

## **Dünyada Enerji Kaynakları**

Prof. Dr. Abdurrahman SATMAN\*

### **Giriş**

Enerji “iş yapma kapasitesi veya kabiliyeti” olarak tanımlanmaktadır. Değişik formlarda karşımıza çıkmaktadır: ısı enerjisi, ışık (radyant enerji), mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi. Enerji kaynakları genelde iki grup altında toplanırlar: yenilenebilir ve tükenebilir veya yenilenemez. Yenilenebilir enerji tekrar tekrar kullanılabilen enerjidir. Örneğin güneş enerjisi gibi, güneşten gelir ve elektrik veya ısı enerjisine dönüştürülebilir. Rüzgâr enerjisi, yerküreden gelen jeotermal enerji, bitkilerden üretilen biyokütle ve sudan elde edilen hidrojen yenilenebilir enerji grubundadırlar. Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan enerjidir. Biz, enerjimizin çoğunu tükenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktayız. Tükenebilir enerji ise kullanılan ve fakat kısa zaman aralığında yaratılamayan enerji olarak tanımlanır. Bunlar genelde fosil yakıtlardır; petrol, doğal gaz ve kömür gibi. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan kalıntılarının yerkürenin içinden gelen ısı ve bu kalıntıların üzerinde bulunan kayalardan kaynaklanan basınç altında oluşmuş fosillerinden kaynaklanmaktadır.

Ülkelerin gelişmesi için enerji gerekmektedir. 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyıl içinde hızlı gelişme gösteren ülkelerin çok enerji tükettikleri açık bir gerçektir. Bu nedenle de enerji kaynakları ticari olmanın yanı sıra stratejik maddeler olarak sınıflandırılmaktadır.

Enerji ile ilgili konular ve enerji güvenliği son yüzyılda büyük önem kazanmış ve her zaman ilgi odağı olma durumunu korumuştur. Var olan enerji kaynaklarının büyüyen dünya talebini karşılaması konusunda yapılan çalışmalar ve güvenli enerji arzının önemi insanların ve ülkelerin her zaman ilgisini çekmektedir.

---

\*İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Müdürü

### Dünyada Enerji Kaynakları ve Politikası

Basit olarak bakıldığında; enerji ve tercih edilen enerji kaynağı değerlendirilirken kaynağın fiyatı, kaynağın elde edilme kolaylığı ve ayrıca çevre ve sağlık etkileri göz önüne alınır. 6,4 milyarlık dünya nüfusunun 2,4 milyarının hala ticari olmayan enerji kaynaklarına (odun, bitki-hayvan artıkları) bağlı olduğu, 1,6 milyara elektriğin ulaşmamış olduğu ve gelişmiş (endüstrileşmiş) ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin gelişmekte olan ülkelere göre 7 kat yüksek olduğu bilinmektedir. Düşük enerji fiyatının ekonomik gelişmeyi tetiklediği ve yenilenebilir kaynakların fosil kaynaklara göre tüketici için genelde daha yüksek maliyetli olduğu bilinen gerçeklerdir. Diğer taraftan, enerji kaynakları tüm ülkelere eşit olarak dağılmış durumda değildir. Dünyada bazı ülkeler rezervlere sahip olup üretici konumundayken diğerleri bu enerji kaynaklarını elde etmeye çalışan tüketici konumundadırlar. Bu arada nüfus artarken ve ülkeler daha fazla enerji kullanarak gelişirken, enerji kullanımından kaynaklanan çevre ve sağlık sorunları dünya gündemindedir. Kapalı ortamlardaki hava kirliliği ve atmosferdeki hava kirliliği nedeniyle insan ölümleri ve atmosferdeki iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuzluklar bilinmektedir.

Ülkeler için enerji artık “kendi kendine yeterli” tanımının dışındadır. Ülkelerarası ticaret esastır ve bu ticaretin güvenle yapılması gerekmektedir. Ticaret denince akla hemen arz ve talep gelmektedir. Talep olması için ekonomik gelişme ve enerjiyi satın alacak insan gerekmektedir.

