

Enerji Üretimi ve Sanayide Kömür Gazlaştırmanın Yeri

LS E F I A



Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği | SEFİA

SEFİA, Türkiye'nin düşük karbonlu ekonomiye geçişi ve iklim değişikliği ile mücadelesi başta olmak üzere, sürdürülebilir ekonomi ve sürdürülebilirliğin finansmanı alanlarında bağımsız çalışmalar yapmak üzere kurulmuş, araştırma odaklı bir sivil toplum kuruluşudur. Ulusal ve uluslararası işbirlikleri yoluyla veri, bilgi ve araştırmacı kapasitesini geliştirmeyi hedefleyen SEFİA, düşük karbonlu ekonomi politikalarına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Yayımlanma Tarihi: Mart 2024

Tasarım: T.Algüz Duransoy & Civic Space Media



@sefiaorg

www.sefia.org

Yazarlar

Taylan Kurt, SEFiA
m: taylan@sefia.org

Enerji Üretimi ve Sanayide Kömür Gazlaştırmanın Yeri

Güçlü bir iklim eyleminin ortaya konulmaması ve mevcut emisyon artışlarının devamı hâlinde küresel karbon bütçesindeki daralmanın sürmesi bekleniyor. Küresel ısınmanın yaklaşık yedi yıl içinde sürekli olarak 1,5 dereceyi aşma ihtimalinin %50 olduğu tahmin ediliyor. Buna karşılık, hükümetler fosil yakıt üretim projeksiyonlarını söz konusu gerekliliklerle uyumlu hale getirmiyor. Yapılan analizler, hükümetlerin 2030 yılında küresel ısınmayı 1,5 derece ile sınırlı tutmak için gerekli olan seviyeden %110 daha fazla fosil yakıt üretmeyi planladığını gösteriyor. Bu rakam, 2 derece sınırı için %69 olarak hesaplanıyor.

Oysa hükümetlerin 2050 yılına kadar petrol ve gaz üretimi ile kullanımını 2020 seviyelerine kıyasla dörtte üç oranında azaltması gerekiyor. İklim krizi karşısında temiz enerji geçişinin yakaladığı ivme sonucunda kömür, petrol ve doğalgaz talebinin 2030'dan önce en yüksek noktaya ulaşması bekleniyor. Küresel yenilenebilir enerji kapasitesinin 2030 yılına kadar üç, enerji verimliliği iyileştirmelerinin yıllık oranının ise iki katına çıkması gerektiği konusunda anlaşmaya varılırken; oluşturulan senaryolarda fosil yakıt talebinin 2030 yılına kadar %25, 2050 yılına kadar ise %80 oranında azalması gerektiği ifade ediliyor. Küresel enerji arzında –uzun bir dönem boyunca %80 pay sahibi olan– fosil yakıtların payının 2030'a kadar %73'e gerilemesi ve küresel enerji kaynaklı karbondioksit emisyonlarının 2025'te zirve yapması öngörülüyor.

Küresel kömür talebi, 2022 yılında rekor seviyeye ulaşarak bir önceki yıla göre %4 artışla 8,42 milyar tona yükselmiş durumda ve bu durum kömür yakıtlı enerji santrallerinden kaynaklanan CO2 emisyonlarını rekor seviyelere taşıyor. Kömür talebine paralel olarak, küresel kömür üretiminin de 2023 yılında zirveye ulaşması ve hem talep hem de üretimde 2024 yılından başlayarak kısa dönemde bir azalma görülmesi bekleniyor.

- Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) 2050 Net Sıfır Emisyon Senaryosu, kömür yakıtlı enerji üretiminin 2030 yılına kadar 2022 seviyelerine kıyasla yaklaşık %55 oranında azalması ve 2040 yılına kadar kömürden çıkılması gerektiğini ortaya koyuyor.
- Bu noktada son dönemde kömür kullanımının negatif dışsallıklarını (hava ve su kirliliği, ekosistem ve insan sağlığına olan negatif etkileri vb.) gidermeye yönelik artan çabalar, kullanılan politika araçları (karbon fiyatlandırma mekanizmaları, yenilenebilir enerji teşvikleri ya da enerji verimliliğini artırıcı uygulamalar) ve yenilenebilir enerji kaynaklarının düşen maliyetlerinin etkisine dikkat çekiliyor.

Bu çerçeve dâhilinde **kömür endüstrisi**, kömürü talebi yükselen ve arzı sabit düzeyde seyreden bir emtia olarak değerlendiriyor. Enerji güvenliği tartışmaları kapsamında, kömür kullanımını önceliklendiren bir söylem benimsiyor. Yapılan analizler, özellikle Rusya'nın Ukrayna'yı işgali sonrasında kömüre ve nükleer enerjiye dönüş yaşandığı argümanı ile kömürü bir ulusal güvenlik meselesi olarak ön plana çıkarıyor. Fakat kömüre atfedilen bu önemin aksine, kömür ve kömür teknolojileri yatırımları için finansman imkânları da daralıyor. Özellikle Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) finansman bulmayı zorlaştıran ve kömürden çıkışı hedefleyen ittifaklar güçlenirken; sektörün geleceği, bir çözüm yolu olarak, "temiz" kömür teknolojilerinin gelişimi bağlamında tartışmaya açılıyor.

