



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



“İSTANBUL ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNÜN AB YEŞİL MUTABAKAT POLİTİKALARINA UYUMU İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SERTİFİKASYON MERKEZİ” PROJESİ

UYUM REHBERİ

Proje Koordinatörü



Proje Ortakları



**TURKISH
METAL
EXPORTERS**



İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen İstanbul Alüminyum Sektörünün AB Yeşil Mutabakat Politikalarına Uyumu için Sürdürülebilirlik ve Sertifikasyon Merkezi Projesi kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği İstanbul Kalkınma Ajansı veya Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın görüşlerini yansıtmamakta olup, içerik ile ilgili tek sorumluluk TALSAD, ALUTEAM ve İDDMİB'e aittir.

İstanbul Alüminyum Sektörünün AB Yeşil Mutabakat Politikalarına Uyumu için Sürdürülebilirlik ve Sertifikasyon Merkezi Projesi, İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenmektedir.



TALSAD
TÜRKİYE ALÜMİNYUM SANAYİCİLERİ DERNEĞİ

ALUTEAM
ALUMINIUM TEAM

TURKISH
METAL
EXPORTERS



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	2
GİRİŞ.....	3
BÖLÜM 1 - TÜRKİYE ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ.....	4
1.1. Alüminyum (Al).....	4
Yazar: Doç. Dr. Ahmet TURAN	
1.2. Alüminyum Üretim Yöntemleri.....	4
Yazarlar: Doç. Dr. Ahmet TURAN, Prof. Dr. Özgül KELEŞ	
1.3 Endüstriyel Hammadde Olarak Alüminyum.....	8
Yazar: Erman CAR	
1.4 Alüminyum Üretim Yöntemleri	9
Yazar: Erman CAR	
1.5. İkincil Alüminyum Üretimi.....	10
1.6. Yeniden Üretim/Geri Dönüşüm Türleri.....	12
BÖLÜM 2 – AB YEŞİL MUTABAKAT SÜRECİ VE ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNE ÖZGÜ ÖNEMLİ BAŞLIKLAR.....	13
2.1. AB Yeşil Mutabakatına Giriş.....	13
Yazar: Doç. Dr. Ahmet TURAN	
2.2. ABYM Sürecinde Üretici Endüstrileri Bağlayıcı Konular.....	15
Yazar: Doç. Dr. Ahmet TURAN	
2.2.1. 2030 ve 2050 için İklim Hedefinin Artırılması.....	15
2.2.2. Temiz, Ulaşılabilir ve Güvenilir Enerjinin Sağlanması.....	15
2.2.3. Döngüsel ve Temiz Ekonomi için Endüstriyi Harekete Geçirme.....	15
2.2.4. Enerji ve Kaynak Verimli İnşaat ve Yenileme.....	15
2.2.5. Tarladan Sofraya Adil, Sağlıklı ve Çevre Dostu Gıda Sistemlerinin Geliştirilmesi.....	15
2.2.6. Ekosistemlerin ve Biyoçeşitliliğin Korunması ve İyileştirilmesi.....	16
2.2.7. Temiz Bir Çevre için Sıfır Kirlilik Hedefi.....	16
2.2.8. Sürdürülebilir ve Akıllı Ulaşım Geçişin Hızlandırılması.....	16
BÖLÜM 3 - AB YEŞİL MUTABAKAT SÜRECİ ALÜMİNYUM SEKTÖRÜ VE ETKİ ANALİZİ / UYUM SÜRECİ GEREKLERİ / MEVCUT DURUM ANALİZİ.....	21
3.1.Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması ve Alüminyum Sektörüne Etkileri/Uyum Sürecine Yönelik Öneriler.....	21
Yazarlar: Prof. Dr. Özgül KELEŞ, Ahmet EDEPLİ	
3.1.1. SKDM Sürecinde İzlenecek Adımlar.....	30
3.2.Enerji Verimliliği ve Emisyon Azaltımı Hedefleri.....	33
Yazar: Erman CAR	
3.3.Avrupa Birliği Taksonomi Direktifi ve Sürdürülebilirlik.....	36
Yazar: Prof. Dr. Özgül KELEŞ	
3.3.1.Sermayelerin sağlanmasına yönelik olarak geçiş finansmanı.....	36
BÖLÜM 4 - ABYM'nin Türkiye Alüminyum Sektörünün Rekabetçi Yapısı İçin Genel Değerlendirmesi.....	38
Yazarlar: Doç. Dr. Ahmet TURAN, Prof. Dr. Onuralp YÜCEL	
4.1.Dünya Alüminyum Sektörünün Geleceği.....	39
REFERANSLAR.....	43
EKLER.....	45



ÖNSÖZ

Bu rapor İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA) tarafından 2021 Yenilikçi İstanbul Mali Destek Programı kapsamında desteklenen, TALSAD, Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği koordinatörlüğünde, Fatih Sultan Mehmet Vakfı Üniversitesi, Alüminyum Test ve Araştırma Merkezi (FSMVÜ ALUTEAM) ile İstanbul Demir ve Demir Dışı Metaller İhracatçıları Birliği'nin (İDDMİB) destekleyen kuruluşlar olarak katıldığı, "İstanbul Alüminyum Sektörünün AB Yeşil Mutabakat Politikalarına Uymu için Sürdürülebilirlik ve Sertifikasyon Merkezi", (TR10/21/YEP/0163) isimli projenin önemli akademik çıktılarından biridir. Proje İstanbul alüminyum sektörü başta olmak üzere önemli bir ihracat kalekimiz olan mamul ve yarı mamul alüminyum ürünlerinin AB pazarlarında büyümekte olan payını korumak, Yeşil Mutabakat sürecinin öncelikli konusu olan karbonsuzlaşma ve döngüsel ekonomi kapsamında alüminyum üreticilerimizi bilgilendirmek, yol haritası oluşturmak, uyum sürecine rehberlik etmek üzere sürdürülebilirlik ve sertifikasyon alanında hizmet vermek amacındadır.

Projenin üç önemli teknik çıktılarından biri olan AB Yeşil Mutabakat Uyum Rehberi, Sınırdaki Karbon Düzenlemesi Mekanizması (SKDM) ve emisyon azaltım politika hedeflerine destek vermek üzere hazırlanmış ve yine bu kapsamda enerji verimliliği alanında önemli bir rol oynayacak olan ergitme teknolojilerini de detaylı bir şekilde inceleyen alüminyum üretiminde ergitme teknolojileri ve enerji verimliliği raporu ile desteklenmiştir.

AB Yeşil Mutabakat Uyum Rehberi ve rehberin eki olan Ergitme Teknolojileri ve Enerji Verimliliği raporunun hazırlanması İstanbul Teknik Üniversitesi ile Yeditepe Üniversitesi konsorsiyumunda gerçekleştirilmiştir. Raporu kaleme alan Prof. Dr. Onuralp Yücel, Prof. Dr. Özgül Keleş, Doç. Dr. Ahmet Turan ve Erman Car'a ve İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Fakültesi dekanı sayın Prof. Dr. Sebahattin Gürmen'e özel teşekkürlerimizi sunarız.

Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği

GİRİŞ

Alüminyum hafifliği, yüksek dayancı, kolay şekil verilebilme özelliği, ısı ve elektrik iletkenliği ve sonsuz geri dönüştürülebilme gibi önemli özellikleri ile otomotiv, inşaat, havacılık, savunma, tıp ve enerji sektörlerinde yaygın bir şekilde kullanılan ve dünyada talebi hızla büyüyen önemli bir stratejik malzemedir. Dünya birincil alüminyum talebi 2022 yılında yaklaşık 68.5 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup, geri dönüşüm yolu ile üretime katılan ürünler ile toplam alüminyum talebi 95 milyon tona ulaşmış bulunmaktadır. Önümüzdeki yıllara yönelik talep beklentilerine ilişkin bir çok pazar analizi, sektörün ortalama %5 - %6 seviyesinde büyüyeceğini ve küresel pazar büyüklüğünün ise 168 milyar \$'dan 256 milyar \$ seviyesine ulaşacağını öngörmektedir. Alüminyum talebindeki güçlü büyüme otomotiv, havacılık, savunma ve inşaat sektörlerinde alüminyum lehine gelişen talep artışından kaynaklanacağı öngörülmektedir.

Türkiye alüminyum sektörü ise 50 yılı aşkın tarihçesi ile dünya pazarlarında güçlü bir yer edinmiş, son yıllarda AB başta olmak üzere Kuzey Amerika gibi gelişmiş ekonomilere önemli ihracat yapan küresel bir tedarikçi konumuna gelmiştir. Türkiye dünya alüminyum ithalatında altıncı sırada, AB'nin AB dışı ülkelerden yaptığı mamul ve yarı mamul ithalatında ise birinci sırada bir tedarikçi konumundadır. Alüminyum sektörünün güçlü büyüme çizgisinin devamı Türkiye ekonomisi için vazgeçilmez öneme sahiptir. Türkiye'nin alüminyum mamul ve yarı mamul ürünleri ihracatı 2022 yılında yaklaşık 1.4 milyon ton düzeyine ulaşmıştır. Son 10 yıl içinde ihracatımız yaklaşık 600 bin ton seviyesinden, iki katı büyümenin de üzerine çıkarak 6.3 milyar \$'lık çok güçlü bir seviyeye gelmiştir. 2022 yılında en fazla ihracat 2.37 milyar \$ ile "alüminyum çubuklar ve profiller" ürün grubunda gerçekleşmiştir. En fazla ihracatı gerçekleştiren ikinci ürün grubu olarak "alüminyumdan saclar, levhalar" ürün grubunda ihracat 1.26 milyar \$'a ulaşmıştır. "işlenmemiş alüminyum" ihracatı ise 570 milyon \$ ile üçüncü sıradadır. Alüminyum sektörü kilogram başına düşen birim ihracat fiyatı 2022 yılında bir önceki yıla göre %22,5 artışla 4.9 \$/kg'a yükselmiştir. Diğer taraftan 2022 yılında alüminyum ithalatımız ise %19,6 artışla 7.9 milyar \$'a ulaşmıştır. 2022 yılında en fazla ithalat gerçekleştirilen ürün grubu 5.4 milyar \$ ile "işlenmemiş alüminyum" ürün grubu olmuştur. Türkiye birincil alüminyumda yaklaşık %95 oranında dışa bağımlı olup, ülkemizin alüminyum sektöründeki dış ticaret yapısı işlenmemiş alüminyum ithal edilmesi ve işlenmiş alüminyum ürünlerin ihraç edilmesi yönünde olduğu görülmektedir.

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat kapsamında karbon emisyonlarını küresel olarak azaltmak ve belirli endüstrilerde de karbon kaçağını azaltmak amacı ile SKDM uygulama aşamasına gelmiştir. Birincil alüminyum üretimi yüksek enerji tüketimi nedeni ile enerji yoğun endüstrilerin başında gelmekte ve bu nedenle, demir-çelik, alüminyum, çimento, gübre ve enerji sektörleri AB Komisyonu tarafından sınıra karbon düzenleme mekanizmasının pilot sektörleri olarak belirlenmiş bulunmaktadır. Avrupa Komisyonunun kararı uyarınca 2023 yılı Ekim ayından itibaren SKDM uygulamasının raporlama yükümlülüğü başlayacak, 2026'dan itibaren ise bu süreç tamamen bir ekonomik sonuç ile (emisyon ticaret sistemindeki karbon fiyatlamasına eşdeğer bir düzeyde) AB üreticileri için belirlenen karbon ayak izi seviyesine endeksli bir bedel ile bir anlamda karbon vergisine tabi tutulacaktır. Yeşil Mutabakat kapsamında sektörü en çok etkileyecek olan SKDM ile karbonsuzlaşmaya geçiş sürecinin önemli araçları olan geri dönüşüm, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik raporlamaları alanlarında sektörün teknik ve sertifikasyon ihtiyaçlarına destek olmak üzere İstanbul Kalkınma Ajansının desteği ile bu proje geliştirilmiştir.

Bu proje kapsamında sektörün en önemli ihtiyaç alanları olarak öngörülen:

- Alüminyum Sektörüne Özgü Yeşil Mutabakat Uyum Rehberi
- SKDM için Eğitim ve Pilot Proje Uygulamaları
- Alüminyum Sektörü için Geri Dönüşüm Envanteri
- Sürdürülebilirlik ve SKDM Sertifikasyon/Destek Merkezi

Konularını kapsayan bir çalışma başlatılmıştır. Bu rapor Alüminyum sektörümüze özgü Yeşil Mutabakat uyum sürecine ilişkin önemli hususları ele almaktadır. Rapor alüminyum konusunda genel bir değerlendirme içermekte ve Yeşil Mutabakat sürecinin önemli unsurlarını detaylı olarak ele almaktadır.



