



ENERJİ YOĞUN SEKTÖRLERDE DEKARBONİZASYON

Decarbonization of Energy Intensive Materials Processing Industries

Barbaros Batur
Mustafa Cem Çelik
Muammer Akgün
Özlem Yurtsever

ÖZET

Endüstriyel uygulamalarının ihtiyacı olan ham maddeler sera gazlarının önemli oluşum kaynaklarıdır. Küresel sera gazı emisyonlarının % 21'i endüstriyel uygulamalardan gelmektedir. Endüstriyel uygulama kaynaklı sera gazı emisyonları çoğunlukla demir-çelik, çimento, plastik, kağıt, alüminyum, gıda işleme, tekstil ve madencilik gibi endüstrilerden salınmaktadır.

Enerji verimliliği bütün sektörlerde ve üretim zinciri dahilinde uygun olsa da, endüstriyel üretim zincirindeki enerjinin büyük bir kısmını kullandıkları için, emisyon verimliliği özellikle, birinci (ve ikincil) endüstriyel uygulamalar için uygun ve ilgi çekicidir.

Söz konusu endüstriyel faaliyetlerin karbondan arındırılması, ihtiyaç duyulan teknolojilerin çoğunun henüz mevcut olmaması (örneğin, çelik veya kimyasal hammaddelerin endüksiyon yöntemi ile ergitilmesi) ve bu endüstrilerin genel yapılarının hızlı dekarbonizasyonu desteklememesi nedeni ile önemlidir.

Özellikle temel malzemelerin karbonsuzlaştırma süreçleri için yeni teknolojilerinin ortaya çıkarılması ve geliştirilmesinin yanı sıra, ürün ve hizmetlerin malzeme yoğunluğunu azaltarak, temel malzeme talebini küresel olarak azaltmanın önemli olduğu açıktır. Gelişmeleri bu yönde teşvik etmek için iklim, enerji ve altyapı politikalarının yanı sıra, yenilik ve kaynak üretkenliğini akıllı bir şekilde entegre eden söz konusu amaca yönelik bir sanayi politikasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, endüstriyel sektörlerde karbon azaltma fırsatları, üretim zinciri boyunca sera gazı azaltım seçenekleri ve enerji yoğun endüstrilerinin karbondan arındırılması için teknik stratejiler irdelenerek dünyada mevcut durum analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dekarbonizasyon, emisyon verimliliği, teknolojik stratejiler, altyapı stratejileri, yenilikçi politika stratejileri.

ABSTRACT

Raw materials needed by industrial applications are important sources of greenhouse gases. Industrial applications account for 21% of global greenhouse gas emissions. Greenhouse gas emissions from industrial application are mostly emitted from industries such as iron and steel, cement, plastic, paper, aluminium, food processing, textile and mining.

While energy efficiency is appropriate across all sectors and within the production chain, emission efficiency is particularly favourable and interesting for primary (and secondary) industrial applications, as they use most of the energy in the industrial production chain.

Deep decarbonisation of these industries is important because most of the technologies needed are not yet available (for example, induction melting of steel or chemical raw materials) and the general structures of these industries do not support rapid decarbonisation.

It is clear that, in particular, it is important to reduce the demand for basic materials globally by reducing the material density of products and services, as well as the invention and development of technologies for the decarbonisation process of basic materials. In order to encourage developments in this direction, there is a need for an industrial policy for this purpose that intelligently integrates innovation and resource productivity, as well as climate, energy and infrastructure policies. In this study, the current situation in the world is analyzed by examining the opportunities for carbon reduction in the industrial sector, the greenhouse gas reduction options along the production chain, as well as the technical strategies for decarbonisation of the industries.

Key Words: Decarbonisation, emission efficiency, technologic strategies, infrastructure strategies, innovative policy strategies.

1- GİRİŞ

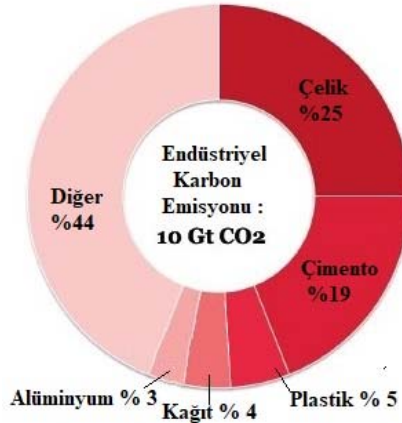
2015 Paris Anlaşmasında, 195 BM üye devleti, küresel sıcaklık artışını 2100 yılına kadar 2 santigrat derecenin oldukça altına sınırlamayı kabul etti. Bu sıcaklık sınırını aşmanın sonucunda, muhtemelen yükselen deniz seviyeleri, daha yüksek orman yangınları, şiddetli yağışlar, aynı zamanda daha uzun ve daha yoğun kuraklıklar gibi dramatik olaylar olacaktır.

Paris Anlaşması tarafından belirlenen hedeflere ulaşmak için tüm sektörlerin iklim değişikliği konusunda kararlı eylemler yapması gerekmektedir. Avrupa Birliği, 2030 yılına kadar emisyonları 1990 seviyesinin en az % 40'ı kadar azaltma taahhüdünü vermiştir. Ayrıca, 2050 yılına kadar % 80-95 azaltma hedefini de belirlemiştir. Bugün, Avrupa'daki emisyonların yaklaşık % 70'i sektörlerdeki enerji kullanımından kaynaklanmaktadır.

CO₂ emisyonlarının artışı nedeni ile küresel ısınmada 2-3 °C sıcaklık artış, daha az soğuk veya daha sıcak günlere ve gecelere, sıcak hava dalgalarına, şiddetli yağış olaylarına, yüksek deniz seviyelerine neden olacağı bilinmektedir[1]. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ne göre, insan aktiviteleri, gözlemlenen küresel sıcaklık artışının yarısından fazlasından sorumludur. Sera gazlarının önemli yayıcılarından biri de proses endüstrileri ham maddeleridir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre endüstriyel proses ve faaliyetler, küresel sera gazı emisyonlarının %21'inden sorumludur[1]. Endüstriyel sektör, günlük yaşam için gerekli olan ürünleri ve hammaddeleri sağlar. Endüstriyel proseslerdeki sera gazı emisyonları tesiste üretilen doğrudan emisyonlar ve tesis dışında meydana gelen dolaylı emisyonlar şeklinde tanımlanır ve bunlar birbirleri ile ilişkilidir.

Sera gazı emisyonları ağırlıklı olarak demir-çelik, çimento, plastik, kağıt, alüminyum, gıda işleme, tekstil ve madencilik gibi temel endüstrilerden salınmaktadır. Endüstriyel karbon emisyonunun endüstri dalları içindeki dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Malzeme üretim endüstrilerinde enerji gereksinimi için tesislerde yakılan fosil yakıtları kullanılmaktadır. Sektör ayrıca kimyasal, metalurjik ve mineral üretim proseslerinden ve atık yönetimi faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları da içerir[2].