1950’den beri dünya nüfusu 2 kattan fazla artarken enerji talebi ise 6 kat artmıştır. Halen dünya nüfusu 6,4 milyar olarak tahmin edilmektedir ve Birleşmiş Milletler’in tahminine göre dünya nüfusu 2015 yılında 7,2 milyar ve 2050 yılında 8,9 milyar olacaktır. Gittikçe artan sayıda insan enerji kullanacaktır. Başta Çin olmak üzere gelişen ekonomiler daha fazla enerji tüketeceklerdir. Dünya devletleri arasında ABD’den sonra Çin en çok enerji tüketen ülke konumundadır.

2004 yılı içinde dünya birincil enerji tüketimi 10,2 milyar ton petrol enerjisi eşdeğeri (PEE) kadardır. Bunun %37’si petrolden, %27’si kömürden, %24’ü doğal gazdan, %6’sı hidrogüçten ve %6’sı nükleerden karşılanmıştır. 2003 yılında söz konusu oranlar %39, 24, 24, 6 ve 6 olarak gerçekleşmiştir. Toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin (jeotermal, güneş, rüzgar, odun, ...) payı %1–2 olarak tahmin edilmektedir. Petrol ve doğal gaz dünya enerji tüketiminden %60’tan fazlasını, petrol, doğal gaz ve kömürden oluşan fosil kaynaklar ise %85’ini karşılamaktadır. Son 30 yıldaki tüketim eğilimi incelendiğinde, tüketimi en hızlı artan enerji kaynağının doğal gaz olduğu görülmektedir. Bu eğilimin süreceği ve doğal gazın toplam enerji tüketiminde %24 olan payının 2025–2030 civarında %26’ya yükseleceği düşünülmektedir.

2004 yılı içinde tüketilen birincil enerji kaynaklarının %23'ü ABD, %29'u Türkiye ve Rusya'yla birlikte Avrupa ve Avrasya, %13,6'sı Çin, %6,5'i Rusya ve %5'i Japonya tarafından kullanılmıştır. Dünya birincil enerji tüketimi 2004'te %4,3 artmıştır. Çin'in bulunduğu Asya-Pasifik bölgesinde artış %8,9 olarak gerçekleşmiştir. Özellikle petrol fiyatının yüksekliğinden dolayı kömür en yüksek artışı göstererek %6,3'lük bir oran yakalamıştır. Petrol tüketimi %3,4, doğal gaz %3,3, hidroelektrik %5 ve nükleer enerji %4,4 artış göstermiştir.

Bütün enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, alternatif enerji kaynakları) göz önüne alındığında dünyada her gün 205 milyon varil (28 milyon ton) PEE enerji tüketilmektedir. Enerji; konut sektöründe, endüstride, ulaşımda ve güç sektöründe kullanılmaktadır. Teknoloji, gittikçe enerjiyi daha verimli kullanmanın yollarını araştırmaktadır. Bu nedenle kişi başına enerji tüketimi yerine enerji başına üretim verimliliği (enerji yoğunluğu) ülkelerin gelişmişlik düzeylerini açıklamak amacıyla tercih edilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency, IEA) tahminlerine göre, 2015 yılında dünya enerji talebi 1/3 oranında artarak günde 240 milyon varil (33 milyon ton) PEE rakamına ulaşacaktır. Burada en kritik soru, bu talebin nasıl karşılanacağıdır.

Yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları dile getirilmektedir: rüzgâr, dalga, güneş, biyokütle ve jeotermal gibi. Teknolojilerindeki gelişmelerden dolayı bu tür yenilenebilir enerji kaynakları, maliyetlerinin gittikçe düşmesine rağmen (uygun koşullarda rüzgâr ve jeotermalde 3–4 cent/kWh, biyokütlede 8 cent/kWh) ilk yatırım maliyeti ve rahat ulaşılamaması gibi nedenlerle, hala fosil yakıtlarla karşılaştırılabilecek düzeyde değildir. Bunların gelecekte önemli enerji kaynakları olacakları konusunda kimsenin şüphesi yoktur. Bunlardan biri veya birkaçı gelecekte dünya enerji talebinin önemli bir kısmını karşılayacaktır. Fakat bilinen gerçekler bu geleceğin, en az 20 veya 30 yıl, pek yakın bir tarih olmadığını göstermektedir.