Kömür kullanımında çevresel etkileri en aza indirdiği iddia edilen "**temiz**" **kömür teknolojileri**, emisyonları ve atıkları azaltıp ton başına elde edilecek enerji ve ürün miktarını artırmak çabası çerçevesinde gündeme getiriliyor. Bu teknolojiler kömür kullanımının sürekliliğini sağlamak ve çevresel kabul edilebilirliğini artırmak üzere tasarlanıyor. **(i)** Kömür hazırlama, iyileştirme, zenginleştirme ve sıvılaştırma teknolojileri, **(ii)** kömürün gazlaştırılması, entegre gazlaştırma kombine çevrim teknolojileri (IGCC), yeraltı gazlaştırma vb. ileri teknolojiler, **(iii)** santrallerde verimlilik iyileştirmesi ve emisyon kontrol teknolojileri ve **(iv)** karbondioksit tutma, kullanma ve depolama teknolojileri (CCS/CCUS) öne çıkarılıyor.

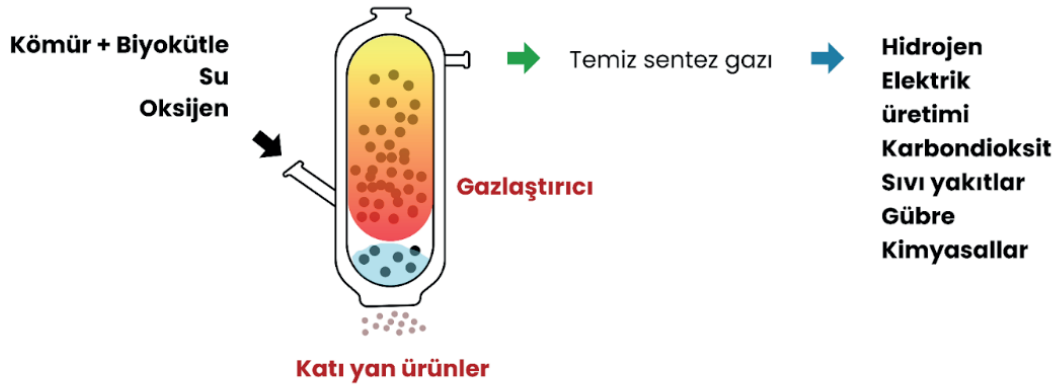
"**Karbon yakalama teknolojileri gerçekten iklim dostu mu?**" başlıklı SEFiA analizinde, tarihsel olarak, karbon yakalama teknolojilerinin %80-90 oranında geliştirilmiş petrol üretimi faaliyetlerine dayandığından daha fazla fosil yakıt üretimini desteklediğini, teknik problemler nedeniyle karbon yakalama ve depolama konusunda söz verdikleri potansiyelleri yakalayamadığını ve enerji dönüşümünde gecikmeye yol açacak kısıtlı/maliyetli bir çabayı işaret ettiğini belirtmiştik. Bu yazıda, karşı argümanlar çerçevesinde kömür gazlaştırma teknolojilerini inceleniyor, Türkiye özelindeki proje ve gelişmeleri değerlendiriliyor.

Kömür gazlaştırma nedir, nasıl çalışır?

Katı yakıtların organik kısımlarının gaz ve buhar yardımıyla gaz ürünlerine dönüştürülmesine gazlaştırma, elde edilen ürüne de sentez gazı deniyor. Sentez gazı ağırlıklı olarak CO (karbonmonoksit) ve H₂'den (hidrojen) oluşuyor. Gazlaştırıcı olarak su buharı, hava, H₂, CO₂ (karbondioksit), O₂ (oksijen) ya da bunların karışımı kullanılıyor. Sentezik doğalgaz, elektrik ve kimyasal maddelerin üretiminde kullanılan kömür gazlaştırma prosesi, kömürün doğrudan yakılması yerine termokimyasal bir yöntem ile kimyasal bileşenlerine ayrılması işlemi olarak tanımlanıyor.

Kömür gazlaştırma teknolojileri etkin olarak **enerji üretimi ve kimyasal madde üretiminde** kullanılıyor. Elde edilen sentez gazından Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrim (IGCC) enerji üretim santrallerinde elektrik üretiminde yararlanılıyor. Katalitik dönüşüm ile de hidrojen, metanol, amonyak, metan, etanol, propanol, dimetileter, etilen, propilen, asetik asit, aseton, metil etil keton, sentetik benzin, sentetik dizel gibi sıvı hidrokarbonlar ve organik kimyasal maddeleri, alifatik hidrokarbonlar ve daha birçok farklı türde kimyasal madde üretiliyor.

Şekil 1: Gazlaştırma işlemine ait temel şema



Kaynak: Aktan (2020). Kömür Gazlaştırma Ürünlerinin Gerçek Opsiyonlar Yöntemi İle Değerlemesi

Gazlaştırma, geleneksel olarak sabit yatak, akışkan yatak ve sürüklenmiş akış yatağı teknolojileri ile büyük ölçekli endüstriyel uygulamalarda görülüyor. Günümüzde enerji dönüşüm verimliliğini artırmak, hidrojen bakımından zengin sentez gazı elde etmek ve CO2 emisyonlarını azaltmak üzere süperkritik su gazlaştırma, plazma gazlaştırma, kimyasal döngülü gazlaştırma ve ayrıştırma gazlaştırma dâhil olmak üzere bir dizi nispeten yeni gazlaştırma teknoloji öne çıkıyor. Yeraltı kömür gazlaştırması da bu kapsamda yeni bir teknoloji olarak değerlendiriliyor.

