

TÜBİTAK
TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU



VİZYON 2023 TEKNOLOJİ ÖNGÖRÜ PROJESİ

**ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR
PANELİ RAPORU**

24 TEMMUZ 2003
ANKARA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	3
YÖNETİCİ ÖZETİ.....	4
1. GİRİŞ.....	6
1.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Sosyoekonomik Faaliyet Alanının Özellikleri.....	6
1.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli'nin Yapısı ve Çalışma Programı.....	6
2. ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR SOSYO-EKONOMİK FAALİYET ALANININ TEKNOLOJİK/ EKONOMİK/ YAPISAL DURUMUNUN, TÜRKİYE VE DÜNYA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	8
2.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Açısından Türkiye'deki Durum.....	8
2.2. Dünyadaki Durum.....	18
2.3. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında 2003-2023 Dönemindeki Gelişme ve Değişimleri Belirleyecek Olan Temel Eğilimler ve İtici Güçler.....	30
2.4. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında Türkiye'nin Güçlü ve Zayıf Yanları, Tehdit ve Fırsatlar.....	31
3. ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR ALANINDA GELECEK VİZYONU VE SOSYO- EKONOMİK HEDEFLER.....	33
3.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında 2023 Yılı Vizyonu.....	33
3.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanındaki 2023 Türkiye Vizyonu'nun Gerçekleşmesi İçin Ulaşılması Gereken Sosyo-ekonomik Hedefler.....	33
4. ÖNCELİKLİ TEKNOLOJİLER.....	37
4.1. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanları.....	37
4.2. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanlarının Önceliklendirilmesi.....	38
5. ÖNCELİKLİ FAALİYET KONULARI İÇİN YOL HARİTALARI.....	40
6. DİĞER POLİTİKA ÖNERİLERİ.....	49
7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	51

EKLER

EK – A : TÜRKİYE, DÜNYA VE OECD VERİLERİ.....	E1
EK 1: TÜRKİYE.....	E2
EK 1.1: Türkiye Enerji İstatistikleri.....	E2
EK 1.2: Türkiye Enerji Tahminleri.....	E4
EK 1.3: Türkiye Değerlendirmesi.....	E6
EK 2: DÜNYA ENERJİ VERİLERİ.....	E14
EK 3: OECD ENERJİ VERİLERİ.....	E27
EK – B : DELFİ ANKETİ SONUÇLARI VE ÖNCELİKLENDİRME.....	E29
EK 4: DELFİ ANKETİ BİRİNCİ AŞAMA SONUÇLARI.....	E30
EK 5: DELFİ ANKETİ İKİNCİ AŞAMA SONUÇLARI.....	E33
EK 6: TFK – TA MATRİSİ.....	E36
EK 7: PANEL ÜYELERİNİN ÖNCELİKLENDİRME SONUÇLARI.....	E38
EK 8: MAM UZMANLARININ ÖNCELİKLENDİRME SONUÇLARI	E39
EK – C : ÖNCELİKLİ TFK’LAR İÇİN YOL HARİTALAR.....	E40
EK 9: TFK YOL HARİTALARINDAKİ KAVRAMLARIN TANIMLARI.....	E41
EK 10: TFK YOL HARİTALARI.....	E43

ÖNSÖZ

Bu rapor, Türkiye Cumhuriyetinin kuruluşunun 100'cü yılı olan 2023 senesinde, enerji teknolojileri alanında öncü ülke konumuna gelmesini sağlamak için yapılması öngörülen "Araştırma ve Teknoloji Geliştirme" faaliyetleri hakkındadır. TÜBİTAK tarafından oluşturulan Vizyon 2023 Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli bu amaca yönelik olarak oluşturulmuş bir çalışma grubudur.

Enerjinin üretilmesi, dönüştürülmesi, iletilmesi, depo edilmesi, işlenmesi ve kullanılması bugün dünyanın en önde gelen teknik, sosyal, ekonomik, siyasal ve askeri konuları arasındadır. Bu gün dünya enerji pazarı trilyon dolar mertebesinde olup, enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamaları büyük ekonomilere sahip ülkelerde milyar doların üzerindedir.

Genel olarak enerji alanındaki araştırmalar büyük hacimli, yüksek maliyetli ve uzun sürelidir. Yanlış seçilmiş bir enerji Ar-Ge politikasının hatalı olduğu hem geç farkedilir, hem de çok yüksek bir maliyete mal olur. Bu nedenle teknoloji öngörüsü yaparken çok dikkat edilmesi, ülkenin sınırlı kaynaklarının en doğru alanda kullanılması gerekir. Panelimiz çalışmalarında bu hususu hep göz önünde bulundurmıştır.

Panel çalışmalarında öne çıkan konuların asla teknoloji kullanımını kasetmediğinin, ya da bunlara ilişkin bir enerji politikası önermediğinin altını çizmek isterim. Öne çıkan her konu, bu konu hakkında bir Araştırma ve Teknoloji Geliştirme çalışmasının yapılmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Önemle işaret etmek istediğim bir diğer husus da, tüm Ar-Ge konularında olduğu gibi, esnek ve yenilenebilir bir Ar-Ge politikası oluşturulmasının gerektiğidir. Bu konu, tüm panelleri ilgilendirdiği için burada ele alınmamıştır.

Bir yılı aşkın bir süredir çalışmakta olan Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, üniversitelerimizden, özel ve kamu sanayi kuruluşlarımızdan, sivil ve askeri bakanlık mensuplarımızdan ve TÜBİTAK ve Marmara Araştırma Merkezi'nden katılımcılardan oluşmaktadır. Biraz daha eskiye gidilecek olunursa, yaklaşık üç yıl kadar önce TÜBİTAK koordinatörlüğünde başlayan "Türkiye Enerji Teknolojileri Araştırmaları Programı" çalışmasındaki teknoloji grupları da ele alındığında toplam katılımcı sayısının 100 civarında bulunduğu görülmektedir. 14 Mayıs – 30 Haziran 2023 tarihleri arasında yapılan Delfi sorgulamasını yanıtlayan uzmanlarımızın sayısı ise 615 olmuştur. Sunmuş olduğumuz rapor, bütün bu birikimlere dayalı olarak ve sayısız toplantı, yazışma, inceleme ve araştırma sonucunda oluşmuştur. Bütün katılımcı arkadaşlarıma yapmış oldukları fedakar çalışmalarından ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Bunun yanında, gerek panel çalışmalarındaki, gerekse koordinasyondaki katkıları nedeniyle Dr.Filiz Çimen'e, ve bu raporun her satırında emeği bulunan Raportör Prof.Dr.Vural Altın'a takdirlerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla,

Prof.Dr.R.Nejat Tuncay

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Başkanı

YÖNETİCİ ÖZETİ

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, TÜBİTAK koordinasyonunda, “teknolojik gelişmeleri toplumsal ve ekonomik faydaya dönüştürme yeteneği kazanmış bir refah toplumu yaratmak” hedefine odaklı olarak yürütülen Vizyon 2023 çalışmaları içerisinde yer alan ‘Teknoloji Öngörü Projesi’ kapsamında, alanıyla ilgili stratejik teknoloji alanlarının saptanarak önceliklendirilmesiyle görevlendirilmiş olan panellerden birisidir. Panelin çalışmaları, TÜBİTAK tarafından belirlenip sunulmuş olan ‘Panellerin Görev Tanımı’ çerçevesine uygun bir şekilde yürütülmüş ve bu sonuç raporu hazırlanmıştır.

Panel, 14.08.2002 tarihinde başlayıp sonuç raporunun teslim edildiği 24.07.2003 tarihine kadar sürdürdüğü faaliyetleriyle, enerji alanında Türkiye’nin 20 yıllık vizyonunu, bu vizyonu erişilebilir kılacak hedefleri, bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için yetkinlik kazanılması gerekli teknolojik faaliyet konuları ve bunları destekleyen teknoloji alanlarını belirlemeye çalışmıştır.

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, Türkiye’nin 2023 yılına yönelik enerji vizyonunda;

“Dünyanın ileri gelen ülkeleri arasında yer alacak bir gelişmişlik ve gönenc düzeyini yakalamak üzere;

- *serbest, şeffaf ve istikrarlı piyasa koşulları içinde ulusal kaynaklarına öncelik veren, bu kaynakların aranmasında ve istenen kaliteyle, güvenli ve ekonomik olarak üretiminde ileri teknolojileri kullanan ve geliştirebilen;*
- *gereksinim duyduğu enerjisi, güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üreten, ileten, depolayan ve kullanan;*
- *uluslararası enerji pazarında yarışabilecek enerji teknolojileri geliştirebilen ve uluslararası enerji yatırımlarında etkin rol alabilen,*

bir Türkiye” görmek istiyor.

Bu vizyonunun gerçekleşmesi için ulaşılmaması gereken sosyo-ekonomik hedefler;

- Türkiye’nin, GSYİH’sını 2023 yılına kadar dört misline katlayarak 800 milyar dolara ve böylelikle, o zamanki 90 milyonluk nüfusu için kişi başına gelir düzeyini 8900\$’a çıkarmak,
- buna paralel olarak, toplam enerji arzını 320 mtp’e ve böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına enerji tüketimini 3.5 tpe’ye çıkarmak,
- buna paralel olarak; elektrik arzını 480 TWS’a ve kurulu gücünü de, bu üretim düzeyinin gerektirdiği asgari 100 GW’a, böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına elektrik tüketimini 5300 kWS/y’a çıkarmak,
- oluşan arz kompozisyonunu; ülkenin her tarafından erişilebilir, yüksek emre amadeliğe sahip, fiyatça tahammül edilebilir bir etkinlikle sunmak,
- enerji arzı döngüsündeki arama, çıkarma, üretim, taşıma, tüketim vb. tüm faaliyetlerde çevreyi (hava, toprak, su vb.) korumak; yerel, bölgesel veya küresel çevre kirliliğine katkı artışını sınırlamak; bu konudaki AB adaylığı/üyeliği çerçevesindeki AB mevzuatını ve uluslararası sözleşmeleri dikkate alan ve fakat ekonomik, çevresel ve stratejik ulusal çıkarları da kollayan mevzuatları hazırlamak,
- enerji güvenilirliği açısından dışa bağımlılığı kabul edilebilir düzeylerde tutmak amacıyla; arama, çıkarma ve kullanım açısından yerli kaynaklara öncelik tanımak,
- fakat her halükarda artması kaçınılmaz görünen enerji ithalatında;
 - ithal bileşenlerini, birbirlerinin yerini alabilen kaynaklar ve coğrafyalar arasında, ekonomik açıdan mümkün olduğunca dağıtmak suretiyle,

başta doğal gazınki olmak üzere, temin güvenliği risklerini kabul edilebilir düzeylerde tutmak,

- 'Avrasya enerji koridoru' tasarımını gerçekleştirmek suretiyle temin güvenliğini artırmak,
 - temin güvenliğini arttırmaya ilave olarak, ithalat faturasını da daha rahat karşılayabilmek için; yurt dışındaki arama ve üretim faaliyetleriyle bütünleşmeye yönelik girişim ve ortaklıklar geliştirmek suretiyle, uluslararası enerji piyasalarında aktif rol almak,
- ulusal ve uluslararası içerikli enerji Ar-Ge konularına daha fazla kaynak ayırmak,
 - jeopolitik sorunlar, kartelleşme, enerji fiyatlarının aşırı derecede yükselmesi, doğal afetler ve çevresel baskılar gibi enerji güvenliğini tehdit eden risk konularını belirleyerek enerji senaryoları oluşturmak ve bu olası sorunlara yönelik eylem planlarını hazırlamak (risk yönetimi)

şeklinde belirlendi.

Bu vizyon ve hedeflere ulaşılması için öncelikli görülen teknolojik faaliyet konuları da sırasıyla şunlardır.

1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi
3. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi
4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pilleri üretimi
5. Hidrojenin yakıt olarak kullanılması
6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi
7. Enerjinin depolanması
8. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi
9. Nükleer enerji üretimi
10. Güç sistemleri kontrolü
11. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pilleri üretimi
12. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması
13. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması

Çalışma kapsamında, yukarıda sıralanan öncelikli teknolojik faaliyet konularının gerçekleştirilmesi için gerekli teknolojiler ve ulaşılması gereken yetenek düzeyleri; bu yetenek düzeylerine erişmek için uygulanması önerilen bilim-teknoloji-yenilik politikaları ve bu faaliyet konusunun hayata geçirilmesi için gerekli görülen B&T politikaları dışındaki diğer politika önlem ve önerileri de belirlenmiştir.

Panelin çalışmalarındaki amaç, Türkiye'nin enerji politikasının belirlenmesi değil; enerji alanında yapılması gereken öncelikli araştırma ve teknoloji geliştirme faaliyetlerinin tanımlanmasıdır. Çalışmadaki hedef, tanımlanan teknolojik faaliyetlerin gerçekleşmesiyle, 2023 yılı Türkiye'sinin dünya ölçeğinde en ileri teknolojilere sahip bir ülke konumuna gelmesidir.

1. GİRİŞ

1.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Sosyo-Ekonomik Faaliyet Alanının Özellikleri

Birincil enerji kaynakları arzı, ülke temelinde ve dünya genelinde GSMH'ların yaklaşık %6-7'sini oluşturuyor. Kurulu dünya enerji arz sisteminin yatırım değeri 10 trilyon doların üzerinde, yenilenme süresi ise yaklaşık 30 yıl. Sonuç olarak, enerji ticareti ve yatırımlarının yıllık değeri 1 trilyon doları aşıyor. Bir yandan da, tüm diğerlerine vazgeçilemez bir girdi sağlayan bu sektör, ekonomiyle birlikte büyüyor ve giderek pahalılaşıyor. Dolayısıyla her ülke için; ekonomik büyüme, iç huzur ve barışın tesisi açılarından stratejik öneme sahip bir sektör.

Dünyamızın fosil yakıt bağımlılığının, yüzyılın ortasına kadar artarak sürmesi bekleniyor. Yeryüzündeki heterojen dağılımları nedeniyle, enerji kaynaklarının dörtte birinden, petrolünse yarısından fazlası ticarete konu. Tükenecekleri endişesi azalmış olmakla beraber, özellikle petrol üzerindeki rekabetin, giderek sertleşmesi kaçınılmaz görünüyor. Çünkü bütün ülkeler, ihtiyaç duydukları enerji kaynaklarının, makul fiyatlarla ve kesintisiz teminini bir güvenlik sorunu sayıyor. Hal böyle olunca, dünya enerji arz sistemi, ulusal ve uluslararası güvenlik riskleri sunuyor. İhtiyaç fazlası petrolün yarıdan fazlasının OPEC'in Orta Doğu'lu üyelerinin elinde olması, Türkiye'nin de içinde bulunduğu coğrafyayı stratejik açıdan önemli ve gergin kılıyor.

Enerji sektörü aynı zamanda, çevreye en fazla olumsuz etkide bulunan sektörlerden birisi. Fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı emisyonlar, yerel, bölgesel ve küresel çevre sorunlarına yol açıyor; bu sorunları giderek, iklim değişikliği boyutlarına büyütüyor. Dolayısıyla, bu kaynaklardan kademeli olarak uzaklaşarak, daha pahalı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekiyor. Bunu da ancak, ekonomik gücü yeterli olan gelişmiş ülkeler yapabiliyor.

Dünya enerji arzının yüzyıl ortasına doğru karşılaşması beklenen yetersizliklerin aşılması, olumsuz çevre etkilerinin sınırlandırılması ve etkin bir şekilde onarılması, enerji alanındaki araştırmaların getirebileceği çözümlere bağlı. Ancak, teknolojik araştırmaların yeni ürünler sunması ve bu ürünlerin ticarileşip piyasalara sızması zaman alıyor. Sektörün zaten yavaş değişen bir sektör olması da, bu araştırmalara, daha büyük kaynakların ayrılması suretiyle hız verilmesinin gereğine işaret ediyor. Türkiye de payına düşeni yapmak durumunda.

Türkiye'nin enerji alanında, tüm diğer gelişmekte olan ülkelere benzer, kısır döngüyü andıran bir konumu var: Az enerji tüketiyor, fakat tükettiği az enerjiyi, verimli ve temiz bir şekilde kullanamıyor. Bu tabloyu iyileştirebilmek için; bir yandan ekonomisini hızla büyütme, diğer yandan da büyüyen kaynaklarından ayıracağı artan oranlardaki payları, enerji arz ve tüketim sistemini daha verimli ve temiz bir yapıya dönüştürmeye yönelik öncelikli araştırma ihtiyaçları arasında, dikkatli saptamalarla dağıtmak zorunda. Öte yandan Türkiye, öz kaynaklarının yetersizliği nedeniyle dışa bağımlı ve bu bağımlılık oranı giderek artıyor. Dolayısıyla, enerji ithalatına bağımlılığından kaynaklanan riskleri kontrol altında tutabilmek için; rekabet şansına sahip olabileceği enerji teknolojisi alanlarını dikkatli bir öncelikler sıralamasına tabi tutup, araştırma yoğunlaşmalarına gitmek ve enerji dünyasındaki itici güçlerin işaret ettiği yönlerde, çağdaş ürün katkılarıyla, uluslararası enerji pazarında etkin bir yer edinmek zorunda.

1.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli'nin Yapısı ve Çalışma Programı

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, ilk toplantısını 6 Ağustos 2002 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi tesislerinde yaptı. Bu toplantıda panellerin işleyişi ve Vizyon 2023 projesi genel hatlarıyla tartışıldı. Diğer ülkelerin kendi enerji sektörleri için yaptığı öngörü çalışmaları incelendi. İkinci toplantımız 17-18 Eylül tarihlerinde TÜBİTAK TÜSSİDE'de gerçekleşti. Bu

toplantıda dünyamızın, önümüzdeki yirmi yıl içinde enerji alanında yaşayacağı değişiklikleri belirleyecek olan temel eğilimler ve itici güçler tartışılıp değerlendirildi. Bir 'SWOT' analizi yapılarak; Türkiye'nin enerji alanındaki güçlü ve zayıf yanlarının, gözönünde bulundurulması gereken tehdit ve fırsatların belirlenmesi üzerinde çalışıldı. Üçüncü toplantımız 18 Aralık tarihinde TÜBİTAK-Ankara'da gerçekleşti. Bu toplantıda, dünya genelindeki temel belirleyiciler ve itici güçlerin Türkiye üzerindeki izdüşümlerinden hareketle, bir vizyon taslağı oluşturuldu. 13-14 Ocak'ta, TÜBİTAK TÜSSİDE tesislerinde yapılan dördüncü toplantımızın ilk gününde, vizyon taslağı tartışmalar sonucunda netlik kazanırken, bu vizyonun gerçekleşmesi için ulaşılması gereken sosyo-ekonomik hedefler belirlendi. İkinci günde ise; bu hedeflere erişilmesini mümkün kılacak teknolojik faaliyet konuları ile, bu konuları destekleyen teknoloji alanları saptandı.

Panel, 24 Ocak 2003 tarihinde teslim ettiği ön rapordan sonra, daha geniş bir uzmanlar grubunun görüşlerinin alınabilmesi amacıyla Proje kapsamında yapılması hedeflenen Delfi sorgulamasında yer alacak olan Delfi ifadelerini belirlemek üzere, 6 Mart tarihinde TÜBİTAK'ta bir toplantı daha yaptı. Daha sonra elektronik ortamda devam edilen bu çalışmanın Mayıs ayı başlarında varılan sonucunda, her biri panelce öngörülen bir teknolojik gelişmeyi tanımlayan 47 Delfi ifadesi hazırlandı ve bu ifadelerle Delfi anketi yapıldı. Proje ofisince yürütülen iki aşamalı anket çalışması 30 Haziran tarihinde sona erdi. 12-13 Temmuz tarihlerinde Abant'ta yapılan bir çalıştayla, Delfi sonuçlarından da yararlanılarak, öncelikli teknolojik faaliyet konuları ile teknoloji alanları ve ayrıca bunlarla ilgili yol haritaları hazırlandı.

İlk toplantımızdan başlayarak, enerji alanında yayınlanmış olan dokümanlardan, panel üyelerinin dikkatine sunmak üzere, web sitemizde bir arşiv oluşturduk. Üyeler enerji alt alanlarında aydınlatıcı ek raporlar hazırladı. E-posta ile sürekli ve canlı bir görüş alışverişi sağlandı.

Panelimiz, kamu kuruluşlarının ve üniversitelerimizin katılımıyla, aşağıdaki üyelerden oluşuyor:

Panel Başkanı:	Prof.Dr. Nejat Tuncay	İTÜ Elektrik-Elektronik Fak.
Raportör:	Prof.Dr. Vural Altın	Boğaziçi Ün. Nükleer Müh.
TÜBİTAK Panel Sorumluları:	Dr. Filiz Çimen	TÜBİTAK
	Aslıgül Gök	TÜBİTAK
Panel Üyeleri:	Ali Alat	TAEK, Başkan Teknik Yard.
	Prof.Dr. Ahmet Arısoy	İTÜ Makina. Fak.
	Nazım Bayraktar	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
	Prof.Dr. Taner Derbentli	İTÜ Makina Fak.
	Prof. Dr. Nilufer Eğrican	İTÜ Makina Fak.
	Prof.Dr. Sıddık İçli	Ege Ün. Güneş Enerjisi Enst. Md.
	Demir İnan	Temiz Enerji Vakfı
	Kubilay Kavak	DPT
	Prof. Dr. Adnan Kaypmaz	İTÜ Elektrik-Elektronik Fak.
	Tülin Keskin	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
	Bnb. Kemal Kıran	MSB
	Prof.Dr. Hüseyin Oğuz	Ankara Ün. Mühendislik Fak.
	Prof.Dr. Hasancan Okutan	İTÜ Kimya Fak.
	Doç.Dr. Sermin Onaygil	İTÜ Elektrik Elektronik Fak.
	Pınar Özel	DPT Sanayi Dairesi
	Hanife Özkan	Enerji ve tabii Kaynaklar Bakanlığı
	Prof.Dr. Nevin Selçuk	ODTÜ Kimya Müh.
	Doç.Dr. Mustafa Tırıs	TÜBİTAK- MAM
	Selva Tüzüner	Elektrik Üretim A.Ş.

2. ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR SOSYO-EKONOMİK FAALİYET ALANININ TEKNOLOJİK / EKONOMİK / YAPISAL DURUMUNUN, TÜRKİYE VE DÜNYA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Açısından Türkiye'deki Durum¹

Nüfus, ekonomi:

Türkiye'nin nüfusu 1990-99 arası %1.9 artarak, 2000 yılında 67.8 milyona ulaşmıştır. Toplam nüfus tahmini 2010'da 78, 2020'de 88 milyon.