Şekil. 1- Küresel endüstriyel karbon emisyonlarının dağılımı [3].

2- ENERJİ YOĞUN ENDÜSTRİLER

Endüstriyel prosesler, doğal kaynakları günlük yaşam ürünlerine dönüştürmemize yardımcı olmaktadır. Malzeme üretim prosesleri, endüstriden çıkan ana emisyon kaynağıdır. Sera gazı emisyonlarının ayrıştırılması, emisyon ile bağlantılı küresel endüstrinin farklı etkenlerini analiz etmek için kullanılmıştır. Endüstride tam doğru ayrıştırma oldukça karmaşıktır bir işlemdir [1].

Tablo.1- AB'de en fazla karbon emisyonuna neden olan başlıca sektörler ve birlikleri [1].

CEFIC – European Chemical Industry Council	Avrupa Kimya Endüstrisi Konseyi
CEMBUREAU – The European Cement Association	Avrupa Çimento Birliği
CEPI – Confederation of European Paper Industries	Avrupa Kağıt Endüstrileri Konfederasyonu
CERAME-UNIE – The European Ceramic Industry Association	Avrupa Seramik Endüstrisi Derneği
EDG – European Domestic Glass Association	Avrupa Evsel Cam Birliği
EPMF –European Precious Metals Federation	Avrupa Kıymetli Madenler Federasyonu
ECI- European Copper Institute	Avrupa Bakır Enstitüsü
ESGA- European Special Glass Association	Avrupa Özel Cam Birliği
EUROALLIAGES – Association of European Ferro Alloy producers	Avrupa Demir Çelik Alaşım Üreticileri Birliği
EUROGYPSUM- European federation of gypsum product manufacturing industry.	Avrupa Alçı Üreticileri Federasyonu
EULA – European Lime Association	Avrupa Kireç Birliği
EXCA – European Expanded Clay Association	Avrupa Genişletilmiş Kil Birliği
FEVE – The European Container Glass Association	Avrupa Cam Kapları Birliği
FuelsEurope- The European Petroleum Refiners Association	- Avrupa Petrol Rafineri Sanayi
Glass Fibre Europe – The European Glass Fibre Producers Association	Avrupa Cam Elyaf Üreticileri Birliği
Nickel INSTITUTE – The global association of leading primary nickel producers	Nikel Enstitüsü
IZA – International Zinc Association	Uluslararası Çinko Birliği

İçinde yanma olmayan üretim prosesinden çıkan CO₂ emisyonları, toplamda % 6,5'lik bir paya sahiptir. Toplam sera gazı emisyonlarında en çok katkısı olanlar çimento, kireç üretimi ve metal endüstrisidir. AB'de en fazla karbon emisyonuna neden olan başlıca sektörler ve birlikleri tablo 1'de verilmiştir.

3- GENİŞ KAPSAMLI YAKLAŞIM VE STRATEJİLER

Sera gazı emisyonlarının dekarbonizasyonu, emisyon ile bağlantılı küresel endüstrinin farklı etkenlerini analiz etmek için kullanılmıştır. Sanayi sektörü için tam doğru dekarbonizasyonu büyük karmaşıklık içermesi nedeniyle sektöre uygun mevcut olan azaltma fırsatlarını belirlemek için sadeleştirilmiş ve basitleştirilmiş bir kavramsal ifade kullanır [1]:

$$G = \frac{G}{E} \times \frac{E}{M} \times \frac{M}{P} \times \frac{P}{S} \times S \quad (1)$$

Bu denklemdaki notasyonların anlamı ise aşağıdaki gibidir:

G: Belirli bir periyotta (genellikle bir yıl) içinde endüstriyel sektörün sera gazı emisyonları

E: Endüstriyel sektörün enerji tüketimi

M: Bu periyottaki toplam küresel malzeme üretimi

P: Üretilen malzemelerden oluşturulan ürün stoğu (mevcut stoklara eklenen hem sarf hem dayanıklı tüketim ürünleri dahil)

S: Bu zaman aralığı içinde söz konusu ürünlerin kullanarak sunulan hizmetler

G/E, kullanılan enerjiyi gösteren sektörün emisyon yoğunluğudur. Endüstrinin sera gazı emisyonları büyük ölçüde enerji kullanımından, ayrıca endüstriyel kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanmaktadır. G/E'deki azalmalar, enerji girdileri ve süreçler için emisyon verimliliği olarak adlandırılabilir.

E/M enerji yoğunluğudur. Endüstride kullanılan enerjinin yaklaşık dörtte üçü maden cevher hazırlama, petrol ya da biyokütleden malzeme oluşturmakta kullanılır, geri kalan çeyrek ise malzemeleri ürüne dönüştüren üretim ve inşaat sektörlerinde kullanılır. Bazı durumlarda (özellikle metal, kağıt ve cam için) gerekli enerji, geri dönüştürülmüş hurdadan üretilerek azaltılabilir ve malzemenin yeniden kullanılmasıyla veya atık ısı değişimi ve sektörler arasında yan ürünlerin değişimi ile daha da azaltılabilir. Enerji verimliliğinin hedefi E/M'yi azaltmaktır.

M/P, sektörün malzeme yoğunluğudur. Bir ürün oluşturmak ve bir ürünün stokunu korumak için gereken malzeme miktarı, hem ürünün tasarımına hem de üretimi sırasında atılan hurdaya bağlıdır. Her ikisi de malzeme verimliliği ile azaltılabilir.

P/S, ürün-hizmet yoğunluğudur. Bir ürün tarafından sağlanan hizmet seviyesi, kullanım yoğunluğuna bağlıdır. Üretildikleri hesap dönemi içinde kullanılan sarf malzemeleri (örneğin, gıda veya deterjan) için, hizmet yalnızca o dönem içindeki üretim tarafından sağlanır. Bir hesap döneminden daha uzun süre dayanan dayanıklı tüketim malları için (örneğin giyim), hizmetler, mevcut kullanımdaki ürün stoku tarafından sağlanır. Böylece, sarf malzemeleri için P/S, daha hassas kullanımla (örneğin, yalnızca önerilen dozlarda deterjan kullanılması veya gübreyi hassas bir şekilde uygulayarak) azaltılabilirken, dayanıklı ürünler için P/S, hem dayanıklı ürünleri daha uzun süre hem de daha fazla yoğun bir şekilde kullanarak azaltılabilir. P/S'deki azalmalar ürün-hizmet verimliliği olarak adlandırılmaktadır.

S, toplam küresel hizmet talebidir. Nüfus, zenginlik, yaşam tarzı ve tüm sosyal beklentiler sisteminin bir fonksiyonudur. Toplam hizmet talebinin azalması endüstriyel emisyonlarda da azalmaya yol açar, bu talep azalması olarak adlandırılır.