BÖLÜM 1 - TÜRKİYE ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ

1.1. Alüminyum (Al)

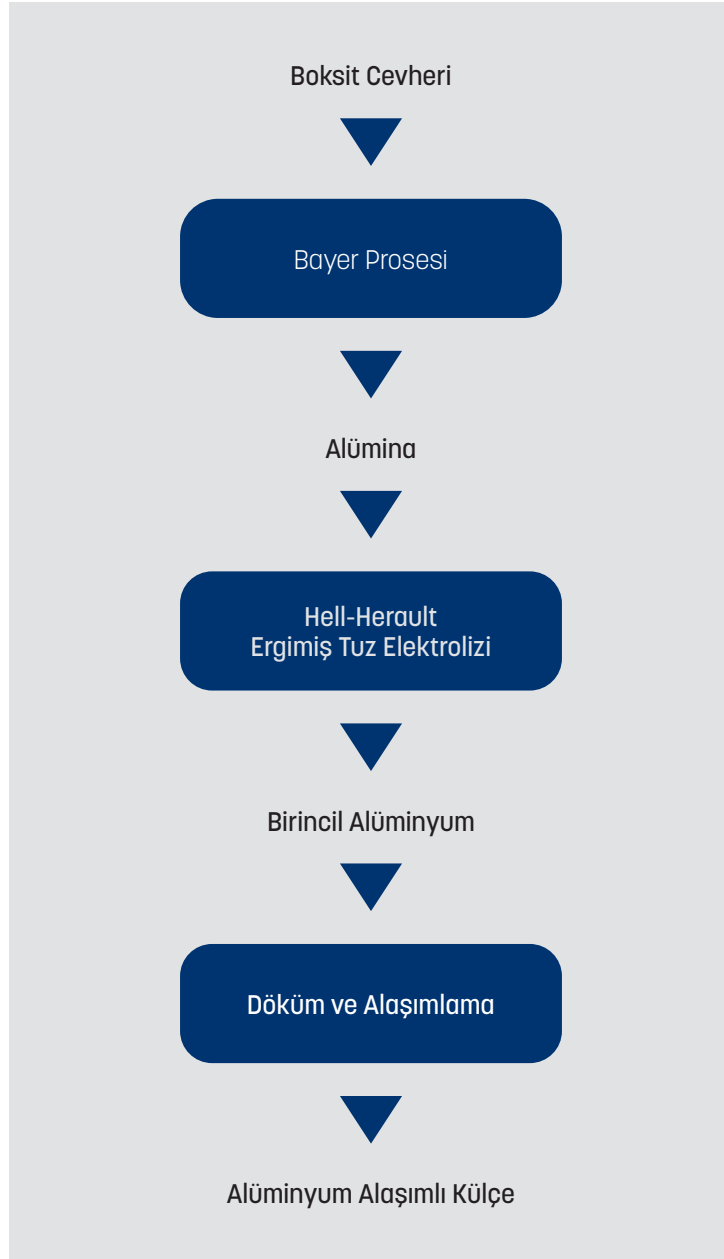
Oksijen ve silisyumdan sonra yerkabuğunda en çok bulunan üçüncü element olan alüminyum (ağırlıkça yaklaşık %8,23) doğada oksit ve silikat bileşikleri halinde bulunmaktadır. Yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden biri olmasına rağmen endüstriyel üretimi, Hall ve Héroult tarafından keşfedilen ergimiş tuz elektrolizi yöntemi ile 1886 yılında gerçekleştirilmiştir. Yüzey merkez kübik (YMK) kristalografik yapıya sahip Al, gümüş renkli bir metaldir. 2.7 g/cm^3 yoğunluğu ile magnezyumdan sonra en hafif ikinci yapısal metaldir. Düşük yoğunluğuna rağmen sahip olduğu mukavemet, yüksek korozyon direnci, kolay şekillendirilebilme, yüksek termal ve elektriksel iletkenlik gibi özelliklerinden dolayı otomotiv, ambalaj, inşaat, makina, savunma sanayi, tıp, enerji ve boya sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yüksek termal iletkenlik özelliği sayesinde ısıtma ve soğutma uygulamalarında da tercih edilmektedir. Alüminyumun ikincil üretimde neredeyse sonsuz geri dönüştürülebilirliği, alüminyum ve alaşımlarını sektörde vazgeçilmez kılmaktadır.

Başta demir ve silisyum olmak üzere boksit cevheri içindeki yabancı oksitleri gidermek ve saf alüminyum oksiti tek başına elde etmek metale gidebilmenin ön koşuludur. Birincil alüminyum üretimi, boksit cevherlerinden alüminanın eldesi ve sonrasında ergimiş tuz elektrolizi ile alüminyum metalinin üretimini içerir. İkincil alüminyum üretimi ise ömrünü tamamlamış alüminyum ürünler, cüruf, işleme talaşı gibi alüminyum hurdalarının ve alüminyum içeren hammaddelerin geri dönüştürülmesiyle alüminyum üretimine yönelik süreçleri kapsamaktadır [1].

1.2. Alüminyum Üretim Yöntemleri

Birincil alüminyum üretimi, boksit madenciliği, boksit cevherlerinden Bayer Prosesi ile alümina üretimi ve alüminadan ergimiş tuz elektrolizi (Hall-Héroult Prosesi) ile metalik alüminyum üretimi olmak üzere birbirinden bağımsız 3 süreçten oluşmaktadır (Şekil 1.1) [2].

Boksit cevherinden alümina üretimi için uygulanan Bayer Prosesi üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşama olan çözündürmede boksit cevheri, içeriğindeki alüminyum oksidin (alümina, Al_2O_3) eldesi için kostik soda çözeltisi ile yüksek sıcaklık ve basınçta liç edilmektedir. Çözelti içinde çözünemeyen gang mineralleri filtrasyon ile ayrılmaktadır. İkinci aşama olan çöktürmede ise çözelti içindeki alüminyum hidroksit $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ çöktürülür, yıkanır ve kurutulur, bu sırada kostik çözeltisi ayrılarak yeniden kullanılmak üzere sisteme geri beslenir. Son aşama olan kalsinasyonda ise alüminyum hidroksit kalsinasyona tabi tutularak elde edilen ince taneli ve beyaz renkli alümina (metalurjik kalite alümina), alüminyum hammaddesi olarak elektroliz tesisine gönderilmektedir.



Şekil 1.1: Birincil alüminyum üretimi akış şeması [2].

Ergimiş tuz elektrolizi, 950 ile 970 °C arasındaki sıcaklıklarda alüminanın, elektroliz hücrelerinde ve kriyolit (Na_3AlF_6) banyosu içinde çözünerek, alüminyum ve oksijene de-iyonize olmasıyla sonuçlanan yüksek enerji gerektiren bir prosestir [2]. Burada prensip, metal ve ametal iyonlarını sulu ortam yerine ergimiş ortam içinde hareketli hale getirip, kütle ve şarj transferini ergimiş tuzun iyonları ile gerçekleştirmektir.

Elektroliz esnasında alüminyum, katot yüzeyinde (hücrenin alt bölümü) indirgenirken oksijen ise elektroliz hücresinin üst bölümüne asılan anot yüzeyinde ortaya çıkar ve karbon esaslı anot ile reaksiyona girerek CO_2 şeklinde hücreyi terk eder. Elektroliz sırasında karbondan yapılan anot sürekli olarak tüketilir ve belirli periyotlarda yeniden beslenmesi (Söderberg hücrelerde) ya da yenilenmesi (ön-pişirilmiş hücrelerde) gerekmektedir [3].

Birincil alüminyum üretiminde, 1 ton alüminyum üretimi için ortalama hammadde ve enerji dengesi aşağıda verildiği gibidir:

- 4 ton boksit cevheri,
- 2 ton metalurjik kalite alümina,
- Elektroliz için 0.40 ila 0.46 ton karbon anot,
- Elektroliz için 12.500 – 16.000 kWh arası elektrik enerjisi (doğru akım, DC) [1].

Yüksek enerji girdisine ve sera gazı emisyonuna gereksinim duyan geleneksel elektroliz prosesi yerine, alternatif yöntemler üzerine uzun yıllardır çalışılmaktadır. Bu alternatif proseslerin başında ise “inert anot” ve “Bayer Prosesi ile üretilen alüminadan alüminyum klorür ve alüminyum klorür elektrolizi ile metalik alüminyum üretimi prosesi” gelmektedir.

Mayıs 2018’de Kanada Hükümeti’nin desteği ile inert anot projesinin endüstriyel ölçekte kullanıma geçmesi için Amerikan birincil alüminyum üreticisi olan ALCOA (Aluminium Company of America), Rio Tinto (Eski ALCAN-Aluminium Company of Canada) ve ELYSIS bir ortak girişim oluşturmuş ve iki aşamalı olarak gerçekleştirilmesi planlanan projenin bütçesi 558 milyon Kanada Doları olarak deklare edilmiştir. Proje, geleneksel birincil alüminyum üretiminde oluşan bütün sera gazı emisyonlarını ortadan kaldıran ve bunun yerine oksijen üreterek birincil alüminyum üretim teknolojisinde bir “devrim” ve aynı zamanda küresel iklim değişimi ile mücadele için kararlı bir adım olarak tanıtılmıştır. Aralık 2019’da ise inert anot teknolojisi ile ilk metalik alüminyum üretilse de inert anot teknolojisi ile ilgili proseste kullanılan anot malzemesinin ne olduğu, bulunabilirliği ile maliyeti ve proses sırasında ne kadar enerji harcandığına dair detayların paylaşılmaması endüstriyel ölçekte uygulanabilirliğine dair soruları yanıtsız bırakmıştır. Diğer bir alternatif proses ise, alüminadan alüminyum klorüre geçişte ihtiyaç duyulan karbon ve klorun sürekli olarak geri beslendiği kapalı devre bir sisteme sahiptir. Fakat; $MgCl_2$ elektrolizi ile metalik magnezyum eldesi ile ilgili yaşanan çevre sorunları, elektroliz ile üretilen magnezyumun kalitesinin özellikle otomotiv endüstrisi olmak üzere kullanıcıların teknik gereksinimlerini karşılayamaması ve $AlCl_3$ tuzlarının elektroliz koşulları altındaki davranışı ile bu alternatif yöntemin kullanılabilirliğini sınırlamaktadır [3].

İkincil alüminyum üretiminde hurdaların daha fazla toplanması ve döngüye dahil olarak daha fazla yeniden üretilmiş alüminyum ürün kullanılması hem alüminyum endüstrisi hem de sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Birincil alüminyum üretiminde en kritik konu “enerji” iken, ikincil alüminyum üretiminde “hurda kalitesi ve bulunabilirliğidir”. İkincil alüminyum üretim süreci hurda toplama, hurda ayırma, hazırlama ve ön-işlemler; ergitme, alaşımlandırma, metal rafinasyonu, döküm, cüruf temizleme ve cüruf değerlendirme adımlarından oluşan 7 aşamalı bir prosestir. Yeniden değerlendirme/üretim prosesinin uygulandığı endüstri “ikincil alüminyum endüstrisi” olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde artan ve desteklenen tüketim olgusuna karşın, doğal kaynakların sınırlı olduğunun anlaşılmış olması, artan üretim maliyetleri ve enerji üretim sürecinde özellikle fosil yakıt kullanımından kaynaklanan çevresel zararlar metal kazanım proseslerinin teknolojik kullanımına bağlı olarak “metallerin yeniden değerlendirilmesi” kavramının oldukça önemli hale gelmesini sağlamıştır [4].

Neredeyse sonsuz geri dönüştürülebilir özelliği ve böylece birçok düşük karbonlu proseste kullanılabilir olmasından dolayı alüminyum diğer metallerden farklı olarak sürdürülebilir dönüşüm açısından özel bir malzeme olarak ayrılmaktadır. Enerji sektöründe yenilenebilir enerji, lojistik sektörde daha verimli ulaşım, inşaat sektöründe çevre dostu yapı malzemeleri, elektrikli ve düşük emisyonlu araçlarda kullanımı, ticari havacılık sektöründe, ambalaj ve tüketim ürünlerinde ve ayrıca sağlık sektöründe daha ucuz ve sürdürülebilir kullanımı gibi birçok alanda kendine yer bulabilmektedir. Tüm bu nedenlerle son 100 yılda değerli metal sınıfında yer alan alüminyum, stratejik bir malzeme olmuştur.