Ekonomik büyüme stratejisi 1980'li yıllarla birlikte önemli bir değişim geçirmiş ve izleyen dönemde temel olarak, ekonominin verimlilik ve rekabet gücünü arttırmak hedeflenmiştir. Sonuç olarak 1980-2001 döneminde, GSMH reel olarak yılda ortalama %3.65 dolayında büyürken, 1980 yılında 1,570 dolar olan kişi başına milli gelir, yıllık ortalama %1.5 artışla, 2001 yılında 2,900 dolara ulaşmıştır. Bu arada ekonomik yapı önemli oranda değişmiş ve tarımın payı azalırken, hizmet sektörlerinin payı artmıştır. 2001 yılı GSMH'sinin %13'ünü tarım, balıkçılık ve ormancılık, %26'sını sanayi ve inşaat, %61'ini hizmet sektörleri oluşturuyor.

Tablo 2.1.1: Ekonominin sektörel bileşimi.

	1995	2001
Hizmet	% 52.4	% 61.0
Sanayi ve inşaat	% 32.6	% 26.0
Tarım, balıkçılık, ormancılık	% 15.0	% 13.0

Sabit sermaye yatırımlarının milli gelir içindeki payı 1980 yılında %21.8 iken, 1993-97 döneminde %25 dolaylarına yükselmiş ve izleyen yıllarda gerileme göstererek 2001 yılında %18.4 olarak gerçekleşmiştir. Toplam sabit sermaye yatırımlarının sektörel bileşimi incelendiğinde, tarım, madencilik ve imalat sanayinin paylarının azaldığı, ulaştırma, turizm, eğitim ve sağlık sektörlerinin paylarının arttığı görülmektedir. Enerji ve konut sektörlerinin payı ise istikrarsız bir seyir izlemiştir.

Ekonominin dışa açılmasına paralel olarak, AB'den ithalat başta olmak üzere dış ticaret hacminde önemli artışlar yaşanmıştır. Dış ticaret hacmi 1980 yılında 10.8 milyar dolardan, 2001 yılında 74.8 milyar dolar düzeyine ulaşırken, ihracat aynı dönemde 2.9 milyar dolardan 31.3 milyar dolara, ithalat ise 7.9 milyar dolardan 40.4 milyar dolara yükselmiştir.

1980'li yılların başında ihmal edilebilecek düzeyde bulunan doğrudan yabancı sermaye girişi 2000 yılına kadar oldukça düşük düzeylerde kalmış, 2001 yılında önemli bir artış göstererek 3.3 milyar dolara ulaşmıştır.

Fiyat istikrarı, 1980 sonrası dönemde, Türkiye ekonomisinin önde gelen sorunlarından birini oluşturmuştur. 1981 yılında %25.6 olan 12 aylık TEFE oranı, ciddi bir artış eğilimine girerek, 1987 yılında %51.6'ya yükselmiş; 1994 yılında yaşanan ekonomik krizle birlikte, yaklaşık %150 seviyesine ulaşmıştır. Enflasyon oranı 1980 sonrası yıllarda azalma eğilimi göstermiş, ancak 2001 yılında yaşanan ekonomik krizle birlikte %88.6 düzeyine ulaşmıştır. 2002 yılında ise %35'in altında seyretmiştir.

¹ Bu bölümdeki değerlendirmeler, geçmiş ve mevcut durumla ilgili olarak Ek-A Bölümündeki Ek 1.1'de, gelecek tahminleri açısından da Ek 1.2'de, tablolar halinde sunulan verilere dayalıdır.

Tablo 2.1.2: Nüfus, ekonomi ve enerji

Yıl	Nüfus Bin kişi	GSMH 1990 fiyatlı. Milyar \$	Kişi başı GSYİH \$/kişi	Enerji Talebi Mtpe	Elektrik Talebi TWS	Kişi başı enerji talebi Kep/kişi	Kişi başı Elekt. Talebi KWS/kişi
1973	38,072	75.9	1,994	24.6	12.4	646	326
1990	56,098	150.0	2,674	53.7	56.8	957	1,013
1995	62,171	177.9	2,861	64.6	85.6	1,039	1,376
1998	65,244	215.5	3,303	75.8	114.0	1,162	1,747
2000	67,804	214.1	3,158	82.6	128.3	1,218	1,892
2001	68,618	193.9	2,826	78.1	126.9	1,138	1,849
2010	78,459	421.0	5,366	153.9	286.6	1,962	3,653
2020	87,759	812.7	9,261	282.2	566.5	3,216	6,455
2023	90,345	821.2	9,090	329.9	675.1	3,652	7,472

(Kaynak: ETKB/APK)

Doğal kaynaklar, madencilik:

Cumhuriyet'in ilanını izleyen dönemde sağlanan önemli ilerlemelere rağmen, Türkiye hiç bir zaman bir madencilik ülkesi olarak tanımlanabilecek konumda olmamış ve madenciliğin ülke ekonomisi içindeki yeri sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu durum ülkenin maden kaynaklarının, çeşitlilik yönünden zengin olmakla birlikte, rezerv yönünden genellikle küçük, kalitesiz veya işletmecilik yönünden sorunlu olmasından kaynaklanıyor.

Bilinen rezervler incelendiğinde başta, toplam dünya rezervinin yaklaşık %64'ünü oluşturan bor tuzları geliyor. Ülke ayrıca; linyit, mermer, trona, barit, krom, manyezit gibi madenler açısından dikkate değer rezervlere sahip. Buna karşın; petrol, doğal gaz ve taşkömürü başta olmak üzere, özellikle enerji hammaddeleri alanında kendine yeterli olmaktan uzak. Ayrıca mevcut demir cevherlerinin büyük çoğunluğunun düşük tenörlü oluşu ve bu nedenle değerlendirilememesi, bu tip madenler yönünden dışa bağımlılığı artırıyor.

Ülkede halen 50'nin üzerinde madenin üretimi yapılıyor. En önemli üretim kalemi linyit. Diğer önemli üretim kalemleri arasında bor tuzları, mermer, manyezit ve diğer yapı malzemeleri geliyor.

Son yıllarda artış sürecine giren sektör ihracatı, 2000 yılında %4.2 artarak 400 milyon doları bulmuş; ancak 2001 yılında bir önceki yıla göre %16 azalarak, 335 milyon dolara gerilemiştir. En önemli ihracat kalemleri, başta bor tuzları olmak üzere; mermer, krom, manyezit, feldspat ve bakırdır.

Madencilik ithalatı içinde en ağırlıklı kalemler ham petrol ve doğal gaz olup, ardından taşkömürü, fosfat ve demir gelmektedir. 2000 yılında 7.105 milyar dolar olarak gerçekleşen madencilik sektörü ithalatı içinde, ham petrol ve doğal gazın payı %87 olmuştur. İthalat 2001 yılında, bir önceki yıla göre %7.3 azalarak, 6.583 milyar dolara inmiştir.

Sektörün son yıllardaki durumuna bakıldığında;

- 1980 yılında cari fiyatlarla %1.41 olan GSYİH içindeki payının, 2001 yılında %1.17'ye,
- 1980 yılında 191 milyon dolarla %6.6 olan toplam ihracat içindeki payının, 2001 yılında 335 milyon dolarla %1.1'e,
- 1980 yılında, petrol ve doğal gaz hariç, 144 milyon dolarla %1.8 olan ithalattaki payının, 2001 yılında 504 milyon dolarla %1.2'ye,

- 1980 yılında %3.3 olan toplam sabit sermaye yatırımları içindeki payının, 2001 yılında tahmin olarak %1.3'e gerilediği görülüyor.

Önemli madenler bazındaki değerlendirmeler:

Bor tuzları: Türkiye, 563 milyon ton (B_2O_3) rezervi ile toplam dünya rezervinin %64'üne sahiptir. Bugün için, 1.8 milyon ton/yıl ham bor üretim kapasitesi mevcuttur. 2001 yılı ham bor üretimi 1.476 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Madencilik ihracatı içinde değer olarak yaklaşık %27'lik payla birinci sırada gelen ham bor ihracatı, 2001 yılında 101 milyon doları bulmuştur. Son yıllarda izlenen politikalar doğrultusunda; ham bor ihracatı azalırken, rafine bor ihracatında, henüz istenilen düzeye ulaşılamamış olsa bile, bir artış görülüyor. 2840 Sayılı Kanunda yer alan "bor tuzlarının aranması ve işletilmesi Devlet eliyle yapılır" hükmü gereğince, bor madenciliği Eti Holding A.Ş. tarafından yapılıyor.

Ham petrol ve doğal gaz: Son yıllarda, yeni petrol sahalarının keşfedilememesi ve mevcut petrol sahalarının da eski olması nedeniyle, ham petrol üretimi sürekli olarak düşüyor. 2001 yılında ham petrol üretimi, 2000 yılına göre %7.2 azalarak, 2.6 milyon ton düzeyinde gerçekleşmiştir. Arama çalışmalarından olumlu sonuçlar alınamaması halinde, ham petrol üretiminin önümüzdeki yıllarda da azalarak seyretmesi bekleniyor. 2001 yılı ham petrol ithalatı 23.1 milyon ton olarak ve ortalama 24.5 dolar/varil fiyatla gerçekleşmiştir.

Doğal gaz üretimi, Kuzey Marmara sahasının 1997 yılında devreye alınmasıyla birlikte önemli ölçüde artarak, 2000 yılında 639 milyon m^3 'e ulaşmış. Ancak kullanılabilir rezervin azalması nedeniyle, 2001 yılında doğal gaz üretimi %51 azalarak, 312 milyon m^3 'e inmiştir. 2002 yılı ve sonrasında da üretimde düşmeler bekleniyor.

2001 yılında 16.4 milyar m^3 olarak gerçekleştikten sonra, 2002 yılında da 19.8 milyar m^3 'e tırmanan doğal gaz ithalatının, imzalanan uluslararası doğal gaz alım anlaşmaları nedeniyle artarak seyretmesi ve 2003 yılında 23 milyar m^3 'e ulaşması bekleniyor.

Linyit: Türkiye, 6,975 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 8,340 milyon ton linyit rezervine sahiptir. Mevcut rezervin %66.2'si, 1000-2000 Kcal/kg gibi düşük bir ısıl değere sahip olduğundan, üretilen linyitler ağırlıklı olarak termik santrallerde tüketiliyor.

Son yıllardaki seyrine bakıldığında linyit üretiminin 1999 yılında 65 milyon ton ile en yüksek seviyesine ulaştığı, 2001 yılında 63.4 milyon tona gerilediği görülüyor. Üretimin büyük bir kısmı halen, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) gibi kamu kuruluşları tarafından gerçekleştiriliyor. 2001 yılı linyit üretiminde TKİ'nin payı %58, EÜAŞ'nin payı %39, özel sektörün payı ise sadece %3'tür. Bugünkü verilere göre linyitten elektrik üretim kapasitesi, yılda 116 Milyar kWS civarında ve yerli kaynaklara tanınan öncelik çerçevesinde, bu değere 2018 yılında ulaşılması hedefleniyor. Ancak, kaynak çeşitlendirme ihtiyacına paralel olarak doğal gaz ve diğer kaynakların elektrik üretimindeki payı arttıkça, linyitin payında azalmalar bekleniyor. Son yıllarda talebin beklenenden az gerçekleşmesi, alım garantili doğalgaz santrallerinin daha fazla çalıştırılmasına, bu durum da linyit santrallerinin kapasite kullanım oranlarının düşmesine neden olmuştur.

Taşkömürü: Türkiye taşkömürü rezervi, 560 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 1.35 milyar tondur. Isıl değeri 6200-7250 Kcal/kg arasındadır. Üretimi Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından, Zonguldak havzasındaki 5 işletmede sürdürülüyor. Bu işletmelerden Kozlu, Karadon ve Üzümez'de koklaşabilir, Amasra ve Armutçuk'ta ise koklaşmaya uygun olmayan niteliklerde kömür üretimi yapılıyor. Kurumun 1990'da 2.75 milyon ton olan üretimi, 2001'de 2.36 milyon tona gerilemiştir. Üretimde en önemli problem, doğal şartlar nedeniyle havzada karlı bir işletmecilik yapılmasının mümkün olmayışındır.

Dolayısıyla, ülkede tüketilen taşkömürünün büyük bir bölümü ithal ediliyor. Özellikle, demir çelik fabrikalarında kullanılan yüksek ısıl değerli taşkömürü bu yolla karşılanıyor. 2001 yılındaki ithalat miktarı 8 milyon ton, değeri ise 288 milyon dolar.

Enerji:

Enerji arzı:

GSMH artışıyla birlikte, toplam birincil enerji arzı (TBEA) 1973-95 arasında yılda %4.4, 1990-2000 arasında %4.4 artarak (IEA Avrupa ortalaması %0.8), 1990'da 53.7 mtpe'den (milyon ton petrol eşdeğeri), 2001'de 78.2 mtpe'ye ulaşmıştır. 2001 yılındaki talebin en büyük kısmını, 30.9 mtpe ve %39.6 payla petrol karşılamış; 1970'e kadar var olmayan doğal gaz 2001 yılında, 14.87 mtpe ile %19.0 oranına ulaşmıştır. Talebin kalan %16.8'lik kısmı linyit, %9'u taşkömürü, %7.9'u ticari olmayan ve %5.1'i diğer yakıtlardan, %2.6'sı da hidroelektrik kaynaklardan karşılanmıştır. Nüfus artışı ve ekonomik büyüme eğilimleri göz önünde bulundurulduğunda, TBEA'nın 2010'da 154 mtpe'ye ulaşması bekleniyor.

Kişi başına enerji tüketimi 1990'da 957 kpe'den, 2000'de 1218 kpe'ye yükselmiştir. Türkiye bu durumyla, dünya nüfusunda %1.1'lik, enerji tüketiminde ise %0.86'lık bir paya sahiptir. Dolayısıyla kişi başına dünya ortalamasının dörtte üçü kadar (54GJ) enerji tüketiyor ve bu açıdan AB üyeleri, hatta daha geniş kapsamda Avrupa ülkeleri ve OECD üyeleri arasında sonuncu geliyor.

Tablo 2.1.3: Genel enerji arzı (mtpe)

	1990	Pay%	2000	Pay%	2001	Pay%
Petrol	23,901	44.5	32,595	39.4	30,936	39.6
Linyit	9,765	18.2	13,219	16.0	13,091	16.8
Taşkömürü	6,150	11.4	9,983	12.1	7,060	9.0
Doğalgaz	3,110	5.8	13,729	16.6	14,868	19.0
Hidro	1,991	3.7	2,656	3.2	2,065	2.6
Ticari Olmayan	7,208	13.4	6,457	7.8	6,211	7.9
Diğer	1,591	3.0	3,989	4.8	3,955	5.1
Toplam	53,716	100.0	82,628	100.0	78,185	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Enerji üretimi:

Enerji üretimi 2001 yılında, 1990'daki 26.21 mtpe düzeyine göre az bir artışla, 27.41 mtpe'ye ulaşmıştır. Petrol ve doğal gaz üretimi nisbeten az olup, esas yerli enerji kaynağını, çoğu linyit olmak üzere, kömür oluşturuyor. Linyit üretimi 1980'lerin başlarında artarak, 1999 yılında 14.64 mtpe (66.58 mt) ile en yüksek seviyesine ulaştıktan sonra, 2001 yılında 12.77 mtpe'ye (57.86 mt) gerilemiştir. Mevcut öngörüler linyit üretiminin artık bir dengeye ulaştığı yönündedir. Taşkömüründe ise, 1990'da 2.0 milyon ton olan üretim, 2001'de 1.2 milyon tona gerilemiştir. 2001 yılındaki birincil enerji üretiminin %51.2'si kömürden, %10.8'i petrol ve doğal gazdan, %7.5'i hidrodan, %22.7'si de ticari olmayan kaynaklardan sağlanmıştır.

2001'de, hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji üretimi 8.34 mtpe'yi bulmuştur. Bunun esas kısmı olan 4.88 mtpe'yi odun, 1.33 mtpe'yi hayvan ve bitki artıkları, 1.84 mtpe'yi jeotermal, kalanı 0.29 mtpe'yi de güneş enerjisi oluşturmuştur.

Tablo 2.1.4: Birincil enerji üretimi (mtpe)

	1990	Pay%	2000	Pay%	2001	Pay%
Petrol	3,902	14.9	2,887	10.3	2,679	9.8
Linyit	9,524	36.3	12,128	43.4	12,772	46.6
Taşkömürü	2,080	7.9	1,159	4.1	1,255	4.6
Doğalgaz	193	0.7	582	2.1	284	1.0
Hidrolik	1,991	7.6	2,656	9.5	2,065	7.5
Ticari Olmayan	7,208	27.5	6,457	23.1	6,211	22.7
Diğer	1,309	5.0	2,065	7.4	2,141	7.8
Toplam	26,207	100.0	27,934	100.0	27,407	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Tablo 2.1.5: Hidro hariç yenilenebilir enerji üretimi (mtpe)

	1990	%Pay	2000	%Pay	2001	%Pay
Odun	5,361	63.8	5,081	59.7	4,879	58.5
Hayvan ve Bitki Art.	1,847	22.0	1,376	16.2	1,332	16.0
Jeotermal	1,162	13.8	1,792	21.0	1,836	22.0
Güneş	28	0.3	262	3.1	287	3.4
Rüzgar	0	0.0	3	0.0	5	0.1
Toplam	8,398	100.0	8,514	100.0	8,339	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Hidroelektrik üretimi ise son yirmi yılda anlamlı artışlar göstermiştir. 1990-2000 arasında yılda %2.9 artarak, 1990'daki 23.148 TWS (1.99 mtpe) düzeyinden, iyi bir üretim yılı olan 2000'de 30.942 TWS (2.66 mtpe) düzeyine ulaşmıştır.

Tablo 2.1.6: Toplam Enerji Üretim ve Tüketimi içinde Yenilenebilir Enerji

	Topl. üret.	Topl. arz	Diğer yenl.	Hidro	Top. Yenl.	%Topl.üret.	%Topl. arz
1990	26,207	53,716	8,398	1,991	10,389	39.64	19.34
2000	27,934	82,628	8,514	2,656	11,170	39.99	13.52
2001	27,407	78,185	8,339	2,065	10,405	37.96	13.31

1990-2000 yılları arasında, yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı, yaklaşık %40'la aynı kalırken, toplam arz içindeki payı %19.34'ten %13.31'e gerilemiştir. 2010 yılında hidroelektriğin 6.7 mtpe'ye ulaşması beklenirken, jeotermal ısı enerjisi için 5.7 mtpe hedefleniyor.

Enerji ithalatı:

Ekonomi hızla büyürken enerji üretiminin dengeye varması, enerji ithalatının hızla artmasına yol açmıştır. Net enerji ithalatı 1973-95 arasında yılda yaklaşık %7, 1990-2000 arasında da %6 artmış; 1990'da 30.94 mtpe iken, 2000'de 56.28 mtpe'ye ulaşmıştır. İthalat 1973'te TBEA'nın %36'sını oluştururken, 1990'da %57.6'sını, 2000'de ise %68.11'ini oluşturmuştur. Daha önceki öngörüler, linyit üretimini arttırmak suretiyle bu oranı koruyabilmek yönünde iken, son 20 yıldaki siyasi iradelerin izlediği doğal gaz ağırlıklı enerji politikalarının linyite

yönelik yatırımları frenlemesi sonucu, bu üretimin geçen on yılda kararlı bir seyre ulaşmış olması nedeniyle, ileriye yönelik üretim tahminleri de geri çekilmiştir.

Enerji ithalatının bileşimine bakıldığında, 2000 yılında; ham petrol ve petrol ürünleri ithalatı 33.22 mtpe ile toplam enerji ithalatının %59.1'ini, doğal gaz 13.49 mtpe ile %24'ünü, kömür ve kömür ürünleri ithalatı 9.25 mtpe ile %16.4'ünü ve elektrik 0.33 mtpe ile %0.6'sını oluşturmuştur.

Tablo 2.1.7: Enerji İthalatı (mtpe)

	1990	Pay%	2000	Pay%	2001	Pay%
Petrol	23,399	75.6	32,001	56.9	30,678	58.2
Doğalgaz	2,964	9.6	13,487	24.0	14,895	28.3
Kömür	4,208	13.6	8,744	15.5	5,377	10.2
Kok	0	0.0	506	0.9	366	0.7
Petrokok	350	1.1	1,216	2.2	989	1.9
Elektrik	15	0.0	326	0.6	394	0.7
Toplam	30,936	100.0	56,280	100.0	52,699	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Özetle Türkiye, enerji kaynakları açısından net ithalatçı bir ülkedir. 2000 yılı itibariyle yılda tükettiği yaklaşık 76 milyon ton kömürün %90'ını kendi üretirken, 30 milyon ton ham petrolün %91'ini, 12.6 milyar metreküp doğal gazın %93'ünü ithal etmiştir. Keza, tükettiği 120 TWS'lık elektriğin 5TWS'ını Bulgaristan ve Gürcistan gibi komşularından sağlamıştır.

Enerji tüketim kalıplarındaki eğilimler:

Toplam nihai tüketim (TNT) 1990-2000 arasında yılda ortalama %3.8 artışla, 42.34 mtpe'den 61.53 mtpe'ye çıkmıştır.

Petrolün TNT içindeki payı, 1990 yılında %47.1 iken, 2000 yılında %43.1'e gerilemiş olup, IEA ile kıyaslanabilir düzeydedir. Yakıt tüketim yapısında son yirmi yılda gerçekleşen en önemli değişiklik, elektrik ve doğal gaz tüketiminin artması olmuştur. Elektriğin payı 1990'da %9.3 iken 2000'de %13.4'e, doğal gazın payı ise aynı yıllar itibariyle %1.9'dan %8.3'e yükselmiştir. Diğer kaynakların 2000 yılı payları; ticari olmayan %10.5, taşkömürü %9.6, linyit %5.8, ikincil kömür ürünleri %4.1'dir.

Tablo 2.1.8: Nihai enerji tüketimi (mtpe)

	1990	Pay%	2000	Pay%	2001	Pay%
Petrol	19,931	47.1	26,536	43.1	25,282	44.1
Doğalgaz	784	1.9	5,088	8.3	5,285	9.2
Elektrik	3,928	9.3	8,268	13.4	8,282	14.4
Taşkömürü	1,954	4.6	5,937	9.6	3,413	5.9
Linyit	4,709	11.1	3,566	5.8	3,582	6.3
İkincil Kömür	2,294	5.4	2,516	4.1	2,247	3.9
Petrokok	269	0.6	1,168	1.9	1,022	1.8
Ticari Olmayan	7,208	17.0	6,457	10.5	6,211	10.8
Diğer	1,263	3.0	1,997	3.2	2,059	3.6
Toplam	42,340	100.0	61,533	100.0	57,390	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Enerji tüketiminin sektörel ayırımına bakıldığında, 1973-95 döneminde tüketimin en hızlı olarak sanayi sektöründe ve yılda ortalama %6 arttığı (IEA-Avrupa'da azaldı) görülüyor. Sanayinin TNT'deki payı 1990'da %34.3'ten, 2000'de %38.4'e ulaşmış olup, bu durum sanayileşmenin; öte yandan bu oranların, sanayinin GSMH içindeki yaklaşık %30'luk payının üzerinde olması ise, ağır sanayide uzmanlaşmanın göstergesidir. Oransal düşüşüne rağmen, petrol bu sektördeki ana yakıttır. Doğal gazın payı ise hızla artarak 1995'te %9.6'ya, 1999'da da %10.6'ya ulaşmıştır.