Karbondan arındırılmış toplum, imalat endüstrisi için hem tehditler hem de fırsatlar oluşturmaktadır. Karbondan arındırma, son kullanıcı ürünleri üreten endüstri için daha yüksek katma değerli temiz teknoloji ürünlerini yenilemek ve yeni "yeşil" pazarlara açılmak için bir potansiyel sunar. Esas olarak çelik, çimento, alüminyum, cam ve temel plastikler gibi temel malzemeleri üreten enerji yoğun endüstriler için fırsatlar daha az belirgindir ve bu endüstrilerde zorluklar daha büyüktür[5]. Tablo 2, endüstri sektöründe emisyon azaltma fırsatlarını vermektedir.

Tablo.2- Endüstri sektöründe emisyon azaltma fırsatları [4]

Tip	Emisyon Nasıl Azaltılır	Örnek
Enerji Verimliliği	Daha verimli endüstriyel teknolojiye geçiş. EPA'nın ENERGY STAR® programı endüstrilerin daha çok "enerji verimliliğine" sahip olmasına yardımcı olur.	Fabrikaları aydınlatmak ve ısıtmak ya da makinaları çalıştırmak için daha az enerji kullanma yollarını belirtmek.
Yakıt Değişimi	Aynı miktarda enerji sağlamak için daha az CO ₂ emisyonuna neden olan yakıtlara geçiş.	Makinaları çalıştırmak için kömür yerine doğal gaz kullanmak.
Geri dönüşüm	Yeni ürünleri ham maddelerden üretmek yerine geri dönüştürülmüş ya da yenilenebilir maddelerden endüstriyel ürünler üretmek.	Yeni alüminyum eritme veya yeni çelik dövme yerine hurda çelik ve hurda alüminyum kullanmak.
Eğitim ve Farkındalık	Şirketleri ve çalışanları ekipmanlardan doğan emisyon sızıntılarını azaltma veya önleme adımlarından haberdar etmek. EPA'nın, emisyon azaltmaya yönelik eğitim ve bu adımlar için kaynak sağlayan çeşitli gönüllü programları vardır. EPA alüminyum, yarı iletken, ve magnezyum endüstrisi için olan programları destekler.	Konteyner ve ekipmanlardan kazara meydana gelen salınım ve sızıntıların oluşumunu azaltan perflorokarbonlar (PFC'ler), hidroflorekarbonlar (HFC'ler) ve sülfür hekzaflorür (SF ₆) için işletme politikaları ve prosedürleri oluşturmak.

4. ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA KARBONDAN ARINDIRMA İÇİN TEKNİK STRATEJİLER

Çelik üretim zincirinde (circular value chain) sera gazı azaltma seçeneklerinin üretimin hangi aşamasında uygun olduğu Şekil 2'de belirtilmektedir.

Enerji verimliliği bütün sektörlerde ve üretim zinciri etrafında uygun olsa da, endüstriyel uygulamalarda üretim zincirindeki enerjinin büyük bir kısmını kullandıkları için, emisyon verimliliği özellikle, birinci (ve ikincil) proses endüstrileri için uygun ve ilgi çekicidir.

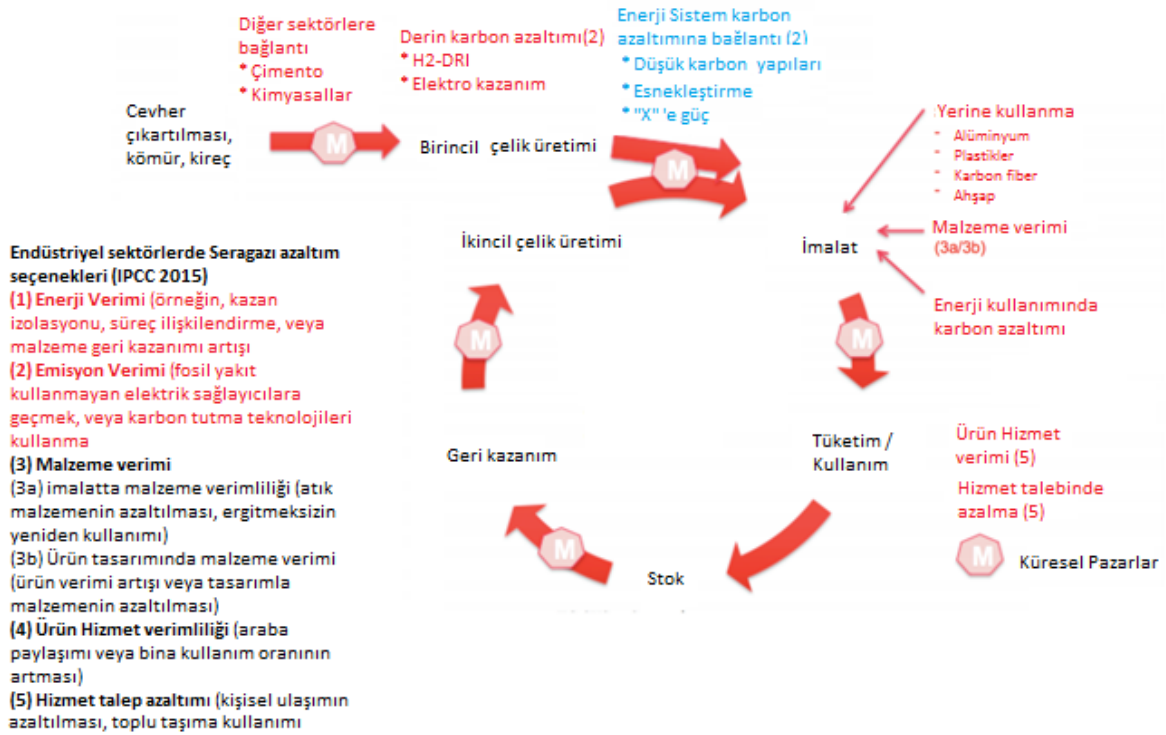
Bu endüstrilerinde karbondan arındırma, ihtiyaç duyulan teknolojilerin çoğunun henüz mevcut olmadığından (örneğin, çelik veya kimyasal hammaddeleri elektroliz yöntemi ile eritmek) ve bu endüstrilerin genel yapılarının desteklemediği için özellikle zordur. [6]

Prensip olarak, proses endüstrilerinde emisyon verimliliğine yönelik olarak aşağıdaki teknik seçenekler mevcuttur [7, 8]

- E Endüstriyel proseslerin yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektriğe (RES) dayalı doğrudan elektrifikasyona geçiş planlanabilir. Endüstriyel proseslerin yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektriğe (RES) dayalı doğrudan elektrifikasyon. Bu strateji, sabit güç ve düşük iletkenlik için geçerlidir. Yüksek sıcaklık uygulamaları ve belirli süreçler için ilgili teknolojilerin (örn. Plazma teknolojisi, mikrodalgalar, elektroliz vb.) geliştirilmesi gereklidir.
- Hidrojen, sıvı ve gaz halindeki sentetik hidrokarbonlar gibi RES elektriğe dayalı yakıtlar aracılığıyla proseslerde dolaylı elektrik kullanılabilir. Bunların üretimi büyük miktarda elektrik gerektirir, ancak hidrokarbonlar söz konusu olduğunda bu yakıtları kullanan proses teknolojilerinde potansiyel olarak neredeyse hiç değişiklik olmaz. Hidrojen için, enerji kayıpları daha düşüktür ve yanma emisyonları neredeyse tamamen önlenir, ancak kullanım ve kullanım teknolojileri (kısmen zorlu) teknik değişiklikler gerektirir.
- Enerji ile ilgili amaçlarının yanı sıra sentetik hidrokarbonlar da plastikler için temel malzeme olarak kullanılabilir.