Teknik tasarım, ölçek, yakıt kullanımı, reaktör tipi ve çalışma biçimine göre farklı gazlaştırma işlemleri bulunuyor. Gazlaştırma teknolojisinin seçimi kullanılan kömürün cinsi, elde edilecek gazın içeriği ve ısı değerine göre belirleniyor. Kömürün daha verimli kullanılmasını sağlamak üzere gazlaştırma/sıvılaştırma teknolojileri geliştiriliyor. Yüksek küllü, yüksek nemli ve düşük ısı değerli kömür kaynaklarının da gazlaştırma işleminde değerlendirmek üzere çalışmalar yapılıyor. Öte yandan, özellikle yer altı kömür gazlaştırma işlemleri, açığa çıkan emisyon ve atıkların geri kazanımı amacıyla daha fazla fosil yakıt kullanımını desteklerken, **karbon yakalama teknolojilerinin** kullanımını da beraberinde getiriyor. Fakat karbon yakalama teknolojilerinden beklenen faydanın sınırlı olduğunu vurgulamak gerekliyor. Örneğin, hidrojen üretiminden kaynaklanan emisyonlar, %95 yakalama oranına sahip CCUS ile donatılmaları hâlinde dahi hem kömür hem de doğalgaz kullanılarak gerçekleştirilen üretimle aynı seviyelerde seyrediyor.

- **Tarihsel gelişim:** Kömür gazlaştırma teknolojisinin gelişimi, 18.yüzyılın son yıllarına kadar uzanıyor. İskoçyalı Mühendis William Murdoch, damıtma kazanı kullanıp hava yokluğunda taş kömürü ısıtıyor, böylelikle kömürden gaz ve kok dönüşümü sağlayarak kömür gazlaştırmanın ticarileşmesine öncülük ediyor. Kömür gazlaştırma, ilk kez 1812 yılında Londra'da sokak aydınlatılmasında kullanılarak ticari hâle getiriliyor. Kömürün yer altında gazlaştırılması ilk kez 1868 yılında K.W. Siemens tarafından ortaya atılıyor ve ilk uygulaması da 1912 yılında yine İngiltere'de gerçekleştiriliyor. Yüzyıl boyunca kömür pirolizi, şehir gazı arzı, su gazı arzı ve metan üretimi üzerine teknolojiler geliştirilerek uygulamaya konuyor.

Gübreler, elektrik üretimi, kimyasallar, hidrojen ve çelik üretimi dâhil edildiğinde küresel **kömür gazlaştırma pazarı** 2022'de **186,9 milyar dolarlık** bir iş hacmi üretirken, bu rakamın 2023'ten 2032'ye kadar %11,4'lük artışla **544,2 milyar dolara** ulaşması bekleniyor. 2022 yılında **elektrik dışı termik kömür ve linyit tüketimi** %7 artışla 1.642 Mt'a yükseliyor. Aynı yıldaki elektrik dışı kullanımlar (ağırlıklı çimento ve demir-çelik sektörü), toplam termik kömür ve linyit tüketiminin **%22'sini** oluşturuyor ve bu alanda en yüksek pay sahibi ülke olarak 973 Mt ile Çin öne çıkıyor. Bu rakam neredeyse Avrupa ve Kuzey Amerika'nın toplam kömür tüketimine eşdeğer. Gazlaştırma, hâlihazırdaki kömür üretim faaliyetleri içinde kayda değer bir paya ulaşmış değil. Özellikle iki ülke özelindeki gazlaştırma planları öne çıkıyor:

- **Çin:** Çin'de gazlaştırma amaçlı kömür tüketiminin 2022 ve 2026 yılları arasında yıllık %5 oranında artacağı tahmin ediliyor. Bu alandaki başlıca nihai ürünler **sentetik doğalgaz** ve **gübre** olarak öne çıkıyor. Gübre üretiminde kullanılan amonyak, diğer ülkelerden farklı olarak Çin'de çoğunlukla kömür gazlaştırma ile üretiliyor. Fakat kömür dönüşümünde en dinamik sektör, kömürün gazlaştırılarak sentez gazına dönüştürülmesini ve daha sonra çoğunlukla **metanol** veya **etilen glikole** dönüştürülmesini içeren kömürden kimyasala dönüşüm. Metanol genellikle plastik üretiminin temeli olan olefinlere dönüştürülürken, etilen glikol polyester ve

diğer malzemelerin temelini oluşturuyor. Geçtiğimiz on yılda Çin hükümeti kömürden kimyasala dönüşüm süreçlerini sübvansiyonlarla destekleyerek petrokimyasallarda kaynak olarak kömürün payını 2010'da %3'ten 2018'de %16'ya çıkarıyor.

- **Hindistan:** Gazlaştırma söz konusu olduğunda ulusal düzeyde tartışmaların en yoğunlaştığı ülke olarak Hindistan öne çıkıyor. Hindistan hükümeti, 2030 yılına kadar 4 trilyon rupi (yaklaşık 48 trilyon dolar) değerinde yatırımla **100 milyon ton kömür gazlaştırmayı hedefliyor**. Gazlaştırma için kullanılan kömürün gelir payı üzerinden %20'lik bir imtiyaz sağlıyor. Kömür Bakanlığı, bir politika oluşturarak, gazlaştırma amacıyla kullanılan kömür miktarının toplam kömür üretiminin en az %10'u olması koşuluyla, gelecekteki tüm ticari kömür blok ihalelerinde gelir payında %50 indirim yapılmasını öngörüyor. **Ulusal Kömür Gazlaştırma Misyonu** ile gazlaştırma projelerinin uygulanması için uygun iş modelleri geliştiriliyor ve nihai ürünler için pazarlama stratejileri oluşturuluyor. Kömür bazlı hidrojen üretimi ve kullanımına yönelik faaliyetler izleniyor.