Alüminyumdan kaynaklanan emisyonların önemli bir bölümü, elektroliz işlemi sırasında tüketilen elektriğin üretiminden kaynaklandığından, elektriğin karbonsuzlaştırılması da önemli bir husus olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, düşük CO_2 emisyonlu enerji üretiminin ve karbon yakalama teknolojilerinin kullanımının 2050 yılına kadar neredeyse sıfır emisyonlu üretim proseslerine geçişte önemli konular olacağı açıkça görülmektedir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar, Al endüstrisindeki toplam emisyonların %15’ini oluşturduğu için yeşil yakıta geçiş, karbonsuzlaşma adına güvenilir başka bir yol olabilir [5].

"Yeşil Alüminyum", daha yüksek geri dönüştürülmüş içerik ve boksitten birincil alüminyum üretiminde yeşil enerji (yenilenebilir ve hidroelektrik) kullanımı ile metalin daha düşük bir sera gazı yoğunluğuna sahip olarak tedarik edildiği bir kavramdır. Birincil alüminyum üretimi, yıllık olarak dünya elektriğinin %4'ünden ve sera gazının %1'inden sorumludur. Yeni teknolojiler ile, dünya ortalamasında 12.5 – 16.0 ton CO₂e/ton alüminyum olan sera gazı yoğunluğu 2.5 ton CO₂e/ton alüminyuma düşürülebileceği öngörülmektedir. Tahminler, toplam miktarın %80'ini oluşturan 3.5 milyon mt/yıl'ın 2025 yılına kadar "yeşil alüminyum" yöntemleri kullanılarak tedarik edilebileceğini göstermektedir [1].

Türkiye'de ilk alüminyum üretimi 1974 yılında Eti Alüminyum Entegre Tesisleri'nde gerçekleştirilmiştir. Alüminyuma değişik alaşım elementleri ilavesi ile farklı alüminyum alaşımları üretilir. Bu alaşımlar yoğrulabilir ve döküm alaşımları ile iki ayrı sınıfa ayrılır. Bu alaşımlardan yoğrulabilir olanları haddeleme, ekstrüzyon, dövme ve tel çekme teknolojileri ile şekillendirilip levha, folyo, profil, tel, biyel kolu gibi pazardaki son kullanıcının isteklerine uygun ürün haline getirilir. Döküm alaşımlarında ise alüminyum T ingot ergitilerek değişik döküm teknolojileri ile dökülüp katılaştırılarak şekillendirilerek jant, motor bloğu, su pompası gibi şekilli parçalar halinde pazara sunulurlar [6].

Ülkemizde 1974 yılında devlet sermayesi ile kurulan Eti Alüminyum Entegre Tesisleri o dönemlerde 60.000 ton/yıl kapasiteye ulaşmıştır. Ülkemizde 2023 yılında birincil alüminyum üretimi 82.000 ton, Ülkemize ithal edilen toplam birincil alüminyum miktarı 1.690.119 ton ve ikincil alüminyum miktarı 198.961 tondur. Ülkemizde 1 adet birincil alüminyum üretim tesisi olmakla birlikte sayıları 60 civarında olan ve doğrudan yarı mamul üretiminin yanı sıra, yarı mamul işleyerek yassı ürün üreten yani haddeleme teknolojisine sahip, 165 sayıda profil üretimi yapan ekstrüzyon tesisi bulunmaktadır. Bu tesislere ilave olarak döküm teknolojilerini kullanan çok sayıda irili ufaklı tesis bulunmaktadır. Alüminyum ve alüminyum ürünleri ihracatı 2023 yılında 1.19 milyon ton, ithalatı ise 2.27 milyon ton olarak gerçekleşmiştir [7].

Ülkemizde ikincil alüminyum üretimine yönelik olarak hizmet veren 60 civarında tesis bulunduğu tahmin edilmektedir. Yılda yaklaşık 350-400 bin ton seviyesinde hurda alüminyumun tekrar geri dönüştürüldüğü tahmin edilmektedir [7]. Bu tesisler yurtiçi ve dışından aldıkları hurdalar ve cürufaları kullanarak geri dönüşümü gerçekleştirmiş ve ikincil alüminyum külçeler vermektedirler. Buna ilave olarak hadde ve ekstrüzyon üretimi yapan çoğu üretim tesisinde de ayrıca proses hurdaları ile uygun şekilde tasnif edilmiş nitelikli hurdalarda kullanılabilmekte, bu tip nitelikli hurdalarının ergitilip rafine edilmesi ile alüminyum geri kazanımı yapılmaktadır

Tablo 1.1: Alüminyum ithalat ve ihracat miktarları (2023) [7].

ÜRÜN TİPİ	İHRACAT (TON)	İTHALAT (TON)
Birincil Alüminyum (7601)	152.641	1.690.119
İkincil Alüminyum (7602)	21.359	198.961
Alüminyum Tozları ve İnce Pullar (7603)	1.965	2.544
Çubuk ve Profiller (7604)	385.072	17.752
Teller (7605)	17.671	72.590
Saclar, Levhalar (7606 – 7607)	384.125	253.326
Diğer (7608 – 7614)	231.346	40.520
TOPLAM	1.194.179	2.275.812

1.3 Endüstriyel Hammadde Olarak Alüminyum

Birincil hammadde: Boksit cevherlerinden Bayer işlemi ile metalurjik kalite alümina (Al_2O_3) ve alüminadan Hall-Herault ergimiş tuz elektrolizi yöntemi ile metalik alüminyum üretim süreci sonunda elde edilen, metal saflığı % 99,0 ile % 99,8 arasında olan işlenmemiş, ham alüminyumdur

İkincil hammadde: İkincil kaynaklardan elde edilen yani kullanım ömrünü doldurmuş alüminyum malzemeler (eski hurda) ve çeşitli alüminyum işleme süreçlerinde oluşan işlem artıkları ve ister birincil ister ikincil alüminyumun ergitilmesi ve rafinasyonu sırasında oluşan cürufun içerdiği metalik alüminyumdur. Alüminyum ve alaşımlarının hemen hemen her sektörde kullanım alanı bulması nedeni ile eski hurdalar çok çeşitlidir ve genellikle tanımlanabilen malzemeler değildir. Yani farklı alaşımlarda ve kendileri dışında birçok diğer malzemelerle (plastik, boya, lak, kağıt vs.) ve kirliliklerle (kum, çamur, nem, yağ vs.) beraber bulunurlar. Bu nedenle toplandıktan sonra, ergitme işlemi öncesi mekanik ya da ısı yollarla proses edilmeleri gerekir. Yani toplanırlar, gruplanırlar, ayrılırlar, çeşitli hazırlama işlemlerine tutulurlar ve ergitilirler



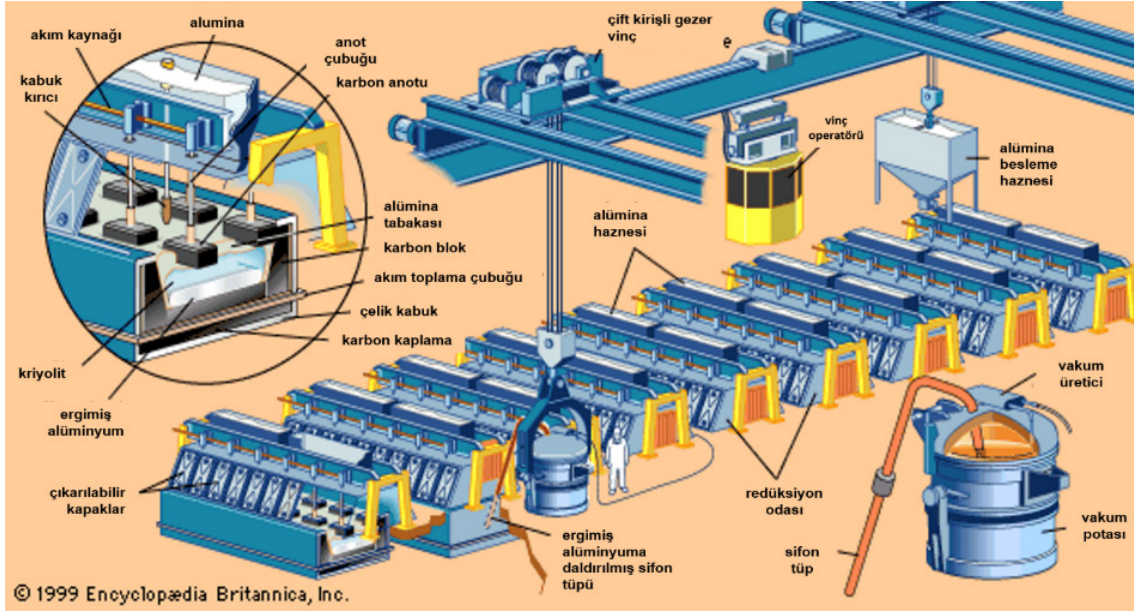
Şekil 1.2: İkincil hammaddeler, proses hurdaları, kullanım ömrünü doldurmuş eski hurdalar.

1.4 Alüminyum Üretim Yöntemleri

Metalik alüminyum iki yol ile

Üretilir:

- Boksit cevherlerinden "Birincil Alüminyum Üretimi"
- Hurdalardan "İkincil Alüminyum Üretimi"



Şekil 1.3: Alüminyum elektroliz hücresi ve elektroliz tesisi (Encyclopedia Britannica).

Birincil alüminyum üretiminde oluşan karbon salınımlarının yaklaşık %80'i elektrik enerjisi üretimi sırasında oluşan dolaylı karbon salınımlarıdır (Kapsam 2). Doğrudan salınımlar büyük oranda anot reaksiyonları sırasında oluşmaktadır.

Kömür: 12-16 kg CO₂/kg Al
Doğal gaz: 5-8 kg CO₂/kg Al
Yenilenebilir: <1 kg CO₂/kg Al

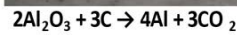


elektrik enerjisi

Alümina: 1.1-5 kg CO₂/kg Al



alümina



1.5-3.5 kg CO₂/kg Al

Toplam

Kömür: 17-25 kg CO₂/kg Al
Doğal gaz: 8-15 kg CO₂/kg Al
Yenilenebilir: 3-6 kg CO₂/kg Al

Anot: 0.2 kg CO₂/kg Al



Sustainable Automotive Material
Selection from a Carbon Footprint
Perspective, HYDRO, AIT, Eylül 2020

Şekil 1.4: Birincil alüminyum üretimi emisyonları.

Tablo 1.2: Küresel ortalama karbon emisyonları ve mevcut en iyi teknolojiler, Best Available Techniques (BAT), ile ulaşılabilecek karbon emisyonlarının, enerji kaynaklarına göre karşılaştırılması (ortalama AC enerji tüketiminin 14.2 kWs/kg alüminyum kabulü ile).

Enerji Kaynağı	Küresel Ortalama Emisyon (t CO ₂ e/t Al)	BAT ile Ulaşılabilecek Minimum Emisyon (t CO ₂ e/t Al)	Minimum Emisyon BAT + Karbon Depolama (t CO ₂ e/t Al)
Hidroelektrik	0.30	0.01	0.01
Nükleer	0.17	0.05	0.05
Kömür termik	11.60	10.50	2.70
Çin karışık kaynaklardan	13.60	-	-
Doğalgaz (kombine döngü prosesi)	7.60	5.80	1.30

1.5. İkincil Alüminyum Üretimi

Metaller binlerce yıldır kullanılmaktadır. Endüstri Devrimi'ne kadar metallerin "yeniden değerlendirilmesi" çok nadir olarak rastlanan bir olgu idi. Endüstri Devrimi sırasında ise maden ve enerji kaynaklarının sonsuz olduğu algısı egemendi ve yeniden değerlendirme kavramı, endüstriyel yaşamda önem taşımamaktaydı. Ancak günümüzde müthiş artan ve desteklenen tüketim olgusuna koşut olarak, maden kaynaklarının sınırlılığının anlaşılmış olması, enerji bulunabilirliği ve üretim maliyetleri ve enerji üretimi sürecinde – özellikle fosil yakıt kullanımında- oluşan çevresel zarar ve tahribat- teknolojik boyutta özellikle metal ekstraksiyon proseslerinde teknolojik gelişime bağlı olarak "metallerin yeniden değerlendirilmesi" olgusunun oldukça önemli hale gelmesine neden olmuştur.