- Enerji ve malzeme kullanımları için çok umut verici bir seçenek de biyokütledir. Doğrudan enerji olarak kullanılabilir veya gazlaştırılarak ya da çeşitli yollarla biyobazlı ürünlere dönüştürülebilir. Örnek olarak Brezilya'daki gibi şeker kamışından yakıt üretimi verilebilir. Bununla birlikte, dezavantajı, büyük biyo kaynakların sürdürülebilir bir şekilde elde edilebilmesi için sınırlı arazi bulunmasıdır. Örneğin, yiyeceklerin ekilmesi için tarım alanlarında rekabet etmesi gerekir.
- Son olarak, karbon tutma yöntemi olarak emisyon kaynaklarında karbonu ayırmak ve karbonu depolamak veya sentetik hidrokarbon üretimi için kullanılabilir. Ancak bu durumlarda, sadece malzeme kullanımı karbonun daha uzun süreli depolanmasına sorununa yol açar [9].

Temel malzemelerin elektrik kullanarak üretilmesinin yanı sıra biyokütle hammaddesine dönüştürülmesi çok büyük miktarlarda biyokütle veya RES tabanlı elektrik gerektirir. Örneğin AB için sadece temel malzeme üretimi için elektrik üretimini yaklaşık % 60 artırması anlamına gelebilir[8]. Bu % 60 artış aynı zamanda yukarıda bahsi geçen emisyon verimliliği veya derin karbondan arındırma stratejilerini sağlayan temiz enerji altyapılarına olan önemli ihtiyacı da gösterir.



Şekil.2 - Çelik ürünlerin üretim zinciri boyunca sera gazı azaltma seçenekleri [10]

Endüstriyel proseslerin elektrığe veya diğer seçeneklere büyük ölçekli dönüşümünü sağlamak için bu altyapıların paralel olarak veya mümkünse daha önceden geliştirilmesi gerekir.

Bu nedenle, temel malzemelerin karbondan arındırma prosesi için teknolojilerinin bulunması ve geliştirilmesinin yanı sıra Şekil 2'deki stratejilerde belirtildiği gibi, ürün ve hizmetlerin malzeme yoğunluğunun azaltılması ve temel malzeme talebini küresel olarak azaltmanın önemli olduğu açıktır. Gelişmeleri bu yönde teşvik etmek için iklim, enerji ve altyapı politikalarının yanı sıra yenilik ve kaynak üretkenliğini akıllı bir şekilde entegre eden söz konusu amaca yönelik bir sanayi politikasına ihtiyaç vardır.

Konu ile ilgili İsveç deneyimlerinin bize öğrettikleri;

Birincisi, ekolojik konular ile devletin ekonomik yaptırımları arasında her zaman bir sorun vardır [11,12]. Ekonomik büyüme, iklimsel ve çevresel değişikliğin ana itici gücü olarak görülse de, modern devlette ekonomik ilerlemeyi ve endüstriyel gelişmeyi sürekli olarak teşvik etmek zorunlu bir görevdir. Söz konusu hedeflerin peşinden gitmek daha fazla kaynak sağlanması, malzeme tüketimi ve çevresel

bozulma getireceği için, modern devletin ekonomik zorunluluğu ekolojik kaygılar ve yeşil devlet - çevreci devlet çabaları ile bağdaşmamaktadır.

İkinci olarak, erken çevreci devlet teorisi, kapitalist devletten çevreci devlete geçiş prosesini canlandıramamıştır. Sivil toplumdan kaynaklanan değer değişiklikleri ihtiyacını ve devletleri ekolojik kaygılara duyarlı kılmak için müzakereci demokratik kurumların önemli rolünü irdelemenin yanı sıra [11], diğer değişim proseslerine yeterince teori getirilememiştir. Bu nedenle, çevreci devlet teorisini ilerletmek için geçiş ve sistem değişikliği konularındaki teorileri oluşturmak gerekmektedir [12].

Sürdürülebilirlik konusuna ilişkin teoriler, devlete yeni düşük karbonlu yeniliklerin, teknolojilerin ve uygulamaların ortaya çıkması için teşviklerin artmasında ve destekleme alanlarının belirlenmesi önemli olacaktır[13].

Üçüncüsü, devletin çevreci yenilikleri, teknolojik gelişmeleri ve endüstriyel yenilenmeyi desteklemedeki rolü çok önemli olsa da, çevreci devlet literatüründe çok az yer almıştır. Yeni teknoloji ile çalışan sistemlerle, teknolojik gelişimin farklı aşamalarında, yapısal ve içerik olarak inovasyon ve yeni teknolojilerin ortaya çıkışını nasıl destekleyebileceğinin altını çizmektedir[14]. Ekolojik konular, piyasaya öncülük eden pazarlar kurma ve bu pazarlar aracılığıyla küresel karbondan arındırmayı-karbonsuzlaştırmayı teşvik etmeyi içermektedir. Söz konusu ekolojik kaygıları benimseyen yenilikçi endüstriler için potansiyel mevcuttur.

4.1. Doğal Kaynaklara Dayalı Endüstrinin (ENRI) İklim Yönetimi

ENRI'lerin karbondan arındırma potansiyeli için belirli ufuklar sunan özelliklerini kısaca belirtilirse; ENRI'ler, doğal kaynakların çıkarılması ve endüstriyel üretim ve altyapı inşaatı için hammadde üretimi ile uğraşan süreç bazlı endüstrilerdir. Bunlar, madencilik, metalurji, orman, çimento ve kimya endüstrileridir. ENRI'ler arasında farklılık çok fazla olsa da, adı geçen endüstri dallarında, karbon emisyonlarını aşamalı olarak azaltması için ilgi çekici bir dizi yapısal özellik sunar. Bu özelliklerden biri, genellikle fosil yakıtlarla sağlanan yüksek miktarda enerji talepleri, azımsanmayacak emisyonlar doğurur. Çelik veya çimento üretim örneklerinde olduğu gibi karbon emisyonları ısı, elektrik talebi ve üretim proseslerinden gelir.