Tablo 2.1.9: Sektörel enerji tüketimi (mtpe)

	1990	Pay%	2000	Pay%	2001	Pay%
Sanayi	14,543	34.3	23,615	38.4	21,009	36.6
Konut	16,087	38.0	20,939	34.0	19,793	34.5
Ulaştırma	8,723	20.6	12,117	19.7	12,000	20.9
Tarım	1,956	4.6	2,962	4.8	2,951	5.1
Enerji Dışı	1,031	2.4	1,900	3.1	1,638	2.9
TOPLAM	42,340	100.0	61,533	100.0	57,390	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Ulaşım sektörünün enerji tüketimindeki payı 1990-2000 arasında %20.6'dan %19.7'ye düşerken, tüketim miktarı 8.72 mtpe'den 12.12 mtpe'ye yükselmiştir. Karayolu taşımacılığının bu tüketimdeki payı %90 dolayında ve yük taşımacılığının yaklaşık %75'i karayoluyla yapılıyor. 1985-2000 arasında demiryolu taşımacılığı durağanlaşırken, kamyon sayısı %70 artmıştır. Aynı dönemde minibüs ve otobüs sayısı önemli oranda artarken, trenle yapılan yolcu kilometresi hafif artmış, demiryolu uzunluğu ise aynı kalmıştır. Otomobil sayısı 1973'ten bu yana 10 ve son on yılda da 3 kat artmış olmakla beraber, her 100 kişi başına araç sayısı, diğer OECD ülkelerinde 40-50 iken Türkiye'de hala 6 civarındadır.

Konut/hizmet sektöründe enerji tüketimi 1990-2000 arasında ortalama %2.7 büyümüş ve miktar olarak 1990'da 16.09 mtpe'den 2000'de 20.98 mtpe'ye yükselirken, TNT içindeki pay %38'den %34'e düşmüştür. Sektördeki elektrik ve doğal gaz tüketimi hızla artmıştır. Elektrik payı 1990'da %10'dan, 1999'da %18.4'e, doğal gazınki ise 1990'da %0.3'ten, 1999'da %14.3'e yükselmiştir. Bu sektördeki tüketim içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları hala %37.4 ile başta gelmekte ve bu kalemin; %36.6'sı biyokütle, hayvan ve bitki atıklarından, %0.5'i güneş, %0.3'ü de jeotermal enerjiden oluşmaktadır. Mevcut resmi tahminler nihai tüketimde, esas olarak sanayi tüketiminden kaynaklanan, hızlı bir artışa işaret ediyor.

GSMH'ya oranla enerji tüketimindeki eğilimler:

Enerji yoğunluğu toplam birincil enerji arzı/GSMH (TBEA/GSMH) olarak hesaplandığında (1990 kurlarıyla), 1973 yılından beri aynı kalmış, toplam yakıt tüketimi/GSMH (TYT/GSYH) şeklinde hesaplandığında ise biraz azalmıştır. 1990-2000 arasındaki dönemde enerji yoğunluğunun keza, her iki ölçüye göre de pek değişmediği görülüyor. Elektrik yoğunluğu ise hızla artmış olup, bu durumu elektrik kullanımının konut sektöründeki yaygınlaşmasıyla yorumlamak mümkün olabilir.

Arza ve tüketime göre hesaplanan yoğunluklar arasında ciddi bir fark gözlemleniyor ve bu durum, arzın tüketime dönüşene kadar ciddi kayıplara uğradığına işaret ediyor. Nitekim, ulaşım sektöründe, elektrik iletim ve dağıtımında, binalarda ciddi enerji kayıpları var ve Türkiye'de enerji verimliliğini arttırmak için bu kayıpların azaltılması gerekiyor.

Tablo 2.1.10: Ekonominin enerji ve elektrik yoğunluğu (nominal dolar değerleriyle)

	Arz/GSMH		Nihai Tüketim/GSMH	
	1990	2000	1990	2000
Enerji yoğunluğu	0.358 kpe/\$	0.386 kpe/\$	0.282 kpe/\$	0.287 kpe/\$
Elekt. Yoğunluğu	0.379 kWh/\$	0.599 kWh/\$	0.304 kWh/\$	0.449 kWh/\$

Enerji yoğunluğu IEA-Avrupa'ya göre yüksek ve AB ortalamasının iki misli düzeyindedir. Bu durum, ekonominin kısmen kayıtsız olmasından ve/veya TL kurunun düşük olması ihtimalinden dolayı, GSMH'nin düşük görünmesinden kaynaklanıyor olabilir. Nitekim, GSMH'nin hesaplanmasında satın alma paritesi (SAP) kullanıldığı takdirde, enerji yoğunluğu IEA-Avrupa'dan düşük çıkıyor. Enerji yoğunluğunun 2005 yılına kadar hızla artması ve bu tarihten sonra hafif azalması, elektrik yoğunluğunun ise, bu enerji türünün kullanımının artmasıyla birlikte artmaya devam etmesi bekleniyor.

Çevre değerlendirmesi:

Türkiye, sera gazı emisyonlarına sınırlamalar getiren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi'ne henüz taraf değildir. Sözleşme 2 adet ek içeriyor ve bu eklerde; sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeylerine indirmesi, gelişme yolundaki ülkelere teknolojik ve mali kaynak sağlaması öngörülen ülkelerin isimleri listeleniyor. Türkiye, OECD'ye üye olması nedeniyle her iki listede de yer almışken, henüz sanayileşmesinin başlangıcında olduğu gerekçesi ve doğacak yükümlülükleri yerine getiremeyeceği endişesiyle, bu duruma itiraz ederek sözleşmeyi imzalamamıştır. Yapılan itiraz: "Türkiye'nin Sözleşme'ye taraf olduktan sonra, Ek-I de yer alan diğer ülkelerden farklı bir durumdaki özel koşullarının tanınarak, isminin Ek-II'den silinmesi" hususunu içeren bir karar metniyle sonuçlanmıştır. Dolayısıyla, sözleşmenin Türkiye açısından yürürlüğe girebilmesi için gereken TBMM onayı, süreç olarak başlatılmış durumdadır.

Kişi başına az enerji tükettiği için, Türkiye'nin kişi başına yılda 0.8 ton olan karbon eşdeğeri karbondioksit emisyonu düzeyi, hala dünya ve OECD ortalamalarının altındadır. Bu rakamın gelecek yıllarda, ekonomik büyümeye paralel olarak hızla artması kaçınılmazdır. Ekonominin karbon yoğunluğu ise, GSYİH birimi başına 0.26kg/\$ karbon eşdeğeri düzeyiyle, dünya ortalamasının altında ve fakat, OECD ve AB ortalamalarının üzerindedir. Türkiye'nin daha temiz enerji kaynaklarına yönelmemesi halinde, bu yoğunluğun da, önümüzdeki yıllarda hızla artması bekleniyor.

Enerji faaliyetlerindeki en önemli çevre sorunları, genellikle, sanayide, ısınmada, ulaşımda ve elektrik üretiminde fosil yakıtların kullanımında doğru uygulamaların seçilmemiş olması sonucu atmosfere salınan SO_x, NO_x ve partikül madde (PM) emisyonlarından kaynaklanıyor. Yerli linyitlerin kalite ve ısı değerlerinin düşük, kükürt ve kül oranlarının yüksek olması ve fakat kullanılan yakma teknolojilerinin bu niteliklere uygun olmaması; öte yandan planlanan yatırımların gerçekleştirilememiş olması nedeniyle fuel-oil, benzin, mazot vb. sıvı yakıtların yeterli kalitede üretilmemesi, söz konusu kirletici emisyonlarının yüksek seviyelerde olmasına neden oluyor. Diğer taraftan, uluslararası anlaşmalardan kaynaklanabilecek veya özellikle Avrupa Birliği adaylığı veya üyeliğinden doğabilecek yükümlülükler, Türkiye'nin bu konuda dikkatli davranmasını, ancak her şeyden önce ekonomik büyümesini ön planda tutmasını gerektiriyor. Son yıllarda çevre mevzuatı çerçevesinde, elektrik enerjisi sektöründe linyite dayalı mevcut santrallara baca gazı desülfürizasyon (BGD) tesisleri yapılırken, yeni santrallar da bu tesislerle birlikte ihale ediliyor. Ayrıca, Türk linyitleri için en uygun teknoloji olan akışkan yataklı yakma uygulamasının yakın zamanda, bu teknolojiye dayalı termik santrallarla birlikte devreye girmesi bekleniyor.

Çevre açısından Türkiye, yerli linyitlerinin kullanımını FGD üniteleri ve akışkan yataklar gibi temiz teknolojilerle donatma çabalarının yanı sıra, temiz yakıt olarak bilinen doğal gazla yönelmiş durumdadır. Halen, doğalgaz ana iletim hatları üzerinde yer alan çeşitli illerdeki bazı sanayi tesislerine ek olarak; konut sektöründe yoğun olmak üzere, 5 ilde doğalgaz kullanılıyor ve bu sayının önümüzdeki yıllarda 60'a çıkarılması hedefleniyor. 2010 yılı için yaklaşık 60 milyar metreküp doğalgaz bağlantısı yapılmış olup, yakın geçmişteki politikaların sürdürülmesi halinde aynı yıl için talebin 55 milyar metreküp olması bekleniyor². Ancak bu dış kaynağa bağımlılık düzeyinin dikkatle irdelenmesi gerekmektedir.

Tablo 2.1.11: Emisyonların sektörel dağılımı, 2000 yılı (Bin Ton)

Sektörler	SO ₂	NO _x	CO ₂
Elektrik enerjisi	1,323	204	72,320
İmalat Sanayi	619	207	68,103
Ulaştırma	62	309	36,562
Diğer (Konut, tarım v.b.)	238	192	33,478
Toplam	2,242	912	210,463

Kaynak: Devlet İstatistik Enstitüsü

Elektrik:

Türkiye en ciddi sıkıntıları elektrik enerjisi alanında yaşıyor ve yılda %10'ları aşan düzeylerde artan talebi karşılayabilmek için gereken yatırımlar güçlükle sürdürülebildiğinden, ülke zaman zaman kesintilerin eşiğine geliyor. Sıkıntılar hem üretim, hem de iletim ve dağıtım aşamasındaki sorunlardan kaynaklanıyor. Türkiye'de üretim birimleri çoğunlukla güney ve güneydoğuda, tüketim merkezleri ise kuzeybatıda olduğundan, iletim hatları uzun; dolayısıyla iletim kayıpları %3.1 civarındadır. Bu rakam OECD ortalaması olan %2.5'un üzerindedir. Mevcut iletim hatlarının 11,600 km'lik kısmı 380kV ve 25,000 km'lik kısmı ise 154 kV'luk olup, bu alandaki iyileşme 380kV'luk iletim payının artırılmasıyla mümkündür. Fakat esas elektrik kayıpları, dağıtım aşamasında gerçekleşiyor ve kaçak kullanım oranları kesin olarak bilinmemekle beraber, dağıtım kayıplarının %10'un üzerinde olduğu tahmin ediliyor. Bu oranın OECD ortalaması olan %3.5'ler düzeyine indirilmesi için, şehir içi dağıtım şebekelerinin kapsamlı bir şekilde yenilenmesi gerekiyor.

Tablo 2.1.12: Yıllar itibariyle kurulu güç ve üretim.

Yıllar	KURULU GÜÇ (MW)				ÜRETİM (GWS)			
	Termik	Hidrolik	Jeo+Rüz	TOPLAM	Termik	Hidrolik	Jeo+Rüz	TOPLAM
1990	9,536	6,764	18 ^x	16,318	34,315	23,148	80 ^x	57,543
1995	11,074	9,863	18 ^x	20,954	50,621	35,541	86 ^x	86,247
2000	16,053	11,175	36	27,264	93,934	30,879	109	124,922
2001	16,623	11,673	36	28,332	98,563	24,001	152	122,725

^x Sadece jeotermal. Rüzgar enerjisi kullanımına 1998 yılından itibaren başlanmıştır. (Kaynak: TEİAŞ)

² 'Natural Gas Demand and Supply Scenarios,' BOTAŞ.
http://www.botas.gov.tr/eng/naturalgas/ng_sup_dem.html

Tablo 2.1.13: Yıllar itibariyle Türkiye elektrik enerjisi üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı (GW-saat, yaklaşık)

Yıllar	Taş k.	Linyit	Fuel-oil	Motorin	LPG	Nafta	D. gaz	Hidrolik	Jeoter.	Rüzgar	Diğ.Yenil
1990	621	19,561	3,921	21	-	-	10,192	23,148	80	-	-
1995	2,232	25,815	5,498	274	-	-	16,579	35,541	86	-	222
2000	3,819	34,367	7,459	981	324	547	46,217	30,879	76	33	220
2001	4,046	34,372	8,817	904	162	484	49,549	24,001	90	62	229

^x Termik toplam içinde gösterilen, atık vb. diğer yenilenebilir kaynaklar. (Kaynak: TEİAŞ)

Öte yandan; 2001 yılı itibariyle kurulu güç 28,332 MW olup, bu gücün %41.2'si hidroelektrik ve %58.7'si termik iken, %0.1'i jeotermal ve rüzgara dayalıdır. 2001 yılında üretilen 123 TWS'ın yaklaşık %19.5'i hidroelektrik, %31.2'si taşkömürü ve linyit, %40.3'ü doğalgaz, %7.9'u petrolden üretilmiştir. Kurulu güç kapasitesiyle üretilebilen enerjinin düşük olması, Türkiye'nin santral filosunun sorunlu bir yapıya sahip olduğuna işaret ediyor. Başta kömür santralleri olmak üzere, bazı santrallerin geciktirilmiş olan modernizasyon çalışmalarının yapılması, ıslahı güç bazı santrallerin ise ekonomik ömürlerini doldurduktan sonra devre dışı bırakılarak yerlerine yenilerinin inşası gereklidir. Yani Türkiye, hala rantabl olan santrallerini yenileştirmek, rantabil olmayanları da yeni ünitelerle değiştirmek durumundadır. TEAŞ 2010 yılına kadar, 23.6 GW'lık ilaveyle, bugün 28.3 GW olan üretim kapasitesinin neredeyse iki misline çıkartılmasını, 80 milyonluk bir nüfus için 280 TWS civarında üretim yapılmasını hedefliyor.

Türkiye bu hedeflerini, yerli ve yenilenebilir kaynaklara öncelik tanıyarak gerçekleştirmek istiyor. Türkiye'nin yerel enerji kaynakları olan hidroelektrik ve linyit, 122 ve 105 TWS/yıllık kapasitelere sahiptir. Hidroelektrik potansiyelin geliştirilmesi, son yirmi yılın öncelikli tercihi olmuştur. Halen işletmede bulunan 129 hidroelektrik santral 12 177 MW'lık bir kurulu güce ve toplam potansiyelin %35'ine karşılık gelen 44 035 GWS'lık yıllık ortalama üretim kapasitesine sahiptir. 3,397 MW'lık kurulu güce sahip bulunan ve toplam potansiyelin %9'unu oluşturup, 11,188 GWS'lık yıllık üretim kapasitesine sahip 36 hidroelektrik santral inşa halindedir. Geriye kalan 70,605 GWS/yıllık potansiyeli kullanabilmek için, toplam 19,908 MW gücünde 386 santralin daha yapılması gerekiyor. Bunlarla birlikte, toplam hidroelektrik santral sayısının 551'e ve toplam kurulu gücün 35,482 MW'a ulaşması planlanıyor. Bunun için de 30 milyar doları aşan maddi kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır.

Kişi başına yıllık elektrik tüketimi 2001 yılı itibariyle 1850 kWS'e ulaşmış iken, dünya ortalaması 2300kWS'ı geçiyor.

Genel değerlendirme:³

Türkiye 2001 yılı itibariyle; dünya nüfusünde %1.10, ekonomisinde %0.68, enerji tüketiminde %0.86 paya sahiptir. Dolayısıyla ve açıkça, kişi başına az üretebiliyor ve az enerji tüketiyor. Ekonomisini büyütmesi, bunun için de enerji tüketimini artırması gerekiyor. Türkiye'nin kişi başına elektrik tüketimi de keza, OECD ülkeleri arasında sonuncu gelmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin ekonomisi büyürken, elektrik enerjisi tüketiminin de artması gerekiyor.

Öte yandan Türkiye, ekonomik üretim açısından, enerjiyi ve elektriği verimli kullanamıyor. Ekonomisinin enerji ve elektrik yoğunluğu yüksek, artmaya da devam ediyor. Ancak ekonomisi büyümedikçe, Türkiye'nin bu yoğunlukları azaltabilmesi mümkün görünmüyor. Çünkü ekonomilerin enerji yoğunluğu ile, kişi başına gelir arasında güçlü bir ters bağlantı var.

³ İzleyen değerlendirmeler EK 1.3'te, şekil ve grafikler eşliğinde ayrıntılı olarak veriliyor.

Türkiye kalabalık nüfusuna rağmen ekonomisi küçük olduğu için, karbondioksit emisyonları açısından, hem toplam, hem de kişi başına yıllık değerleriyle, OECD ülkeleri arasında arka sıralarda yer alıyor. Halbuki ekonomik üretimini temiz yapamıyor ve birim GSMH başına fazla kirletici yayıyor. Türkiye'nin daha temiz üretebilmek için de keza, ekonomisini büyütüp kişi başına gelirini artırması gerekiyor. Çünkü, ekonomilerin karbon yoğunluğu ile, kişi başına gelir arasında güçlü bir ters bağlantı var. Ancak Türkiye'nin, kişi başına GSMH'sı artsa dahi, kişi başına karbon emisyonunu düşürmesi mümkün değil. Çünkü bu iki değişken arasında, yok denecek kadar zayıf bir bağlantı var.

Sonuç olarak Türkiye, her birim üretimini daha verimli ve temiz yapabilmek için, daha fazla üretmek zorundadır. Bunun sonucunda da çevreye, toplum geneli için veya kişi başına olarak, tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, daha fazla enerji kaynaklı kirletici yaymak durumundadır. Çünkü bu, ekonomik gelişmenin kaçınılmaz bir gereğidir.

2.2. Dünyadaki Durum⁴

1999 yılı itibariyle, dünyadaki 6 milyar insanın enerji tüketim hızı, yılda 420 EJ'u (Exa Joule= 10^{18} J) aşmış bulunuyor. Bu tüketimin %68'i, dünya nüfusunun %15'ini oluşturan sanayileşmiş ülkelerin 0.9 milyar insanı, kalan %32'si ise, dünya nüfusunun %85'ini oluşturan gelişmekte olan ülkelerin 5.1 milyar insanı tarafından gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla kişi başına ortalama tüketim, 63 GJ kadar olmaktadır. Fakat bu rakam gelişmiş ülkeler için 250, dünya nüfusundaki %5'lik payıyla enerji tüketiminde %25 paya sahip olan ABD için de 400 GJ'ü buluyor. Sonuç olarak, dünya nüfusunun %85'i, kişi başına yılda ortalama sadece 25 GJ (Türkiye'de 54) tüketiyor.

1999 yılı itibariyle 8.58 milyar ton petrol eşdeğeri enerji tüketilmiş ve bu tüketimin %75'i fosil yakıtlardan sağlanmıştır. Petrol, doğalgaz ve kömürün payları sırasıyla %39.4, %23.0 ve %22.4. Hidro, nükleer ve 'diğer' kaynaklardan üretilen elektrik, birincil enerji üretimi içinde %7.1, %6.6 ve %0.7'lik paylarla dördüncü, beşinci ve altıncı sırada geliyor.

Tablo 2.2.1: Dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (2000)

	Dünya	ABD ve Kanada
Toplam birincil enerji arzı (mtep)	9,200	2,600
Yaklaşık % paylar: petrol	39	38
Kömür	26	22
Doğal gaz	23	24
Hidro güç	2	2
Nükleer	7	9
Güneş, rüzgar, jeotermal ve diğer	3	4

(Kaynak: 'World Energy Outlook, 2002, IEA')

Birincil enerji üretiminin yaklaşık %30'u elektrik üretiminde kullanılmış ve üretilen 12.5 trilyon kWS elektriğin yaklaşık %80'i, %15 nüfus payına sahip olan sanayileşmiş ülkelerde, %28'i ise, %5 nüfus payına sahip olan ABD'de tüketilmiştir.

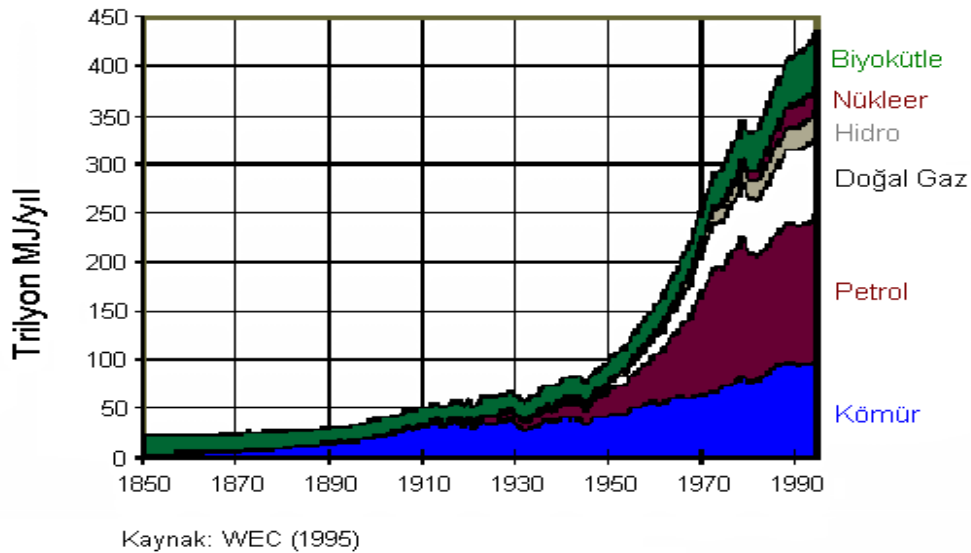
⁴ Bu bölümdeki değerlendirmeler, EK-A Bölümündeki EK 2'de şekil veya grafik olarak sunulan verilere dayalıdır.