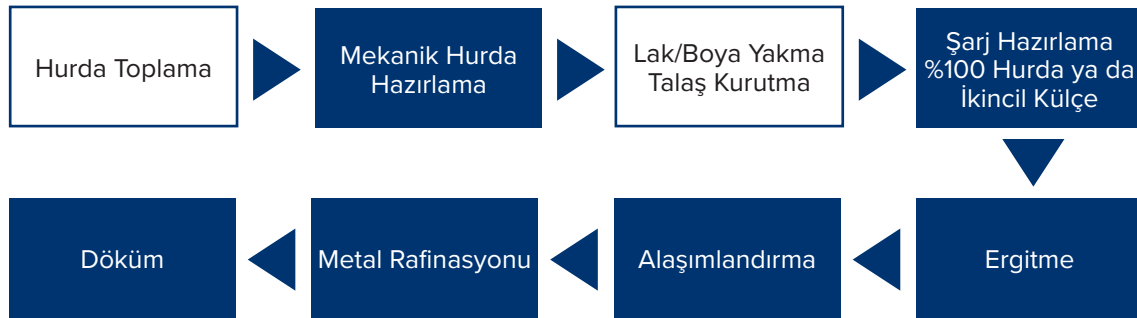
Şekil 1.5: Geleneksel boksit madenciliği ve kent madenciliği.

Yeniden değerlendirme/geri dönüşüm (recycling), malzemenin yeni-eski-yeni dönüşüm çevrimidir ve bir prosestir. Yani yeni ürün üretilir, ömrünü doldurur, eski olur, diğer malzemelerle birlikte toplanır, gruplandırılır, ayrılır ve ergiticilere geri döner. Ergitme sonrası ikincil yeni olarak tekrar çevrime katılır. Diğer bir deyişle malzeme çevrimini, son aşaması olan hurdadan geri kazanıldığında tamamlar. Sonuçta yeniden üretim (yeniden değerlendirme), toplama, ayırma ve zenginleştirme, geri kazanım (recovery) ve yeniden ergitme (remelting) işlemlerini kapsayan bir süreçtir. Recycling sözcüğü Türkçeye geri

dönüşüm olarak çevrilmiştir. Ancak geri dönüşüm terimi recycling sürecindeki prosesleri içermediğinden ve süreci dikkate almadan yalnızca sonucu tanımladığından bu yazıda “yeniden üretim/geri dönüşüm” terimi tercih edilmiştir.

Yeniden değerlendirme/üretim işleminin uygulandığı endüstri “ikincil alüminyum endüstrisi” olarak tanımlanır.

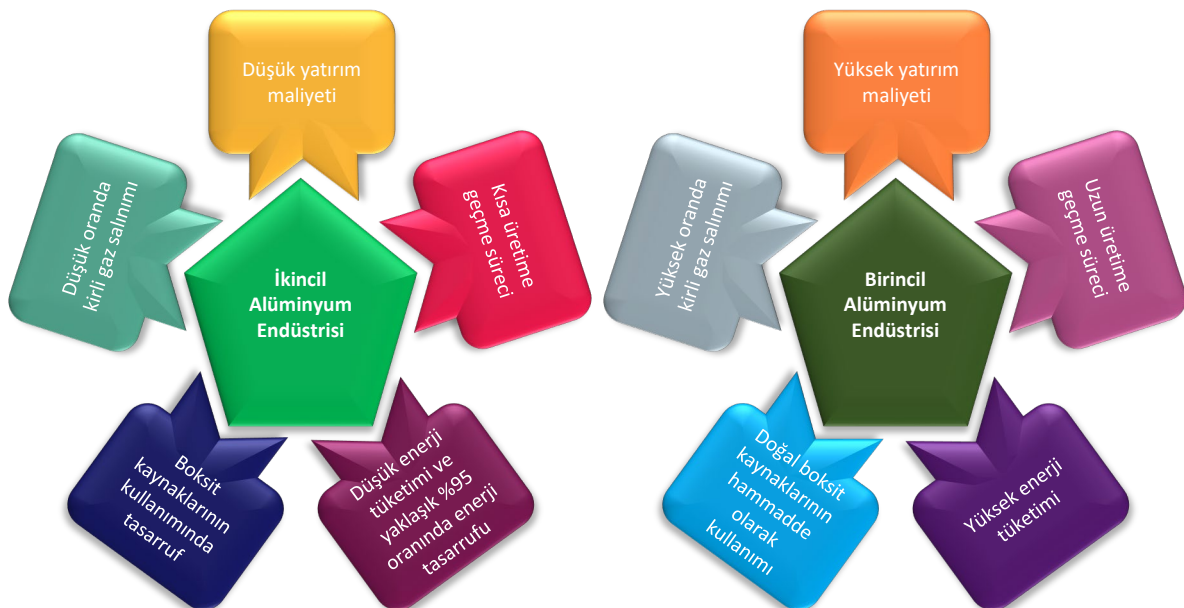
Alüminyum metali aşağı yukarı bütün sektör ve endüstrilerde kullanım alanı bulan bir malzemedir. Doğal olarak her uygulama farklı özellikler getirir ve bu nedenle çok farklı alaşım ve fiziksel yapıda alüminyum malzemeler ile karşılaşmak mümkündür. Dolayısıyla çok fazla farklılık ve çeşitlilikte alüminyum hurda, ikincil endüstrinin hammaddesi olarak sisteme dahil olur ve bu çeşitlilik ve farklılık “hurda hazırlama”, “ergitme” ve “metal rafinasyonu” işlemlerinin de karmaşıklaşmasına yol açar.



Şekil 1.6: İkincil alüminyum tesisi proses akışı.

Alüminyumun yeniden değerlendirilmesinde temel amaç, sürdürülebilir endüstri kavramına uygun olarak, bir enerji deposu gibi davranan alüminyum malzemelerin olabildiğince sisteme geri katılması ve hem malzeme hem de enerji anlamında yeniden değerlendirilmesidir. Bu noktada alüminyum malzemelerin kullanım ömürleri sırasında oluşabilecek olan metal kayıplarını en aza indirmek ve üretilen ikincil alüminyumun teknik gereksinimleri karşılayabilecek kalitede olması çok önemlidir ve ikincil alüminyum mühendislerinin en temel sorunlarıdır. Bu iki parametre aynı zamanda ikincil alüminyum yatırım ve proses maliyetlerini de belirler.

Hem döküm hem de işlem alaşımları için kısmen ya da tamamen hurda kullanılarak, orijinal malzeme özelliklerini büyük ölçüde koruyarak alüminyum ürün üretmek mümkündür.



Şekil 1.7: Birincil ve ikincil alüminyum endüstrilerinin karşılaştırılması.

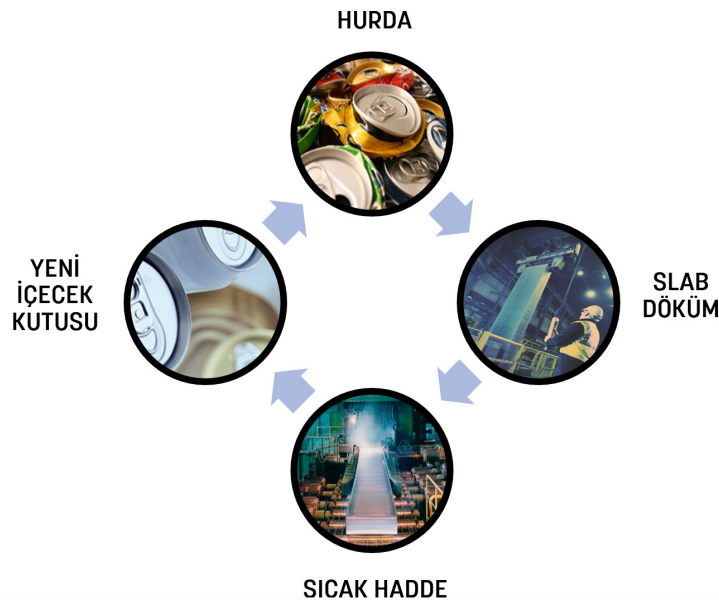
1.6. Yeniden Üretim/Geri Dönüşüm Türleri

Dilimize “geri dönüşüm” olarak çevrilen ve yerleşen “recycling” kavramı, temelde referans bir kavramdır. Yani, kabaca alüminyum içeren hurda ve cürufaların yeniden proses edilerek, alüminyumun geri kazanımını ve üretim döngüsüne dahil edilmesi anlamına gelir. Eğer alüminyum hurda aynı işleve sahip özgün ürüne dönüştürülebilirse bu döngü kapalı üretim döngüsüdür. Kullanılmış alüminyum içecek kutularının tekrar ergitilerek içecek kutusu üretmek üzere kullanılan yassı alüminyum levha üretimi, kapalı döngü üretime örnek verilebilir. Kapalı döngü ikincil üretim çoğunlukla kısmen hurda kullanan haddehane dökümhaneleri ve biyet dökümhanelerinde, işlem alaşımı hurdalarının kullanımına uygundur. Kapalı döngü üretim, hem proses kolaylığı ve standardizasyonu (minimum düzeyde rafinasyon ihtiyacı), hem de minimum ya da hiç alaşım elementi ilavesi gereksinimi ve kalite açısından “ideal” üretim şeklidir.

Ancak, farklı standartlarda tanımlanmış 450’den fazla alaşımı ile alüminyum metali hemen hemen her endüstride kullanım alanı bulmuştur ve bu aynı zamanda, kalite ve fiyat anlamında çok geniş ölçekli hurda ve cüruf üretimine neden olmaktadır. Endüstriyel geri dönüşüm uygulamalarında sistem, genellikle açık döngü çalışır, yani alüminyum hurdadan, özgün ürün değil, farklı ürünler üretilir. Bu noktada karşımıza iki alt kavram daha çıkarır: “ast geri dönüşüm (downcycling)” ve “üst geri dönüşüm (ileri dönüşüm terimi de kullanılmaya başlanmıştır) (upcycling)”. Ast geri dönüşüm, belirli bir kaliteye sahip ikincil hammadde ile, daha düşük kaliteli ürün üretmek (örneğin profil ve levha hurdaları ile demir-çelik sanayinde oksijen giderme amaçlı olarak kullanılan alüminyum oksijen giderici deoksidant üretimi); üst geri dönüşüm ise, belirli bir kaliteye sahip ikincil hammadde ile, daha kaliteli alüminyum ürün üretmek (örneğin kullanılmış alüminyum içecek kutuları ve birincil külçenin %25-%75 oranlarında karıştırılarak otomotiv sanayinde kullanılan AA5754 alaşımı levha üretmek) olarak tanımlanabilir. Günümüz ikincil alüminyum sürecinde, hurda toplama ve hazırlama zorlukları nedeni ile “açık döngü üretim” daha yaygındır.

Malzeme akışı açısından bakıldığında yeniden değerlendirme kavramı iki grupta incelenebilir:

- Kapalı döngü yeniden değerlendirme ile kullanım ömrünü tamamlamış olan alüminyum malzeme yeniden ergitilerek, orijinal amacına uygun hale getirilip, yeniden kullanılır. Örneğin alüminyum içecek kutularının yeniden ergitilerek tekrar meşrubat kutularına çevrilmesi.
- Açık döngü yeniden değerlendirme sürecinde ise, kullanım ömrünü doldurmuş farklı alaşımlardaki alüminyum malzemeler, ergitilir ve alaşımlandırılır. Böylece yeni alaşım ve kullanım amacına sahip alüminyum malzemeler üretilir. Örneğin 3105 panel hurdalarında AlSi₃Cu₃ külçe üretimi.



Şekil 18: Tipik kapalı döngü yeniden değerlendirme. Novelis’te yaklaşık 1.5 milyon adet kullanılmış alüminyum içecek kutusunun yeniden ergitilmesi ile üretilen 27 ton ağırlığında, 9x1.8x0.5 metre boyutlarında slabın sıcak haddelenerek yeniden içecek kutusuna çevrilmesi.

BÖLÜM 2 – AB YEŞİL MUTABAKAT SÜRECİ VE ALÜMİNYUM SEKTÖRÜNE ÖZGÜ ÖNEMLİ BAŞLIKLAR

2.1. AB Yeşil Mutabakatına Giriş

2019 yılında, atmosferdeki karbondioksit seviyesinin sanayi devrimi öncesi seviyenin %148'ine, metan gazı seviyesinin %260'ına ve NO_x gazı seviyelerinin ise %123'ine ulaşarak toplam sera gazı konsantrasyonlarının yeni bir zirveye ulaştığı rapor edilmiştir. İnsanoğlunun endüstriyel faaliyetler sonucunda neden olduğu atmosferik sera gazı seviyelerindeki artışlar iklim değişikliği ile sonuçlanmaktadır. Yaşanan iklim krizini engellemek için atılan adımlardan biri olan Paris Anlaşması'ndan bugüne kadar geçen sürede, hala daha karbondioksit emisyonlarının artarak 1.5 °C ve 2 °C iklim değişikliği hedefinin yakalanmasının daha da zorlaştığı görülmektedir [8].

Sürdürülebilir bir dünya için her düzeydeki tüm paydaşların küresel çabalarını artırma ihtiyacı, COVID-19 salgınının neden olduğu sosyal ve ekonomik zorlukların da neticesinde daha da güçlenmiştir. Bunun sonucunda, COVID-19 sonrası toparlanma sürecinde sürdürülebilir ve kapsayıcı bir küresel ekonomi inşa etmek, uluslararası toplumlar için yüksek öncelikli bir gündem haline gelmiştir [9].

İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarını sınırlamak ve azaltmak için çeşitli girişimlerde bulunmaktadır. Bunların haricinde iklim değişikliği, ekonomi, uluslararası ticaret, sağlık, göç, güvenlik gibi diğer küresel sorunlar ile ilgili onarımlar kaçınılmaz hale gelmiştir. İklim gündemini dahil ederek yatırımcıları ve şirketleri küresel ısınmayı hafifletecek bir senaryo üzerinde çalışmaya teşvik ederek ekonomik büyümeyi sağlamak için daha fazla küresel reform ihtiyacı, iklim değişikliğiyle mücadeleyi uluslararası ve ticari siyasetin merkezine yerleştirmiştir [9].

Bu sebeple Avrupa Birliği (AB), 11 Aralık 2019'da Avrupa Yeşil Mutabakatını ilan etmiştir. Yeşil Mutabakat aslında "çevre başlığı altında" politik ve ekonomik önceliklerin bir araya getirildiği son derece geniş bir politikalar bütünü olarak değerlendirilebilir. Bu anlaşma ile 2030 yılına kadar karbon salınımının 1990 yılına kıyasla %55 oranında azaltılması ve 2050 yılında ise karbon salınımının "net sıfır" düzeyine indirilmesi amaçlanmış ve bunları gerçekleştirilebilecek ekonomik ve endüstriyel süreçleri geliştirip yeni bir büyüme stratejisi benimseyip tüm politikalarını iklim değişikliği eksenine uyumlu hale getirmiş dünyanın ilk iklim nötr kıtasının Avrupa olması hedeflenmektedir [9,10]. Yeşil Mutabakat ile hiç kimseyi ya da hiçbir bölgeyi geride bırakmadan kaynak tüketiminden bağımsız olarak ekonomik büyümeyi gerçekleştirerek AB ekonomisini kaynak açısından verimli ve rekabetçi bir ekonomiye dönüştürmeyi de planlamaktadır [11].

Bu hedeflere ulaşabilmek için bu mutabakat kapsamında ilgili eylemler kademeli olarak enerji, ulaşım, sanayi, finans, inşaat, tarım dahil AB ekonomisini yeniden şekillendirecek ve her geçen yıl ivme kazanacak bir dönüşümün temelleri oluşturulmaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, sağlam bir vergi planlaması ve AB iklim eylemi için temel parametrelerle yakından bağlantılı alanlarda AB ekonomisini sürdürülebilir bir geleceğe doğru dönüştürmek için bir mekanizma olarak uzun vadeli bir vizyon sunmaktadır. Bu, Avrupa'nın karbondan arındırma konusunda bugüne kadarki en büyük taahhüdüdür. Bu yükümlülüğün yasal bir zorunluluk haline gelmesi için mevcut kurallara, yeni kurallara ve AB hukukunda değişikliğe yol açabilecek olası senaryolara ek olarak yeni bir dizi kurala ve olası senaryolara ihtiyaç vardır. Mevcut düzenleyici çerçeve, diğerlerinin yanı sıra AB'nin Emisyon Ticaret Sistemini (AB ETS) (EC), ozon tabakasının korunmasını (ECa) ve florlu sera gazları mevzuatını (ECb) içermektedir. Bu uygulamaların, AB'nin işletmelere, işçilere, yatırımcılara, tüketicilere, şeffaflığa ve hesap verebilirliğe yönelik taahhüdünün doğruluğunu ve güvenilirliğini güçlendirirken, iklim nötrlüğünün yolunu açarak sürekli refah ve istihdam yaratılmasını sağlayacağı öngörülmektedir. 2050 hedeflerinin önümüzdeki yıllarda işgücü piyasasını çok daha yeşil hale getirmesi gibi önemli bir etkiye sahip olması beklendiğinden ve özellikle istihdam konusu bu bağlamda ilgi çekicidir [8].

Bu bağlamda 2020 yılında Güney Kore, Japonya ve Çin gibi diğer uluslararası ticaret devlerinin ekonomilerinin yeşil dönüşümüne yönelik hedeflerini açıklamaya başladığını görülmüştür. Ayrıca İsveç, Norveç, Kanada, Şili ve Güney Afrika gibi ülkelerde net sıfır emisyon hedefini taahhüt eden ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin AB ile ticari entegrasyonunda hem bir aday ülke hem de gümrük birliğinin ortağı olarak bu kapsamda ileri bir bütünleşme tesis ettiği AB Tek Pazarı üzerinde dönüştürücü etkilere sahip olan Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın önemli etkileri olması kaçınılmazdır. Hedeflenen politika değişikliklerinin ülkemiz için fırsata dönüştürülmesi için Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde ortaya çıkan ve ülkemizi etkileyebilecek temel sorunlara titizlikle saygı gösterilmesi gerekmektedir. AB politikalarında öngörülen küresel değişimlere ek olarak, uluslararası ekonomi ve ticaretteki değişimler karşısında, kaynakların sürdürülebilir ve verimli kullanımına geçişi destekleyen bir dönüşümün sağlanması ve ülkemizin kalkınma hedefleri arasındadır [9].

Uluslararası şirketlerin ve yatırımcıların yeşil dönüşüm planları oluşturarak düşük karbonlu yeşil ekonomiye geçişi hızlandırmak için her geçen gün artan sayılarda adımlar attığı ve bu dönüşüm sürecini rekabetçi bir avantaja çevirmek üzere çalıştıkları ve yeni yatırım/girişimlerde oldukları görülmektedir. Bu girişimler arasında, Birleşmiş Milletler çatısı altında bugüne kadar 3067 firma ve 173 yatırımcının katılım sağladığı Sıfır Emisyon Yarışı ve 315 firmanın taraf olduğu Yenilenebilir Enerji 100 (RE1002) yer almaktadır. Tüm bu gelişmelerin ışığında Türkiye ekonomisinin ve sanayisinin yeşil dönüşümü; kapsayıcı ve sürdürülebilir bir büyüme yaratmanın yanı sıra, ülkemizin başta AB olmak üzere üçüncü ülkelere yaptığı ihracatta da rekabet gücünün korunması ve güçlendirilmesi mecburi görülmektedir. Bu alanda alınacak tedbirler, ülkemizin küresel değer zincirlerine daha iyi entegre olması ve uluslararası yatırımların payının artırılması açısından da önem taşımaktadır. Bunun için başta Avrupa olmak üzere siyasi değişimlerin ülkemizin dış ticaretine ilişkin sanayi, tarım, enerji ve ulaştırma politikaları üzerindeki etkisini bir bütün olarak ele almak ve Gümrük Birliği ilişkisi dikkate alınarak, bu uyumu sağlayacak bir yol haritası oluşturulması gerekmektedir [9].

AB'nin yeni nesil toparlanma planı ve yedi yıllık AB bütçesi kapsamındaki 1.8 trilyon Euro'luk yatırımın üçte biri Avrupa Yeşil Mutabakatını finanse etmek üzere ayrılmıştır [8]. Yeşil Mutabakat ile birlikte, 2020 yılı Mart ayında AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı doğrultusunda yenilenen döngüsel ekonomi eylem planı, plastik azaltım stratejileri ile bağlantılı olarak 6 ana değer zinciri özelinde yayınlanmıştır. 2021 yılı Şubat ayında AB'nin uyum kapasitesini güçlendirmek ve iklim değişikliğine karşı kırılganlığı en aza indirmek olan Uyum ve İklim Değişikliğine ilişkin AB İklim Değişikliğine Adaptasyon Yeni Stratejisi olarak belirlenmiştir. 2021 yılı Haziran ayında AB'nin %55 emisyon azaltma hedeflerini üye ülkeler için yasal olarak bağlayıcı hale getiren AB İklim Yasası yayınlanmıştır. 2021 yılı Temmuz ayında ise AB'nin %55 emisyon azaltım hedefine ulaşmak için stratejisinin ve hedeflerinin vurgulandığı "Fit for 55" paketi yayınlanmıştır [12].



Şekil 2.1: Fit for 55 paketi kapsamındaki başlıklar.

Bugüne kadar iklim değişikliği üzerine atılan adımlar Yeşil Mutabakatın yarattığı etkiyi yaratamamıştır. Bunda en önemli gerekçe geçmiş adımların gönüllük esasına dayanırken, Yeşil Mutabakat politika bütünlüğü içinde önemli yasal yaptırımlar ile ciddi ekonomik araçların kullanılmasıdır [10].

İnsanların doğa ile uyum içinde yaşamaları, yaptıkları eylemlerde gezegenin sınırlarına saygı duymaları, gezegenin kendilerinin değil; gezegenin bir parçasının kendileri olduğunu hatırlamaları arzulanmaktadır. Gelecek için, doğanın tahribatı ve pandemi ile taçlanan iklim krizinden çıkmak için alınan kararlar tam olarak uygulanmalı ve zaman kaybetmeden döngüsel ekonomi modelinin tüm dünyaya yayılma çalışmalarına istikrarla devam edilmelidir [8].

2.2. ABYM Sürecinde Üretici Endüstrileri Bağlayıcı Konular

Yeşil Mutabakat stratejileri doğrultusunda Avrupa Birliği tarafından sanayiden tarıma, ulaşımdan enerjiye köklü bir dönüşüm hedeflenmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakat hedefleri çerçevesinde alınacak aksiyonlar 8 politika alanına ayrılmıştır. Her politika alanında farklı amaç ve hedefler tanımlanmış ve bu hedeflere ulaşmak için ilgili mevzuat ve stratejiler sıralanmıştır. Listelenen eylem ve müdahale alanları aşağıda verildiği gibidir

2.2.1. 2030 ve 2050 için İklim Hedefinin Artırılması:

AB, bu konudaki en önemli tedbirlerden birinin yeni bir “iklim kanunu” olduğunu belirtmiş ve ilk AB iklim kanunu 9 Temmuz 2021 tarihinde AB Resmî Gazetesi’nde yayınlanmıştır. İklim yasasının hedeflerine ulaşmak için 14 Temmuz 2021’de Avrupa Komisyonu, ilgili taraflar için bir dizi yasal düzenleme ile “Fit for 55” yeşil paketini sunmuştur. AB’nin sera gazını azaltma hedefini 2030 yılına kadar en az %55 olarak belirleyen bu paket, yeni bir iklim değişikliği strateji belgesi olarak gerek karbon kaçağı gerekse SKDM ile etkin önlemler alınabileceğinin altını çizmektedir

2.2.2. Temiz, Ulaşılabilir ve Güvenilir Enerjinin Sağlanması:

Sanayide yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına, temiz ve güvenilir enerjinin dönüştürülmesine yönelik tedbirlerin yer aldığı bu başlıkta, öncelikli olarak güvenli ve sürdürülebilir enerjinin sağlanması önem arz etmektedir.

2.2.3. Döngüsel ve Temiz Ekonomi için Endüstriyi Harekete Geçirme:

Ürün ömrünün uzatılması, yeniden kullanım, atık yönetimi ve ürün yaşam döngüsü yönetimi gibi konular, bu başlık altında kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır .

2.2.4. Enerji ve Kaynak Verimli İnşaat ve Yenileme:

Dönüşüm maliyetlerinin en önemli kalemlerinden biri olarak tanımlanan yenileme dalgasını (eski ve verimsiz binaların yeniden yapılarak enerji verimli yapılar haline dönüştürülmesi) içeren bu başlık, binaların enerji verimliliği ve temiz enerji kaynaklarına yatırımı içermektedir.

2.2.5. Tarladan Sofraya Adil, Sağlıklı ve Çevre Dostu Gıda Sistemlerinin Geliştirilmesi:

Sürdürülebilir ve çevre dostu gıda uygulamalarının teşvik edilmesi genel bir ilke olmakla beraber bu konuda izlenen politika, Avrupa toplumlarında obezite oranlarını azaltılması ve kanser gibi hastalıkları önlenmesi ile bitkisel bazlı ve azaltılmış hayvansal gıda ile beslenmeye yönelik tüketici davranışlarını ele alınmaktadır.

2.2.6. Ekosistemlerin ve Biyoçeşitliliğin Korunması ve İyileştirilmesi:

Bu politika ile doğanın korunması ve doğaya verilen zararın onarılması amaçlanmaktadır.

2.2.7. Temiz Bir Çevre için Sıfır Kirlilik Hedefi:

Bu bölümde ekosistemi korumak için AB’de hava, su, toprak ve tüketici ürünlerinin kirlenmesini daha iyi izlemek, raporlamak, önlemek ve iyileştirmek için alınan önlemler incelenmektedir.