Karşı argümanlar: Kömür gazlaştırma ne kadar verimli ve çevreci bir yöntem?

Kömür gazlaştırma, çok uzun bir geçmişe sahip olması ve özellikle sanayide kritik öneme sahip girdilerin üretiminde kullanılmasından ötürü eleştirilerden azade bir konumda değerlendirilebilir. Fakat öncelikle kömürün herhangi bir ikinci kullanımına (yeraltı kömür gazlaştırma - UCG, kömürden sıvılara dönüşüm, kömürden kimyasallara dönüşüm, vb) ekonomik ve bilimsel açıdan şüpheli yaklaşılıyor. Gazlaştırma, enerji bağımlılığını azaltmak yönünde önemli bir girişim olarak değerlendirilirse de enerji verimsiz, su-karbon yoğun ve gaz-petrol fiyatlarındaki değişimler nedeniyle değişken ekonomik karlılığa sahip olmaları bakımından verimsiz bir yöntem olarak niteleniyor.

Kömür gazlaştırma karşıtı argümanlar özellikle hidrojen üretimi ve yeraltı kömür gazlaştırma teknolojisinde yoğunlaşıyor:

Hidrojen: Küresel hidrojen üretiminin %98'i, fosil yakıtlardan kaynaklanıyor. Küresel olarak hidrojenin %76'sı doğalgazdan, %22'si kömür gazlaştırma yoluyla ve %2'si elektroliz yoluyla üretiliyor. Fosil yakıt kaynaklı hidrojen üretimi, gri hidrojen olarak adlandırılıyor. 2022 yılında küresel hidrojen üretimi 900 Mt'den fazla CO₂ emisyonundan sorumlu olurken, bu rakam, küresel havacılık endüstrisinin (neredeyse 800 milyon ton) ve ayrıca Almanya'nın CO₂ emisyonlarının (635 milyon ton) üstünde kalıyor. Geleneksel doğalgaz kaynaklı hidrojen üretiminin karbon yakalama ve depolama teknolojileri ile desteklendiği üretimde *-mavi hidrojen-* ise maliyetler %20-80 oranında artış gösteriyor. Karbon yakalama teknolojileri, üretilen

CO₂'nin yalnızca bir kısmını yakalayabiliyor. Bu teknolojilere güç sağlamak için büyük miktarda doğalgaz kullanılıyor ve bu da metan emisyonlarının artmasına neden oluyor. Oysa, ancak suyun yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elektrolizi yoluyla sıfır karbonlu –yeşil hidrojen– üretim gerçekleştirilebiliyor. Bu noktada yeşil hidrojenin büyük ölçekli üretiminin büyük miktarda toprak, su ve yenilenebilir enerji gerektirdiğini ve yine elektroliz işlemine başvuran fakat bunun için nükleer enerji kullanan pembe hidrojenden ayrı değerlendirildiğini göz önünde bulundurmak gerekliyor. Birim üretim maliyeti –kilogram başına– gri, mavi, yeşil ve pembe hidrojen için 2,13, 3,10, 6,40 ve 3,4 dolar olarak sıralanıyor.

Avustralya Ulusal Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırma, kömür gazlaştırmanın hidrojen üretiminde en emisyon yoğun yöntem olmasının olmasının yanı sıra, aynı miktarda enerji üretmek için sadece kömür yakmaktan çok daha fazla emisyon yoğun bir yöntem olduğunu da gösteriyor. Örneğin, linyit gazlaştırarak hidrojen üretiminin, eş değer miktarda enerji üretmek için linyiti doğrudan yakmaktan %70 daha fazla emisyon yoğunluğuna sahip olduğu ortaya konuyor. Hidrojen üretiminin yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanması durumunda, emisyonların yılda 1,8 milyon ton (350 bin benzinli motorlu arabanın ulaşımdan çekilmesine eş değer) azalacağı hesaplanıyor.

Hidrojen, özellikle Avrupa merkezli tartışmalarda, enerji geçişinde temel bir teknoloji olarak değerlendiriliyor. AB’de 10 milyon ton yenilenebilir hidrojen üretmek, taşımak ve tüketmek için 471 milyar euroluk, bugünkü kısıtlı hidrojen ekonomisini 2030’a taşımak için ise 1 trilyon euroluk bir yatırım gerektiği belirtiliyor. Fakat bir taraftan hidrojen talebinin azalacağı ve hidrojen kullanımının gerçekçi olmayacağı üstüne argümanlar da gündeme getiriliyor. Öte yandan Hindistan, Nisan 2030’a kadar 100 milyon ton kirli fosil yakıtın hidrojen ve amonyak, metanol ve sentetik metan gibi türevlerine dönüştürülmesi hedefiyle kömür gazlaştırma faaliyetlerine 736 milyon dolar ayıracağını duyuruyor.

Yeraltı kömür gazlaştırma: Yeraltı kömür gazlaştırma, ticari olarak başlangıç aşamasındaki bir teknoloji olmakla birlikte temel olarak kömür damarlarının delinmesini ve kömürün buhar, hava veya oksijen varlığında yerinde yakılması faaliyetlerini kapsıyor. Sektör öncelikle Avustralya, Güney Afrika, Çin ve Avrupa’da yaygınlık kazanıyor. Yeraltı kömür gazlaştırmanın geleneksel elektrik üretiminden daha temiz bir üretim sunmasına karşılık yenilenebilir çözümlerin oldukça gerisinde kaldığı belirtiliyor.