4.2. Doğal Kaynaklara Dayalı Endüstrinin (ENRI) Sıfır Karbon Uygulamaları

Net sıfır karbon hedefi olarak 2040 yılını belirleyen, İngiltere'nin Humber Side Sanayi Bölgesi; çelik, kimyasalların üretimi, çimento ve rafinerilerden kaynaklı yıllık 12,4 milyon ton CO₂ emisyonundan sorumludur. Net sıfır karbon hedefine ulaşmak için, CO₂ tutma, kullanma ve depolama tesislerinin yanı sıra düşük karbon salımı ile üretilen hidrojen üretimini teşvik edilmektedir. Paydaşlar arasında enerji verimliliğinin artırılması ve sürekli iyileştirme olanakları da incelenmektedir.

Rotterdam Limanı, yenilikçi bir karbon yakalama kullanım ve depolama (CCUS) projesine hazırlanmaktadır. Bölgede rafineri, kimyasal üretimi ve hidrojen tesislerinden çıkan CO₂ kuzey denizindeki kullanım ömrünü doldurmuş doğal gaz sahalarında depolanarak yıllık 2,5 milyon ton CO₂ depolanabilecektir. 450–500 milyon Euro harcanması planlanan projede depolama yapılacak kullanım ömrünü doldurmuş doğal gaz sahalarında 37 Mt gaz depolanabileceği öngörülmektedir. 2017 yılında başlanan projenin 2023 yılında çalışmaya başlaması hedeflense de 2024 ortasında faaliyete geçeceği beklenmektedir.

Porthos firması, endüstriyel CO₂' in Rotterdam limanındaki deniz tabanının altında bulunan boş gaz alanlarına nakledilip depolanması için bir proje geliştirilmektedir. Porthos firması tarafından nakledilip depolanan CO₂, çeşitli şirketler tarafından taşınması projelendirilmiştir. Şirketler CO₂' lerini Rotterdam limanı bölgesinde geçen ortak bir boru hattına bağlantıyı sağlayacak, daha sonra CO₂, bir kompresör istasyonunda basınçlandırılacaktır. CO₂, yaklaşık 20 km kıyından deniz üzerinde bir platforma bir deniz üstündeki boru hattına ile nakledilecektir. Bu platformdan CO₂ boş bir gaz alanına taşınacaktır. Boş gaz alanları, Kuzey buz denizinde 3 km'den fazla derinlikte çakıl taşlarından oluşan bir kapalı rezervuarda şeklindedir. Porthos firması 15 yıl boyunca yaklaşık 37 Mton CO₂ olmak üzere yılda yaklaşık 2.5 Mton CO₂ depolayacaktır. Porthos firması tarafından gerçekleştirilen proje, Avrupa Birliği tarafından ortak çıkar projesi olarak tanınmıştır. Şu anda projenin izin prosedürleri ve teknik detayları

ile ilgili çalışılmaktadır. Bu sorunlar çözülmesi sonucunda ve 2023 yılında bir son yatırım kararı (FID) alınacağı düşünülmektedir. Yatırım kararı verildiğinde, altyapının inşaatı başlayacaktır. Sistemin 2025 yılında işletmeye hazır olması hedeflenmektedir.

Rotterdam limanı bölgesinde geçen ortak boru hattı yaklaşık 30 km uzunluğundadır ve Botlek bölgesindeki Oude Maas'ın doğu ucundan, Europoort bölgesine kadar ve Maasvlakte'deki kompresör istasyonuna kadar uzanır. Toplanan gaz halindeki CO₂ 35 bar basınçla boru hattında akacak ve boru hattının çapı yaklaşık 108 cm (42 inç) olacaktır[15].

Westküste 100 projesi (Almanya), endüstriyel ölçekte bölgesel bir hidrojen ekonomisine geçiş yapılarak, endüstriyel prosesler, havacılık, inşaat ve ısınmayı gelecekte daha sürdürülebilir hale getirilmesi hedeflenmektedir. Başlangıç aşamasında, 89 milyon Euro bütçesi bulunan proje ile açık deniz rüzgar çiftliğinden sağlanan elektrik kullanılarak 5 yıl içinde 30 MW gücünde bir elektroliz tesisi kurulması hedeflenmektedir. Elde edilecek hidrojen, iklim dostu havacılık yakıtı üretmek ve gaz hatlarına beslemek için kullanılacaktır. Yakıt üretimi sürecinde, CO₂ bölgesel çimento üretiminden kaçınmadan kullanılacaktır[16].

Al Reyadah Projesi (BAE), demir – çelik endüstrisi için tasarlanan ve 2009 yılında başlanan, dünyanın ilk, tamamıyla ticari CO₂ projesidir. Karbon yakalama kullanım ve depolama (CCUS) tesisi, 122 milyon ABD doları bütçesi ile Emirates Steel Industries (ESI) firması kaynaklı 800,000 tona kadar CO₂ salımını bertaraf etmek için kurulmuştur. Yakalanan karbon, birtakım süreçlerden sonra, 43 km yer altı boru hattından taşınarak, yerin birkaç km altında depolanmaktadır.

HeidelbergCement (Fas) çimento fabrikası, fırınlardan kaynaklanan CO₂ salımını engellemek için, 80-100 ton/yıl kapasiteli alg havuzları devreye almıştır. Mikroalgler, İsveç, Türkiye ve Fransa'daki hayvan yemi ve su ürünleri yetiştiriciliğine yönelik kalite kriterlerini karşıladığı çeşitli Ar-Ge projelerinde doğrulanmıştır.

4.3. ENRI'lerin iklim yönetiminde ekonomik zorunlulukların gücü

Avrupa Birliğinde, 2005 yılında uygulamaya konan ETS (Emissions Trading System-Emisyon Ticareti Sistemi)'nde, endüstrilerin emisyon izinlerini kullanabilecekleri veya emisyon ticareti yapabilecekleri yer aldılar. Bu ticaret sisteminde toplam emisyon miktarı politik olarak belirlenir ve zaman içinde dereceli olarak azaltılır. Bazı endüstriler için emisyon ticareti pahalı olmakla birlikte, İsveç ENRI'leri emisyonlar oranları, özellikle kağıt hamuru ve kağıt endüstrilerinde sektörlerinde, Avrupa ortalamasından düşük olduğu için AB-ETS tahsisinden yararlanmışlardır [17,18].

ENRI'lere iklim yönetiminin etkileri açısından bakıldığında iki ayrı amaca uygundur.

Birincisi, ENRI sektörleri arasında fark vardır. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi bir geçiş süreci yaşamıştır ve neredeyse tamamen karbondan arındırılmıştır. Ancak diğer sektörler (örneğin demir ve çelik, mineraller ve kimyasallar) büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlı kalmaya devam etmektedir. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinin fosil yakıtlardan biyoenerjiye geçişi, 1970'lerin petrol krizi ile başlayan uzun bir süreçte olmuştur. Yüksek enerji fiyatları ve hükümet politikalarının kombinasyonu (ör. Yasa düzenlemeleri, karbon vergileri ve yenilenebilir enerji sertifikaları) sektörü yeni enerji kaynakları aramaya teşvik etmiştir[19].