Tablo 2.2.2: Dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (2000)

	Dünya	ABD ve Kanada
Net elektrik üretimi, TWS	15,391	3,609
Yaklaşık % paylar: Kömür+petrol+gaz	64	65
Hidro	17	13
Nükleer	17	19
Biyokütle ve diğer	2	2

(Kaynak: 'World Energy Outlook, 2002, IEA')

Tüketilen birincil enerjinin %25 kadarı, petrolünse yarıdan fazlası ticarete konu teşkil etmektedir. Fosil yakıt olarak yılda yaklaşık olarak; 5.1 milyar ton kömür, 3.1 milyar ton petrol, 2.4 trilyon metreküp doğalgaz tüketiliyor. Bu üç fosil yakıt halen dünya birincil enerji tüketiminin %85'ini, ticaretinin de %90'ını sağlıyor. Özetle insanlık, sanayi devrimiyle birlikte ve 1850'li yıllardan itibaren girmiş bulunduğu 'fosil yakıt çağı'nda emin adımlarla ilerliyor ve 20. yüzyılda, daha önceki tüm zamanlarda tükettiğinin 10 katı kadar enerji tüketmiş bulunuyor.



Şekil 2.2.1: Dünya birincil enerji arzı. 1850-1999

Geleceğe bakış:

Toplumların refahı açısından stratejik bir girdi olması itibariyle enerjinin; ihtiyaç duyulan miktarlarda ve ani artışlar göstermeyen ekonomik fiyatlarla sağlanması, temin açısından darboğazların yaşanmaması ve tüketiminin, 'sürdürülebilir kalkınma' kavramı çerçevesinde doğayla uyumlu biçimlerde başarılması gerekiyor. Öte yandan, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında tüketim düzeyleri açısından, azalmaya muhtaç büyük farklılıklar, enerji kaynaklarının dağılımında heterojenlikler var.

Bu yüzyılın ikinci yarısına kadar; dünya nüfusunun hiç artmadığı, gelişmiş ülkelerin kişi başına tüketimlerini yarıya indirdiği, dünyanın kalan kısmının onları yüzyıl geriden takiple ve yıllık ortalama %4.7 büyüme hızıyla bu seviyeyi yakaladığı varsayılacak olsa, dünya enerji üretiminin şimdiki 420 EJ'dan 750 EJ'a çıkararak %80 artması gerekiyor. Geçmiş yüz adet yılın

sergilediği eğilimlere bakılacak olursa, bu elli yıllık senaryonun varsayımlarından ilki kesinlikle, ikincisi neredeyse imkansız, üçüncüsü ise kuvvetle muhtemel görülmektedir.

Daha gerçekçi görünen bir başka senaryoya göre ise; dünya ekonomisinin yılda ortalama %3 büyüdüğü, ekonomilerin enerji yoğunluğunun yılda ortalama %1 azaldığı varsayımıyla, dünya enerji talebi 2023 yılına kadar %54 kadar artarak, 650 EJ'a ulaşmış olacak. Bu artışın en büyük kısmı, %60'tan fazlası, geçmiş 150 yıldakinden farklı olarak, Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın gelişmekte olan ülkelerinde yer alacak. Dünya nüfusunun %80'ini oluşturan ve enerji arzının üçte birini tüketen bu ülkelerin çoğu sanayileşmelerini, tıpkı Kuzey ülkelerinin daha önce yaptığı gibi, fosil yakıtlara dayandırmayı planlıyor. Dolayısıyla 2023 yılı civarında bu ülkelerin, toplam enerji tüketiminde ve karbondioksit emisyonlarında, sanayileşmiş ülkeleri geçmesi bekleniyor.

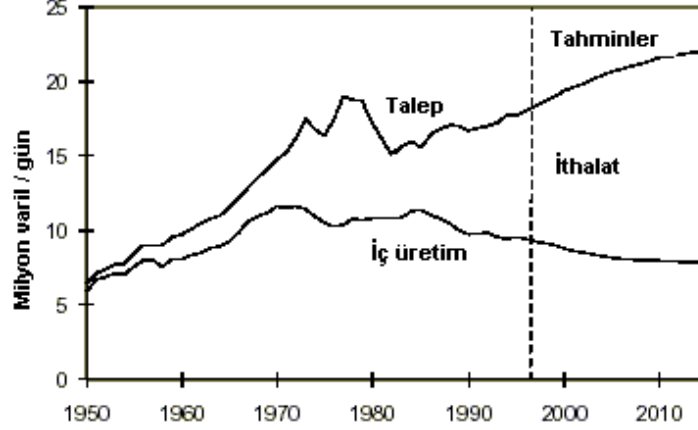
Ekonomilerin fosil yakıt yoğunluğunun şimdiki eğilimler çerçevesinde, yılda %0.2-0.4 civarında azalması halinde, bu yakıtlar 2023 yılına kadarki artışın %95'ini karşılayacak ve o zamanki talebin üçte ikisini sağlıyor olacak. Buna rağmen 1960'larda hakim olan 'kaynaklar tükeniyor' endişesi azalmış durumdadır. Çünkü dünyanın 'ekonomik rezerv' olarak, şimdiki tüketim hızlarıyla yaklaşık 200 yıl yetecek kadar 1 trilyon ton kömürünün, 80 yıl yetecek kadar 250-350 milyar ton (2-3 trilyon varil) petrolünün, 70-80 yıl yetecek kadar 150 trilyon metreküp doğal gazının olduğu tahmin ediliyor. Bu rakamlar kesin değil, daha iyimser veya daha kötümser olanları da var. Fakat geçmişte olduğu gibi gelecekte de, bir yandan yeni rezervlerin bulunması, diğer yandan yükselen enerji fiyatları karşısında yeni 'çıkarma teknolojileri'nin devreye sokulması sayesinde 'bilinen rezerv'lerin zamanla artacağı kesin. Dolayısıyla fosil yakıtlar açısından, hiç değilse bu yüzyıl için rezerv sorunu yok. Enerji fiyatlarının ekonomikliği ve temin güvenliği açılarından ise, arz ve talep dengeleri çok parametrelidir dinamik süreçler izliyor.

Kömüre olan talep, hızla doğal gaza yönelen batılı ülkelerde azalırken, başta Çin ve Hindistan olmak üzere, gelişmekte olan ülkelerde artacak. 2023 yılına kadar beklenen net talep artışı 1.5 milyar ton ile %40 olacak. Ancak kömürün arzı esnek; dolayısıyla, beklenen talep artışını, ciddi fiyat artışları yaşanmaksızın, rahatlıkla karşılayabilir.

Çok kullanışlı ve çok amaçlı bir yakıt olan petrolde ise durum sıkıntılıdır. Çünkü dünya petrol talebinin %1.6 ortalama yıllık artış hızıyla, 2000 yılındaki 75mv/g veya 3500 mt/y düzeyinden, 2030 yılında 120 mv/g veya 5600 mt/y düzeyine ulaşması bekleniyor. Halbuki, herhangi bir kaynağın üretimi, rezervlerinin yarısı tükenene kadar artıyor, ondan sonra bir platoya erişip, daha sonra azalıyor. Petrol için üretim platosu 2020'lerde başlıyor ve arz esnekliğini kaybediyor. Talepse katı; çünkü petrol tüketiminin önemli bir kısmı ulaştırma ile petrokimya sektörlerinde ve bu sektörler fiyatlara fazla duyarlı değil. Öte yandan ulaştırma sektörü dünya genelinde, enerji talebi açısından ortalama yıllık %2.2 oranla, en hızlı büyüyen sektördür. 2020 yılına kadarki talep artışının dörtte üçünden sorumlu olacak ve bu tarihten sonra en büyük son kullanıcı haline gelecektir. Kullandığı yakıtın ise hemen tamamı petrol ürünlerinden oluşuyor. Dolayısıyla, petrol fiyatlarında 2020'lerden sonra ciddi artışlar beklenebilir.

Dünya petrol rezervlerinin üçte ikisi, Orta Doğu'da bulunuyor ve ihracata konu olabilecek üretim fazlası esas olarak hala, OPEC'in Orta Doğulu üyelerinin elindedir. Siyasi istikrarsızlık taşıyan Körfez ülkeleri halen, dünya petrol ihracatının yarısını sağlıyor ve 2023 yılı civarında bu oranın, %75'e çıkması bekleniyor. Dolayısıyla bu bölge, jeopolitik ilgi ve dengeler açısından hassasiyetini koruyacak. Nitekim, ABD'nin 300 milyar dolar civarındaki savunma bütçesinin yaklaşık dörtte birini, bu bölgedeki olası müdahaleler için ayırdığı sanılıyor. Öte yandan, gelişmekte olan ülkelerin petrol taleplerindeki olası hızlı büyümelerin, petrol piyasalarının uluslararası güvenlik boyutlarını daha da karmaşıklaştırması kaçınılmaz görünüyor. Örneğin Çin 1993 yılından itibaren, petrol ihraç eden bir ülke olmaktan çıkıp, petrol ithalatına başlamıştır. Halen günde 600,000 varilden fazla petrol ithal ediyor ve bu rakamın 2010'da kolaylıkla 3 milyonu bulması, 2025'te ise 10 milyona ulaşarak, ABD'nin şimdiki ithalat düzeyini aşması mümkün görülüyor. Artan petrol bağımlılığı Çin'i, dış

politikasını ve savunma perspektifini değiştirmeye, geniş petrol ve doğal gaz rezervleri barındırdığına inanılan Güney Çin Denizi alanları üzerindeki hak iddialarını daha güçlü biçimlerde dile getirmeye zorlayabilir. ABD'nin talep ve ithalat tahminleri ise şekilde görüldüğü gibidir. Dolayısıyla, Kafkaslar ve Orta Asya'daki petrolün dünya piyasalarına bir an önce bağlanması, olası gerginlikleri hafifletebilmek açısından önem taşıyor.



Şekil 2.2.2: ABD'nin petrol ithalatının geçmişteki seyri ve gelecek tahminleri.

(Kaynak: EIA, *Annual Energy Review 1996* ve *Annual Energy Outlook 1997*)

Doğal gaz, petrol üzerindeki bu baskıları hafifletiyor. Tüketimi, düşük bir düzeyden başlamış olmakla beraber, biraz da bu yüzden, hızla artıyor. Çünkü, hem daha iyi yandığından daha az kirletici üretiyor, hem de bu kaynağı kullanan kombine çevrim santrallerinin verimi, kömür veya petrole dayalı olanlardan daha yüksek. Doğal gaz talep tahminleri 2020'ye kadar her yıl %3.2 artarak 4.6 trilyon metreküpe, dünya enerji talebinde %25'lik bir paya ulaşacak ve bu artışın %60'ından doğal gaza dayalı güç santralleri sorumlu olacak. Yoldaki kapsamlı üretim projeleri eğer zamanında gerçekleştirilebilirlerse, bu talebe yanıt verebilecekler. Bağlantılar 20-25 yıl gibi uzun vadelerle yapıldığından, fiyatlarda 2020'lere kadar istikrar bekleniyor⁵. Ondaki sonrası, üretim platosuna girilmiş olacağından, alternatif kaynakların fiyatlarına bağlıdır. Yakın rakibi petrole endeksli olduğu için, doğalgazda reel olarak hafif artışlar beklenebilir.

Hidro ve diğer yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretiminin, 2020'lere kadar her yıl %2 artması, buna rağmen bu kaynakların toplam enerji tüketimi içindeki payının şimdiki %9'dan %8'e, hatta bazı tahminlere göre %4'e inmesi bekleniyor. Bu eğilim ancak, kamu müdahalesi ve sübvansiyonlar aracılığıyla değiştirilebilir nitelikte olup; bu durumda da, 2020 yılında payları %12'ye kadar çıkartılabilecek (Türkiye'de halen %13). Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimindeki artışın büyük kısmı, Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan Asya ülkelerindeki büyük hidroelektrik santralleri şeklindedir. OECD ülkelerinde ise aynı dönemde, başta rüzgar ve biyokütle olmak üzere, hidro dışı yenilenebilir kaynakların, hem de yılda ortalama %3.3 gibi yüksek oranlarla artması hedefleniyor.

Nükleer santrallerden elde edilen elektriğin ise; şimdiki 2.4 TWS'ten, 2015'e kadar 2.6 TWS'e çıkması, bundan sonra 2020'ye kadar hafifçe azalması ve sonuç olarak, dünya birincil enerji ve toplam elektrik üretimindeki paylarının, 2000'de %7 ve %17 iken, 2030'da %5 ve %9'a düşmesi bekleniyor. Başlangıçtaki artışın nedeni, gelişmekte olan ülkelerdeki kapasite genişlemesidir. Sonraki azalmanın nedeniyse gelişmiş ülkelerin, kamuoyu baskısı karşısında, eskiyen nükleer santrallerini devre dışı bırakıp, yenilerini kurmamayı planlıyor olmasıdır. Japonya ve Fransa bu eğilimin dışında kalıyor, onlar yeni nükleer santraller konusunda kararlı. Gelişmiş ülkelerle gelişmekte olan ülkeler arasındaki bu asimetrik durum, halen az

⁵ <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/world.html>

enerji tüketmekte olan bu ikinci grubun enerji kaynaklarını çok yönlü olarak geliştirmek zorunda olmaları gerçeğiyle uyumludur. Gelişmiş batılı ülkelerse daha rahat, dolayısıyla enerji politikalarında daha esnek davranabiliyor; çünkü nüfusları fazla artmıyor. Öte yandan her 1000 kişi başına düşen otomobil veya elektrikli ev aletleri sayıları olabildiğince yüksek ve ilerde artacağına benzemiyor. Hem de mevcut bu ekipman, yeni çıkan verimli modellerle değiştiriliyor. Satın alım gücü yüksek olan tüketici, araç ve alet stoğunu 3-5 yılda bir yeniliyor. Konut ve işyerleri yeterince iyi ısıtılıyor, daha fazla ısıtılacak hali yok. Dolayısıyla, bu ülkelerin enerji piyasaları belli bir doyuma ulaşmış durumdadır. Hatta bazı sektörlerde gerileme var.

Halbuki dünya nüfusunun, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan dörtte birinden fazlası halen elektrikten yoksun. Çeşitli üretim imkanlarını da beraberinde getiren bu enerji türünün gelişmekte olan ülkelerdeki kullanımının hızla artması gerekiyor. Bu nedendir ki, dünya elektrik tüketiminin yılda ortalama %2.4 artarak, 2030 yılına kadar iki misline katlanması, toplam enerji tüketimi içindeki payının %18'den %22'ye ulaşması bekleniyor. Buna rağmen 2030'da 1.4 milyar insan hala elektrik kullanamıyor olacak.

Kısacası, yüzyılın ilk yarısı için dünya enerji arzında yetersizlikler beklenmemekle beraber, temin güvenliği ve fiyatların ekonomikliği açılarından ciddi belirsizlikler var. Yüksek enerji fiyatlarının zararı ise, gelişmiş ülkelere çok gelişmekte olanlar üzerinde yoğunlaşıyor. Çünkü bu ülkeler, gelirlerinin daha büyük bir kısmını enerjiye harcıyorlar ve artan enerji faturasını karşılamak veya enerji verimliliğini arttıracak yatırımlar açısından kapasiteleri sınırlı. Hem de, ekonomik durgunluktan daha ağır etkileniyorlar. Öte yandan, arz yeterliliği, fiyat istikrarı ve temin güvenliği sorunları aşılabilsede dahi, bir de fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı yerel, bölgesel ve küresel çevre sorunları var.

Yerel düzeyde en yaygın ve ciddi sorun, kentlerdeki hava kirliliğidir. Gelişmekte olan ülkelerde bu sorun sadece dış ortamlarda değil, yaşam hacimlerinde, konut ve işyerlerinin içinde de var. Hatta, ısınma amacıyla kullanılan yakıtların türünün yol açtığı yüksek kirlilikli yoğunlukları ve yetersiz havalandırma koşulları nedeniyle bu ikincisi, daha bile ciddi bir kamu sağlığı sorunu oluşturuyor. Öte yandan, kömür madenlerinin drenajı, boru hatlarından, tankerlerden ve yeraltı yakıt depolarından sızıntılar ve petrol rafinerilerinin emisyonları yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine yol açıyor. Bölgesel ölçekte, fosil yakıt kullanan taşıtlar ve güç santrallerinin emisyonları, tarım ürünlerine, ormanlara ve kamu sağlığına zarar veriyor.

Küresel ölçekte ise, nedenleriyle ilgili bulgu ve değerlendirmeler halen tartışılıyor olmakla beraber, iklim değişikliği endişeleri ağır basıyor. Fosil yakıt kullanımından çıkan parçacık emisyonları, atmosfere giren ışınları geri yansıtmak suretiyle soğutma; sera gazı emisyonları ise, yeryüzünden yansıyan ışınları daha ziyade yutmak suretiyle ısınma etkisi yaratıyor. IPCC'nin ('Intergovernmental Panel on Climate Change') konuyla ilgili olarak yapmış olduğu çalışmalara göre, katı parçacıkların soğutma etkisi, karbondioksit dışındaki sera gazlarının ısıtma etkisini yaklaşık olarak dengeliyor. Dolayısıyla net ısınma etkisi açısından sadece karbondioksit bakılıyor.

Dünya genelinde ve 1999 yılında atmosfere, enerji kaynaklı olarak 6.144 milyar ton karbon eşdeğeri, yani 22.5 milyar ton karbondioksit salınmıştır. Petrol, kömür ve doğal gazın payları %44, 35 ve 21'dir. Ülke bazında ABD, Çin, Rusya, Japonya ve Hindistan bu alanda ilk beşi oluşturuyor ve toplam emisyon hacminin %51'inden sorumlular. Arkadan gelen beşli, toplam %12 payla; Almanya, İngiltere, Kanada, İtalya ve Fransa'dır. Bu emisyonlar, eğer hakim beklentiler gerçekleşecek olursa; 2010 yılında 7.8, 2020 yılında da 9.8 milyar ton karbon eşdeğerine yükselecektir. Gelişmekte olan ülkelerin payının ise ilk onyılda artışta %81, ikinci onyılda %76 olacağı tahmin ediliyor.

IPCC'nin 'ortalama' eğilimleri yansıtan ve dünya genelinde kapsamlı olarak tartışılan bir çalışmasına (IS92) göre, yüzyıl sonuna kadar atmosfere 1500 milyar ton karbon eşdeğeri karbondioksit salınacak. Çalışmada kullanılan karbon döngüsü modeli, bu miktarın yarısının bitki örtüsü ve okyanuslar tarafından emilirken, diğer yarısının atmosferde kalarak

karbondioksit yoğunluğunu, hacimce milyonda 715'e yükselteceğini öngörüyor. Sanayi öncesi dönemin 2.5 mislinden fazla olan bu yoğunluğun, daha sonra da artmaya devam etmesi bekleniyor. Bu birikimin sonuçları arasında; kutuplardaki buzulların kısmen erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, aşırı sıcak ve aşırı soğuk gün sayılarının artması, yağış düzenlerinde değişimler var. Bazı coğrafyalardaki tarımsal verim artarken, tropik ve subtropik bölgelerdeki verim düşecek. Su kaynaklarının azalması, balıkçılık ve orman ürünlerinde miktar kaybı, hastalık kalıplarında kötüleşme, denizlerin yükselmesiyle birlikte arazi kayıpları, sorumluluk ve kabahat tartışmaları; paralel, diğer olası olumsuz sonuçlar. Bütün bunlar, nüfus hareketleri ve uluslararası istikrarsızlık anlamına geliyor.

SO_x, NO_x ve PM emisyonları, yanma öncesinde yakıtın iyileştirmesi; yanma sırasında, kömür kullanımının etkin bir enerji kaynağı olmaya devam edeceği dikkate alınarak geliştirilen ve halen geliştirilmekte olan daha verimli ve temiz kömür teknolojileri; yanma sonrasında ise BGD tesisleri, NO_x azaltma/giderme tesisleri ve yüksek verimli toz tutma sistemleri gibi çevre teknolojileriyle azaltılabiliyor. Bunlar da enerji maliyetleri açısından ek yükler getiriyor.

IPCC çalışmalarının sunduğu verilerin ışığında hazırlanan ve karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik olarak imzalanan Kyoto Protokolü ile bu protokolün Bonn uzantısı, gelişmekte olan ülkelerin durumunu anlayışla karşılayıp, kendilerine hiçbir yükümlülük getirmiyor. Sanayileşmiş kuzey ülkelerinin ise emisyonlarını, 2008-12 zaman aralığında, 1990 düzeylerinin en az %5 altına çekmelerini öngörüyor. Gerçi protokol henüz kimseyi bağlamıyor, konferans katılımcılarının yarısından fazlasının kabul, imza ve onayından 90 gün sonra yürürlüğe girecek. Fakat bu gerçekleştiği takdirde, OECD ülkelerinin karbondioksit emisyonlarını 2010 yılına kadar, mevcut eğilimlerin devamı halinde erişecekleri düzeyin %30 kadar altına çekip, 3.8 milyar ton azaltmaları gerekiyor. Enerji stratejileri kapsamında, gerçekleştirilmesi en zor hedef bu olsa gerek. Nitekim, sözkonusu ülkelere pek azı bu hedefi gerçekleştirebilme yolunda ve örneğin ABD'nin emisyonları, azalmak bir yana, artmaya devam ediyor. Bu durumda emisyon düzeylerini sınırlamak yerine, olası iklim değişikliğine 'uyum sağlama'nın daha kolay ve ekonomik olacağını veya iki yönlü bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiğini savunan görüşler de var.

Çoğu demokrasilerle yönetilen OECD ülkelerinin, kamuoylarını refahtan fedakarlığa ikna edebilmeleri zor. Dolayısıyla yönetimleri, bu hedefi ekonomik büyümelerini aksatmaksızın başarmak istiyor. Bunun için önlerinde çeşitli yollar bulunuyor. Örneğin, tasarrufa yönelik ekonominin enerji yoğunluğunu, yani üretilen GSMH birimi başına kullanılan enerji miktarını azaltmak. Buna zaten 1973-80 petrol şoklarından sonra yönelmiş, hatta 'yeni ekonomi' ile birlikte, fosil yakıtlara dayalı enerji yoğun üretimden çekilip, bu sektörleri geliştirmekte olan ülkelere devretme sürecine girmişler. Dolayısıyla OECD ülkelerinin, çok fazla enerji tüketen Kuzey Amerika dışında, tasarruf potansiyeli eskiye oranla düşük. Bir diğer yol, fosil yakıt fiyatlarına caydırma amaçlı ilavelerle, tüketiciyi bu yakıtlardan kısmen uzaklaştırma fikri. Fakat, örneğin petrol de bir fosil yakıt ve sera gazı emisyonlarının üçte birinden sorumlu olan ulaşım sektöründe talep, fiyat artışları karşısında esnek değil. Çünkü tüketici, yakıt fiyatlarındaki bir artış karşısında, nisbeten büyük bir yatırım yaparak almış olduğu ulaşım aracının kullanımını, ancak geçici olarak azaltıyor. Sonra eski alışkanlıklarına geri dönüyor. Isınma amaçlı fosil yakıt kullanımı keza öyle, fazla azaltılma olanağı yok. Dolayısıyla penaltı ödemelerinin, tasarruf sağlamak yerine, tüketicinin refahından alıp götürmesi söz konusu. Yine de bu ödemelerden sağlanacak gelirler, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi için kullanılabilir. Bu yöneliş, OECD ülkeleri için emisyon artışlarını sınırlamada üçüncü yolu oluşturuyor.