Fosil yakıtlara alternatif kaynaklar olarak hidroelektrik, nükleer ve hidrojen düşünülebilir. Ancak bunların fosil yakıtların yerini tamamen alması yerine ancak belirli bir kısmını karşılaması olasıdır. Geleceğin yakıtı olarak düşünülen hidrojenin elektrik gibi bir enerji taşıyıcısı olduğu, enerji kaynağı olmadığı, bir başka enerji kaynağı kullanılarak elde edildiği unutulmamalıdır.

Bugün hidrojen hariç tüm yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları dünya talebinin sadece %2,4'ünü karşılamaktadır. Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere birçok ülkede araştırmalar sürdürülmektedir. Ancak tüm araştırmalara

rağmen, yapılan IEA tahminleri, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının oranının 2015’te sadece %3,3 olacağı şeklindedir.

“Talebi karşılamak üzere diğer hangi kaynaklar olabilir” sorusunun yanıtını nükleer güçte arayanların sayısı gittikçe azalmaktadır. Bugün dünya enerji tüketiminin %6’sı nükleer güçten karşılanmaktadır. Ancak özellikle güvenlik konusunda toplumların direnci nükleer güce olan ilgiyi azaltmış durumdadır. ABD’de son 20 yıl içinde yeni nükleer santral yapılmadığı gibi, Avrupa’da da gelecek 10 yıl içinde nükleer santrallerin gittikçe bir azalma eğilimine gireceği uzmanlarca belirtilmektedir. Petrolün bitme korkusu ve yüksek petrol fiyatı söz konusu eğilimi değiştirebilir.

Yenilenebilir enerji türlerine ek olarak, nükleer güç ve hidrojen 2030 ve sonrasında dünya enerji gereksiniminin gittikçe artan bir oranını oluşturacağı düşünülmektedir. 1970 ve 1980’lerdeki nükleer güçle ilgili sorunlara rağmen, günümüzde birçok enerji uzmanı, özellikle Kyoto Protokolü’ndeki karbondioksit kısıtlamalarından dolayı, nükleer enerjinin dünyanın birçok yerinde kullanımının tekrar gündeme geleceği konusunda fikir birliği içindedir. Örneğin, kömüre bağımlı bir ülke olan Çin, büyüyen enerji gereksinimi ve kötü hava kalitesi göz önüne alındığında, en güvenli ve teknolojik olarak en gelişmiş reaktörlerin devreye alındığı varsayılırsa, nükleer güç için beklide en uygun ülkedir.

Konutlar ve arabalara elektrik üretimi için diğer bir seçenek elektrik üretiminde hidrojen ve oksijeni suya dönüştüren yakıt hücreleridir. Gelecekteki ulaşım için birçok farklı ve olası senaryolar varken, 2025 ötesinde küresel ulaşım sistemleri için uzun dönemli vizyonlar, karbon olmayan ve karbon üretmeyen işlemlerden türetilen bir enerji taşıyıcısı veya bir yakıtı hedef almaktadır.

Evrende en çok bulunan ve en hafif element olan hidrojen, fosil yakıtlar, yenilenebilir ve nükleer güç gibi birçok birincil enerji kaynaklarından türetilbilir ve ulaşım dahil birçok kullanım alanları olabilir. Araçlarda güç üretirken sadece suyu emisyon olarak veren kullanımında, araçlardaki yakıt hücrelerinde depolanabilir.

Çevre ve enerji yönünden çekici olmasına rağmen, hidrojen halen oldukça pahalıdır, üretilmesi, iletilmesi, depolanması ve dağıtılması konularında henüz verimlilik sağlanmamıştır. Dolayısıyla bir ulaşım yakıtı olarak hidrojenin kullanımında maliyeti azaltmak için teknolojik devrimler gerekmektedir. Ulaşım yakıtı olarak hidrojenin gelecekteki katkısı henüz garanti değildir. Yakıt hücrelerinde diğer enerji taşıyıcılar olarak dimetil eter (DME), metanol, amonya ve syngaz (sentetik gaz) araştırılmaktadır.