İkincisi, endüstriyel tesislerde yanmadan kaynaklanan emisyonlar (fosil veya biyo bazlı yakıtların yakılması) son on yılda azalırken, endüstriyel proseslerden (örneğin çelik ve çimento üretimi) kaynaklanan emisyonlar 1990'ların başındaki seviyede kalmıştır. Biyoenerji kullanımının artması ve enerji performansındaki gelişmeler nedeniyle, yanmadan kaynaklanan emisyonlar azalmıştır. Ulusal düzeyde bakıldığında, 2005-2014 yılları arasında yürütülen enerji verimliliğini geliştirme programı PFE (Programme for Improving Energy Efficiency-Enerji Verimliliği Arttırma Sistemi), ENRI'lerde enerji verimliliğini hedeflemiştir. Şirketler, elektrikten alınan enerji vergisinden muafiyet karşılığında enerji verimliliği programlarını uygulamayı kabul etmiştir. PFE' nin, endüstrileri enerji performansına öncelik vermeye, enerji verimliliğini arttırmaya ve böylece emisyonları azaltmaya teşvik etmede etkili olduğunu kanıtlanmıştır [20]. Bununla birlikte, PFE sadece kademeli iyileştirmelere odaklanarak daha radikal yenilikleri teşvik etmemiştir. Endüstriyel proses emisyonlarında azalma yavaştır. Bu sorun karbon

emisyonları üretim hacmi ile yakından ilişkilidir. Fosil yakıtlara bağımlı proses teknolojilerinin yerini almak için yeni düşük karbon teknolojileri gerekli olsa da, politikalar bu tür dönüşümleri desteklemek konusunda yetersiz kalmıştır.

AB-ETS, etkili bir politika aracı olma potansiyeline sahiptir. Ancak emisyon azaltımlarına ve özellikle düşük karbonlu yeniliklere ilişkin yönlendirme kapasitesi, emisyon tahsisatlarının aşırı tahsis edilmesi ve düşük karbon fiyatı nedeniyle uygulama yetersiz olmuştur [18,21]. Sonuç olarak, üye ülkeler, AB-ETS'nin eksikliklerini telafi etmek için kendi ulusal politikalarını uygulamaya başlamıştır [20]. Konu ile ilgili uzmanlar, AB-ETS'nin değişik nedenlerden dolayı ciddi sorunları olduğu fikridir. AB-ETS'nin farklı eleştirileri, mevcut politika sistemine ışık tutmaktadır. İsveçli yetkililer, politikacılar ve çevre kuruluşları, AB-ETS'nin ENRI'lerin emisyon azaltımları veya daha temiz teknolojiler için yenilikler üzerinde yönlendirici etkilerinde eksiklikler olduğunu görüşündeler[22]. Yetkililerin görüşüne göre, AB, emisyon kredilerinin fiyatını artırmak için emisyon üst sınırını düşürmeli ve emisyon izinlerinin ücretsiz tahsis edilmesine son vermelidir. Buna karşılık, endüstriler ve sanayi birliklerine (demir ve çelik, madencilik, kimya), mevcut AB-ETS uluslararası rekabet güçlerinin üzerinde çok olumsuz etkiler taşıdığını da savunmaktadırlar[23]. Bu doğrultuda karbon kaçağı, AB-ETS tartışmaları için temel konudur[23]. Sektörden gelen eleştirinin temeli, fiyat konusunda gelen sinyallerin kendi başına yeni düşük karbonlu proses teknolojileri geliştirmek için yeterli olmadığı ve artan fiyatların kısa vadede şirketler için zararlı olabileceği fikridir. Yine gelen bilgilere göre risk, endüstrinin, AB-ETS'nin bir sonraki (dördüncü) aşamasında (2021'den 2028'e) ciddi oranda daha düşük emisyon tahsisleri ve emisyonları buna karşılık gelecek ölçüde azaltacak mevcut uygun teknolojilerin olmamasıdır. Böyle bir durumda, endüstriler için tek seçenek tahsis izini satın almak veya çıktıları azaltmaktır. Bu, kısa vadede emisyonları düşürebilir, ancak yeni teknolojilere yapılacak uzun vadeli yatırımları azaltacaktır[23].

İsveç ve AB'deki mevcut piyasa-liberal politikalar bazı açılardan karbondan arındırmayı (decarbonisation) başarmıştır. En önemlisi, İsveç kağıt hamuru ve kağıt sektörünün, büyük ölçüde fosil enerji kaynaklarından biyokütleye geçişine dayalı düşük karbon geçişi ve tüm ENRI sektörlerinde enerji performansı gelişmesidir. Bununla birlikte, endüstriyel proseslerde derin dekarbonizasyon için gerekli düşük karbon teknoloji yeniliği teşvik etmede etkili olmamıştır. Bu nedenle, karar vericiler, mevcut politika çerçevesinde ele alamadıkları kritik bir ikileme karşı karşıyadır. Zayıf piyasa bazlı politikalar, verimlilik artırma ötesindeki teknolojik değişimi teşvik etmek için yetersiz olsa da endüstriyel aktörler, daha katı piyasa bazlı politikaları ENRI'lerin uluslararası rekabet gücüne zararlı olarak algılamaktadırlar. Bu nedenle bu tür önlemleri takip etmekte ve uygulamakta tereddüt etmektedir. Bu da AB-ETS ile tekrarlayan sorunlar için tipik bir örnektir. AB-ETS, karbon için yeterince yüksek bir fiyat sağlamak için mücadele ederken, endüstrinin düşük karbonlu proses teknolojilerinin gelişimi üzerinde çok düşük bir yönlendirme etkisine sahiptir.

İsveç ENRI'lerinin iklim yönetimini analiz etmek için, ENRI'nin İsveç ekonomisindeki ayrıcalıklı konumunun devletle ilişkilerini nasıl şekillendirildiğini anlamak gerekir. ENRI'lar ulusal ekonomiler için stratejik öneme sahiptir ve bu durum özellikle doğal kaynaklara dayalı İsveç ekonomisinde vurgulanmaktadır. Devlet ve sanayi arasında, ekonomik zorunluluklara, büyüme, istihdam ve endüstriyel rekabetçilik konularına bağlı, zaman içinde çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir [24].