Her ne kadar geniş bir kullanım alanına sahip olsa da, bu uygulamalar çevredeki yeraltı suyunun ciddi şekilde kirlenmesine ve yüzey çökmesine yol açıyor. Öne çıkan en büyük tehlikelerden biri sıvı veya gaz formundaki kirlenici maddelerin gazlaştırma boşluğundan çevredeki yeraltı suyuna doğru yayılmasıyla yeraltı suyu kirliliği meydana gelmesi. Bu noktada uygulamanın kontrolünü sağlayan basınç ve enjeksiyon bileşiminin yönetimi önem arz ediyor. Boşluktaki yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle risk oluşturan yüzey gazlaştırıcılar kontrol edilemiyor. Böylece

bertaraf edilmesi oldukça sorunlu zehirli atık ürünler ve kirli su meydana çıkıyor. Sistemin geleceğinin karbon yakalama teknolojileri ile değerlendirilmesi, bu teknolojinin uzun vadeli geleceğini tartışmaya açık hâle getirirken, bu teknolojilerin kullanımı, söz konusu sıcaklık ve basınç kontrolünü daha da zorlaştırıyor. İkinci olarak yeraltı kömür gazlaştırma, reaksiyonunun gerçekleşmesi ya da gazlaştırma sonrası temizlik için ya bir kömür damarının içinden ya da damara bitişik bir kaynaktan gelen önemli bir bileşen olarak suya ihtiyaç duyuyor. Yeraltı kömür gazlaştırma çevredeki kayalarda deformasyona neden olurken büyük obrukların oluşmasına da yol açıyor. Son olarak, ticari ölçekli faaliyetlerden ziyade henüz deneme aşamasında bulunan yeraltı kömür gazlaştırma faaliyetlerinde toprak kirliliği ve çalışanların büyük operasyonel arızalardan kaynaklanan toksinlere maruz kalması gibi dışsallıklar görülüyor.

Bu noktada, yakın geçmişte kömür dönüşümü projelerinin ekonomisine dair öne çıkan muhtelif örnekler de bulunuyor:

- ABD'deki Kemper linyit kömürünü gazlaştırma girişimi, federal hükümetten önemli miktarda sübvansiyon almasına rağmen başarısızlıkla sonuçlanan projelerden. Kemper projesi, linyit kömürünü enerjiye dönüştürmek için gazlaştırıcı kullanacak entegre bir gazlaştırma kombine çevrim (IGCC) enerji santrali olarak öngörülüyor. Amonyak da dâhil olmak üzere diğer yan ürünlerin, proje için ek bir gelir kaynağı olarak satılması amaçlanıyor. Fakat başlangıçta **2,4 milyar dolar** olması beklenen proje maliyeti, bir dizi önemli teknik sorun nedeniyle **7,5 milyar dolara** yükseliyor. Gazlaştırıcıların çalışması durumunda, tesisin gazla çalışan geleneksel bir enerji santralinden önemli ölçüde daha az verimli olacağı ortaya konuyor. Sonuç olarak, gazlaştırılmış kömür kullanılarak üretilen herhangi bir enerjinin, geleneksel gaz, rüzgâr veya güneş santrallerinden üretilen enerjiden çok daha pahalı olacağına ortaya konmasıyla proje askıya alınıyor. Tesisin (2014'ten beri olduğu gibi) bunun yerine konvansiyonel doğalgazla çalışacağı açıklanıyor.
- Endonezya'daki yeraltı kömür projeleri, kar marjını korumak için bir ton dimetil eter (DME) başına en az 354 dolar tutarında bir hükümet sübvansiyonuna ihtiyaç duyuyor. Yeni yatırım ortaklarıyla ilgili görüşmelere rağmen projelerin mali açıdan uygulanabilirliği hâlâ tartışmalı. Mart 2023'te ABD merkezli endüstriyel gaz şirketi Air Products and Chemicals'ın, dönüşüm için devlete ait tedarikçi Tambang Batubara Bukit Asam'dan (PTBA) kömür satın alacak bir DME tesisi de dâhil olmak üzere Endonezya'daki tüm kömür projelerinden çekildiği de bildirilmişti. Ayrıca, 2020 yılında sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ithalatını düşürmek amacıyla, Endonezya'da metanol ve ardından DME üretmek için 2 milyar dolar değerinde bir kömür gazlaştırma tesisinin hayata geçirilmesi önerilmişti. Yapılan analizler, işletme ve finansman maliyetlerinden sonra tesisin yıllık **377 milyon dolar zarar** edeceğini öngörüyordu. Bu rakamın,

önlenecek LPG ithalatından elde edilecek tasarrufların 19 milyon dolar üstünde kaldığı ve DME'nin üretim maliyetinin mevcut LPG ithalat fiyatının neredeyse iki katı olacağı belirtilmişti.

- Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü'nün (Institute for Energy Economics and Financial Analysis – IEEFA) 2021 tarihli analizi, yüksek maliyetli bir yakıt kaynağı olduğu kanıtlanmış kömür sıvılaştırma ile üretim yapan Güney Afrika merkezli Sasol'un hisse fiyatında yaşanan **%60'lık düşüşe dikkat çekiyor**. 2017 yılında kömür sıvılaştırma projelerine yapılan yeni yatırımların değişken emtia piyasaları, düşük getiriler ve kabul edilemeyecek kadar yüksek karbon emisyonları nedeniyle hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir olmadığı belirtiliyor.

Türkiye'de “temiz” kömür teknolojilerinin gelceği: Kömür gazlaştırma projelerinde son durum ne?

