi olarak ortaya koyabilmelerine, (c) yapılan varsayımların doğruluklarına ve (d) verilerin güvenilirliklerine bağlıdır. Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, enerji taleplerinin gelişmesindeki temel etken olan ekonomik ve teknolojik gelişmeleri ayrıntılı olarak ele alamaması nedeniyle MAED, maalesef yirmi yılı aşkın kullanım süresi boyunca Türkiye için orta ve uzun vadede güvenilir sonuçlar üretememiştir [5, 7, 8]. Ayrıca MAED’in özellikle elektrik talebi için sistematik olarak yüksek değerler üretmesi de birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur [7, 8]. Bu açıdan ülkemizde hala kullanılmakta olan bu

modelin, yukarıda sıralanan güvenilirlik koşullarının kapsamlı bir şekilde irdelenmesi faydalı olacaktır [5].

(a) MAED'de enerji sektörünü ayrıntılı ele alan bir simülasyon yaklaşımı kullanılmakta, enerji taleplerinin gelişmesindeki temel etken olan ekonomik ve teknolojik gelişim öngörülerini modele ancak dışarıdan dahil edilebilmektedir. Bu yaklaşımdaki temel eksiklik enerji-ekonomi ilişkilerinin, arz-talep ve fiyat etkilerinin yeterince ayrıntılı bir şekilde yansıtılamamasıdır. Örneğin enerji fiyatlarının talebe etkisi, yakıt türlerinin birbirlerine olan fiyat esneklikleri gibi parametreler ile bunların içerdiği fiyat-talep ilişkileri dikkate alınamamaktadır. (b) Modele dışardan dahil edilen ekonomik öngörüler ile Türkiye ekonomisine ait özellikler tam olarak simule edilememektedir. Ülkemizde enerji arzının yüzde yetmişten fazlası ithal kaynaklardan karşılandığı için, uluslararası enerji fiyatları ile ulusal makroekonomik dengeler arasındaki ilişkiler büyük önem kazanmaktadır. MAED'de ise enerji-ekonomi ilişkisi, ekonomiden enerjiye tek yönlü olarak tanımlanmıştır. Oysa bilimsel çalışmalar Türkiye'de enerji sektöründen ekonomiye olan geri beslemenin de gözardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. (c) Ekonomik ve teknolojik gelişmeler ile ilgili varsayımlar MAED'in en temel girdileri arasındadır. Genelde bilimsel modelleme çalışmalarının sonuçları olmayan bu varsayımlar, büyük çoğunlukla Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)'nin hedeflerine göre belirlenmektedir. Hedefler genellikle yüksek konulduğu için yüksek tahminler üretilmektedir. Hatta kalkınma hedeflerinin gerçekleşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) büyüme değerlerinden daha düşük kaldığı yıllarda bile, model yüksek talep tahminleri üretmeye devam etmiştir [5, 7, 8]. (d) Türkiye'deki modelleme çalışmalarında karşılaşılan en temel problemlerin başında güvenilir veri gruplarının eksikliği gelmektedir. Bu çerçevede, MAED modelinde kullanılan verilerin kaynağı ve güvenilirliği de tartışmaya açıktır.

UAEA, Argonne Ulusal Laboratuvarı ile birlikte MAED'e paralel olarak çalışmak üzere, BALANCE (Balance of Energy Supplies and Demands), IMPACTS (Environmental Burdens and Resource Requirements of the Energy Sector) ve ELECTRIC (WASP III-Wien Automatic System Planning Package) modüllerini içeren enerji ve güç planlama modeli ENPEP (Energy and Power Evaluation Program,) modelini de geliştirmiştir. ENPEP model çalışmasında, ülkenin nihai enerji tüketimi incelenmekte, nihai talebi etkileyen sosyal, ekonomik ve teknik faktörler belirlenmekte, enerji

tüketimi ve bunu etkileyen faktörler arasındaki fonksiyonel bağlantılar ortaya konulmakta, sosyo-ekonomik senaryolar ile teknik gelişme senaryoları belirlenerek enerji tüketimleri değerlendirilmektedir.