Yukarıda yapılan değerlendirme göz önüne alındığında; arz-talep dengesi ni sağlamak için geriye hidrokarbonlar, petrol, doğal gaz ve kömür kalmaktadır. Bu kaynaklardan hangilerinin daha fazla önem kazanacağı ülkeden ülkeye değişmektedir. Örneğin, Çin’de kömürün büyük miktarlarda tüketileceği belirtilmektedir. Fakat dünya genelinde ise, petrol ve doğal gazın tercih edilen enerji kaynakları olacağı kesin gibidir. Bu durumda önemli olan soru “bu artan petrol ve doğal gaz tüketiminin endüstri tarafından güvenli bir şekilde nasıl sağlanacağıdır”.

Halen bilinen fiziksel gerçekler bu soruyu olumlu yanıtlandırmaktadır. Gerekli kaynakların ve rezervlerin varlığı bilinmektedir. Dünyada 1000 milyar varil (143 milyar ton) üretilebilir petrol rezervinin ve 155 trilyon m<sup>3</sup> (140 milyar ton PEE veya 975 milyar varil PEE) üretilebilir doğal gaz rezervinin hazır olduğu bilinmektedir. Ek olarak, 800 milyar varillik petrol ve 126 trilyon m<sup>3</sup>’lük doğal gazın daha bulunabileceği USGS (the US Geological Service) tarafından tahmin edilmektedir.

Mevcut 143 milyar ton üretilebilir petrol rezervinin %25’i Suudi Arabistan’da, yaklaşık 10’luk değerlerle Irak, Birleşik Arap Emirlikleri, Kuveyt ve İran’da ve daha düşük oranlarda Venezüella, Rusya, ABD, Libya, Nijerya ve diğer ülkelerde bulunmaktadır. Bilinen en önemli gerçek rezervin 2/3’ünün Orta Doğu’da olduğu ve OPEC tarafından kontrol edildiğidir.

Dünya yıllık petrol üretimi ve tüketimi değeri aynı olup, 3,6 milyar ton kadardır. Dünya petrol üretiminde en yüksek pay sahibi ülkeler %11’lik oranlarla Suudi Arabistan ve Rusya olup, OPEC dünya petrol üretiminin %38’ini karşılamaktadır. Dünya petrolünün %25’i ABD’de tüketilmektedir. Daha sonra hızla büyüyen Çin ve daha sonra Japonya, Almanya, Rusya ve diğer ülkeler gelmektedir. Halen gelişmekte olan ülkelerin petrol tüketimi gelişmiş ülkelerin tüketiminden az olmakla beraber 2025’te tüketimlerin eşitleneceği tahmin edilmektedir.

Dünyada fosil enerji kaynaklarının bitmekte olduğu gibi olumsuz görüşlerle genelde inanılmamaktadır. Yıllık üretimin bilinen üretilebilir rezerve oranı kömür için %0,4, doğal gaz için %1,5 ve petrol için %2,5 kadardır. Bilinen petrol ve doğal gaz rezervlerinin dışında var olan alıılmamış türden fosil kaynaklar olan ağır petrol, petrollü kumlar, petrollü şeyller ve metan hidratların önemli orandaki rezervleri petrol ve doğal gazın tükenmesi kaygılarını azaltmaktadır. En azından üretimin maksimuma ulaşacağı tarihi geciktireceği öngörülmektedir. Kötümser olanlar dünya petrol üretiminin maksimuma ulaşacağı ve inişe başlayacağı tarih olarak 2010’u görürken, iyimserler ise söz konusu tarihin daha 30–40 yıl içinde olmayacağını iddia etmektedirler. Belirsizlik-

leri en fazla konulardan biri olan enerji hakkında projeksiyonlar yapmak kolay değildir. Dolayısıyla projeksiyonlarda farklılıkların olması doğaldır.