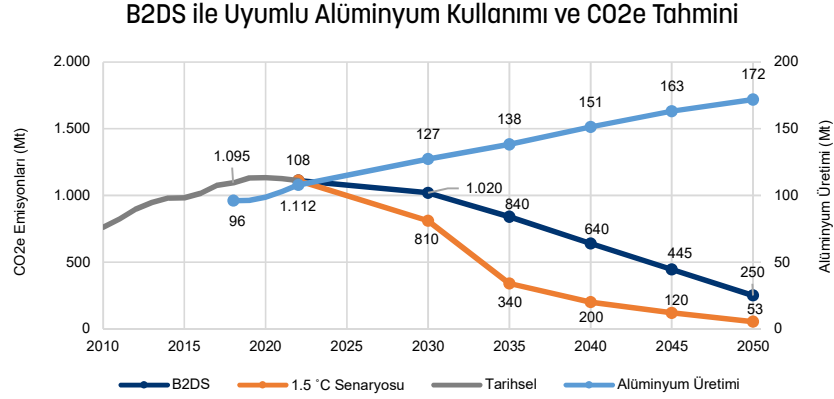
2.2.8. Sürdürülebilir ve Akıllı Ulaşım Geçişin Hızlandırılması:

Ulaşımdan kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılması için demiryolu taşımacılığının teşvik edilmesi ve elektrikli araçların kullanımının artırılması gibi önlemler bu başlık altında değerlendirilmektedir [13].

Daha sürdürülebilir bir gelecek için bir yol haritası olan Yeşil Mutabakat, bunun bir parçası olarak alüminyum endüstrisine de odaklanmaktadır. İnşaat, nakliye, otomotiv, havacılık, elektronik cihaz ve ambalaj gibi birçok endüstride kilit malzeme olan alüminyumun üretimi ve tüketiminin çevresel etkilerinin bu bağlamda ele alınması önemlidir. Avrupa Komisyonu, alüminyum endüstrisinin çevresel etkilerini azaltmak için bir dizi önlem belirlemiştir. Bunlar arasında alüminyum üretiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması, alüminyum üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve daha verimli üretim süreçlerinin geliştirilmesi yer almaktadır. Bu sebeple, geri dönüştürülmüş alüminyumun teşvik edilerek ürünlerde geri dönüştürülmüş alüminyum kullanımının artması ve bunun için yeni teknolojilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir alüminyum üretimi ve tüketiminin desteklenmesi ve sorumlu alüminyum tedarikinin teşvik edilmesi diğer ülkelerde de alüminyum endüstrisinin çevresel etkilerinin azaltılması konusunda Avrupa Komisyonunun planları arasında yer almaktadır.

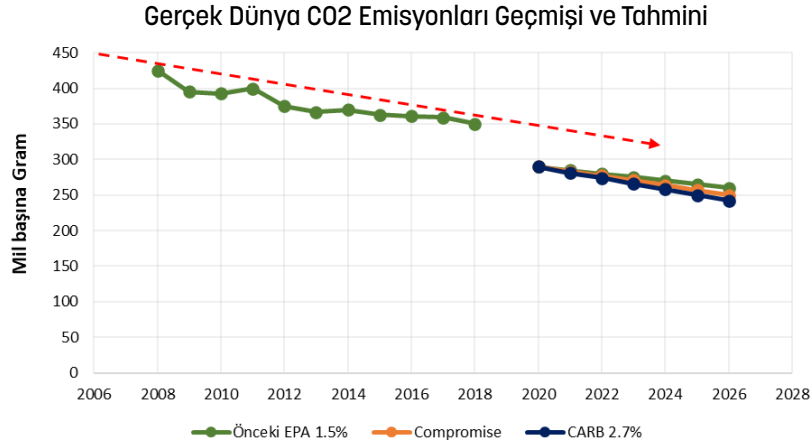
Avrupa Yeşil Mutabakatı, daha sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir adımdır. Bu doğrultuda Avrupa Komisyonu tarafından ana hatları çizilen önlemler, alüminyum endüstrisinde doğaya verilen zararın azaltılarak daha yeşil bir gelecek yaratmaya yardımcı olacaktır. Alüminyumun yeşil bir ekonominin gerçek bir sağlayıcısı olması için endüstrinin karbondan arındırılması gerekmektedir. Mevcut teknoloji ile elektrolizden kaynaklanan emisyonları ortadan kaldırmak mümkün olmadığı için yeni üretim teknolojilerine gereksinim vardır. Alüminyum endüstrisinin karbondan arındırılmasına giden gerçekçi bir yol, daha fazla geri dönüşüm, hurda toplama ve hurda kullanımını içeren tedarik zincirinin tüm aşamalarından sağlanan küçük kazanımlar ile edilmektedir. Ambalaj endüstrisinde alüminyum kullanımının geri dönüşümlü ürünler kullanılarak sürdürülebilir paketlemeye evrilmesi, otomotiv endüstrisinde hurdadan dönüştürülmüş alüminyum kullanımının artışıyla daha düşük yakıt tüketimi ile sağlanarak düşük karbon emisyonun eldesi ve inşaat sektöründe enerji tasarruflu binalar ile döngüsel ekonomiye katkı sağlanabilir [14].

Birincil alüminyum üretimi ile beraber, geri dönüşüm ürünlerinin kullanılmasının artışı ve fosil yakıtlar yerine daha temiz enerji kaynaklarının tercih edilmesi ile 2030 yılında %30 daha düşük, 2050 yılında ise %80 düşük karbon emisyonu beklenmektedir (Şekil 2.2) [15,16]. Geri dönüşüm, birincil alüminyum üretimine kıyasla sera gazı emisyonları yaklaşık %95 oranında azaltmaktadır. 1.5 °C senaryosu kapsamında 2050 yılında alüminyum sektöründen kaynaklanan toplam sera gazı emisyonlarının, 53 milyon ton (bugünkü değerinden 1.1 milyar düşük) olması beklenirken, B2DS senaryosunda ise yaklaşık 250 milyon ton olması beklenmektedir. 1.5 °C senaryosu kapsamında bu azalmaların yaklaşık dörtte birinin önümüzdeki 10 yıl içinde gerçekleşmesi öngörülmektedir [15].



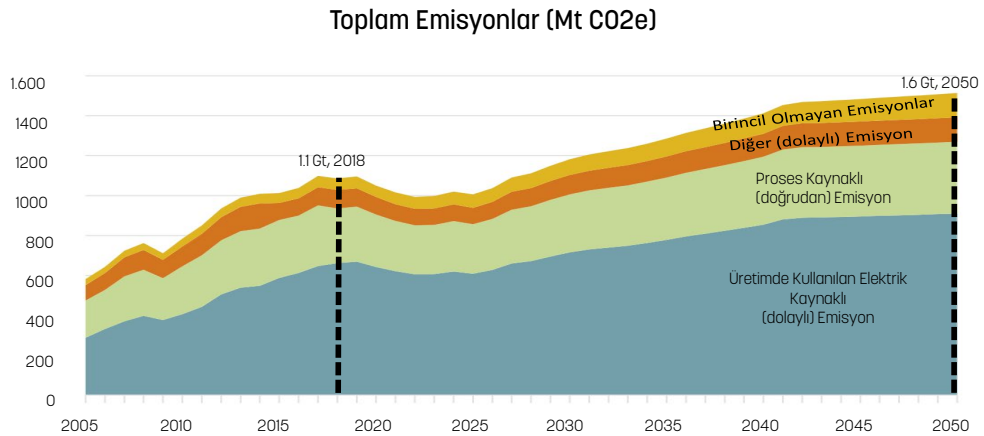
Şekil 2.2: 1,5 °C senaryosu ve B2DS için öngörülen karbon emisyonu [15].

Otomotiv endüstrisinde alüminyum kullanımının artışı ile daha hafif araçlar üretilerek 2008 yılından 2030 yılına kadar %50 düşük karbon emisyonu öngörülmektedir (Şekil 2.3) [17,18].



Şekil 2.3: Otomotiv endüstrisinde öngörülen karbon emisyonu [17].

Alüminyum endüstrisinde sera gazı emisyonlarının büyük bölümü alümina ve birincil alüminyum üretimi aşamalarından kaynaklanmaktadır. Bu şekilde, yani mevcut üretim sistemlerinde bir değişiklik yapmadan, üretimin devamı halinde 2050 yılında alüminyum sektörünün sera gazı emisyonunun 1.6 Giga ton olması öngörülmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: 2050 yılına kadar alüminyum sektörü için öngörülen karbon emisyonu [15].

2050 yılına kadar küresel ısınmayı ortalama 2 °C'nin altında tutabilmek için Alüminyum sektörünün toplam emisyonlarının 1.6 milyar tondan, 250 milyon tona (ton başına karbon emisyon miktarı olarak 16 ton CO₂/ton'dan 2.5 ton CO₂/ton'a) düşmesi gerekmektedir. 1.5 °C küresel ısınma hedefinin sağlanabilmesi için ise toplam alüminyum üretiminden kaynaklanan emisyonların 0.5 tona düşmelidir [19].

AYM politikaları kapsamında, karbon kaçağını azaltmak ve küresel emisyon azaltım hedeflerinin geniş coğrafyalarda da etkin bir şekilde uygulanmasını sağlamak için Avrupa Komisyonu SKDM başlığı altında önemli bir yasal düzenleme ortaya koymuştur. 14 Temmuz 2021'de Avrupa Komisyonu, SKDM için bir taslak teklif yayınlamıştır. Söz konusu teklif Haziran 2023'de AB Parlamentosunda kabul edilerek bir yasal düzenleme olarak yürürlüğe girmiştir. SKDM, 2030 yılına kadar net sera gazı emisyonlarını %55 oranında azaltım hedefleri doğrultusunda pilot olarak seçilen sektörlerde (demir-çelik, çimento, alüminyum, enerji ve gübre) karbon kaçağını azaltmayı ve doğrudan emisyon azaltımını sağlamayı hedeflemektedir. Paket ayrıca, AB'nin Emisyon Ticaret Sistemine (ETS) yönelik yenilikleri de içermektedir. SKDM, AB'ye ithal edilen başta alüminyum olmak üzere demir-çelik, gübre, amonyak, çimento gibi diğer endüstriyel ürünlere de uygulanacaktır. İthal alüminyum ürünlerinin üretimi ile ilgili ithalatçılardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kapsayacak şekilde her çeyrek dönem için SKDM sertifikalarını beyan etmeleri ve satın almaları gerekmektedir. Geçiş dönemi olan 2023-2025 yılları arasında AB üyesi olmayan üreticilerden, doğrudan ve dolaylı olarak kaynaklanan emisyonları (yani üretim sırasında tüketilen elektrik, ısıtma ve soğutma ile ilgili emisyonlar) içeren bir rapor temin etmeleri gerekmektedir [12]. 2026 yılı itibarı ile ithalatçıların ithal ettikleri ürünlerdeki giydirilmiş emisyonların da hazırladıkları rapora deklere edilmesi ve giydirilmiş emisyonların hesaplanma yönteminin açık bir şekilde tanımlanmış olması gerekmektedir. Sertifika başına SKDM bedeli ödemesi ilk aşamada sadece doğrudan emisyonu kapsamalıdır [19,20]. SKDM içerisinde meydana gelen emisyonlar 3 kapsamda incelenmektedir (Tablo 2.1). Emisyonları bir kurumun sahip olduğu kaynaklardan doğrudan meydana gelen emisyonlar kapsam 1 içerisinde yer alır. Örneğin, doğalgaz kazanları, filo araçları, havalandırma kaçakları bu kapsama dahil edilmektedir. Kapsam 2 emisyonları ise kurumun dolaylı emisyonları olarak nitelendirilmekte olup kurumun elektrik, ısıtma, soğutma satın alma ve kullanımları bu kapsam dahilinde hesaplanmaktadır. Kapsam 3 ise emisyonları kurumun sahip olduğu ya da kontrolünü elinde bulundurduğu tesislerden yerine tedarik zincirinde etki yarattığı diğer tesis ya da kurumlardan kaynaklanan emisyonlardır. İş seyahatleri, tedarik faaliyetleri, atık ve su kaynaklı emisyonlar bu kapsama dahil edilmektedir. Geçiş döneminde raporlarda birinci ve ikinci kapsam içerisindeki emisyonlar yer almalı, 2026 sonrası oluşturulacak raporlarda birinci kapsamın içerdiği emisyon değerleri bulunmalıdır.

Tablo 2.1: Alüminyum üretiminde raporlanması gereken emisyon sınıfları [20].