Türkiye'de kömür teknolojilerinin gelişimi çok uzun bir geçmişe sahipken, “temiz” kömür teknolojileri son beş yılda çok daha odaklı ve sistematik bir biçimde gündeme taşınıyor. Geçtiğimiz yıl 24-25 Nisan tarihlerinde düzenlenen “**4. Uluslararası Temiz Kömür Teknolojileri Zirvesi**” bu alandaki taleplerin kamu ve sektör temsilcileri tarafından en net biçimde dile getirildiği etkinlik olmuştu. Kömürün enerji sektöründeki devamlılığının sağlanmasını öne çıkaran bu etkinlikte, temiz kömür teknolojilerinin geliştirilmesi ve devlet politikası hâline getirilmesi ile yerli kömür kaynaklarının daha verimli ve “çevreci” şekilde kullanılması gerektiği vurgulanmıştı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı desteğiyle Türkiye Kömür Üreticileri Derneği tarafından organize edilen zirvede, enerji güvenliği kaygısıyla Türkiye'nin kömür kapasitesini olabilecek en yüksek seviyede ve verimli kullanması, bunu yaparken de enerji dönüşümünde söz sahibi olma iddiasıyla temiz kömür teknolojilerinin bir araç olarak enerji üretim kapasitesine dâhil edilmesi isteniyor. Öte yandan **Ulusal Enerji Planı**, 2020 yılında 20,3 GW olan kömür kurulu gücünün, 2035 yılına kadar 3,2 GW kapasiteli 2 adet yerli kömür santralının sisteme dâhil ederek 24,3 GW'a yükselmesini öngörüyor. Planda maliyetlerin düşmesi ve verimliliğin artması durumunda kömür ve doğalgaz yakıtlı karbon yakalama teknolojisine sahip termik santrallerin üretim portföyüne dâhil edilebileceği belirtiliyor. Fakat “temiz” kömür teknolojilerinin gelişimine dair tartışmaları, hedeflenen atılımların finansmanına ve güvenilirliğine dair belirsizlikler takip ediyor.

Türkiye'de **kömür gazlaştırma teknolojileri** henüz gelişim evresinde ve bu alandaki Ar-Ge çalışmaları sürüyor. Mevcut durumda ticari amaçlı gazlaştırma projelerinin yapılabilmesi için ithal teknoloji ile makina-ekipman gerekliliğine bağlı olarak ilk yatırım ve işletmecilik maliyetleri çok yüksek seviyede kalıyor. Ticari bir kömür gazlaştırma tesisi bulunmamakla birlikte, petrol ve doğalgaz kaynaklı çeşitli gazlaştırma/sıvılaştırma tesisleri bulunuyor:

- **İlk uygulamalar:** Türkiye’de ilk gazlaştırma uygulaması Dolmabahçe Sarayı’nın aydınlatılması için 1856 yılında Dolmabahçe Gazhanesi’nde gerçekleştiriliyor. Gazhane’nin üretim fazlası Beyoğlu’nda aydınlatma amacıyla kullanılıyor. Gaz üretimi Yedikule (1880) ve Kadıköy’de (1891) de sürdürülüyor.
- **2008’e kadar:** 1950’li yıllardan itibaren amonyak ve gübre üretimi için gazlaştırma uygulamaları görülüyor. 1990’lı yıllarda maliyetler nedeniyle bu uygulamalar sonlanıyor.
- **2008 ve sonrası:** 2008 yılında Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), temiz kömür teknolojilerine yönelik Ar-Ge çalışmalarını başlatıyor. 2009 yılından itibaren Soma, Tunçbilek ve Seyitömer kömürlerinin gazlaştırılması ile ilgili test ve analiz çalışmalarına başlanıyor: **Kütahya Tunçbilek’te** kömür gazlaştırma pilot tesisi inşasına başlanıyor 2012 yılında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’nun (TÜBİTAK) katkısı ile tesis devreye alınıyor. Muhtelif sahalara ait kömürlerin gazlaştırılması ve elde edilen gazın temizlenmesi amacıyla çalışmalar yürütülüyor. Kömürden sentez gazı üretimi ve gaz motoru ile elektrik ve ısı (kojenerasyon) üretimi üstünde çalışmalar devam ediyor. Metanol üretimi ile ilgili olarak projelendirme ve detay tasarım işlerinin sonlandırıldığı ve bu ünitelere ait ihale işlemleri için gerekli hazırlıkların tamamlandığı belirtiliyor. Soma’da ise 2012 yılında ticari amaçlı olarak **Soma Gazlaştırma Projesi’nin** yapımına karar veriliyor. Fakat yüksek yatırım ve teknoloji ithalatı maliyeti nedeniyle proje rafa kaldırılıyor. Ardından 2016 yılından bu yana TKİ, TÜBİTAK desteğiyle Soma’da **Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt ve Vaks Üretimi Projesi’ne (TRİJEN)** devam ediliyor. Kurulan trijen gazlaştırma tesisi; gaz temizleme, gaz şartlandırma ve sıvı yakıt üretim sistemleriyle pilot ölçekte üretim gerçekleştirebilen ilk tesis olma özelliğini taşıyor.