Enerji kaynaklarının fiziki olarak varlığı sorun olarak görünmemektedir. Ancak enerji kaynaklarının güvenle sağlanması için iki önemli risk unsuru mevcuttur. Bunlardan birincisi çevre sorunudur. Bu tür enerji kaynaklarını kullanan toplumların dünya ikliminde yarattığı sorunlardan kaynaklanan risk bilinmektedir. Söz konusu risk orta ve uzun dönemde oluşacaktır, fakat bugünden de bazı önlemlerin alınması ve hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Sera gazlarının atmosferdeki derişimlerinin sürdürülebilir gelişmeyi tehdit etmeyecek düzeyde tutulması olasıdır. Bazı ülkelerde benimsenen emisyon ticareti sisteminin bölgeler arası kullanımı bu alanda önemli bir yaklaşımdır. Çevre sorunlarının dönülemeyecek noktaya ulaşmadan çözümlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Enerji kaynaklarının güvenle sağlanmasında ikinci önemli risk ise arz ve talebin coğrafik olarak aynı yerde olmamasından kaynaklanmaktadır. Gelecekte daha da artacak olan enerji ticareti talebin karşılanması için arzın güvenle iletilmesini gündeme getirmektedir.

2015 yılında dünyada en azından dört ithalat bölgesi var olacaktır. Bunlar: Avrupa, Japonya, Çin ve ABD’dir. Avrupa’nın petrol ve doğal gaz gereksiniminin %80’ini ithal edeceği, ABD’nin petrolünün %65’ini ve doğal gazının %30’unu ithal edeceği öngörülmektedir. 2015’te dünya petrol talebinin %70’i (64 milyon varil/gün) ve dünya gaz talebinin %20’si ticaretle sağlanacaktır.

Ticaretile ilgili sorun, bu ticaretin güvenli olup olmamasından kaynaklanmaktadır. Enerji güvenliği, sürdürülebilir ve uzun dönemli olmanın yanı sıra endüstri ve hükümetler tarafından yapılan hareketlere bağımlıdır. Güvenlik konusu artan ticaretten değil, artan talebi karşılayacak kaynakların sınırlı sayıda ülkelerde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Küresel terörizmdeki gelişmeler arz güvenliğini daha da önemli konuma getirmektedir.

Son yıllarda oluşan küresel terörizm ve Orta Doğu petrollerine ve yakın gelecekteki olası doğal gazına artan bağımlılık döneminde, enerji güvenliği konuları gelecekteki dünya enerji ticareti ve üretimi eğilimlerini ve yönünü kesin olarak etkileyecektir. Enerji arzının maliyeti arttıkça ve Çin, Hindistan ve Brezilya gibi ülkelerin mevcut kaynaklara yönelik enerji talebi arttıkça güvenlik konusu çok daha önemli konuma gelecektir. Güvenlik amacıyla petrol arz kaynaklarını çeşitlendirmeye kalkan Çin halen yirmiden fazla ülkeden petrol ithal etmektedir.

Yerli enerji üretimine önem veren Çin, 2020'den önce inşa etmek üzere 24–32 arasındaki sayıda yeni nükleer reaktörün planlamasıyla dünyada ender rastlanan bir nükleer gelişme planı uygulamaktadır.

Bakü-Ceyhan boru hattının iletim yolu olarak kullanılacağı Hazar Denizi petroleri ve Endonezya'da geliştirilmekte olan yeni petrol üretim sahalarına rağmen, gelecekte dünya ticaretinin büyük kısmının Orta Doğu, Rusya ve Afrika'dan geleceği kesin gibidir. Rusya en çok petrol üreten ülkeler arasında Suudi Arabistan'la birlikte başı çekmektedir. IEA'a göre 2015 yılında tahmini 64 milyon varil/günlük petrol ticaretinin %80'i bu üç bölgeden karşılanacaktır. Doğal gaz için söz konusu oran %50 kadardır.

Enerji kaynaklarına ulaşım ve kaynakların kullanımı, kaynakların pazara ve uluslararası şirketlere açılmasına bağlı olduğu kadar piyasadaki ekonomik rejimlere de bağlıdır. Yeni kaynaklarının devreye girmesinde petrolün fiyatı ve teknolojik gelişmeler belirleyici olacaktır.