EMİSYON KATEGORİSİ	EMİSYON KAYNAKLARI (ÖRNEKLER)	RAPORLANACAK EMİSYONLAR
DOĞRUDAN EMİSYONLAR (PROSES)	Elektrolizhane (Soderberg, Prebake Hücreleri), Kireç Üretimi (kireç kalsinatörleri, fırınları) vs.	PFC (CF ₄ , C ₂ F ₆), CO ₂
DOĞRUDAN EMİSYONLAR (SABİT YANMA)	Alümina rafinasyonu (kalsinasyon ve kurutma firmaları), Anot Üretimi (anot pişirme fırınları), Dökümhane (homojenizasyon, tav fırınları),	CO ₂
DOLAYLI EMİSYONLAR (ENERJİ)	Sözleşme yoluyla ithal edilen ve üretim süreçlerinde kullanılan elektrik, ısı ve buharın üretiminden kaynaklanan emisyonlar vs. (örneğin	CO ₂
KULLANILAN GİRDİLERİN ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR (sadece kompleks mal üreticileri için)	Örnek: Birincil alüminyum tesisinden temin edilen külçe, kütük üretiminden kaynaklanan emisyonlar vs.	PFC (CF ₄ , C ₂ F ₆), CO ₂

Tablo 2.2: SKDM kapsamında alüminyum için ilk kısa ürün listesi [20].

CN KODU	ALÜMİNYUM	SERA GAZI
7601	İşlenmemiş alüminyum	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7603	Alüminyum tozları ve ince pullar	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7604	Alüminyum çubuklar ve profiller	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7605	Alüminyum teller	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7606	Alüminyum saclar, levhalar, şeritler (kalınlığı 0,2 mm'yi geçenler)	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7607	Alüminyumdan yapraklar ve şeritler (baskılı veya baskısız, kâğıt, karton, plastik maddeler veya benzerlerinden bir mesnet üzerine tespit edilmiş olsun olmasın) (mesnedi hariç kalınlığı 0,2 mm'yi geçmeyenler)	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7608	Alüminyumdan ince ve kalın borular	Karbondioksit ve perflorokarbonlar
7609 00 00	Alüminyum boru bağlantı parçaları (rakorlar, dirsekler, manşonlar ve benzerleri)	Karbondioksit ve perflorokarbonlar

18 Haziran 2020'de "Yeşil Finans Çerçevesi" de yayınlanan "AB taksonomisi" çevresel olarak sürdürülebilir ekonomik faaliyetin tanımlanması ve sınıflandırılmasını içermektedir. Bu doğrultuda AB finans kurumları için en avantajlı fon seçeneklerinden yararlanabilmesi için bazı uygulanabilir kurallar ve kriterleri içeren AB taksonomisi yeşil yatırımları tanımlar ve sınıflandırır. Kriterler çerçevesinde, bir yatırımın çevresel sürdürülebilir olup olmadığını tanımlayan bir sistemdir. Taksonomi temel olarak finans sektörünü etkilese de iklim değişikliğini azaltma çerçevesinde üretim; elektrik, gaz, buhar ve havalandırma dağıtımı; su, kanalizasyon ve atık, nakliye ve depolama; inşaat gibi sürdürülebilirliği içeren sektörler de taksonominin getirilerinden etkilenmektedir.

Çevreye bırakılan atıkların sebep olduğu olumsuz etkilerin giderilmesi için belli prosedürlerin takip edilmesi gerekmektedir. Atık oluşumunun önlenmesi, azaltılması, atığın yeniden kullanılması, türüne göre ayrılıp biriktirilerek geri dönüştürülmesi, geri kazanılması ve son olarak imha edilmesi atık yönetim hiyerarşisindeki faaliyetleri oluşturmaktadır. Geri dönüştürülen ürünler sayesinde sera gazı ve atık su oluşumu azaltılmakta, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bunlara bağlı olarak ise atık depolama ve yakma tesislerine olan ihtiyaç azalarak enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Enerji geri kazanımı; geri dönüştürülmesi mümkün olmayan atıklardan çürütme, yakma, piroliz, gazlaştırma ve düzenli depolama sahası yöntemleri ile gaz elde edilmesidir. Elde edilen gaz yakıt olarak kullanılabilenmekte ya da çeşitli işlemler sonucunda gazdan elektrik ve ısı elde edilebilmektedir. Atık yönetimi hiyerarşisinde en son olarak tercih edilmesi gereken seçenek ise imhadır [13].

AB ülkeleri, yılda ortalama üretilen 55 milyar ton atığın sadece %38'ini geri dönüştürmektedir. Hem ekonomik kaybin önlenmesi hem de çevresel zararın en az seviyeye düşürülmesi için geri dönüşümün sağladığı fırsatlardan yararlanılması amaçlanarak, Yeşil Mutabakat kapsamında belirlenen birçok strateji ile döngüsel ekonomiye katkı sağlanması hedeflenmiştir (Şekil 2.5). İlk olarak, 2015 yılında Avrupa Komisyonu, döngüsel ekonomiye geçişi teşvik etmek adına geri dönüşüm, ambalaj atıkları ve katı atık depolama sahaları alanlarında iddialı hedefler içeren ilk döngüsel ekonomi eylem planını yayımlamıştır. Avrupa Birliği'nin 2030 yılına kadar malzeme kullanımı ve tüketimine ilişkin daha sıkı geri dönüşüm düzenlemeleri ve bağlayıcı hedefler belirleme, 2050 yılında ise tamamen döngüsel bir ekonomiye geçişi sağlama hedefleri bulunmaktadır. Bu doğrultuda, döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde çözüm ve önerilerin geliştirilmesi üzerine çeşitli kamu, özel sektör, STK'lar ve uluslararası kuruluşların temsilcilerini bir araya getirilmesi ile Döngüsel Ekonomi ve Kaynak Verimliliği Küresel Birliği (GACERE) adıyla bir oluşum kurulmuştur.

Emisyonların azaltılmasında %55'lik bir etkiye sahip olan yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği yatırımları, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik rol oynamaktadır. Geri kalan emisyonlar ise başlıca gıda, tekstil, imalat ve plastik sektörleri olmak üzere, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, AB tarafından belirlenen sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik hedeflere ulaşılması amacıyla geri dönüşüm ve döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması mecburidir [21].



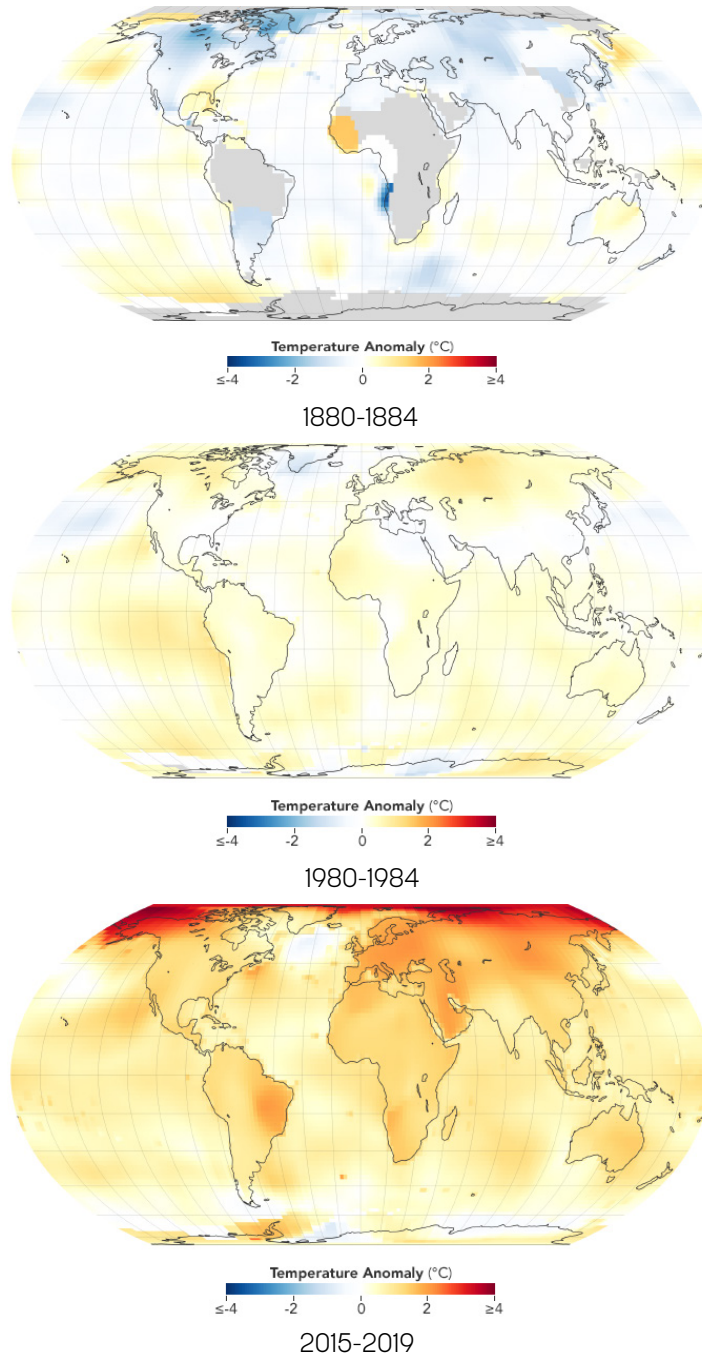
Şekil 2.5: Döngüsel ekonomi unsurları [21].

BÖLÜM 3 - AB YEŞİL MUTABAKAT SÜRECİ ALÜMİNYUM SEKTÖRÜ VE ETKİ ANALİZİ / UYUM SÜRECİ GEREKLERİ / MEVCUT DURUM ANALİZİ

3.1.Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması ve Alüminyum Sektörüne Etkileri/Uyum Sürecine Yönelik Öneriler

1. Dünyada iklim değişiyor mu?

NASA'nın Goddard Uzay Araştırmaları Enstitüsü'ndeki (GISS) bilim insanlarının yaptığı çalışmalarda Dünya'nın ortalama küresel sıcaklığının 1880'den bu yana en az 1.1° C arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.1: Yıllara göre dünya ortalama küresel sıcaklıkları [22].

2. İklim krizi ile ilgili dünyadaki ülkeler ortak bir çaba sarf ediyor mu?

Uluslararası düzeyde iklim krizinin geleceği ile ilgili öngörüler bilimsel verilerin ışığında 1972 yılından başlayan toplantılarda ele alınmış ve bu krizin önlenmesine yönelik girişimler yapılmıştır. En son ve oldukça kapsamlı olan girişim Paris iklim anlaşmasıdır.



Şekil 3.2: Paris İklim Anlaşması'nın tarihsel süreci.

3. Paris İklim Anlaşması'nda verilen sözler nelerdir?

- Küresel sıcaklık artışını endüstriyelleşme öncesi döneme kıyasla 2 °C ile sınırlandırmak, tercihen 1.5 °C altında tutmak,
- Uzun vadede ise, sera gazı emisyonların mümkün olan en kısa sürede azaltmak,
- 21. yüzyılın ikinci yarısına kadar salınan ve tutulan sera gazlarının küresel yükselişinin sonlandırarak pik zirvesinden aşağıya doğru düşmesini sağlamak ve üretilen emisyon ve bu emisyon değerlerine karşı yapılan girişimlerle emisyon dengesinin sıfırlanmasını sağlamak,
- Ulusların verdiği sözleri her 5 yılda bir gözden geçirmek,
- Gelişmekte olan ülkelere iklim değişikliğini azaltmak, dayanıklılığı güçlendirmek ve iklim etkilerine uyum sağlama yeteneklerini geliştirmek için finansman sağlamak.

4. Hangi ülkeler bu anlaşmalara imza atmamıştır?

Paris anlaşmasını bugüne kadar 3 Ülke (İran, Libya ve Yemen) hariç diğer 197 ülke tarafından imzalanmıştır [23].

5. Türkiye iklim ile ilgili düzenlenen herhangi bir anlaşmayı imzaladı mı?

Kyoto Protokolü'nün kabul edildiği 1997'de düzenlenmiştir. Ülkemiz, Kyoto Protokolüne 2009 yılında taraf olmuştur. Türkiye, Kyoto Protokolü'nün kabul edildiği yıl henüz Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olmadığından sayısallaştırılmış sera gazı emisyon azaltım veya sınırlama yükümlülüklerinin tanımlandığı protokolün taraf ülkelerin ve yükümlülüklerin belirtildiği listede (Ek-B) yer almamıştır. Bu nedenle ülkemizin, Kyoto Protokolü kapsamında sayısallaştırılmış sera gazı emisyon azaltım veya sınırlama taahhüdü bulunmamaktadır [24].

Ülkemizin iklim değişikliği konusunda taraf olduğu ikinci anlaşma Paris anlaşmasıdır. Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) bu anlaşmayı 6 Ekim 2021'de TBMM onaylamıştır.