Öte yandan, Ankara’da pilot ölçekte plazma kömür gazlaştırma teknolojisi Ar-Ge çalışmaları sürdürülüyor. Bu teknoloji ile düşük kaliteli linyitlerden enerji ve kimyasal ürünler ile kullanım alanı çeşitliliği sunan kaliteli temiz plazma gazı elde edilmesi hedefleniyor. Ayrıca Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK) da temiz hidrojen üretim teknolojileri ve karbon yakalama-depolama teknolojileri geliştirme projelerine fon sağlıyor. Tüm bunların yanında yakın dönemde Türkiye’de kömür gazlaştırma alanında iki proje öne çıkıyor:

Türkiye’nin kömür rezervleri ağırlıklı olarak, kül, nem ve kükürt oranları yüksek, ısı değerleri düşük olan linyitten oluşuyor. Uçuculuğu yüksek genç bir kömür türü olan linyitin reaktivitesi yüksek olduğu için gazlaştırma açısından uygun olduğu belirtiliyor. Fakat Türkiye’nin linyitlerine mevcut gazlaştırma teknolojileri doğrudan uygulanamıyor. AB Çerçeve Programı kapsamında yürütülen ve 2017’de tamamlanan **Kül Oranı Yüksek Linyitlerin Elektrik Üretimi İçin Optimizasyonu (OPTİMASH)** projesinde Türkiye ve Hindistan linyitlerinin gazlaştırılmasını sağlayan akışkan yatak teknolojisi geliştiriliyor, optimize ediliyor ve test ediliyor. Hindistan’da

bir demonstrasyon tesisi kuruluyor. Bu kapsamda TÜBİTAK ve TKİ ile iş birliği içinde projeler de yürütülüyor. OPTİMASH projesinin Hindistan ile benzerlikler gösteren Türkiye linyitlerinin verimli ve temiz bir şekilde gazlaştırılabilirliğini gösterdiği ve demonstrasyon tesisinin Türkiye için örnek oluşturduğu ifade ediliyor. Çayırhan'da Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) ve TÜBİTAK işbirliğinde yürütülen **Kömür Gazlaştırma ve Hidrojen Üretimi Ar-Ge'si** ile 10 megavat Termal Isı Girdili Kömür Gazlaştırma Tesisi Yapımı için proje çalışmaları sürüyor. Tesisin faaliyete geçmesi ile elde edilen sentetik gazın enerji üretiminin yanında çeşitli sıvı yakıtların ve kimyasalların üretimine de imkân vermesi hedefleniyor. Karbon tutma teknolojisi de içeren projenin iki aşamada gerçekleştirileceği, ilk aşamada gazlaştırmanın hava ile yapılacağı ve ikinci aşamada ise reaktöre hava yerine karbondioksit ve oksijen beslenerek gazlaştırma sağlanacağı belirtiliyor. Temel olarak Türkiye'nin yakma için olumsuz ama gazlaştırma için olumlu linyit rezervlerinin değerlendirilmesi gerektiğinin altı çiziliyor.

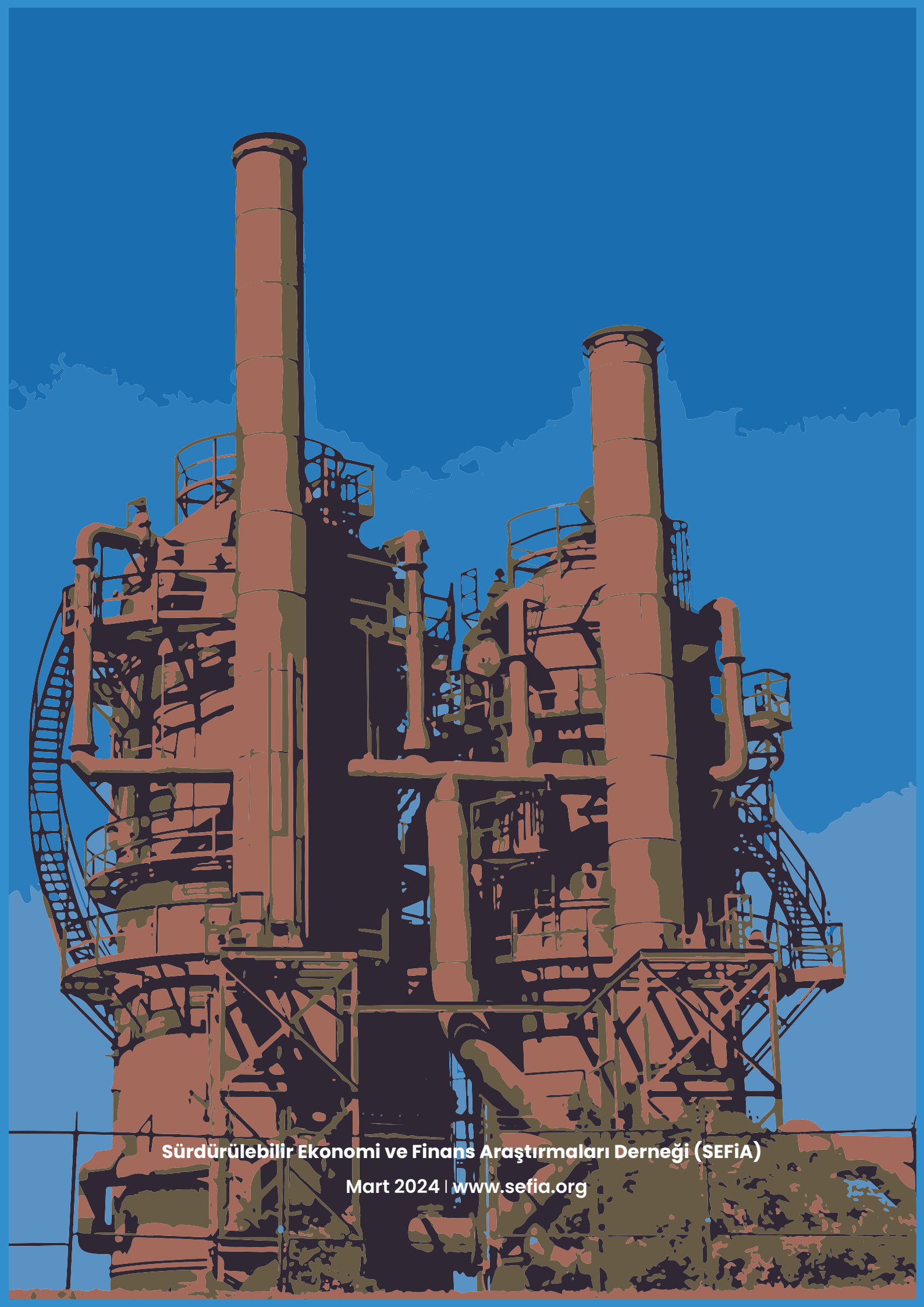
Ayrıca, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) ve Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) işbirliğindeki **Enerji Akademi Programı** kapsamında, linyit rezervlerinin ekonomik değeri yüksek gazlara –doğalgaz ve hidrojen– dönüştürülmesi hedefleniyor. Bu noktada, özellikle, jeolojik zorluklar nedeniyle kullanılamayan linyit rezervleri işaret ediliyor. Öncelikle Trakya Havzası kömürlerinin yeraltı gazlaştırma potansiyeli araştırılıyor, tek boyutlu gazlaştırma deneyleri ile sentez gaz kompozisyonunun belirlenmesi amaçlanıyor. Trakya Havzası'ndaki 3-4 milyar tonluk rezervin ardından; Afyonkarahisar'daki 1-1,5 milyar ton kömür rezervinin de kullanılmak üzere inceleneceği belirtiliyor. Uzun dönemde Türkiye'nin 20 milyar tonluk linyit kömür rezervinden yılda ortalama 80-100 milyon ton üretimin hayata geçirilebileceği vurgulanıyor.