ENPEP modeli, Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) tarafından İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında hazırlanan “İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi” raporunda, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji alternatif stratejilerinin değerlendirilmesi sonucunda sağlanabilecek CO₂ salım azaltım miktarlarının belirlenmesi amaçlı kullanılmıştır [9]. Rapor kapsamında, modüler yapıdaki bu model ile Türkiye’de enerji-ekonomi-çevre ilişkileri irdelenmektedir. ENPEP’in temel modüllerinden bir tanesi de yukarıda eksiklikleri irdelenen MAED modelidir. ENPEP’in temel eksikliği ise, modüller arası ilişkilerin tek yönlü kalması ve bütünleşik bir sistem oluşturulamamasıdır. Bu modelde enerji-ekonomi ilişkileri kısıtlı göstergelerle açıklanmakta, enerji modüllerinden ekonomiye ve çevre modülünden enerjiye doğru olan geri besleme bağlantıları yetersiz kalmakta ve ilişkiler tek yönlü olmaktadır. Başka bir deyişle, birbiri arkasına sıralanan modüler bir yapıdaki modelde, enerji-ekonomi-çevre karşılıklı etkileşimleri dikkate alınamamaktadır. Bu yapı içerisinde gerçekleştirilen sürdürülebilirlik ve politika analizlerinin güvenilirliği de tartışmaya açıktır.

Enerji modellemesi ile ilgili söz konusu çalışmalara ek olarak, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), 2005-2007 yılları arasında AB Twinning Projeleri kapsamında gerçekleştirdikleri “Türkiye’de Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi” projesinde, başta sanayi sektörü olmak üzere nihai tüketim sektörleri için enerji taleplerinin belirlenmesi amacıyla MED-PRO modelini kullanmıştır [10]. MED-PRO, Fransa’nın enerji ile ilgili istatistiksel ve modelleme çalışmalarını yürüten ENERDATA istatistik kurumu tarafından geliştirilmiştir. Model, Dünya Bankası tarafından nihai sektör modeli (end-use type model) olarak sınıflandırılan ve otuz yılı aşkın süredir sanayi, bina, hizmet ve ulaşım sektörlerinin enerji talep tahminlerini yapabilmek için kullanılan MEDEE model ailesi içinde yer almaktadır. Bottom-up yaklaşımına dayanan MED-PRO, uygulanacak ülkedeki sosyo-ekonomik ve teknolojik değerlendirmeler ile mevcut enerji ve iklim değişikliği önleme politikaları doğrultusunda enerji verimliliği, kaynak çeşitliliği gibi önlemlerin etkilerini irdelemektedir [11].

2008-2009 yılları arasında ETKB ve Bölgesel Çevre Merkezi (Regional Environment Center – REC) tarafından, Türkiye Kojenerasyon Derneği ve Dünya Bölgesel/Dağıtık Enerji Birliği (World Alliance of Decentralized Energy – WADE)’nin teknik destekleri ile “Bölgesel Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye için WADE Modelinin Uygulanması” projesi gerçekleştirilmiştir [12]. Projenin amacı; Türkiye’de bölgesel/dağıtık enerji teknolojilerinin potansiyelleri belirlenip, ekonomik ve çevresel faydaları ortaya konularak enerji sektöründe karar verme sürecinde ekonomik modellerin kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Bu çerçevede modelde, kömür ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan yüksek verimli kojenerasyon uygulamaları, yerel hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle kaynakları ve enerji geri kazanım uygulamaları değerlendirilmekte, farklı bölgesel/dağıtık enerji kaynak kombinasyonlarının kullanımı ile 20 yıllık dönem için; elektrik yük eğrisindeki değişimler, ekonomik ve çevresel etkiler hesaplanmaktadır.