Atmosfere, işletme sırasında net olarak kirlenici salmayan enerji türleri; hidro, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle ve nükleer. OECD ülkelerinin hidropotansiyelleri büyük oranda kullanıma girmiş durumda. Öte yandan, büyük hidroelektrik santrallerin yapımına karşı sosyal ve çevresel itirazlar var. Dolayısıyla bu alanda fazla bir genişleme imkanı yok. Diğer yenilenebilir kaynaklar, maliyet açısından ve nitelikleri itibarıyla, alternatifleriyle rekabette zorlanıyor. Bu

kaynaklardan orta vadede gelişme potansiyeli taşıyanlar; rüzgar enerjisiyle, başta fotovoltaikler ve yakıt hücreleri olmak üzere çeşitli formlarıyla güneş enerjisi.

Güneş enerjisi, toplayıcılar vasıtasıyla sıcak su ihtiyacını desteklemede ekonomik ve bu amaçla halen yaygın olarak kullanılıyor. Çok daha yaygınlaşabilir, fakat bu ihtiyacın toplam tüketim içindeki payı sınırlı. Parabolik aynalarla bu kaynaktan güç üretimi ise pahalı ve şimdilik sadece prototip örnekleri var. Rüzgar santralleri fiyatça ekonomiklik sınırına, güç düzeyi olarak da 1MW düzeyine ulaştı. Fosil rakipleriyle yarışabiliyor. Ama güneş ve rüzgar kesintili kaynaklar. Olmadıkları zaman da kullanılabilmeleri için depolanıp saklanmaları lazım. Bu, başka enerji formlarına dönüştürülmelerini gerektiriyor. Fakat devreye sokulan her çevrim, toplam enerji veriminin daha da azalması anlamına geliyor ve sonuç olarak, bu enerji daha da pahalıya mal oluyor. Halbuki, fotovoltaiklerle güneş enerjisinden doğrudan elektrik eldesi bile halen (>4,000\$/kw) çok pahalı. Jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi, daha fazla ilgi görebilmek için daha zor şartları bekliyor. Teknolojisi halen hazır olan hidrojenin, depolama ve dağıtım sorunları var.

Gelişmiş ülkeler buna rağmen, yeni enerji kaynakları konusunda cesur adımlar atıyor. ABD'de Clinton Yönetimi, 1 milyon konut ve işyeri çatısının, 'yerinde kullanım' amacıyla fotovoltaik panellerle donatılması için vergi teşvikleri getiren bir programı başlatmış bulunuyor. Almanya rüzgar enerjisi alanında başı çekiyor ve 5400MW kurulu güce sahip. Avrupa Birliği Enerji Bakanları yenilenebilir kaynakların 2010 yılına kadar, birliğin toplam elektrik enerjisi üretimindeki payının %22'ye çıkartılmasını hedefliyor. Bu kararlı adımlar, diğer kaynaklardan sübvansiyon gerektiriyor. Nitekim Almanya, fosil kaynaklardan 5 sente elde edebildiği kilowattsaat elektriğin, güneşten elde edilenine 45 sentin üzerinde fiyat ödemeyi taahhüt ediyor. Çünkü bu ülkeler; mevcut enerji tüketim pastasının ve atmosfer emisyonlarının oransız büyük bir kısmından sorumlu olduklarının farkındalar. Kişi başına ortalama karbon emisyonu, dünya genelinde yaklaşık 1 ton iken, AB için 2.4, ABD için 5.6 ton (Türkiye'de 0.8).

Bu ülkeler, enerji üretim ve tüketim süreç ve kalıplarındaki, geçen yüzyılın inşa etmiş olduğu girift, katı ve olumsuz 'fosil' alışkanlıklarını kırmaya çalışıyor. Dolayısıyla, yenilenebilir kaynakların payı kamu desteğiyle artacak ve önümüzdeki dönemde gelişmiş Batılı ülkeler için, birim enerji üretim maliyetleri belirleyici faktör olmaktan çıkacak. Buna tahammülleri var, çünkü zenginler. Fakat her şeye rağmen, mevcut teknolojilerle bu kaynakların kitlesel ihtiyaca, en azından yakın gelecekte ve büyük oranlarda yanıt verebilmesi mümkün görünmüyor. Nitekim bu alanda kararlı görünen ülkelerden ABD 1999 yılında, hidro dışı yenilenebilir kaynaklardan, 96.7 EJ'lük toplam enerji tüketiminin sadece %0.12'sini (0.114 EJ), 2,550 TWS'lik toplam elektrik üretiminin ise %2.9'unu sağlamış bulunuyor.

Atmosferi kirletmeyen enerji türü olarak, geriye nükleer enerji kalıyor. Fakat bu kaynağın da sorunları var. Nükleer santraller hemen her ülkede, önemli kamuoyu kesimleri tarafından yeterince güvenli bulunmuyor. Halen üzerinde çalışılan 'yapısı itibarıyla güvenli' tasarımların hayata geçirilmesi lazım. Öte yandan nükleer teknolojinin yaygınlaşmasının, nükleer silahların yayılmasını kolaylaştıracağı düşünülüyor. İki teknoloji arasındaki bağın zayıflatılması, güvenli yakıt ve santral yönetim biçimlerinin geliştirilmesi lazım. Ayrıca, birim enerji üretim maliyetleri santraldan santrale çok değişiyor. Halbuki güç üreticileri maliyetleri net olarak görebilmek istiyor. Daha önceleri hesaba katılmayan, radyoaktif çevre kirlenmesi ve ömürlerini tamamlayan santrallerin devre dışına alınması ('decommissioning') maliyetleri tartışmalı boyutlara ulaşmış durumda ve bu maliyet unsurlarının sağlıklı tespiti için gerekli deneyim az. Diğer yandan 11 Eylül saldırılarının ardından, benzeri eylemler karşısında savunmasız kalacakları endişesiyle, yeraltında kurulmaları öneriliyor. Bu da keza, maliyet arttırıcı bir güvenlik özelliği. Kullanılmış yakıtlardan kaynaklanan radyoaktif atıkların gereken sürelerle güvenli depolanmaları için, kamuoyları açısından daha ikna edici çözümlerin üretilmesi veya kamuoylarının mevcut çözüm önerilerine ikna edilmesi ihtiyacı var. Bütün bunlara rağmen nükleer enerji, OECD ülkelerinin Kyoto Protokolü yükümlülüklerini yerine

getirmeye karar vermeleri halinde, alıcı gözle tekrar gözden geçirmek zorunda kalacakları bir seçenek gibi duruyor. Yenilenebilir kaynakların yüksek maliyeti yanında, nükleer santrallara getirilecek ek güvenlik unsurlarının ilave masraflarını da üstlenecekler. Buna da tahammülleri var, çünkü zenginler.

Gelişmekte olan ülkelerin durumu ise çok farklı ve seçenekleri çok daha dar. Ekonomileri halen küçük ve nüfusları yılda %2-3 mertebelerinde artıyor. Mümkün olabildiğince hızlı büyümeleri, buna paralel olarak enerji üretimlerini arttırmaları gerekiyor. Kişi başına yılda, gelişmiş ülkeler ortalamasının onda biri kadar az enerji tüketiyorlar, ama üretimlerinin enerji yoğunluğu yüksek. ABD'de birim GSYİH için 12.66 milyon joule (MJ/\$) harcanırken, bu miktar Türkiye'de 15.7, Hindistan'da 32.71, Çin'de ise 48.53 MJ/\$'ı buluyor. Çünkü gerekli yatırımları gerçekleştiremediklerinden, enerjiyi tasarruflu kullanamıyorlar. Satın alım gücü düşük olan tüketiciler ellerindeki ekipman stoğunu uzun, örneğin elektrikli ev aletlerini 15-20 yıl sürelerle kullanıyor. Enerji verimi yüksek yeni modellerin piyasaya sızma hızı düşük. Dolayısıyla ekipman üretici firmalar, enerji tasarrufuna yönelik araştırma geliştirmeye, hemen hiç kaynak ayıramıyorlar. Elektrik santralleri randımanlı çalıştırılmıyor, modernizasyona muhtaçlar. İletim ve dağıtım şebekelerinin kayıp kaçak oranları yüksek, yenilenmeleri lazım. Az enerji tüketiliyor, ama bu enerji çoğunlukla kirli süreçlerle üretiliyor. Yeni ve yenilenebilir kaynaklara yönelmeleri lazım; ama bu kaynaklar, hidroelektrik hariç, en azından çıplak maliyetler açısından, şimdilik daha pahalı. Dolayısıyla, çevre maliyetleri de hesaba katıldığı takdirde aslında daha pahalı olabilen üretim süreçlerine mahkum gibiler. Kısa vadede ucuz görünen çözümlere yöneldiklerinden, uzun vadede daha yüksek bedeller ödüyorlar. Bu ülkeler durumlarının farkındalar, ama farkındalık yetmiyor. Çünkü en kıt olan kaynakları sermaye. Günü birlik harcamalara güçleri zar zor yetiyor, uzun vadeli yatırımlarsa sürekli erteleniyor. Dolayısıyla, uzun vadeyi göremiyormuş da, sadece kısa vadeli hesaplar peşinde koşuyorlarmış gibi davranmak zorunda kalıyorlar. Halbuki Batılı toplumlar, biraz da enerjiyi geçmişte müsrif ve kirli şekillerde kullanmış olmaları sayesinde, bugün en akılcı tasarruf yöntemlerini hayata geçirebiliyor ve temiz enerjiye yönelebiliyorlar. Çünkü o süreçlerle başardıkları üretim sonucu oluşturdukları altyapı ve sermaye birikimi kendilerine, bugünü bilimin ve teknolojinin işaret ettiği biçimde şekillendirmek imkanını sağlıyor. Bu tabii, gelişmekte olan ülkelerin de aynı kirli yolu izlemesi gerektiği anlamına gelmiyor. Tam tersine, onların içinde bulunduğu kısır döngüyü kırabilecek teknoloji ve sermaye birikimi, gelişmiş Batılı ülkelerde var ve bol, nereye gideceğini bilemiyor. Ancak sermaye akışının gelişmekte olan ülkelere üretken biçimlerde yönelebilmesi için, bu ülkelerin sermaye ve enerji piyasalarının serbestleşmesi, yeni yasal düzenlemelere gidilmesi gerekiyor. Bu sürecin kısa zaman kesitlerine sıkıştırılmaya çalışılması ve sonuç olarak ileri geri adımlar atılması, karşılıklı güvensizliğe ve malum sosyal çalkantılara yol açıyor. Batı kaynaklı sermaye gelişmekte olan ülkelere ürke ürke, en yüksek kar marjlarının peşinde olarak, sınırlı miktarlarda ve kısa vadelerle geliyor. En ufak belirsizlikler karşısında da, yarattığı veya yaratacağı istikrarsızlıklara aldırmaşızın kaçıp gidiyor. Halbuki Batılı ülkelerle gelişmekte olan ülkeler arasında hayata bakış ve felsefe açısından daha fazla benzerlik olsa, ilişkiler daha sakin, akılcı ve üretken olacak. Bu yakınlaşmanın sağlanması, insanlığın mevcut sermaye ve teknoloji birikimlerini daha rahat paylaşabilmesi için lazım. Bunun ise tek bir aracı var, eğitim. O da gelişmekte olan ülkelerde çoğu zaman, fakirliğin o malum kısır döngüsü' içerisinde 'tasarruf önlemleri'ne kurban gidiyor.

Enerji teknolojilerinde Ar-Ge:

Enerji, çevreye en olumsuz katkılarda bulunan sektörlerden birisi. Dolayısıyla, açık bir çevre boyutu var. Öte yandan, gelişmiş ülkelerin GSMH'larının ve dünya ekonomisinin %7-8 kadarından sorumlu. Dünya ticaretinde de benzeri bir paya sahip. Enerji ekipmanı açısından; güç santralleri, petrol rafinerileri, boru hatları, petrol platformları, iletim hatları vs'den oluşan dünya enerji arz sisteminin bugünkü değeri, yenilenme maliyeti olarak 10 trilyon dolardan fazla. Bu tesislerin ortalama ömrünün 30 yıl olduğu ve sistemin büyüklük olarak sabit kaldığı varsayılacak olursa, yılda sadece onarım için yapılan yatırım miktarı 300 milyar dolar

civarında. Halbuki, mevcut eğilimlerin devam etmesi halinde, enerji kullanımının 2025'e kadar iki misline tırmanması, yani küresel enerji sisteminin iki misli büyüklüğe ulaşması gerekiyor. Bu da, kapasite maliyetlerinin değişmediği varsayımıyla, yılda 300 milyar dolarlık ilave bir yatırım anlamına geliyor. Her yıl tüketilen enerji kaynaklarının ekonomik değeri ise, yılda 6 milyar ton petrol eşdeğeri düzeyiyle, 1.5 trilyon dolara yakın. Öte yandan, enerji kullanım özellikleri pazarlanabilirlikleri açısından önem taşıyan; otomobil, uçak, binalar, sanayi makineleri, ev aletleri gibi üretim kalemlerine yapılan yıllık harcamalar, hacimce daha da büyük ve trilyonlarca doları buluyor. Dolayısıyla enerji; ekonominin belirleyici, 'aksarsa olmaz' sektörlerinden birini oluşturuyor ve enerjinin; yeterli miktarlarda ve makul fiyatlarla temini, arzı ve verimli kullanımı, bireylerin ve toplumların ekonomik refahı açısından vazgeçilemez önemde unsurlar olarak ön plana çıkıyor.

Enerjinin kıt veya pahalı olduğu ortamlarda; ekonomik durgunluk, enflasyon, işsizlik ve gelecekte ümitsizlik, kaçınılmaz sonuçlar oluyor. Enerji stratejilerinde büyük çapta başarısızlıklar, sadece gelişmekte olan değil, zor durumda kalan gelişmiş ülkelerde bile, sosyal ve siyasi istikrarsızlığa yol açabilecek kadar ciddi ekonomik ve çevresel sonuçlar doğurabiliyor. Dolayısıyla enerji, sadece ekonomik bir sorun olmakla kalmayıp, ulusal güvenlik boyutları da taşıyor.

Öte yandan, dünya enerji arzının dörtte biri, petrolününse yarısından fazlası uluslararası ticarete konu. Bu kaynak akışında, şok niteliğinde ani değişikliklerin yer almaması gerekiyor. Halbuki; dünya petrol üretimine olan talebin artması, dünya petrol piyasalarının güdümlenmesi, ihracata konu olan petrolün yarısından fazlasını sağlayan Körfez bölgesinde siyasi istikrarsızlık, fosil yakıt emisyonlarını azaltma yönündeki çevresel gereksinimler, bu akışta zorlanmalara yol açarak, enerji fiyatlarını yükseltebiliyor. Enerjinin ulusal ekonomiler açısından taşıdığı önem nedeniyle bu durum, enerjiyi ulusal olduğu kadar, uluslararası bir güvenlik sorunu haline de getiriyor. Sonuç olarak enerji sorununun; ekonomik, çevresel, ulusal ve uluslararası güvenlik boyutlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekiyor.

Enerji kaynakları üzerindeki baskının yoğunlaştığı ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması ihtiyacının arttığı yeni yüzyılda, enerji ile ekonomik refah arasındaki pozitif bağlantıyı güçlendirmek, enerji ile çevre ve enerji ile ulusal ve uluslararası güvenlik arasındaki negatif bağlantıları zayıflatmak, enerji teknolojilerinde iyileştirmelerin yapılması ve bu iyileştirmelerin piyasalara yaygın bir şekilde sızmasıyla mümkün.

Enerji teknolojisinde iyileştirmelerin ana hedefleri:

- enerji arzı maliyetlerini ekonomik gelişmeyi baskılamayacak veya enerji ihtiyaçlarını yoksulların erişimi dışına itmeyecek düzeylerde tutmaya,
 - siyasi istikrarsızlık taşıyan ve kaynaklarına erişimin kesilmesi ihtimali bulunan bölgelerden petrol ve doğal gaz ithaline aşırı bağımlılıktan kaçınmaya,
 - iklim değişikliğine yol açan sera gazı emisyonları başta olmak üzere enerji arzının çevresel risk ve etkilerini azaltmaya,
 - dünyanın çeşitli bölgelerinde kullanılan nükleer enerji teknolojilerinin olabildiğince güvenli ve nükleer malzemelerinin silah yapımı için çalınması veya yönlendirilmesine karşı olabildiğince dirençli olmalarını garantilemeye
- yardımcı olmak şeklinde sıralanabilir.

Bu türden teknolojik iyileştirmeler enerji arzının maddi ve çevresel maliyetlerini azaltabilir, etkin maliyetlerini düşürebilir, petrol ithalatına bağımlılığı azaltabilir, atmosferdeki sera gazları birikimini yavaşlatabilir ve dünyadaki pek çok gerilim alanında, çevresel açıdan sürdürülebilir ve siyasi açıdan istikrar sağlayıcı ekonomik gelişmeyi güçlendirebilir. Örneğin, petrol ve doğalgaz arama ve çıkartma teknikleriyle ilgili araştırmalar, bu fosil yakıtların çıkartılabilir rezervlerini genişletebilir ve enerji piyasalarını rahatlatıp fiyatları frenlemek suretiyle, ekonomik büyümeyi ve temin güvenliğini arttırabilir. Enerjinin son kullanım verimliliğini

yükselten iyileştirmeler, ithal enerjiye bağımlılığı azaltmak suretiyle temin güvenliğini arttıracak gibi, fosil yakıt emisyonlarıyla birlikte enerjinin çevresel maliyetlerini de düşürebilir. Nükleer santral güvenliği, yakıt çevrimi ve atık yönetimi konularındaki araştırmalar, ani fiyat artışlarına yatkın olan ithal enerjiye bağımlılığı ve fosil yakıt emisyonlarını azaltmak suretiyle, enerji-güvenlik-çevre bağlamlarına pozitif katkılarda bulunabilir. Petrol ve doğalgaz haricindeki, hidrojen veya yakıt hücreleri gibi taşınabilir yakıt ve elektrik kaynaklarının geliştirilmesi, fosil olmayan yakıt kullanımının maliyetini düşürecek teknik ilerlemeler veya daha genel olarak, mevcut enerji arzı teknolojilerinin yedeklenmesi, maliyetleri aşırı arttığı takdirde yerlerine devreye girebilecek yeni seçeneklerin oluşturulması, keza aynı amaca hizmet edecektir. Hem de bu çalışmaların, sadece gelişmiş ülkelere değil, kısmen de Çin ve Hindistan gibi uluslararası piyasanın en hızlı büyüyen kısmının ekonomik ve çevresel ihtiyaçlarına yönelik olarak şekillendirilmesi gereği var.

Enerji teknolojilerindeki Ar-Ge çalışmalarının önemi açık olmakla beraber, bu araştırmaların, biraz da yaşamsal öneminden kaynaklanan yüksek bir atalete sahip bulunan bu sektördeki mevcut manzarayı, kısa süre içerisinde büyük değişikliklere uğratabilmesi mümkün görünmüyor. Çünkü, Ar-Ge çalışmaları meyvelerini kısa sürede verseler bile, ortaya konan teknolojik iyileştirmelerin ticarileştirilerek kullanıma hazır yeni ürün haline konması zaman alabiliyor. Enerji alanındaki, örneğin petrol ve gaz aramaları veya elektrikli ampullerin verimini artırma çabaları gibi bazı Ar-Ge çalışmaları çabuk kazanımlar getirebilmekle beraber, enerji Ar-Ge çalışmalarının çoğunun kullandığı enerji sistemleri üzerinde kayda değer bir etki icra edebilmeleri için gerekli zaman ölçeği daha uzun. Bu sadece Ar-Ge çalışmasının tamamlanması için gereken süreyle değil, aynı zamanda çoğu enerji üretim ve enerji son kullanım ekipmanının uzun yenilenme süreleriyle ilgili. Örneğin elektrik santralleri ve petrol rafinerilerinin yenilenmesi için 30-50 yıl, son kullanım tarafında ise konutlar ve ticari binalar için benzeri süreler, otomobiller ve ev aletleri için dahi 10 veya daha fazla yıl gerekiyor.

Dolayısıyla, Ar-Ge çalışmalarından doğacak olan teknolojik iyileştirmeler tahmin edilebilse dahi bu, söz konusu yeniliklerin piyasalara ulaşma hızı veya bir kere piyasaya ulaştıklarında, enerji çevrim ve enerji son kullanım ekipmanı stoklarının kompozisyonunu hangi hızla değiştirecekleri hakkında fazla bilgi vermiyor. Sonuç olarak ne kadar enerjinin, hangi formlarda, hangi maliyetler ve çevresel etkilerle kullanıldığını, bu stoklardaki değişim ve buna ilaveten, üretici ve tüketici davranışlarındaki değişim belirliyor. Bu süreci etkileyen engeller arasında; potansiyel kullanıcıların yenilikler ve yararları hakkındaki bilgi eksikliği, yeni teknolojilerin pazarlama altyapısının eksikliği veya alıcılar için finansörlerin yokluğu, pazara kitlesel üretimin ve öğrenmenin maliyet düşürücü yararlarından istifade edebilecek düzeylerde sızma imkanından yoksun bulunma, yeniliklerin rekabet etmek zorunda olduğu eski teknolojilere haksız destek veren sübvansiyonlar veya bu teknolojilerin çevresel ve diğer sosyal maliyetlerinin içselleştirilmemiş olması gibi faktörler başta geliyor.