Sonuç olarak

“Temiz” kömür teknolojileri –dünyada ve Türkiye’de, iklim krizi karşısında temiz enerji teknolojilerinin yükselişine karşılık– kömür sektörünün devamlılığını sağlamak üzere gündeme getiriliyor. Tıpkı karbon yakalama ve depolama teknolojilerinde olduğu gibi, kömürün önümüzdeki on yıllar boyunca birincil enerji tüketimindeki yerini kayda değer ölçüde koruyacak olması argümanıya, kömür gazlaştırma teknolojileri de iklim krizi karşısında bir çözüm olarak değerlendiriliyor. Gazlaştırma uygulamaları çok uzun bir geçmişe sahip ve özellikle sanayideki etkin kullanımıyla –kritik öneme sahip maddelerin üretiminde– öne çıkıyor. Fosil yakıt kullanımı Rusya’nın Ukrayna’yı işgali ve enerji krizinin ardından bir ulusal güvenlik meselesi olarak değerlendirilmeye başlanıyor.

Türkiye de bu bağlamdaki tartışmaların dışında değil. Yenilenebilir enerjinin, Türkiye’nin enerji dönüşümünde kat ettiği yol ve önemine vurgu yapılırken, artan enerji ihtiyacını tek başına karşılayacak durumda olmadığı vurgulanıyor. Kömür santrallerini işletmenin zorlaştığı, üretim ve yatırımda beklentilerin karşılanmadığı ve elektrik üretiminde kömürün payının azaldığı kabul edilse de söz konusu dönüşümün asla kömürsüz olamayacağı belirtiliyor. Bu nedenle Türkiye’de öncelikle enerji açığını kapatmak üzere alım garantileriyle, hibrit yakıtlı santrallerin kurulumuyla yerli kömür kullanımının teşvik edilmesi isteniyor. Linyit başta olmak üzere işlenebilir rezervlerin belirlenerek kategorize edilmesi, bu rezervlerin kamu-özel işbirliği ile işletilebilir hâle gelmesi bekleniyor. Temiz kömür teknolojilerinin kullanımına dair talep de, bu bağlamda, kömürden daha verimli ve ucuz biçimde faydalanılması ile açıklanıyor. Kömürün sadece enerji alanında değil, dönüştürülerek sanayide ve tarımda farklı biçimlerde kullanılması gerektiği tekrarlanıyor. Net sıfır hedefi bulunan Türkiye’nin, kömürden çıkış tartışmalarının dışında pozisyon olarak kömür kapasitesini artırmaya çalışması, 2053 net sıfır hedefi ile çelişki oluşturuyor.

Ekonomik ve bilimsel açıdan güvenilirliği sorgulanan kömür gazlaştırma teknolojilerinin Türkiye’deki uygulamaları, yerli linyit kaynaklarının kullanıma alınması bağlamında gündeme getiriliyor. Oysa, tarihsel olarak çok daha önden ve hızlı biçimde yol kat etmiş, rüzgâr ve güneş gibi temiz kaynakların kullanımını önceliklendirerek, fosil yakıt payını daha erken aşamada azaltmak mümkün. Geleceği ve güvenilirliği belirsiz olan, ticari uygulamaları sınırlı olan ve fosil yakıt bağımlılığını artıran karbon yakalama ve kömür gazlaştırma gibi teknolojileri Türkiye’de uygulamadaki ısrar, iklim aciliyeti karşısında Türkiye’yi daha savunmasız hâle getiriyor.



Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği (SEFİA)

Mart 2024 | www.sefia.org