ABD, Avrupa ve Asya söz konusu ticarete alıcı rolündedirler ve dolayısıyla dünyanın gelişmiş ülkeleri olarak ve ekonomileri olarak *sürdürülebilir enerji güvenliğini sağlamak* isterler. Soru: “bunun için neler yapılması gereklidir?” Bu sorunun yanıtını bulmak için dört konuyu dikkatle incelemek gerekmektedir. Bunlar:

1) Petrol ve doğal gaz uluslararası ticareti yapılan maddelerdir. Her bölge kendi kaynaklarını geliştirmek istemektedir. Fakat buna uluslararası rekabette sınır koyan fiyat ve maliyet unsuru vardır. Enerji fiyatı uluslararası pazarda belirlenmektedir ve fiyatlar dünyada tüm ülkelerin ekonomilerini etkilemektedir.

Diğer taraftan; herhangi bir ülkeye bağımlı kalmaksızın gelişme, dünya ticaretinin gelişmesi ve büyümesi herkesi ilgilendirmektedir. *Tek bir ülkeye veya bölgeye bağımlılık ekonomik ve stratejik olarak tehlikelidir.* Bugün ABD günde 13 milyon varil petrol ithal etmektedir ve bu ithalat 57 farklı ülkeden yapılmaktadır. Herhangi bir ülkeye en fazla %17 oranında bağımlıdır. Bu ise ABD için olumlu bir yaklaşımdır. Bu amaca yönelik olarak ABD'li petrol şirketleri çok sayıda ülkede yatırım yapmaktadırlar.

2) Enerjide 2015'teki talebi karşılamak üzere dünyada yaklaşık 2 trilyon dolardan fazla yatırım *yapmak gerektiği* tahmin edilmektedir. Son birkaç yıl içinde ortalama yıllık yatırım 160 milyar dolar kadardır. 2015'e kadar daha fazla yatırım yapmak gerektiği açıktır. Ancak yatırım yapılacak ülkenin yatırım yapmak için koşullarının uygunluğu önem kazanmaktadır. Elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımının bu yatırımın üçte ikisini götüreceği, petrol ve gaz

sektörlerindeki anapara harcamalarının ise küresel enerji yatırımının yaklaşık %20’sini alacağı düşünülmektedir.

Geçen 30 yıl içinde dünya enerji endüstrisi mali sorunları yenmiş durumdadır. Ancak, Asya, Avrupa ve ABD’deki yaşlanan nüfus için sağlık hizmetleri, çevresel temizlik ve altyapı yatırımı gibi unsurlardan kaynaklanan ve 2030 öncesinde yapılması gereken yatırımlar, zor hükümet kararlarının alınmasına neden olacaktır. Söz konusu mali zorluğun karşılanması, yatırım gereksinimlerinin Kuzey Amerika’ya ve Avrupa’ya göre daha büyük olduğu gelişmekte olan ülkelerde kolay olmayacaktır. Örneğin birçok Afrika ülkeleri ve Hindistan elektrik üretimi ve iletiminde devasa yatırımlar yapmak durumundadırlar.

Uzun dönemde dünyada LNG pazarının büyümesi, uzak bölgelerdeki rezervlerin geliştirilmesi, sıvılaştırma tesisleri, iletim ve tekrar-gazlaştırma sonrası pazarlanması gibi aşamalar içerdiğinden, aşırı anapara bağımlıdır. Venezüella’daki ağır petroler, Kanada’daki petrol kumları ve Katar’daki gazdan sıvıya dönüştürme gibi alışılmamış türden hidrokarbonların geliştirilmesi, bu tür büyük ölçekli projelere büyük şirketlerin büyük anapara kaynaklarını ayırmalarını gerektirmektedir.

3) Üçüncü konu ise *gerekli kaynakların geliştirilmesi ve altyapının inşaatı* ile ilgilidir. Hazar Denizi petrolünün getirilmesi için Bakü-Ceyhan boru hattı gibi benzeri boru hatlarının yapımı, LNG’nin deniz taşımacılığının geliştirilmesi için LNG terminallerinin yapımı, Sibiryadan petrol ve doğal gazın getirilmesi için yeni boru hatlarının yapımı gibi.