Tablo 2.2.3, çeşitli enerji teknolojilerinin performansındaki iyileşme hızlarını, yeni ünitelerin ve stoktaki tüm ünitelerin ortalama karakteristikleri cinsinden ölçü ile veriyor. Tablo aynı zamanda, bazı ekonomilerin bütününün enerji ve karbon yoğunluklarındaki düşüş hızlarını gösteriyor. İyileştirme hızlarının çoğu %1.5-3 arasında değişiyor. Bu da, ikilenme veya yarılanma süresinin, yani performansın iki misline çıkması için gereken sürenin, 23 ile 46 yıl arasında değiştiğini gösteriyor. En yüksek hız olan %5, performansı 14 yılda ikiye katlayabiliyor.

Görüldüğü üzere, bazı kalemlerin teknik performansı uzun sürelerle yerinde sayabiliyor. Örneğin kömüre dayalı elektrik santrallerinin verimlilik artışı, 1960'tan sonra durmuş gibi. Çünkü hem bu santrallerin enerji maliyetlerindeki kırıltıcı kontrol bileşeni, santraldaki diğer verim artışlarını sıfırlıyor, hem de hakim tipteki santralleri daha enerji verimli hale getirmenin ilave inşaat maliyetleri, elde edilen yakıt tasarrufuna değmiyordu. Fakat bu durum tabii ki diğer alanlarda, hayata çok daha hızlı yansıyan teknik iyileştirmelerin gerçekleştirilemeyeceği anlamına gelmez. Örneğin filamentli ampuller ve buhar döngüsüne dayalı fosil yakıt

santralleri gibi belli bazı teknolojilerdeki iyileşme hızları; Ar-Ge'nin, örneğin floresan ampuller ve yakıt hücrelerine dayalı fosil yakıtlı santraller gibi, 'aynı problemlere tümüyle yeni yaklaşım' şeklinde getirebileceği sürprizlerin öngörülebilmesine yardımcı olamıyor.

Enerji teknolojilerinde en fazla ihtiyaç duyulan iyileştirmelerden bazıları, çevresel etkiler ve ulusal güvenlik gibi, piyasaların değerlendiremediği ve dolayısıyla özel sektör firmalarının tepki gösterebileceği sinyaller üretmeyen 'kamu yararları' ile ilgili olduğundan, kamunun bu alanda etkinliği büyük önem taşıyor. Öte yandan, bazı tekil araştırma projelerinin topluma hiçbir kazanç sağlamamış olmasının, araştırmacılar veya yöneticileri hakkında bir olumsuzluk olarak değerlendirilmemesi gerekiyor. Çünkü, her projesi başarılı olan bir araştırma programının, bilinmeyen sınırlarını araştırıyor olması, açıkça mümkün değildir. Bu yüzden, araştırma etkinliklerinin getiri değerlendirmelerinin, tek tek projeler üzerinde değil, programların bütünü üzerinde yapılması ve programdan sağlanan yararların, programa yapılan yatırımların tümü üzerine dağıtılması lazım.

Özetle, enerji Ar-Ge çalışmalarının geniş kapsamlı hedefi; bugünkü enerji arzı sisteminin yerel, bölgesel ve küresel çevre risk ve etkilerini anlamlı şekilde iyileştirecek enerji seçeneklerini geliştirmesi; bunu taşınabilir maliyetlerle başarabilmesi ve giderilmeye çalışılanlardan daha ciddi yeni çevresel veya siyasi risklere yol açmaksızın, gelişmiş olanlara olduğu kadar gelişmekte olan ülkelere de hitap edecek biçimde yapabilesidir. Fosil yakıt teknolojilerinin dünyanın şimdiki enerji sistemlerinde oynadığı büyük rol, bu teknolojilerin; karbondioksit emisyonlarını azaltacak şekilde değiştirilmesinin teknik zorluğu ve maliyeti, uzun yenilenme ömürleri, halen mevcut olan seçeneklere göre ekonomik çekicilikleri ve yeni seçenekleri ticarileşme aşamasına kadar geliştirmenin genelde gerektirdiği uzun süreler, sera gazı emisyonlarını azaltmayı ulusal ve uluslararası enerji Ar-Ge çalışmalarının en zorlu hedefi haline getiriyor.

Tablo 2.2.3: Enerji teknolojileri performansında yıllık iyileşme hızları

Teknoloji ve önlem	Dönem	Yıllık hız	Referans
Piyasadaki ortalama yeni teknolojiler			
Yeni otomobillerin ağırlığa göre yakıt yoğunluğu (100 km ve 100 kg ağırlık başına litre), ABD.	1973-1983	-3.7%	IEA(1997, p.21)
Yeni otomobillerin ağırlığa göre yakıt yoğunluğu (100 km ve 100 kg ağırlık başına litre), Fransa.	1980-1993	-2.0%	IEA(1997, p.21)
Doğal gazla ısıtılan yeni konutlardaki ısıtma yoğunluğu (metrekare ve derece-gün başına MJ), ABD.	1954-1989	-1.6%	IEA(1997, p.151)
Satılan ortalama bir soğutucunun elektrik yoğunluğu (birim hacim başına kWS), ABD.	1972-1993	-2.0%	IEA(1997, p.160)
Satılan ortalama bir klimanın elektrik yoğunluğu (milyon Btu başına kWS), ABD.	1972-1993	-5.0%	IEA(1997, p.160)
Kullanımdaki Tüm Teknolojilerin Ortalaması			
Fosil yakıtlı elektrik üretiminde yakıt yoğunluğu (kWS başına MJ), ABD.	1920-1960	-3.0%	Census (1975)
Kullanımdaki tüm otomobillerin yakıt yoğunluğu (araç filosu için 100 km başına litre), ABD.	1973-1993	-2.1%	IEA(1997, p.21)
Konut ısıtmasında tüm konut stoğu için enerji yoğunluğu (yılda metrekare başına MJ), ABD.	1973-1992	-2.6%	IEA(1997, p.153)
Konutlardaki tüm soğutucuların elektrik kullanımı (soğutucu başına yılda kWS), ABD.	1973-1992	-1.2%	IEA(1997, p.30)
Çelik üretiminde enerji yoğunluğu (ton başına GJ), ABD.	1970-1990	-1.4%	IEA(1997, p.217)

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli

Tüm ekonomik etkinliklerin enerji yoğunluğu (sabit dolarla GSYİH'nin birimi başına GJ), ABD.	1920-1970	-1.0%	Census (1975)
	1970-1990	-1.9%	EIA (1997)
Tüm ekonomik etkinliklerin karbon yoğunluğu, yapısal değişime göre düzeltilerek ve sabit dolarla GSYİH'nin birimi başına, ABD.	1970-1990	-1.9%	IEA(1997, p.43)
Tüm ekonomik etkinliklerin karbon yoğunluğu, yapısal değişime göre düzeltilerek ve sabit dolarla GSYİH'nin birimi başına, Fransa.	1976-1991	-3.7%	IEA(1997, p.43)

a Enerji yoğunluğu, enerji maliyeti, birim çıktı başına emisyon gibi endekslerde yıllık %2 düzeyindeki sürekli bir azalma, endeksin değerini 35 yılda, %4'lük bir azalma ise 18 yılda yarıya indirecektir.

Tablo 2.2.4, enerji çevrim ve enerji son kullanım teknolojilerinin tipik bazı yenilenme sürelerini veriyor ve teknolojik yenilenme hızı yüksek iken dahi, neden enerji sistemlerinin tümünün performansını değiştirmenin onlarca yıl aldığını gösteriyor.

Tablo 2.2.4: Enerji Arzı ve Son-Kullanım Teknolojilerinde Yenilenme Süreleri

<u>Teknoloji</u>	<u>Yenilenme Süresi</u>
Filamanlı ampuller	1-2 yıl
Sanayi ekipmanı	3-20
Ev aletleri	5-15
Petrol ve gaz kuyusu platformları	5-20*
Petrol rafinerileri	10-30*
Elektrik santralleri	30-50*
Konut yapıları ve ticari binalar	50-100*

* Bu büyük tesislerin yenilenme süreleri onlarca yılı bulabilmekle beraber, alt sistemlerinden bazıları daha sık yenileniyor olabilir.

Tablo 2.2.5, dünya geneli ve ABD için bu alanda beklenen iyileştirmelerle ilgili bazı öngörü çalışmalarının sonuçlarını özetliyor.

Tablo 2.2.5: Karbon emisyonlarıyla ilgili teknolojik iyileştirmelerin tahmini hızları.

<u>Çalışma</u>	<u>Dönem</u>	<u>Reel GSYİH Yıllık değişim hızı</u>	<u>Enerji yoğunl. Yıllık değişim hızı</u>	<u>Karbon yoğunl. Yıllık değişim hızı</u>	<u>Karbon emisyonu Yıllık değişim hızı</u>	<u>Karbon emisyonu Azalmasına en büyük katkı unsuru</u>
ABD ile ilgili						
DOE(1997)	1997-2010	-1.9%	-1.7%	-0.9%	-0.8%	Doğal gaz, biyokütle
ASE(1997)	1990-2010	-2.2%	-1.9%	-0.7%	-0.5%	Doğal gaz, biyokütle
Dünya Geneli						
WEC(1995)	1990-2050	2.2%	-1.4%	-1.1%	-0.3%	Biyokütle, doğal gaz
IPCC(1996)	1990-2050	3.3%	-2.5%	-1.5%	-0.7%	Biyokütle, doğal gaz

2.3. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında 2003-2023 Dönemindeki Gelişme ve Değişimleri Belirleyecek Olan Temel Eğilimler ve İtici Güçler

- Dünya genelinde hakim olan, ekonomik büyüme yoluyla refahın artırılıp yaygınlaştırılması yönündeki ihtiyaç ve kararlılık, dünya birincil enerji arzının %1.7 gibi, geçmiş 30 yıldakinden (%2.1) daha mütevazı bir ortalama yıllık büyüme hızıyla, 2023 yılına kadar %40'tan fazla artırılmasını gerektiriyor.
- Bu artışın %85'e yakınının fosil yakıtlar tarafından sağlanması gerekeceği yönündeki öngörüler; her ne kadar 'tükenecek' endişeleri yüzyılın sonuna ertelenmiş olsa da, enerji piyasalarının istikrarlı bir seyir izleyebilmesi açısından; başta petrol ve doğal gaz olmak üzere, bu yakıtların bilinen rezervlerinin genişletilmesi ve son kullanım verimliliklerinin yükseltilmesi ihtiyacını doğuruyor.
- İhracata konu olan ihtiyaç fazlası petrolün halen %50'sini sağlamakta olan OPEC'in Orta Doğulu üyelerinin payının, dönem boyunca artarak %75'e çıkması gerekeceği yönündeki tahminler, bölgenin stratejik önemini ve istikrar ihtiyacını giderek artırıyor.
- Kuzey Denizi ve ABD'deki petrol üretimi azalır ve buna paralel olarak gelişmiş ülkelerin petrol ithalatı artarken, Çin gibi hızlı büyüyen ekonomilerin ithalat taleplerinin 2020 yılına kadar günde 10 milyon varil düzeylerine ulaşacak olması ihtimali, piyasalardaki rekabetin sertleşeceği ve uluslararası güvenlik risklerinin artacağı yönünde ciddi endişelere yol açıyor.
- Fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı çevre sorunları ve iklim değişikliği endişeleri; başta karbondioksit olmak üzere enerji emisyonlarının, dünya genelinde azaltılmasa dahi, hiç değilse frenlenmesini gerektiriyor.
- Bu ise, bir yandan temiz yakma teknolojileri geliştirilirken, diğer yandan da; nükleer enerji konusundaki güvenlik endişelerinin giderilmesi, alternatif kaynakların maliyetlerinin düşürülmesi ve yeni kaynakların geliştirilmesi suretiyle, fosil yakıtların giderek artan oranlarda ikame edilmelerini zorunlu kılıyor.
- Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve kullanımda olanların yedeklenmesi arayışı, uluslararası enerji bağımlılığının ve bu nedenle doğabilecek gerginliklerin azaltılması açısından da zorunlu görülüyor.
- Mevcut enerji arz sisteminin bakımı, onarımı, işletmesi ve hacminin büyütülmesi için gereken yatırımlar yılda 1 trilyon doları aşılıyor ve bu durum;
- ilgili taahhüt, temin ve montaj sektörlerinde yoğun bir uluslararası pay alma yarışının yaşanacağına işaret ediyor.
- Yeni arz tesisi yatırımlarının büyük bir kısmının gelişmekte olan ülkelerde planlanması, gelişmiş ülkelere büyük miktarda kaynak akışını gerektiriyor.
- Değişen koşulların ve politikaların tetikleyeceği sinyallere daha dinamik şekillerde yanıt verilebilmesi için, piyasaların kademeli olarak serbestleştirilmesi suretiyle, enerji sektöründeki mevcut ataletin azaltılması hedefleniyor.

2.4. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında Türkiye'nin Güçlü ve Zayıf Yanları, Tehdit ve Fırsatlar

19 panel üyesinin katılımıyla yapılan 'SWOT' (Güçlü ve Zayıf Yanları, Tehditler ve Fırsatlar) analizinde, aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

GÜÇLÜ YANLAR

Hidrolik kaynakların zenginliği	14
Kömür kaynaklarının zenginliği	13
Temiz ve yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksekliği	11
Yetişmiş insan gücü	9
Girişimci sanayi yapısı	9
Enerji tasarruf potansiyelinin yüksekliği	8
Yeni enerji teknolojilerinde yararlanılabilecek stratejik kaynakların varlığı (Bor, Toryum vb)	8
Genç ve dinamik nüfus	6
Türkiye'nin modernleşme ve gelişme yönündeki kararlılığı	4
Enerji sektörü piyasasının liberalleşmesi	3
Enerji kaynaklarının çeşitliliği	3
Yeşil alana dönüştürülebilecek arazi potansiyeli	3
Elektro-mekanik sanayinin potansiyeli	2
Yabancı yatırım potansiyeli	1

ZAYIF YANLAR

Finansman yetersizliği (yerli sermayenin ve yabancı sermaye girişinin azlığı)	15
Bürokratik engeller ve hukuki altyapı eksikliği	15
Toplumsal değerlerde bozulma	15
Kurumlar arasında işbirliği ve eşgüdüm eksikliği	13
Kararlı bir devlet politikasının olmayışı, enerji planlarının uygulanmasındaki istikrarsızlık	12
Ar-Ge çalışmalarlarıyla ilgili kaynak ve teşviklerin yetersizliği, Ar-Ge kültürünün zayıflığı	12
Kamuoyu bilincinin ve örgütlenmenin eksikliği	11
Teknolojik ve bilimsel alt yapı yetersizliği	9
Teknoloji üretimi ve uygulamaları için gerekli ara eleman eğitiminin yetersizliği	9
Tarafsız ve uzman kurumların eksikliği	9
Petrol ve doğal gaz rezervlerinin azlığı	8
Sanayimizin yetersizliği	7
Enerji kullanım veriminin düşüklüğü	7
Kullanılan kömür santralı teknolojisinin yerli linyite uygun olmayışı	4

FIRSATLAR

Yenilenebilir enerji teknolojilerine girme ve öncü olma imkanı	17
Jeopolitik konum (fosil kaynaklara, büyüyen pazarlara yakınlık; enerji köprüsü olma imkanı)	16
Enerji alanında yeni teknolojilerin belirmesi (yeni paradigmalar)	12
Teknoloji transferinde seçenek çokluğu, denenmiş ve olgunlaşmış teknolojileri tercih imkanı	11
Teknolojik birikim ve sanayi potansiyeli	10
Avrupa Birliği genişleme sürecinde yer almak	7
ABD ile enerji alanında işbirliği	6
Kısa bir dönem için elektrik arz fazlalığı, dolayısıyla kurulu kapasiteyi ıslah imkanı	4
AB'ne, enerji yoğun sektörlerde ihracat imkanı	3
Türkiye'nin yükselen imajı	2

TEHDİTLER

Ekonomik, teknolojik, siyasi ve bilimsel yönlerden dış müdahalelere açık olma (genelde doğal, özellikle de su kaynaklarımıza yönelik dış etkiler dahil)	18
İç siyasi istikrarsızlık	17
İç ekonomik istikrarsızlık	17
Bölgemizdeki (Kafkaslar, Orta Doğu ve Balkanlar) olası olumsuz gelişmeler	15
Hızlı nüfus artışı, iç göç ve plansız kentleşme	14
Birincil enerji arzında ithalat oranının ve doğal gaz bağımlılığının artması	13
Toplumsal dengelerin ve iç huzurun inşasında yaşanan güçlükler	13
Gelir dağılımında ve eğitimde dengesizlik	10
Genç nüfusa yeterli eğitim verilememesi	9
Dünya enerji pazarlarındaki tekelleşme	6
Genç beyin göçü	5

3. ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR ALANINDA GELECEK VİZYONU VE SOSYO-EKONOMİK HEDEFLER

3.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Vizyonu

2023 yılında enerji ve doğal kaynaklar alanında;

“Dünyanın ileri gelen ülkeleri arasında yer alacak bir gelişmişlik ve gönenc düzeyini sağlamak üzere;

- Serbest, şeffaf ve istikrarlı piyasa koşulları içinde ulusal kaynaklarına öncelik veren, bu kaynakların aranmasında ve istenen kaliteyle, güvenli ve ekonomik olarak üretiminde ileri teknolojileri kullanan ve geliştirebilen;
- Gereksinim duyduğu enerjiyi, güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üreten, ileten, depolayan ve kullanan;
- Uluslararası enerji pazarında yarışabilecek enerji teknolojileri geliştirebilen ve uluslararası enerji yatırımlarında etkin rol alabilen,

bir Türkiye” görülmek isteniyor.

3.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanındaki 2023 Türkiye Vizyonunun Gerçekleşmesi İçin Ulaşılmaları Gereken Sosyo-ekonomik Hedefler

- Türkiye'nin, AB üyeliğinin kazandırabileceği ivmeler bir yana, en azından kendi imkanlarıyla gerçekleştirebileceği azami, yılda ortalama %7 gibi bir büyüme hızıyla, şimdiki 200 milyar dolarlık GSYİH'sını 2023 yılına kadar dört misline katlayarak 800 milyar dolara ve böylelikle, o zamanki 90 milyonluk nüfusu için kişi başına gelir düzeyini 8900\$'a çıkarmak,
- buna paralel olarak; 80 mtpe düzeyindeki 2001 yılı toplam enerji arzını, ekonomisinin enerji yoğunluğunu düşürmek kaydıyla, 320 mtpe'ye ve böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına enerji tüketimini 3.5 tpe'ye (Güney Kore, Avusturya 1999) çıkarmak,
- buna paralel olarak; 127 TWS düzeyindeki 2001 yılı elektrik arzını, ekonomisinin elektrik arzı yoğunluğunu düşürmek kaydıyla, 480 TWS'a ve kurulu gücünü de 28 GW düzeyinden, bu üretim düzeyinin gerektirdiği asgari 100 GW'a, böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına elektrik tüketimini 5300 kWS/y'a (Güney Kore, İrlanda 1999) çıkarmak,
- oluşan arz kompozisyonunu; ülkenin her tarafından erişilebilir, yüksek emre amadeliğe sahip, fiyatça tahammül edilebilir bir etkinlikle sunmak,
- enerji arzı döngüsündeki arama, çıkarma, üretim, taşıma, tüketim vb. tüm faaliyetlerde çevreyi (hava, toprak, su vb.) korumak; yerel, bölgesel veya küresel çevre kirliliğine katkı artışını sınırlamak; bu konudaki AB adaylığı/üyeliği çerçevesindeki AB mevzuatını ve uluslararası sözleşmeleri dikkate alan ve fakat ekonomik, çevresel ve stratejik ulusal çıkarları da kollayan mevzuatları hazırlamak,
- enerji güvenilirliği açısından dışa bağımlılığı kabul edilebilir düzeylerde tutmak amacıyla; arama, çıkarma ve kullanım açısından yerli kaynaklara öncelik tanımak,
- her halükarda artması kaçınılmaz görünen enerji ithalatında;
 - ithal bileşenlerini, birbirlerinin yerini alabilen kaynaklar ve coğrafyalar arasında, ekonomik açıdan mümkün olabildiğince dağıtmak suretiyle, başta doğal gazınki olmak üzere, temin güvenliği risklerini kabul edilebilir düzeylerde tutmak,

- ‘Avrasya enerji koridoru’ tasarımını gerçekleştirmek suretiyle temin güvenliğini artırmak,
 - keza temin güvenliğini arttırmaya ilave olarak, ithalat faturasını da daha rahat karşılayabilmek için; yurt dışındaki arama ve üretim faaliyetleriyle bütünleşmeye yönelik girişim ve ortaklıklar geliştirmek suretiyle, uluslararası enerji piyasalarında aktif rol almak,
- ulusal ve uluslararası içerikli enerji Ar-Ge konularına daha fazla kaynak ayırmak,
 - jeopolitik sorunlar, kartelleşme, enerji fiyatlarının aşırı derecede yükselmesi, doğal afetler ve çevresel baskılar gibi enerji güvenliğini tehdit eden risk konularını belirleyerek enerji senaryoları oluşturmak ve bu olası sorunlara yönelik eylem planlarını hazırlamak (risk yönetimi).

Belirlenen sosyoekonomik hedefler bağlamında odaklanılması gereken teknolojik hedefler ise şunlardır:

1. **Verimlilik ve tasarruf** tekniklerini, konut/hizmet, ulaşım ve sanayi sektörlerinde yaygın ve yoğun bir şekilde uygulamak,
2. **Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımında** verim ve etkinliği arttırmak,
3. Yerli **kömür, petrol, doğal gazın ve diğer doğal kaynakların aranmasına** hız vermek ve rezervlerin değerlendirilme oranlarını yükseltmek,
4. **Petrol rafinasyon** tesislerini modernleştirip daha ekonomik hale getirmek,
5. Yerli **kömürün** niteliklerine uygun temiz yakma tekniklerini geliştirip devreye sokmak,
6. Enerji çevriminin tüm aşamalarındaki zararlı emisyonları ve kirliliği azaltacak **çevre teknolojilerini** geliştirip uygulamaya sokmak,
7. Özellikle küçük hidroelektrik santral teknolojisinde yetkinlik kazanarak, ekonomik hidro potansiyelin tümünü devreye sokmak,
8. **Biyokütle** kullanımını modernleştirip, ‘enerji bitkileri ve ormanları’ kavramları da dahil olmak üzere geliştirerek, **biyogaz** kullanımını yaygınlaştırmak,
9. **Rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına** yönelik teknolojileri geliştirmek ve enerji üretiminde bu kaynaklara, ekonomiklikleri oranında artan yer vermek,
10. **Nükleer enerji** alanında güvenli, güvenilir, çevresel ve ekonomik uygunluğu kanıtlanmış teknolojilere yönelmek,
11. **Hidrojen, yakıt hücreleri, enerji depolama gibi ileri enerji teknolojilerindeki** Ar-Ge etkinliğini arttırıp, ekonomiklik kazananları uygulamaya geçirmek,
12. Enerji teknolojilerinin geliştirilmesinde gerek duyulan “**yayılgan (jenerik)**” teknolojilerde yetenek kazanmak.