İsveç'in ENRI sektörlerindeki endüstriyel yönetim örneğini inceleyerek çevreci devletin endüstriyel ilişkilerini ve karbondan arındırma faaliyetini yönetme konusundaki; ENRI'nin karbondan arındırımı, iklim değişikliği konusunda ciddi olan her çevreci devletin ele alması gereken önemli bir konudur. Ancak, önemli yönetim değişiklikleri de gerektirir. Bu değişikliklerinin birincisi, çevreci endüstriyel yönetimin karbondan arındırmayı daha da ileri götürmek için çevreci devletin iklim hedeflerini ekonomik hedeflerden daha çok önceliklendirmenin yollarını bulması gerekmektedir. İsveç örneğinde olduğu gibi, ekonomik ve ekolojik konular arasında devamlı bir sorun mevcuttur. Piyasa bazlı politikalara tabi olan ENRI'lerin ayrıcalıklı konumu, esas olarak sıkı iklim politikalarına direnmelerini sağlamıştır. Kurumsal teşvikler, endüstriyel karbondan arındırmanın itici güçleri olsalar da piyasa dinamikleri, gerekli geçişi başlatmak için yeterli olmaktan uzaktır. Düzenleyici müdahaleler ve uzun vadeli politika desteği tarafından oluşturulan çevre politikaları güçlü teşviklere ihtiyaç duyarlar. Böylece, karbondan arındırmayı amaçlayan dönüşümlerin kendiliğinden meydana gelmesi mümkün olmadığından, çevreci devlet, endüstriyel yönetimle ilgili ekonomik stratejilerle daha yakından

İlgilenmek zorundadır. Sanayi temsilcileri, uluslararası rekabet güçlerini ihlal etmediği sürece, karbondan arındırma hedefini benimsemeye, alternatifleri araştırmalara ve düşük karbonlu teknolojileri uygulamaya, hazır olduklarını belirtmişlerdir. Endüstriyel karbondan arındırma için gereken politikalar, teknolojik ve ekonomik olarak uygulanabilir opsiyonları destekleyen aktif devlet katılımını istemişlerdir. İkinci konu olarak, çevreci devlet teorisini devlete tek bir varlık olarak değil, daha çok yerleşik rejimleri oluşturan farklı güç gruplarının bir parçası olarak kabul ederek daha verimli bir şekilde bilgilendirme yapılabileceğidir. Rejimler baskın, güçlü olabilir ve değişime direnebilir. Kaynak bağımlılığı ve refah devletinin getirdiği bolluk için doğal kaynak bazlı sektörler tarihsel bağlılık, İsveç ekonomisinde ENRI' lere ayrıcalıklı bir konum sağladı. Bu da stratejik olarak önemli endüstrilerin devlet mülkiyeti ve iklim düzenlemeleri ile enerji fiyatlarını ayrıcalıklı konuma getirdi. İsveç ENRI rejimi, kağıt hamuru ve kağıt endüstrisindeki düşük karbonlu prosese geçiş ve çelik endüstrisinde düşük karbonlu üretim teknolojileri denenmektedir.

Üçüncüsü, gelişmiş refah devletlerinde, örneğin İsveç' te devlet ve sanayi arasındaki diyalog ve işbirliği vardır. İklim politikaları ile ilgili olarak sanayi için muafiyetler sağlayarak devlet-sanayi görüşmeleri ortak vizyon oluşturmaya ve endüstriyel karbondan arındırma için stratejiler geliştirmeye odaklanılmıştır. Bu nedenle politikaya yön verenler ve endüstri temsilcileri arasında uzun vadeli istikamet konusunda kapsamlı bir fikir birliğine yol açmıştır. On yıl önce, ENRI'lerin konumu derin karbondan arındırmanın imkansız olduğu yönünde iken bugün ise ENRI'ler kendi karbondan arındırma stratejilerini geliştiriyor ve daha aktif devlet müdahalesi ile politik karar desteği talep edilmektedir. Bu değişim, karşılıklı anlayış sağlamayı başaran devlet ve endüstri yetkilileri arasındaki diyaloglar yoluyla mümkün olmuştur. Bununla birlikte, endüstriyel karbondan arındırmanın yeniliklerinin ne ölçüde ele alınacağını söylemek için henüz çok erkendir ve son gelişmeleri için aşırı iyimser olunmamalıdır. Pratikte, endüstri hala emisyonları azaltmaya yönelik sıkı önlemlere direnmekte ve devlet, endüstri üzerinde çok fazla baskı uygulama veya yeni teknolojilere büyük kamu yatırımları yapma konusunda hâlâ isteksiz davranmaktadır. Yine de İsveç örneğinde gibi, nispeten sanayile yakın ilişkisi olan gelişmiş bir refah devletinin karar mekanizması modelinin, endüstriyel karbon arındırma ve çevreci endüstri yönetmeye yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Gelecekteki araştırmalar için de çeşitli olasılıklar vardır. Finlandiya gibi benzer koşullara sahip refah devletleri üzerine yapılan karşılaştırmalı araştırmalar, İsveç'in karbon arındırma hedefleyen diğer devletlere kıyasla ne durumda olduğunu belirleyecektir. İsveç'in hedefinin aşırı mı olduğu, yoksa devletlerin endüstri ile nasıl etkileşime girdiği konusunda tipik bir örnek mi olduğu hakkında muhtemelen daha fazla bilgi verecektir.

SONUÇ

İklim değişikliğini, doğal süreçler dışında insan eliyle tetikleyen etkenlerin önlenmesi, özellikle sera gazı emisyonlarının azaltılması için küresel düzenlemeler ile yerel hedef ve stratejiler konusu dünya için son derece önemlidir. İnsanoğlunun faaliyetleri, son birkaç on yıldaki kümülatif antropojenik (insanların etkisiyle oluşan veya yapılan) CO₂ emisyonlarının neredeyse yarısından sorumludur. Nüfus artışı ve yine artan ekonomik faaliyetler, sera gazı emisyonlarının artmasında ana itici gücü olmaya devam etmektedir. Sanayi sektöründe, enerji ve karbon yoğun sanayi alt sektörlerinde üretim sürecinden kaynaklanan emisyonları azaltmanın zorluğu halihazırda büyük bir zorluk teşkil ederken, enerji yoğun alt sektörlerde temel malzemelere olan talebin artması bekleniyor. AB ve paydaşları için belirlenen 2050 yılına kadar ulaşılması hedeflenen "net sıfır sera gazı emisyonuna sahip bir ekonomi" için enerji yoğun endüstrilerin yeni teknolojiler, finansal enstrümanlar ve bu dönüşümü önceleyen bir anlayışa ihtiyaç bulunmaktadır. Malzeme üretim süreçleri CO₂ emisyonlarının %21' ini doğrudan, % 11' ini ise dolaylı olarak kaynağıdır. Bu değerler, endüstrinin istenmeyen etkilerinin çevremize gerçek etkisini tam olarak tanımlamaktan uzaktır. Son 40 yılda nüfus, kentleşme, sanayi ve ekonomi hep birlikte büyümektedir. Küresel ürünlerin yerel olarak üretilmesi yerine, ulusal veya bölgesel üretim ve tüketim küresel hale gelmiştir. Asya, endüstriden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının başlıca nedeni olarak görülmektedir. Ürünler ve çevresel etki eşit olmayan bir şekilde dağıtılsa da, sorun hala küreseldir. Temel sorun, sorunu tüm boyutlarıyla ele almak ve çevreyi koruma maliyetini adil bir şekilde dağıtmaktır. İyi izlenen ve kontrol edilen küresel bir sosyo-ekonomik ve çevresel dönüşüm

kaçınılmaz hale gelmiştir. Bilgi birikimimizdeki boşlukları kapatmak ve endüstriyel faaliyetlerimizin verimliliği yeniden tanımlamak, kendi sürdürülebilir geleceğimiz için önemli adımlardır.