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Enerji talebi hızla gelişen, kaynakları kısıtlı olduğu için dışa bağımlı bulunan, piyasa koşulları kısa dönemli değişimler gösteren, yakın zamanda Kyoto Protokolü ile ilgili çevresel yükümlülükler ve aynı zamanda fırsatlarla karşı karşıya kalacak olan Türkiye’de, talep tahminlerinin ve politika analizlerinin yapılması amacıyla kullanılabilecek yeni model(ler)in seçiminde, bottom-up veya hibrid bir model olması ve optimizasyon veya simulasyon yöntemlerini kullanması kriterlerine dikkat edilmesi uygun olacaktır. Bu çerçevede, enerjiyi ekonomi, çevre, teknoloji ve hatta sosyal boyutlar ile birlikte değerlendirecek bir modelin ülke koşullarına göre ulusal bazda geliştirilmesi; daha sağlıklı yatırım kararlarının verilmesine, alternatif enerji stratejileri ve politikalarının değerlendirilmesine, bütün bu sektörlerin geri beslemeler ile birbirleri üzerine olan etkilerinin kolaylıkla incelenmesine olanak sağlayabilecektir. Çalışmada da açıklandığı gibi, bu kriterlere uygun özelliklere sahip bazı enerji modelleri ülkemizde kullanılmaktadır. Ancak modellerin nasıl çalıştırıldığı, dayandığı varsayımlar, kullandıkları veri grupları ve sonuçlarının paylaşımı ve/veya başka modellerde girdi olarak kullanımı gibi konulara açıklık getirilmesi zorunluluğu vardır.

KAYNAKLAR

- [1] World Energy Council (WEC), (2007), "Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050", www.worldenergy.org/documents/scenarios_study_online.pdf.
- [2] Hirematha, R.B., Shikhab, S., Ravindranathb, N.H., (2007), "Decentralized energy planning; modeling and applicatio - a review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V.11, pp. 729–752.
- [3] Uytterlinde, M.A., Martinus, G.H., Van Thuijl, E., (2004), "ENERGY TRENDS FOR EUROPE IN A GLOBAL PERSPECTIVE, Baseline projections by twelve E3-models in the CASCADE MINTS project", Sixth RTD Framework Programme, Energy Center of the Netherlands, <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2004/c04094.pdf>.
- [4] Urban, F., Benders, R. M. J., & Moll, H. C., (2007). "Modelling energy systems for developing countries", *Energy Policy*, 35(6), pp. 3473–3482.
- [5] Kumbaroğlu, G., (2006), "Türkiye'nin Rekabet Gücü Açısından Enerji Ekonomisinde öne çıkan Başlıklar üzerine bir Değerlendirme", http://ref.advancity.net/newsletters/2006Aralik/enerji_ekonomisi.html.
- [6] DPT, (2001), "VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu", www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3228/oik585.pdf.
- [7] Ediger, V.Ş., Tatlıdil, H., (2002), "Forecasting the primary energy demand in Turkey and analysis of cyclic patterns", *Energy Conversion and Management*, 43 (4), pp. 473-487.
- [8] Öztürk, H.K., Ceylan, H., Canyurt, O.E., Hepbaşlı, A., (2005), "Electricity estimation using genetic algorithm approach: a case study of Turkey", *Energy*, 30 (7), pp. 1003-1012.
- [9] ÇOB, (2008), "İklim Değişikliği Türkiye 1. Ulusal Bildirim Raporu", http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler4/iklim_degisikligi.pdf.
- [10] Yalcin, E., Metin, E., (2007), "Energy saving potentials assessment in Turkey", *Twinning Project: Improvement of energy efficiency in Turkey wrap-up meeting*, www.eie.gov.tr/duyurular/EV/twinning/twinning.html - 68k.
- [11] ENERDATA, (2006), "Accounting for policies and measures in end-use models", http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/twinning/sunular/hafta_02/2_Accounting%20for%20policies%20&%20mesures.pdf.
- [12] ETKB, (2008). "Bölgesel Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi: Türkiye için WADE Modelinin Uygulanması", http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji_cevre_iklim_projele_r&bn=218&hn=&nm=4303&id=4307.