Özellikle petrol ve gazda olmak üzere, altyapı darboğazları dünya enerji endüstrisinde yaygın durumdadır. Yeni enerji kaynakları ve özellikle hidrokarbonlar için aramalar, uluslararası şirketleri Batı Afrika, Sibiryaya ve Hazar Denizi bölgeleri gibi uzak ve ulaşımı zor bölgelere gitmeye zorlamaktadır. Enerji kaynağını, sahadan pazara ulaştırmak için gerekli ve yeterli altyapının inşası gelecek 30 yıl içinde trilyon dolarlık düzeyde yatırım gerektirecektir. Bu açıdan bakılırsa, enerji güvenliğinden daha çok altyapının geliştirilmesi, genişletilmesi ve yayılması daha önemli bir sorun olacak gibidir.

ABD’nin de içinde bulunduğu Batı’nın çoğunluğu, OPEC’in etkisini ve gücünü kırarak ve rekabet edecek şekilde, Rusya’nın petrol üretimini güçlü tutmasını beklemektedir. Rusya’daki ve diğer eski Sovyetler Birliği ülkelerindeki petrol ve gaz ihraç kapasitesi büyütülmezse, bölgeden yeni petrol ve gaz arzı kısıtlanmış olacaktır. Kapasite darboğazına ek olarak politik, ekonomik ve lojistik unsurlar petrolün Avrupa’ya ve batı pazarlarına hareketini sağlayacak yeni girişimleri karmaşık hale getirmektedir.



Orta Asya'da geniş petrol ve gaz kaynaklarının çoğunluğu Rusya'ya giren ve çıkan eski Sovyet boru hattı ağı etrafındadır ve Rusya bölgesi dışında olan tek hat, gerçekleştirilmesi uzun süren, uzun pazarlıklar sonucu ve ABD'nin de ağırlığını koymasıyla olan, Bakü-Ceyhan petrol boru hattıdır.

Doğal gaz uzun yıllar yerel veya bölgesel endüstrilerde kullanılmıştır, fakat hızla küresel endüstri olma durumundadır. Kaynaktan tüketim merkezlerine 15 000 km'ye varan uzaklıklarda arzın iletilmesi planları, birçok uzmana göre, insanlık tarihindeki en karışık arz zincirini gerektirmektedir. Önümüzdeki otuz yıl içindeki olası küresel gaz endüstrisi gelişmesi içindeki tüm yatırımların yaklaşık yarısı, denizaşırı ülkeler için LNG tanker limanları ve tekrar-gazlaştırma terminaleri gibi altyapı geliştirme ve genişletme projelerine ayrılacaktır.

Şubat 2004 tarihli Cambridge Energy Research Associates (CERA) çalışmasına göre, dünya doğal gaz endüstrisinin son 40 yılda gösterdiği gelişme ve büyüme önümüzdeki sekiz yıl içinde gerçekleşecektir. Bu gelişmede daha çok gazın Asya'dan çıkışı ve ABD'ye girişi rol oynayacaktır. Çin tek başına gelecek on yıl içinde maliyeti milyar dolarları bulan dokuz yeni LNG terminali planlamaktadır.

4) Dördüncü önemli konu ise *teknolojinin geliştirilmesini* kapsamaktadır. Derin denizlerde arama ve üretim, otomobil sektöründe verimliliği arttırmak için yapılan yenilikler burada sayılabilir. Bugün 2100 m su derinliğine sondaj yapılmaktadır. Bu ise 10 yıl öncesine göre 2,5 kat derinlik demektir. Alberta Kanada'daki petrollü kumlardaki 174 milyar varillik üretilebilir petrol rezervi üretim maliyetinin ekonomik olması durumunda, teknolojik gelişmeyle devreye girebilir. Söz konusu rezervle Kanada hemen Suudi Arabistan'dan sonra dünyada en yüksek petrol rezervine sahip ülke konumunda olacaktır. Meksika körfezinin derin sularından 25 milyar varilin üzerinde petrol üretilebileceği tahmin edilmektedir. Bu miktar Hazar Denizi'ndeki toplam potansiyele yakındır.