Bu teknolojik hedefleri destekleyen teknoloji alanları ise şöyle sıralanabilir:

1. Nihai kullanım (konut/hizmet, ulaşım ve sanayi) sektörlerinde verimliliği ve tasarrufu arttıran teknolojiler;
 - 1.1. akıllı bina sistemleri,
 - 1.2. iklime, çevreye uyumlu ve enerji bilinçli yapı teknolojisi,
 - 1.3. elektrikli ev ve ofis cihazlarında enerji verimliliği,
 - 1.4. enerji yoğun sektörlerde enerji tasarrufu sağlayıp verimliliği arttıran proses teknolojileri,

- 1.5. elektro-mekanik ve yardımcı sistemlerde verimliliği artıran teknolojiler (yüksek verimli elektrik motoru, kazan, aydınlatma, ısıtma-soğutma, vb.),
 - 1.6. raylı ulaşım sistemleri,
 - 1.7. motorlu taşıtlarda yakıt kullanımını azaltmaya yönelik teknolojiler.
- 2. Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımında verimi ve etkinliği artıran teknolojiler;**
- 2.1. santral teknolojisi ve ekipmanlarının geliştirilmesi (kombine doğalgaz, birleşik ısı güç sistemleri, vb.),
 - 2.2. verimli buhar çevrim yöntemlerinin geliştirilmesi,
 - 2.3. eski HES'lerin iyileştirilmesi,
 - 2.4. yüksek hızlı küçük gaz türbinlerinin ve generatörlerinin geliştirilmesi,
 - 2.5. yerel enerji üretimi ve karma (hibrid) sistemler (rüzgar, yakıt pili, güneş gözesi, kojenerasyon; yazılım, yerel üretimin sisteme ucuz ve güvenilir şekilde entegrasyonu ile ilgili sistemler),
 - 2.6. süper iletken teknolojisinin geliştirilmesi,
 - 2.7. doğru gerilim enerji iletimi,
 - 2.8. petrol ve doğalgaz boru hatları teknolojilerinin geliştirilmesi.
- 3. Yurtiçindeki kömür, petrol, doğal gaz ve diğer doğal kaynakların aranması ve çıkarılması ile ilgili teknolojiler;**
- 3.1. uzaktan algılamalı sistemlerin geliştirilmesi,
 - 3.2. sondaj teknolojilerinin geliştirilmesi,
 - 3.3. ikincil çıkarma tekniklerinin geliştirilmesi.
- 4. Petrol rafinasyonu ile ilgili teknolojiler;**
- 4.1. rafinaj teknolojileri.
- 5. Yerli kömürün niteliklerine uygun temiz yakma teknolojileri;**
- 5.1. kömür iyileştirme teknolojileri,
 - 5.2. yerel linyite uygun yakma teknolojilerinin geliştirilmesi,
 - 5.3. akışkan yataklı kömür yakma teknolojileri,
 - 5.4. entegre gazlaştırma kombine çevrim sistemleri,
 - 5.5. biyokütle ve kömürü birlikte yakma ve gazlaştırma (hibrid) teknolojileri.
- 6. Zararlı emisyonları ve kirliliği azaltacak çevre teknolojileri;**
- 6.1. yüksek verimli toz tutma teknolojisi,
 - 6.2. SO₂, NOX, CO₂ giderme teknolojileri ve rejeneratif sistemler,
 - 6.3. santral atıklarının yönetimi.
- 7. Hidroelektrik santral teknolojileri;**
- 7.1. küçük HES'lerin geliştirilmesi için elektrik, makina ve kontrol teknolojileri,
 - 7.2. yüksek gerilimli generatör teknolojisi,
 - 7.3. yüksek verimli türbin teknolojisi.
- 8. Biyokütle enerjisi teknolojileri;**
- 8.1. enerji bitkilerinde tohum geliştirme ve iyileştirme,
 - 8.2. biyogaz kırsal ve kentsel uygulama sistemleri,
 - 8.3. enerji eldesine yönelik çöp ve atık yönetimi,
 - 8.4. orman atıkları, vb.'den presleme ile yakacak eldesi.
- 9. Rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teknolojiler;**

- 9.1. rüzgar santralleri için; direk, pala, generatör ve ilgili güç elektroniği sistemlerinin teknolojileri,
 - 9.2. yerel ve ayrıntılı ulusal rüzgar atlası ölçümler, oluşturma ve geliştirme,
 - 9.3. güneş-elektrik (fotovoltaik) dönüşüm teknolojileri, fotoelektronik nanoteknoloji çalışmaları,
 - 9.4. güneş-ısı dönüşüm teknolojileri,
 - 9.5. güneş enerjisiyle yakıt eldesi (hidrojen, metan ve alkol),
 - 9.6. yer içi ısı (jeotermal) teknolojileri.
- 10. Nükleer enerji teknolojileri;**
- 10.1. yeni nesil nükleer reaktör teknolojileriyle ilgili değerlendirme kriterlerini geliştirmek ve uygulamak,
 - 10.2. geliştirilmiş-yenilikçi sistemlerden (MRX, CANDUX, PBMR, vb.) tercihine karar verilen tiplerle ilgili ön çalışmalar, prototipinin kurulması, ilgili yakıt çevrimi ve atık yönetimi çalışmaları,
 - 10.3. toryumun cevherden ayrıştırılması ve saflaştırılması proseslerinin geliştirilmesi,
 - 10.4. hızlandırıcı-sıvı metal soğutmalı reaktör (enerji yükseltici) tipiyle ilgili çalışmalar,
 - 10.5. nükleer teknolojiye yönelik malzeme, kontrol sistemleri ve imalat teknolojileri edinme.
- 11. Hidrojen, yakıt hücreleri, enerji depolama gibi ileri enerji teknolojileri;**
- 11.1. elektrik enerjisi depolama teknolojileri (süperiletken enerji depolama, süperkapasitör enerji depolama, Li-Ion bataryaları),
 - 11.2. ısı depolama teknolojileri,
 - 11.3. hidrojen üretim, iletim veya dağıtım ve depolama teknolojileri,
 - 11.4. yakıt pili teknolojileri (PEM, SOFC, MCFC),
 - 11.5. elektrikli taşıt teknolojileri (HEV, EV).
- 12. Yayılabilir (jenerik) teknolojiler;**
- 12.1. nanoteknoloji,
 - 12.2. mikroelektronik,
 - 12.3. yazılım mühendisliği,
 - 12.4. güç elektroniği teknolojisi,
 - 12.5. NdFeB mıknatıs teknolojisi,
 - 12.6. yüksek Tc'li süper iletken teknolojisi.

4. Öncelikli Teknolojiler

4.1. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanları

Panelin ortaya koyduğu vizyon ve hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için öngörülen teknolojik faaliyet konuları (TFK) 21 başlık altında toplanmıştır:

1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pillerinin üretimi
3. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pillerinin üretimi
4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pillerinin üretimi
5. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi
6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi
7. Güneş enerjisinden ısı üretimi
8. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi
9. Biyogaz üretimi
10. Hidrojenin yakıt olarak kullanılması
11. Nükleer enerji üretimi
12. Enerji kaynaklarının depolanması
13. Enerjinin depolanması
14. Güç sistemleri kontrolü
15. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması
16. Verimli ısı pompaları geliştirilmesi
17. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması
18. Binalarda daha iyi yalıtım sağlanması
19. Aydınlatmada kullanılacak elektrik enerjisinde tasarruf sağlayacak cam ve optik elyafların geliştirilmesi
20. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi
21. Enerji üretim ve tüketiminde emisyonların kontrolü

Yapılan çalışmada, bu teknolojik faaliyet konularının dayandığı teknoloji alanları (TA) da belirlenmiştir.

Teknoloji Öngörü Projesinin önemli bir boyutu da, paneller tarafından öngörülen teknolojik gelişmelere ilişkin olarak yedi binden fazla uzmanın görüşüne başvurulmuş bir anket çalışmasının (iki aşamalı Delfi tekniği) yapılmasıdır. Her panel faaliyet alanı için ayrı olarak düzenlenen Delfi anketinde, paneller tarafından önümüzdeki 20 yıllık dönemde Türkiye'nin belli bir yetkinlik kazanması öngörülen teknolojik faaliyet konusu ya da teknoloji alanını tanımlayan ifadeler sorgulanmış; her bir ifade için, aşağıdaki 6 grupta toplanan soruların yanıtları aranmıştır:

- Anketi yanıtlayan uzmanın uzmanlık düzeyi
- Öngörülen teknolojik gelişme alanında bugünkü konumumuz
- Öngörünün gerçekleşmesi için hangi teknolojik yetenek düzeyinden başlamamız gerektiği
- Bu düzeye erişmemizi sağlayacak en etkin bilim ve teknoloji politika araçları
- Öngörünün ülkemizde ne zaman gerçekleşebileceği
- Öngörünün gerçekleşmesi durumunda Türkiye'ye doğrudan katkısı

Proje ofisi tarafından yürütülen Delfi anketinde, panelimizin belirlemiş olduğu teknolojik faaliyet konuları çerçevesinde hazırlanan ve her biri bir teknolojik gelişmeyi anlatan 47 Delfi ifadesi, Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Delfi sorgulamasında kullanılmış ve anket

TFK - TA Matrisi

(devam)	TFK1	TFK2	TFK3	TFK4	TFK5	TFK6	TFK7	TFK8	TFK9	TFK10	TFK11	TFK12	TFK13	TFK14	TFK15	TFK16	TFK17	TFK18	TFK19	TFK20	TFK21	
TA17	Biyogaz teknolojisi								20													
TA18	Güneş-hidrojen dönüşüm teknolojileri		21			21				21												
TA19	Hidrokarbonlardan hidrojen eldesi tekn.									22												
TA20	Hidrojen depolama tekn.		23-26							23-26												
TA21	Hidrojen yakıt tekn.									27												
TA22	Nükleer santral tekn.									28,29												
TA23	Nükleer atıklar									30												
TA24	Yeraltı boşluklarında gaz depolama											31										
TA25	Li-iyon pil teknolojisi												34									
TA26	NiMH (nikel-metal hidrür) pil tekn.												35									
TA27	Süperkapasitörler												36									
TA28	Süperiletken malzeme ve aygıtlar												36,37	37								
TA29	Enerji iletimi, dağıtım ve korunması													32								
TA30	Kontrol sistemleri ve enstrümantasyon													32,33								
TA31	Yapay zeka													32								
TA32	Zar (membran) teknolojisi		9												38							
TA33	Dondurma-çözme kristalizasyonu														39							
TA34	Isı transfer teknolojileri														41,42	40	44					
TA35	Yalıtım malzemeleri tekn.																45	45				
TA36	Yapı malzeme ve elemanları																44					
TA37	Cam teknolojisi																			47		

NOT: Matrisin hücrelerindeki rakamlar, o TFK ve TA'nin ilgili olduğu Delfi ifadelerinin Delfi anketindeki numaralarıdır.

uygulanması sonucunda, ifade başına ortalama 105 yanıt alınmıştır. İki aşamalı olarak uygulanan Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Delfi anketini 615 kişi yanıtlamış olup; ankette sorgulanan Delfi ifadeleriyle, her ifade için anket sonuçlarından hareketle hesaplanmış olan önem ve mevcut durumda yapılabirlik endeksleri Ek-4 ve Ek-5'te yer almaktadır.

Belirlenen 21 teknolojik faaliyet konusu (TFK) sütun başlıkları, bunları hayata geçirmek için yetkinlik kazanılması gereken teknoloji alanları (TA) da satır başlıkları halinde yazılmak suretiyle aşağıdaki TFK - TA matrisi oluşturulmuş ve bu matris, TKF'lar ile TA'ların kesiştiği hücrelere (varsa) ilgili Delfi ifadelerinin numaraları yerleştirilmek suretiyle doldurulmuştur.

4.2. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanlarının Önceliklendirilmesi

Önümüzdeki 20 yıllık dönemde Türkiye için öncelikli görülen teknolojik faaliyet konularının belirlenmesi için yapılan önceliklendirilmesi çalışmasında, TFK-TA Matrisinin her sütunundaki Delfi ifadelerinin önem ve mevcut durumda yapılabirlik endekslerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Ancak bu endekslerin ortalamaları, tüm TFK'lar için birbirine çok yakın değerlerde çıkmıştır. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli için yapılan Delfi sorgulamasında, önem ve yapılabirlik endeksi ortalamalarının böylesine yakın değerler vermiş olması büyük olasılıkla; enerji sektörünün şimdiki haliyle çok yönlü iyileştirmelere ihtiyaç duyuyor olması ve değişik alanlardaki iyileştirmelerin eşdeğer düzeyde mümkün görünmesi, öte yandan sektörün; ekonomik büyüme ihtiyacına paralel olarak hızla büyürken, yapısal olarak AB standartlarına doğru uyum sağlaması ve kaynak çeşitliliğinin artırılması suretiyle dışa bağımlılığının azaltılması gerekleri gibi anlaşılabilir nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, anlaşılabilir olmakla beraber, Delfi sonuçlarının TFK'ların önceliklendirilmesinde kullanılmasını imkansız hale getirmiştir(Bkz. Ek-6).

Hal böyle olunca, TFK'ların önceliklendirilmesi için, panel üyelerinin ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü'nden 20 uzmanın katılımıyla ikinci bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada katılımcılardan, kendilerince en önemli gördükleri 10 TFK'yı seçip, 1'den 10'a kadar sıralamaları istenmiştir. Katılımcılardan her biri için; 'ilk 10' tercihe giren TFK'lara 1'den 10'a kadar, sıra numaralarına eşdeğer birer puan, tercihler arasına girmeyen TFK'lara ise 15'er puan verilmiş ve her TFK'nın puanları katılımcılar üzerinden toplanmıştır. Bu durumda, en önemli addedilen TFK en düşük puanı alacağından, TFK'lar, artan bir puan sıralamasına tabi tutularak önceliklendirilmişlerdir(Bkz. Ek-7 ve Ek-8). Çalışma sonunda, panel üyelerinin oluşturduğu öncelik sırası ile MAM uzmanlarının oluşturdukları öncelik sırasının büyük ölçüde örtüştüğü görülmüştür. İki önceliklendirme sıralaması dikkate alınarak belirlenen öncelikli teknolojik faaliyet konuları aşağıda verilmektedir. Ancak yerli linyitlerden temiz yöntemlerle elektrik enerjisi üretimi, Türkiye'nin doğal kaynaklarının değerlendirilmesi açısından da önemli görüldüğünden, bu faaliyet konusu, hemen hemen eşit puan alan "ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi" faaliyet konusunun önüne alınmıştır.

Bu çalışma Türkiye'nin enerji politikalarının belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışma değildir. Dolayısıyla, belirlenen "öncelikli teknolojik faaliyet konuları"na bakılırken önemle hatırlanması gereken husus; Türkiye'nin, enerji alanındaki araştırma ve teknoloji geliştirme politikalarını isabetle yönlendirerek, 2023 yılına kadar dünya ölçeğinde etkin, en ileri ülkeler arasına girmesinin hedeflendiğidir.

ÖNCELİKLİ TEKNOLOJİK FAALİYET KONULARI

1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi
3. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi
4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pilleri üretimi
5. Hidrojenin yakıt olarak kullanılması

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli

6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi
7. Enerjinin depolanması
8. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi
9. Nükleer enerji üretimi
10. Güç sistemleri kontrolü
11. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pilleri üretimi
12. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması
13. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması

5. Öncelikli Teknolojik Faaliyet Konuları İçin Yol Haritaları

Bu bölümde panel tarafından öncelikli olarak belirlenen Teknolojik faaliyet konularında (TFK) izlenecek yolu tanımlayan yol haritaları yer almaktadır.

Vizyon 2023 Projesi genelinde bütün teknoloji öngörü panellerinin vardıkları sonuçların birlikte değerlendirilebilmesine yönelik olarak, proje ofisi tarafından tüm panellerin kullanacağı bir ortak format geliştirilmiştir. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli'nin de bu formata uygun olarak hazırladığı öncelikli TFK'lar yol haritaları Ek-10'da verilmektedir. Ekte yer alan her bir TFK sayfasında, o TFK'nın tanımı; TFK'nın hayata geçirilmesi için panel tarafından öngörülen teknolojik aşama ve gelişmeler (D kodu ile Delfi ifadeleri ve E kodu ile Delfi anketinde sorgulanmamış olan diğer aşama ve gelişmeler) ve söz konusu teknolojik gelişmeleri sağlamak üzere yetkinlik kazanılması gereken teknoloji alanları sıralanmaktadır. Daha sonra TFK hedeflerinin gerçekleşme dönemi belirtilmekte ve kapsadığı teknoloji alanları açısından mevcut durumumuz özetlenmektedir.

Her TFK sayfasında, ayrıca, 5 yıllık dönemler itibariyle geliştirilmesi gereken yetenek düzeylerini; bu yetenek düzeylerine erişmek için uygulanması önerilen bilim-teknoloji-yenilik politikalarını ve bu faaliyet konusunun hayata geçirilmesi için gerekli görülen B&T politikaları dışındaki diğer politika önlem ve önerilerini kapsayan yol haritaları yer almaktadır.

TFK yol haritalarının hazırlanmasında, Delfi anketi sonuçları da değerlendirilerek panel tarafından bir çözümlene yapılmıştır. Öncelikli TFK'ların Enerji ve Doğal Kaynaklar alanı açısından önemi ve Ek 3'te yer alan yol haritalarının açıklamaları bu bölümde verilmektedir⁶.

TFK 1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığını kabul edilebilir düzeylerde tutabilmek açısından olduğu kadar, sağlayabileceği istihdam olanakları açısından da önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- yerli linyitlerimizin kalitesine uygun akışkan yatakta yakma teknolojilerinin yaygın kullanımı,
- enerji üretiminde biyokütle ve yerli linyitlerin birlikte yakılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi,
- enerji üretiminde yerli linyitlerin kalitesine uygun entegre (tümleşik) gazlaştırma-kombine çevrim teknolojilerinin geliştirilmesi,
- yeni kurulacak termik santrallarda yüksek verim ve birim enerji başına düşük emisyon elde edilmesi için kritiküstü (süperkritik, ultrakritik) çevrim teknolojilerinin uygulanmaya başlanması

şeklinde belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; akışkan yatakta yakma teknolojisi, yakıt ve yakma teknolojisi, kömür gazlaştırma teknolojileri, kombine çevrim teknolojisi, termodinamik çevrim teknolojileri, konvansiyonel enerji sistemleri ve teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, Ar-Ge altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, fakat; firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açısından zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'uygulamalı ve sınıai

⁶ Yol haritalarında kullanılan güdümlü proje vb. kavramların tanımları Ek – 9'da yer almaktadır.

araştırma,' 2008-2012 döneminde de sınai geliştirme aşamalarıyla arttırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında, 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerine yaygın Ar-Ge proje desteği ve 'güdümlü projeler' önerilmektedir. Ayrıca, yine bu iki döneme yaygın olarak; düşük emisyonlu yerli linyit santrallerine ekonomik teşvik mekanizmalarının oluşturulması ve teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 2. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin, ileri enerji teknolojilerinde iddia sahibi olabilmesi, özellikle büyük yerleşim merkezlerindeki ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılıp yaşam kalitesinin yükseltilmesi, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci açısından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- ulaşım araçlarını beslemek üzere, 500 kW'a kadar yakıt pillerinde "doğrudan metanol" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- ulaşım araçlarını beslemek üzere, 500 kW'a kadar yakıt pilleri için "polimer elektrolit membran (PEM)" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- güneş enerjisi kullanılarak sudan hidrojen üretilmesini sağlayan teknolojilerin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- hidrojenin sodyum bor hidrürde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin yaygın kullanımı,
- hidrojenin metal hidrürlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
- hidrojenin karbon nanotüplerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
- hidrojenin zeolitlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi şeklinde sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; metanole dayalı yakıt hücre teknolojisi, polimer elektrolit membranlı yakıt hücre teknolojisi, zar (membran) bilim ve teknolojisi, güneş-hidrojen dönüşüm teknolojileri ve hidrojen depolama teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği açısından zayıf, rekabetçi firmaların varlığı ise 'yok' şeklinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'temel araştırma,' 2008-2012 döneminde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2013-2017 döneminde de 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla arttırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde insan kaynaklarına önem verilmesi, 2003-2017 yılları arasında yaygın 'Ar-Ge altyapı' ve 'Ar-Ge proje' desteği, 2008-2012 döneminde 'güdümlü projeler,' 2012-2017 arasında ise 'kamu tedarik programları' önerilmektedir. Ayrıca, 2013-2017 döneminde teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 3. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemiz enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- 1 MW güç düzeyinin üzerinde ve 6 cent/kW-saat'in altında maliyetle elektrik üretebilen rüzgar santrallerinin geliştirilmesi,
 - ticari olarak yarışabilir 10 MW'lık rüzgar santrallerinin geliştirilmesi,
 - 10-1000 kW güç düzeyinde rüzgar türbini / güneş pili hibrid santrallerin kırsal yörelerde ve mobil kullanımlarda yaygınlaşması,
 - rüzgar jeneratörü ile şebeke arayüzünü oluşturacak güç elektroniği sistemlerinin geliştirilmesi,
 - rüzgar jeneratörlerindeki elektrik makinelerinin geliştirilmesi
- şeklinde sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; rüzgar santralleri teknolojisi ve rüzgar-güneş hibrid santral teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli açısından 'yeterli,' Ar-Ge altyapısı açısından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından ise 'zayıf' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'temel araştırma,' 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak 'Ar-Ge altyapı,' 'Ar-Ge proje,' 'başlangıç desteği' ve 'güdümlü projeler', 2008-2012 döneminde ise 'güdümlü projeler'e devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, rüzgar santrallerinin şebekeye bağlanmasıyla ilgili mevzuatın geliştirilmesinin, bu kaynağa yönelik fiyat teşviklerine devam edilmesinin, 2003-2007 ve izleyen 2008-2012 dönemlerinde teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pilleri üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- konutlar ve güç üretim tesisleri gibi sabit uygulama alanlarında "katı oksit" yakıt pili teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
 - konutlar ve güç üretim tesisleri gibi sabit uygulama alanlarında "ergimiş karbonat (MCFC)" yakıt pili teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi
- şeklinde sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; katı oksit yakıt hücre teknolojisi ve ergimiş karbonat (MCFC) yakıt hücre teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından ise 'yok' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde 'temel araştırma' ve 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2013-2017 arasında da 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla arttırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak 'Ar-Ge altyapı' ve 'Ar-Ge proje,' 'güdümlü projeler' ve 'insan kaynakları' desteği sağlanması, bunlardan 'Ar-Ge proje desteği'ne 2008-2012, 'güdümlü projeler' desteğine ise 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 5. Hidrojenin yakıt olarak kullanılması