KAYNAKLAR

- [1] IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [2] <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- [3] Allwood J.M.A., Ashby M.F., Gutowski T.G., Worrell E. 2011 Material efficiency: a white paper. Resour. Conserv. Recycling 55, 362–381. (doi:10.1016/j.resconrec.2010.11.002)
- [4] <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions#industry>
- [5] ÅHMAN, M., & NILSSON, L. J. (2015). Decarbonizing industry in the EU: climate, trade and industrial policy strategies. In Decarbonisation in the European Union (pp. 92-114). Palgrave Macmillan, London.
- [6] WESSELING, J.H., et al., 2017. The transition of energy intensive processing industries towards deep decarbonization: characteristics and implications for future research. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79, 1303–1313. doi:10.1016/j.rser.2017. 05.156
- [7] BATAILLE, C., ÅHMAN, M., NEUHOFF, K., NILSSON, L.J., et al., A review of technology and policy options for making heavy industry products consistent with Paris Agreement compatible deep decarbonization pathways, Journal for Cleaner Production
- [8] LECHTENBÖHMER, S., L.J. Nilsson, M. Åhman and C. Schneider (2016) Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification - Implications for future EU electricity demand, Energy, Vol. 115, pp. 1623-1631
- [9] LECHTENBÖHMER, S., Strategies for deep decarbonization of processing industries, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie, DOI 10.12910/EAI2018-44].
- [10] LECHTENBÖHMER, S., 2014. Strategies for deep decarbonization of processing industries.
- [11] ECKERSLEY, R., (2004). "The green state: rethinking democracy and sovereignty." Cambridge, MA: MIT Press.
- [12] BÄCKSTRAND, K., KRONSELL, A., eds., (2015). „Rethinking the green state: environmental governance towards climate and sustainability transitions.” London: Routledge.
- [13] MARKARD, J. TRUFFER, B., (2008). "Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework." Research Policy, 37(4), 596–615. doi:10.1016/j.respol.2008.01.004
- [14] BERGEK, A., et al., (2015). "Technological innovation systems in contexts: conceptualizing contextual structures and interaction dynamics." Environmental Innovation and Societal Transitions, 16, 51–64. doi:10.1016/j.eist.2015.07.003
- [15] <https://www.porthosco2.nl/en/project/>
- [16] <https://www.westkueste100.de/en/>
- [17] SEPA, (2017). National emissions of greenhouse gas emissions. Swedish Environmental Protection Agency. www.naturvardsverket.se.
- [18] GULLBRANDSEN, L.H., STENQVIST, C., (2013). "The limited effect of EU emission trading on corporate climate strategies: comparison of Swedish and Norwegian pulp and paper companies." Energy Policy, 56, 516–525. doi:10.1016/j.enpol.2013.01.014
- [19] Growth Analysis, (2014). "The significance of policy instruments for the greening of industry: a case study of the Swedish forest industry." Stockholm: Growth Analysis (Report 2014:02).
- [20] STENQVIST, C., NILSSON, L.J., (2012). "Energy efficiency in energy-intensive industries: an evaluation of the Swedish voluntary agreement PFE". Energy Efficiency, 5(2), 225–241. doi: 10.1007/s12053-011-9131-9
- [21] BEL, G., JOSEPH, S., (2014). Industrial emissions abatement: untangling the impact of the EUETS and the economic crisis. Barcelona: Barcelona University.



- [22] MARCU, A., ELKERBOUT, M., STOEFS, W., (2016). 2016 state of the EUETS report. Brussels: CEPS.
- [23] HILDINGSSON, R., KHAN, J., KRONSELL, A., (2017). "Interview study of conditions for zero emissions in Swedish basic industry." Lund: Lund University. <https://gist2050.com/publications/>
- [24] JOHANSSON, B., NILSSON, L.J., (2017). "Zero emissions in the basic industry: conditions for a new industrial policy." Lund: Lund University.

ÖZGEÇMİŞ

Barbaros BATUR

1966 İstanbul doğumludur. 1990 yılında İTÜ Makine Fakültesini Makine Mühendisi olarak bitirmiştir. 1995 yılında Marmara Üniversitesinden Endüstri Yüksek Mühendisi olarak mezun olmuştur. 2002 yılında YTÜ' de Makine Mühendisliği, Isı Proses Dalında doktorasını tamamlamıştır. 2005 yılından beri YTÜ, Makine Bölümünde Öğretim Görevlisi Dr. olarak ders vermektedir. Proses, enerji, ısıtma-havalandırma tesisat konularında çalışmaktadır.

Mustafa Cem Çelik

1973 yılı Edirne doğumludur. 1995 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. 1999 yılında Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Yüksek Lisans derecesi alarak yüksek mühendis olmuştur. 2014 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden Doktor unvanını almıştır. 1999 yılından bu güne Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi / Öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yenilenebilir enerji, hidroelektrik santraller, iç hava kalitesi, karbon ayak izi hesaplamaları konularında çalışmaktadır.

Özlem Yurtsever

1983 İstanbul doğumludur. 2006 yılında Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitede 2019 yılında Endüstri Mühendisliği alanında Doktor unvanını almıştır. 2011-2022 yılları arasında Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak görev yapmış olup 2022 yılından itibaren Dr. Öğretim Üyesi olarak görevine devam etmektedir. Sürdürülebilirlik, karbon ayakizi, enerji, iş güvenliği konularında çalışmaktadır.

Muammer AKGÜN

1990 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesinden, 1995 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine-Enerji Anabilim Dalından mezun olmuştur. 1992-1998 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Araştırma Görevlisi olarak, 1998-2013 yılları arasında kazan ve basınçlı kap sektöründe Ar&Ge, Tasarım, Üretim ve Şantiye montaj alanlarında çeşitli projelerde çalışmıştır. 2013-2022 yılları arasında, Bacader Genel Koordinatörü olarak görev yapmıştır. Halen MMO İstanbul Şubesinde Kazan ve Basınçlı Kaplar komisyonu başkanlığı yapmaktadır. MMO İstanbul Şubesi bünyesinde yayınlanan "Kızgın Sulu, Kızgın Yağlı, Buharlı Isıtma Sistemleri" kitabının altı bölümünün yazarı ve son üç baskısının da editörü, ISKAV bünyesinde yayınlanan "Endüstri Kazanları" kitabının bir bölümünün yazarı ve "Sıcak Su Kazanları" kitabının üç bölümünün yazarı ve kitabın son baskısının editörüdür. İMSAD Yapı Malzemeleri Komisyonu ile birlikte "Yapı Malzemeleri Yönetmeliği Rehber Kitap" ve Çevre Dostu Malzemeler Komisyonu ile "Sürdürülebilir İnşaat Malzemeleri Sözlüğü" çalışmalarına katkı sağlamıştır. Yayınlanmış pek çok makalesi, teknik yazıları bulunmaktadır.