Özetlemek gerekirse:

- Enerji güvenliği önemli bir sorun olarak durmaktadır,
- Enerjiye talep artmaktadır; petrol ve doğal gaza alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi ancak uzun dönemde gerçekleşebilir,
- Enerji kaynaklarının bilinen rezervi yeterlidir,
- Yeraltından daha fazla enerji üretimine ve kaynakların daha verimli kullanılmasına yönelik teknolojik çalışmalar desteklenmelidir,

• Enerji güvenliğinde var olan riskler politik risklerdir ve sadece özel sektör tarafından çözümleri beklenmemelidir.

Her ne kadar enerji kaynakların aranmasında, geliştirilmesinde ve pazara ulaştırılmasında gerekli yatırımları yapmakta özel sektör önemli rol oynamaktaysa da, hükümetler tarafından alınacak kararlar yatırıma açık pazarların korunmasında ve ticaretin serbest ve açık sürdürülmesinde gereklidir. Hükümetler arası kararlar ve anlaşmalar, kaynakların geliştirilmesinde ve alt yapı oluşturulmasında kullanılan yatırımların uzun dönemde başarılı olmasını belirleyeceklerdir. Kaynak arzında çeşitlilik önemlidir. Örneğin, Orta Doğu bölgesi gibi sadece bir bölgeye bağımlı olmaktan kurtulmak isteniyorsa, Rusya (özellikle Sibirya), Batı Afrika (Çad, Nijerya, Angola, Kamerun, ...) ve Hazar Denizi bölgelerinden petrol ve doğal gazın getirilmesi için gerekli yatırım güvencesini sağlayacak teknolojik ve ticari yatırımların yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, hükümetlerin genelde kısa dönemli bakışlarıyla enerji planlaması için gerekli orta ve uzun dönemli bakışların birbiriyle uyumlu hale getirilmesi önem kazanmaktadır.

### **Sonuçlar**

Yukarıdaki değerlendirmeler göz önüne alındığında; çevreyle dost, sürdürülebilirlik özelliğine sahip, güvenle ulaşılan, uluslararası ilişkilerde dünyanın çıkarını gözeten ve ekonomik olan bir enerji sisteminin gerektiği açıktır. Dünyaya yeni bir enerji sistemine doğru kayarken aşağıda sıralanan konulara ağırlık verilecektir:

- Enerji tasarrufu ve verimli kullanımı
- Araştırma-geliştirme çalışmaları
- Alışıl gelmiş enerji kaynakları için tüm sosyal-çevre türü maliyetlerin fiyatlarına yansıtılması
- Temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi
- Ulaşılabilir hedeflerin ve amaçların belirlenmesi.

Yeni enerji sistemini tüm ülkelerin hedeflemesi gerekmektedir. Tüm ülkelerin ortak paydası yaşadığımız dünyayı paylaşıyor olmamızdır. Enerjinin doğayı kirletmeden temiz ve verimli kullanılmasının dünyanın geleceğini ve gelecek nesillerin yaşam ortamını olumlu etkileyeceği bir gerçektir. Bizim nesilde olmasa bile gelecek nesilin içinde dünya ekonomisinde fosil yakıtlardan karbon-dışı yakıtlara doğru bir geçiş sürecinin yaşanması beklenmektedir. Birincil enerji tüketiminin %85’ini oluşturan petrol, gaz ve kömürle dünya enerji ekonomisi karbon ağırlıklıdır. Fosil yakıtlara bağımlılık yaklaşık 200 yıllık

bir geçmişe sahiptir, 1600–1800 arası ise odunun kullanıldığı ve ormanların tüketildiği bir dönemdir. Fosil yakıtlara olan uzun bağımlılık tarihçesi, fosilden karbon-olmayan ekonomiye geçiş döneminin zor olacağını işaret etmektedir. Açıkça ve kesin olarak, bu geçiş devrim niteliğinde olacaktır ve tüm dünyada hükümetler ve endüstri tarafından alınacak benzeri görülmemiş sorumluluk ve kararlar içerecektir.

### **Kaynaklar**

1. *Annual Energy Outlook 2005*, Energy Information Administration, Department of Energy, Washington DC, ABD.

2. *Statistical Review of World Energy 2005*, BP, London, UK.

3. Dorian, J.P., Franssen, H.T., Simbeck, D.R.:”*Global Challenges Face Energy Industry*”, Pipeline & Gas Journal, Nov. 2005, 41-44.