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, özellikle büyük yerleşim birimlerindeki ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin arttırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşama, hidrojenin doğrudan yakıt olarak takılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi olarak tanımlanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; hidrojen yakıt teknolojilerinden ibarettir.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği açısından 'zayıf' ve rekabetçi firmaların varlığı açısından 'yok' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2008-2012 yılları arasında da 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla arttırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak 'Ar-Ge proje,' 'güdümlü projeler' ve 'insan kaynakları' desteği sağlanması, bunlardan 'güdümlü projeler' desteğine 2008-2012 döneminde de devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, hidrojenin enerji kaynağı olarak güvenli kullanımına yönelik yasal mevzuatın olgunlaştırılmasına ve teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin arttırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- 10-1000 kW güç düzeyinde rüzgar türbini/güneş pili hibrid santrallerin kırsal yörelerde ve mobil kullanımlarda yaygınlaşması,
- % 50 dönüşüm verimliliğine sahip çok katmanlı fotovoltaik pillerin geliştirilmesi,
- 200W güç düzeyinin altında taşınabilir (organik pigmentli) güneş pili teknolojilerinin geliştirilmesi,

- dönüşüm verimleri şimdiki ortalama düzeylerinin %25 üzerine çıkartılmış olan güneş-ısı dönüşüm teknolojilerinin (vakum sistemli toplayıcılar vb.) yaygınlaştırılması,
 - güneş enerjisi kullanılarak sudan hidrojen üretilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
 - doğru akım elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımına yönelik teknolojilerin ticari düzeyde geliştirilmesi,
 - güneş pili sistemleriyle şebeke arayüzünü oluşturacak güç elektroniği sistemlerinin geliştirilmesi
- olarak sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; yarıiletken esaslı fotovoltaik göze teknolojisi, rüzgar-güneş hibrid santral teknolojisi, organik pigment esaslı fotovoltaik göze teknolojisi, güneş-ısı dönüşüm paneli teknolojisi, güneş-hidrojen dönüşüm teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından 'zayıf' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'temel araştırma' ve 'uygulamalı ve sınıai araştırma,' 2008-2012 yılları arasında da 'temel araştırma,' 'uygulamalı ve sınıai araştırma,' 'rekabet öncesi sınıai geliştirme' ve 'sınıai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak 'Ar-Ge altyapı,' 'Ar-Ge proje' ve 'insan kaynakları' desteği sağlanması, 2008-2012 döneminde ise, devam ettirilen 'Ar-Ge altyapı' ve 'Ar-Ge proje' desteklerine 'güdümlü projeler' desteğinin eklenmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, güneşten elde edilen elektriğe mali teşvik sağlanmasının ve bu alandaki teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 7. Enerjinin depolanması

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, temin güvenliğinin artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- özgül enerjisi 350 W-saat/kg ve üzerinde olan Li-iyon pil teknolojilerinin geliştirilmesi,
 - özgül enerjisi 120 W-saat/kg ve üzerinde olan NiMH (nikel metal hidrür) pillerinin geliştirilmesi,
 - darbeli güç ve elektrik depolama uygulamalarına yönelik süper kapasitör ve "manyeto-dinamik enerji depolama sistemi (MDS)" teknolojilerinin geliştirilmesi,
 - yüksek T_c 'li süperiletken teknolojisinin geliştirilmesi,
 - hidrojenin sodyum bor hidrürde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin yaygın kullanımı,
 - hidrojenin metal hidrürlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
 - hidrojenin karbon nanotüplerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
 - hidrojenin zeolitlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi
- olarak sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; li-iyon pil teknolojisi, NiMH (nikel-metal hidrür) pil teknolojisi, süperkapasitörler, süperiletken malzeme ve aygıtlar, hidrojen depolama teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği açısından 'zayıf' ve rekabetçi firmaların varlığı açısından 'yok' şeklinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007, 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerine yaygın olarak 'temel araştırma,' 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2013-2017 yılları arasında da 'rekabet öncesi sınai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak 'Ar-Ge altyapı,' 'Ar-Ge proje' ve 'insan kaynakları' desteği sağlanması, 2008-2012 döneminde ise, devam ettirilen 'Ar-Ge altyapı' ve 'Ar-Ge proje' desteklerine 'güdümlü projeler' desteğinin eklenmesi, bu üçlü desteğe 2013-2017 döneminde de devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007, 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 8. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması, istihdam olanaklarının artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşama, küçük HES teknolojisinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasıdır.

İlgili teknoloji alanları; 'konvansiyonel enerji sistemleri ve teknolojileri' ile, 'enerji iletimi, dağıtımı ve koruması'ndan oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından 'yeterli,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'güçlü,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından 'yeterli' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2008-2012 yılları arasında da 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, 'Ar-Ge proje' ve 'güdümlü projeler' desteği sağlanması, bu desteklere 2008-2012 döneminde de devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, şebeke bağlantılı küçük HES'lerin kurulup işletilmesiyle ilgili mevzuatın geliştirilip iyileştirilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 9. Nükleer enerji üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojilerinde iddia sahibi olabilmesi, enerji kaynaklı emisyonların azaltılması, temin güvenliğine yönelik olarak kaynak çeşitliliğinin artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- yatırım maliyeti 1000 USD/kW'ın, elektrik üretim maliyeti 4 cent/kw-saat'in altında, kurulum süresi kombine çevrim gaz santralleri ile rekabet edebilecek nükleer santral teknolojisinin geliştirilmesi

- elektrik üretimine ilaveten hidrojen üretimi, endüstriyel ısı üretimi ve deniz suyunun arıtılması gibi uygulamalara yönelik nükleer reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi
- uzun yarı-ömürlü nükleer yakıt atıklarının kısa yarı-ömürlü atıklara dönüştürülmesine ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; 'nükleer santral teknolojisi' ve 'nükleer atıklar'dan oluşmaktadır.

Bu hedefin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açısından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından 'yok' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'temel araştırma,' 2008-2012 döneminde 'uygulamalı ve sınıai araştırma,' 2013-2017 yılları arasında da 'rekabet öncesi sınıai geliştirme' aşamalarıyla arttırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, 'Ar-Ge proje' desteği, 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde 'güdümlü projeler,' 2013-2017 döneminde 'kamu tedarik programları' desteği sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, nükleer enerji mevzuatının yenilenmesine yönelik yasal ve radyasyon güvenliği alanında bağımsız bir kurulun oluşturulmasına yönelik kurumsal düzenlemelerin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 10. Güç sistemleri kontrolü

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojilerinde iddia sahibi olabilmesi, enerjiyi tasarruflu kullanabilerek çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin arttırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- enerjinin üretimi, iletimi ve dağıtımı için, örneğin yapay zeka esaslı, uzman sistemlerin geliştirilmesi,
- doğru akım elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımına yönelik teknolojilerin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- yüksek T_c 'li süperiletken teknolojisinin geliştirilmesi,
- rüzgar ve güneş pili sistemleriyle şebeke arayüzünü oluşturacak güç elektroniği sistemlerinin geliştirilmesi,
- güç sistemlerinin kontrolünün yazılım teknolojisinin geliştirilmesi olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; 'süperiletken malzeme ve aygıtlar,' 'enerji iletimi, dağıtımı ve koruması,' 'kontrol sistemleri ve enstrümantasyon' teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, Ar-Ge altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açılarından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından 'zayıf' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'temel araştırma, uygulamalı ve sınıai araştırma, sınıai geliştirme' aşamalarıyla arttırılması, 'sınıai geliştirme' aşamasının 2008-2012 döneminde de sürdürülmesi gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde 'Ar-Ge proje' ve 'güdümlü projeler' desteğinin sağlanması, 'güdümlü projeler' desteğinin 2008-2012 döneminde de devam ettirilmesi önerilmektedir.

TFK 11. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pilleri üretimi

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- taşınabilir bilgisayar, TV, müzik seti ve cep telefonu gibi elektronik aygıtları beslemek üzere, 200 W altındaki yakıt pillerinde "doğrudan metanol" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
 - taşınabilir bilgisayar, TV, müzik seti ve cep telefonu gibi elektronik aygıtları beslemek üzere, 200 W altındaki yakıt pilleri için "polimer elektrolit membran (PEM)" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi
- olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; metanole dayalı yakıt hücresi teknolojisi ve polimer elektrolit membranlı yakıt hücresi teknolojisinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve Ar-Ge altyapısı açılarından 'zayıf,' ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği' açısından 'zayıf,' rekabetçi firmaların varlığı açısından da 'yok' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'temel araştırma' ve 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2008-2012 döneminde de 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak 'Ar-Ge altyapı' ve 'Ar-Ge proje,' 'güdümlü projeler' ve 'insan kaynakları' desteği sağlanması, 2008-2012 döneminde ise, 'insan kaynakları'na destek sürdürülürken, 'başlangıç desteği' de sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 12. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', enerjiyi tasarruflu kullanabilerek enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- kimya, petrokimya, gıda süreçlerinde enerji tasarrufu sağlamak üzere, ayırma işlemlerinde halen kullanılan distilasyon ve evaporasyon süreçleri yerine, membran ve ters ozmos teknolojilerinin yaygın kullanımı,
- kimya, petrokimya, gıda süreçlerinde enerji tasarrufu sağlamak üzere, ayırma işlemlerinde halen kullanılan distilasyon ve evaporasyon süreçleri yerine, membran ve ters ozmos teknolojilerinin yaygın kullanımı,
- sanayi prosesleri ve binaların soğutma ihtiyaçlarını karşılamada kullanılabilecek yeni doğal akışkanların ve organik Rankine çevrimi (ORS) gibi verim artışı sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
- başta rafineri, kimya ve gıda sektörleri olmak üzere ısı işlem yapan tüm sanayi proseslerinde, proses entegrasyonu ve proses yoğunlaştırmasını sağlayacak ultra yüksek verimli ısı değiştiricilerin geliştirilmesi,

- en az % 10 verim artışı sağlayacak reküperatörlü brülörler gibi yüksek verimli ve düşük emisyonlu yakma teknolojilerinin yaygın kullanımı olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; yakıt ve yanma teknolojileri, termodinamik çevrim teknolojileri, zar (membran) bilim ve teknolojisi, kristallenme teknolojisi (dondurma çözme kristalizasyonu), ısı transfer teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, Ar-Ge altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açılarından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından 'zayıf' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2008-2012 döneminde de 'rekabet öncesi sınai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, 'Ar-Ge proje' ve 'güdümlü projeler' desteği sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, bir yandan sanayide tasarrufu zorlayan yasal mevzuat oluşturulurken, diğer yandan tasarrufu özendirici mali teşviklerin sağlanmasının yerinde olacağı düşünülmüştür.

TFK 13. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması

Bu 'Teknolojik Faaliyet Konusu', enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB'nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması, istihdam olanaklarının artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- yapının enerji gereksinimini (aydınlatma, iklimlendirme) karşılamak amacıyla, güneş enerjisini kullanabilen estetik ve dayanıklı yapı eleman ve malzemelerinin yaygın kullanımı,
 - binalarda yalıtım amacıyla kullanılan arojellerin ve vakumlu yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi,
 - aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisinde %10-12 tasarruf sağlamak amacıyla, halografik film, kromojenik camlar, elektrokromik ve ışık yönüne göre geçirgenliği değişen cam ve optik elyafların geliştirilmesi
- olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; yarıiletken esaslı fotovoltaik göze teknolojisi, güneş-ısı dönüşüm panel teknolojisi, ısı transfer teknolojileri, yalıtım malzemeleri, cam teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, Ar-Ge altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açılarından 'yeterli,' firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından ise 'zayıf' olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde 'uygulamalı ve sınai araştırma,' 2008-2012 döneminde de 'sınai araştırma,' 'rekabet öncesi sınai geliştirme' ve 'sınai geliştirme' aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

'Bilim ve teknoloji politikaları' kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, 'Ar-Ge proje' desteği ve 'güdümlü projeler' desteği sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, yapılarda enerji tasarrufunu özendirici mali düzenlemeler yapılmasının yerinde olacağı düşünülmüştür.

6. Diğer Politika Önerileri

Çeşitli enerji konularında yürütülmekte olan yoğun araştırmaların beklenmedik sonuçlar vermesi halinde enerji sektörünün dünya genelinde hızlı değişimlere uğraması, geçmişte olduğundan daha yüksek olasılıklarla mümkündür. Dolayısıyla bu alandaki teknoloji tercihlerinin ve izlenecek stratejilerin periyodik olarak gözden geçirilip güncelleştirilmesi, geçmişte olduğundan daha büyük önem taşımaktadır.

Buna paralel olarak, özü itibarıyla başka alanları hedefleyen bazı teknolojik buluşların ve ilerlemelerin enerji alanına da yansması kaçınılmaz olup geçmişte bunun birçok örneği yaşanmıştır. Özellikle malzeme, mikroelektronik, elektrokimya, haberleşme ve yazılım gibi teknolojilerdeki ilerlemeler, enerji alanında 2003 yılı itibarıyla yapmış olduğumuz öngörülerde değişiklik gereksinimine yol açabilir.

Bilindiği gibi enerji araştırma ve teknoloji geliştirme projeleri yüksek maliyetli ve uzun süreli projelerdir. Bu nedenle, küreselleşme sürecine de paralel olarak, pahalı bazı projelerde uluslararası konsorsiyumlar oluşturarak risk ve maliyetleri makul düzeylerde tutmaya çalışmak yararlı olabilir.

Temiz enerji konusunun önümüzdeki yıllarda daha da büyük bir önem kazanacağı kabul edilmektedir. Bu nedenle doğal kaynaklarımıza dayalı temiz enerji konularındaki Ar-Ge'lerin desteklenmesinin yanında, bu enerjilerin kullanımını özendirecek teşviklerin de oluşturulması yararlı olacaktır.

Enerji ekonomisi ve enerji sistemlerinin optimum planlama ve işletilmesi konusu, doğrudan bir teknoloji tarif etmese de, geleceğin şekillenmesinde önemli bir araç olarak görünmektedir. Enerji borsası ve bununla bağlantılı konularda hatalı tercihlerin ağır bedellere yol açtığı, çeşitli ülkelerde de yaşanmış bir olgudur. Dolayısıyla bu alanda yapılacak araştırmaların desteklenmesi yararlı olacaktır.

Diğer politika önerileri kapsamında; linyitlerin güç santrallerinde kullanımı, elektronik cihazlarda, ulaşım araçlarında, güç üretim tesislerinde kullanılmak üzere yakıt pili üretimi ve kullanımı, rüzgar santrallerinin üretim ve kullanımı, hidrojenin enerji kaynağı olarak güvenli kullanımı, güneş enerjisinden elektrik üretimi, enerji depolamanın çeşitli alanlarında, ilgili teknoloji yol haritalarının belirttiği dönemlerden başlamak üzere teknik ara eleman yetiştirilmesi, başta gelen önerilerden birisi olarak karşımıza çıkıyor.

Öte yandan; düşük emisyonlu linyit santrallerine yönelik teşvik mekanizmalarının oluşturulması, rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik üretimine yönelik fiyat teşvikleri, sanayi süreçlerinde ve yapılarda, bir yandan tasarrufu zorlayan yasal mevzuat oluşturulurken, diğer yandan enerji tasarrufunu özendirici mali önlemlerin alınması gerekli görülüyor. Çünkü enerjinin her alanda verimli üretim, tüketim, iletim ve dağıtımını konusu; potansiyel teknolojik kazanımları açısından fazla ağırlıklı görülmediğinden ön sıralarda yer almamışsa da, ülkemiz açısından büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, rüzgar santrallerinin ve küçük hidroelektrik santrallerin şebekeye bağlanmasıyla ilgili mevzuatın geliştirilmesi, hidrojenin enerji kaynağı olarak güvenli kullanımına yönelik yasal mevzuatın olgunlaştırılması, nükleer enerji mevzuatının yenilenmesine yönelik yasal ve radyasyon güvenliği alanında bağımsız bir kurulun oluşturulmasına yönelik kurumsal düzenlemelerin yapılması gerekli görülüyor.

7. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Yukarıda açıklanan teknolojik faaliyetler Türkiye'nin enerji politikasının oluşturulmasına yönelik olmayıp, bu alanlarda yapılması gereken "Araştırma ve Teknolojik Geliştirme" çalışmaları ile sınırlıdır. Özetle, bu alanlarda yapılacak Ar-Ge çalışmaları ile Türkiye'nin en geç 2023 yılında öncü teknolojik ülkelerden birisi konumuna gelmesi, böylece kendi iç pazarına hakim olduğu kadar, dünya enerji teknolojisi pazarlarında da söz sahibi olması hedeflenmektedir.

Panelimizin yaptığı çalışma sonucunda oluşturulan teknoloji alanları listesi, ayrıntılı bir döküm olmaktan ziyade kalın çizgilerden ibaret kalmıştır. Bunun esas nedeni, ülkemizin teknolojik düzeyinin henüz, ayrıntılı ve özgün teknolojiler üzerinde odaklanabilecek kadar gelişmemiş olmasıdır. Öte yandan, ekonomik düzey de zaten, ancak birden fazla sektöre hizmet sunabilecek olan kalın ve yaygın teknoloji alanlarında araştırma geliştirme yatırımlarına imkan verebilmektedir. Ancak, ekonomik ve teknolojik gelişmeye paralel olarak, daha ince ayrımlara doğru yönelmek imkanı ve ihtiyacı giderek artacaktır.

Sonuç olarak yerli linyitlerimizden, hidrojenden ve yakıt pillerinden, rüzgardan, güneşten ve su kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi konuları ön sıraları almıştır. Bütün bu teknolojik faaliyet konuları temiz enerji ile özdeştir ve özellikle yerli linyit alanında kastedilen, linyiti temiz bir enerji kaynağı şeklinde kullanabilen teknolojilerdir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, tanımlanan teknolojiler ve bunlarla bağlantılı Ar-Ge çalışmaları bu günün verileriyle oluşturulmuştur. Oysa bilindiği gibi değişim kaçınılmazdır. Bu nedenle değişimi henüz eğilim aşamasında iken isabetle algılamak ve gerekli Ar-Ge değişikliklerini yapmak üzere bir sistematğin oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR:

- [1] "Türkiye Enerji Teknolojileri Araştırmaları Programı", TÜBİTAK, Ağustos 2002.
- [2] EIA 2002: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, "International Energy Outlook 2002", (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2002).
- [3] Selçuk N., Arabul,H, Elektrik Enerjisinde Ulusal Politika, Ankara Sanayi Odası ve İstanbul Sanayi Odası yayını, Ekim 2000.
- [4] Dooley, J.J., "Energy R&D in the United States", Pacific Northwest National Laboratory, BATTELLE Memorial Institute for U.S. Department of Energy, Nisan 1999.
- [5] Runci, P. J., "Energy R&D in the European Union", Pacific Northwest National Laboratory, BATTELLE Memorial Institute for U.S. Department of Energy, Mayıs 1999.
- [6] DOE 1997: U.S. Department of Energy. Interlaboratory Working Group on Energy-Efficient and Low-Carbon Technologies, "Scenarios of U.S. Carbon Reductions: Potential Impacts of Energy-Efficient and Low-Carbon Technologies to 2010 and Beyond", (Washington, DC: DOE, 1997).
- [7] ASE 1997: Alliance to Save Energy, American Council for an Energy-Efficient Economy, Natural Resources Defense Council, Tellus Institute, and Union of Concerned Scientists, Energy Innovations: "A Prosperous Path to a Clean Environment", (Washington, DC: Alliance to Save Energy, 1997).
- [8] EIA 1997a: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, "1996 Annual Energy Review", (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1997).
- [9] EIA 1997b: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, "Annual Energy Outlook 1997", (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1997).
- [10] Schock et al. 1997: Robert M. Schock, William Fulkerson, Merwin L. Brown, and Robert L. San Martin, "How Much Is Energy R&D Worth?", paper for the 32nd Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Honolulu, 27 July - 1 August 1997.
- [11] UNEP 1997: United Nations Environment Programme, "UNFCCC Convention on Climate Change", (Geneva, Switzerland: UNEP, 1997).
- [12] British Petroleum 1996: British Petroleum, "BP Statistical Review of World Energy", (London: 1996).
- [13] Calder 1996: Kent E. Calder, "Asia's Empty Gas Tank", Foreign Affairs, Vol. 75, No. 3 (March/April 1996), pp. 55-69.
- [14] Dooley 1996: J. J. Dooley, "Trends in US Private-Sector Energy R&D Funding 1985-94", Report PNNL-11295 (Washington, DC: Battelle Pacific Northwest Laboratory for the USDOE Office of Planning and Analysis, September 1996).
- [15] Economics and Statistics Administration, U.S. Department of Commerce, "Statistical Abstract of the United States 1996", (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996).
- [16] IPCC 1996a: Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 1995: The Science of Climate Change", (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996).
- [17] IPCC 1996b: Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change", (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996).
- [18] NSB 1996: National Science Board, "Science and Engineering Indicators 1996", (Arlington, VA: National Science Foundation, 1996).
- [19] EIA 1996: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, "International Energy Annual 1995", (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996).
- [20] SEAB 1995: Secretary of Energy Advisory Board, Task Force on Strategic Energy R&D, "Energy R&D: Shaping Our Nation's Future in a Competitive World", (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1995).

- [21] WEC 1995: World Energy Council and International Institute for Applied Systems Analysis, "Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond", (London: WEC, 1995).
- [22] CBO 1994: Congressional Budget Office, "Rethinking Emergency Energy Policy", December 1994.
- [23] Johansson et al. 1993: Thomas B. Johansson, Henry Kelly, Amulya K. N. Reddy, and Robert H. Williams, eds., "Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity", (Washington, DC: Island Press, 1993).
- [24] Nadiri 1993: M. I. Nadiri, "Innovations and Technological Spillovers", National Bureau of Economic Research Working Paper 4423 (Cambridge, MA: NBER, 1993).
- [25] Smith 1993: Kirk R. Smith, "Fuel Combustion, Air Pollution, and Health: The Situation in Developing Countries", Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 18 (1993), pp. 529-566.
- [26] WEC 1993: World Energy Council, "Energy for Tomorrow's World", (New York: St. Martin's Press, 1993).
- [27] IPCC 1990: Intergovernmental Panel on Climate Change, "Climate Change: The IPCC Scientific Assessment", (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990).
- [28] Smith 1987: Kirk R. Smith, "Biofuels, Air Pollution, and Health", (New York, NY: Plenum, 1987).