6. Ulusal katkı beyanı nedir?

Paris anlaşmasına ülkelerin ne düzeyde katkı vereceklerinin belirttikleri yazılı beyanlardır.

7. Ülkemizin beyanı nedir?

Ülkemizin Ulusal Katkı Beyanı, 15 Kasım 2021 tarihinde güncellemiştir. Beyan:

- 2030 yılına kadar daha önce %21 olarak belirlenmiş olan emisyon azaltım hedefinin %41'e yükseltmiştir.
- 2038 yılı ise emisyonların tepeye ulaşacağı ve azalmanın başlayacağı dönüm noktası olarak belirlenmiştir.
- Emisyonda net sıfır değerlerinin 2053 yılında gerçekleştirilmesinin planlandığı belirtilmiştir.

8. Yeşil Mutabakat nedir?

Yeşil Mutabakat Avrupa Birliği'nin 11 Aralık 2019 tarihinde Paris anlaşmasında verilen sözleri yerine getirmek üzere Avrupa kıtası adına aldığı eylem kararlarını içeren anlaşmadır.



Şekil 3.3: Avrupa Yeşil Mutabakatında önemli başlıklar.

9. Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) nedir?

Emisyon Ticaret Sistemi (Emission Trading System, ETS) karbon ticaret sistemidir. 1997 yılında Kyoto protokolü imzalandığında başlamıştır. Avrupa Birliği tarafından bu ticaret sistemi 2005 yılında dünyanın ilk uluslararası emisyon ticaret sistemi kurulmuş ve 2021-2030 yılları arasında 4. fazı için çalışmalar başlanmıştır. Karbon fiyatlandırma ETS ve karbon vergilendirme yoluyla gerçekleştirilmektedir.

10. Fit For 55 nedir? İçeriği nedir?

AB'nin sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990 emisyon seviyelerinden %55 daha azaltmasına yönelik hedefdir. ETS, SKDM, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji gibi emisyon azaltımında rol alacak her geliştirme bu paketin içeriğinde yer almaktadır.

11. Karbon kaçağı nedir ve nasıl oluşur?

Karbon kaçağı; ETS'nin geçerli olduğu ülkeler dışındaki bir şirketin ETS'nin gereklerinden kaçınıp üretimini bu uygulamanın olmadığı ülkelere kaydırıp buradan kendilerine ticari avantaj sağlama olasılığında karbon kaçağı oluşan durumdur.

12. Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) nedir?

Yeşil Mutabakat ile birlikte AB'nin iklim hedeflerini gerçekleştirmek, sürdürülebilir hale getirmek ve dünya iklim lideri olmak için 15 Mart 2022'de oluşturulan bir mekanizmadır.

AB'ye giren karbon yoğun malların üretimi sırasında salınan karbona adil bir fiyat koymak ve AB dışı ülkelerde daha temiz endüstriyel üretimi teşvik etmek için araçtır [24].

Bu mekanizmanın Dünya Ticaret Organizasyonu ve diğer uluslararası anlaşmalar ile uyumlu olmasına özen gösterilmiştir.

13. SKDM hangi sektörleri kapsayacaktır, neden bu sektörler seçilmiştir?

İlk fazda aşağıdaki sektörleri kapsayacaktır:

Demir – Çelik	Çimento	Alüminyum
Gübre	Elektrik	Hidrojen

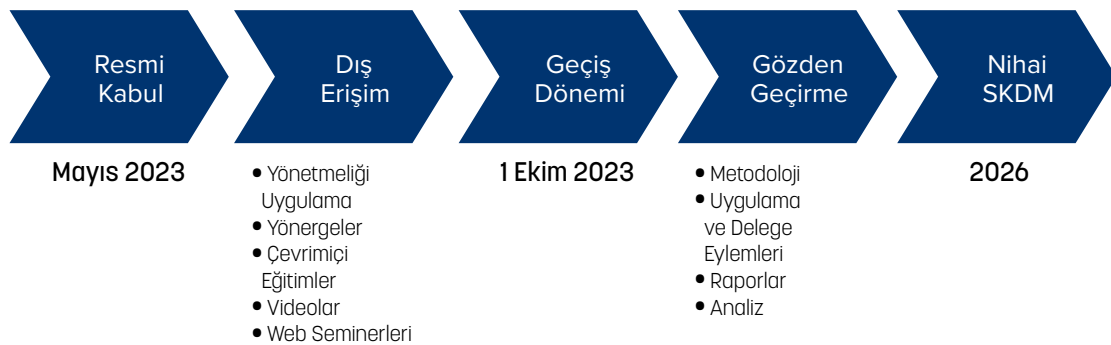
Bu sektörler, yüksek karbon kaçağı riskleri (yüksek karbon emisyon üretimleri ve buna bağlı yüksek ticaret seviyeleri nedeniyle), ETS sektörlerinin CO₂ emisyonlarının >%45'inden fazlasını kapsadıkları için seçilmişlerdir. Bu sektörlerden sonra ikinci fazda diğer sektörler de SKDM'ye dahil edileceklerdir.

14. AB-SDKM uygulama süreci nasıl olacaktır?

Geçiş Süreci: Ekim 2023- Aralık 2025

Gözden Geçirme Süreci: 2025

Geçiş Süreci Sonrası: Ocak 2026 [26]



Şekil 3.4: AB-SDKM Uygulama Süreci

15. Doğrudan ve dolaylı emisyonlar nelerdir?

Doğrudan sera gazı emisyonları, raporlama yapan kurumun doğrudan sahip olduğu veya o kurum tarafından kontrol edilen kaynaklardan oluşan yani kuruma ait olan ve kurum tarafından üretilen, kontrol edilen emisyonlardır. Örneğin kazanlar, fırınlar, araçlar, vb.

Dolaylı sera gazı emisyonları, kurumun başka bir kurumdan faaliyetlerini gerçekleştirmek için satın aldığı ürünlerde gömülü diğer kuruma ait veya o kurumun kontrol ettiği emisyonlardır.

16. SDKM rapor içeriği ne olmalıdır?

Geçiş fazında rapor:

- Önceki çeyrekte ithal edilen toplam mal miktarı,
- Doğrudan ve dolaylı emisyonlar [27],
- Gömülü emisyonlar için ülkedeki karbon fiyatı,

Raporlama her çeyrekte yapılır.

Geçiş fazı sonrasında SDKM deklarasyonu:

- Önceki yılda ithal edilen toplam mal miktarı,
- Doğrudan ve dolaylı emisyonlar,
- Emisyonların AB Akredite Doğrulayıcı tarafından doğrulanması,
- Toplam SKDM sertifika sayısı,
- Ürünün üretildiği ülkeye gömülü emisyonlar için ödenmiş toplam karbon bedeli,

Deklarasyon her yıl yapılmalıdır.

17. SDKM uygulanmayacağı durumlar var mıdır?

- Sevkiyat başına gümrükte 150 Euro'yu aşmayan ithal edilen mallar (EC No 1186/2009'un 23. Maddesinde belirtildiği gibi),
- Üçüncü bir ülkeden gelen yolcuların kişisel bagajlarında bulunan mallar ve 150 Euro'yu aşmayan mallar.

18. Doğrulama nedir? Kimler doğrulayıcı olabilir?

- Komisyon Uygulama Tüzüğü uyarınca AB 2018/2067 akredite SKDM yönetmeliği kapsamında akredite edilmiş herhangi bir kişi doğrulayıcı olabilir.
- Bir ulusal akreditasyon kurumu, talep üzerine bir kişiyi doğrulayıcı olarak akredite edebilir.

19. Doğrulayıcının rolü nedir?

- Gömülü SDKM emisyonlarını içeren bir doğrulama raporu hazırlamak
- Kurumları ziyaret ederek sistemleri incelemek

20. Küresel ETS'ler hangileridir, nereden ulaşabilirim?

Küresel olarak mevcut ve yapım aşamasında olan tüm ETS'lere <https://icapcarbonaction.com/en/ets> adresinden ulaşılabilir. 28 adet faaliyette, 11 adet yapım aşamasında, 9 adet de değerlendirme aşamasında olan ETS mevcuttur. Ülkemizdeki ETS sistemi yapım aşamasındadır.

21. Türkiye kendi ETS'sine sahip olmazsa nasıl sonuçlar ortaya çıkabilir?

SKDM kapsamında izlenen faaliyetlerin çoğu Türkiye'de yürürlükte bulunan Sera gazı emisyonlarının takibi hakkında yönetmelik uyarınca değerlendirilmektedir. Ancak söz konusu mevzuat emisyon

ticaret sistemi kapsamında uygulamaya sahip değildir. Geçtiğimiz dönemlerde Türkiye’de görüşe açılan İklim Kanunu kapsamında emisyon ticaret sistemi ile ilgili oluşumlar belirtilmiş ancak henüz bir yasal düzenlemeye sahip olmamıştır. SKDM kapsamında üçüncü ülke olarak ifade edilen bölümde ülkemiz yer almaktadır bu hususta regülasyonda bahsedildiği üzere konuyla alakalı ülkemizde bir yasal düzenleme uyarınca Avrupa Birliği resmî gazetesinde belirtilen 2003 EC 87 Direktifine uygun bir sistematik geliştirilirse ülkemizde emisyon için ödenen tutarlar SKDM uyarınca kabul edilebilecektir. Ancak bu konuda tutarın dikkate alınacağı unutulmamalıdır. Parasal tutar ülkemiz tarafından çeşitli metodolojilerle emisyon ticaret sisteminin yürürlüğe girmesi halinde belirlenecek ve tahsisatlara göre işlem görecektir.

Diğer bir anlamda iki farklı kuruluşun sahip olduğu tahsisatların tamamından az veya tamamından fazla kullanımı sonrasında bu ticaret mekanizması uygulanacaktır.

Türkiye’de sistem kurulmazsa eğer bu tutar olduğu gibi yurtdışına ödeme yoluyla gönderilmiş olacağı için ve tahsisat birim bedelinin 90-100 € civarında yer aldığından konunun mali boyutunun önemi ortadadır. Türkiye kendi ETS’sine sahip olmazsa AB’nin fiyatlandırma prosedürlerinde ve seviyelerinde ödemeler yapmak zorunda kalacaktır. Bu durumda ödeme yükümlülüğü Türkiye ortalaması için yüksek kalacak olup Türkiye’de bulunan özellikle küçük işletmelerin ekonomik zorluklar çekmesine neden olacaktır.

22. Dünyada Karbon fiyatlandırılması nasıl yapılmaktadır?

Karbon pazarlarındaki ticaret karbon kredilerinin alınıp satılması ile sağlanır. Ticarete konu olan karbon kredisi, 1 ton karbondioksit veya eş miktarda sera gazının azaltılması, ayrıştırılması veya ortadan kaldırılmasına eşdeğer miktardır.

23. Karbon pazarlarının son durumu nedir?

Emisyon ticaret sisteminin sıklıkla karıştırıldığı bir konuda karbon pazarıdır, yasal olarak bir regülasyonla tanımlı sistem kuruluşun tabi olduğu kurallar çerçevesinde hesaplanan emisyon değerleri ile izlenir ve mekanizma dahilinde yer alır, ancak temiz kalkınma mekanizması gereği enerji yatırımları ya da kimyasal proseslerde emisyon azaltıcı tedbirler ya da bir çöp deponi sahasında metan emisyonunu azaltmak için uygulanan çalışmalar kapsamında oluşturulan sertifikalar gönüllü karbon piyasasında işlem görmektedir. Ülkemizde bu emisyonların izlenip kaydedilmesi için Entegre Çevre Bilgi Sistemi (EÇBS) üzerinde bir uygulama bulunmakta olup gönüllü olarak ISO 14064-1 uyarınca izlenen emisyonların denkleştirilmesi için uygulanmaktadır. SKDM uyarınca tahsisatların bu konu ile bağlantısı bulunmamaktadır ancak implementing doküman henüz yayınlı olmadığı için net bir şey söylenemez. Taslak olarak implementing act mevcuttur ama yürürlükte değildir ve taslak halinde de bu husus yer almamaktadır.

24. Gönüllü ve uyumlu karbon pazarlarının durumları nedir?

Karbon ticaretinde uyumluluk ve gönüllülük olmak üzere iki çeşit pazar türü mevcuttur. Uyumluluk pazarları, ulusal, bölgesel ve/veya uluslararası politika veya düzenleme gerekliliğinin sonucu olarak oluşturulur.

Gönüllü karbon piyasaları ise ulusal ve uluslararası bireysel olarak karbon kredilerinin verilmesini, alınmasını ve satılması üzerine kurulur. Gönüllü karbon kredisi, çoğunlukla karbon projeleri geliştiren özel kuruluşlar veya onaylanan programlar geliştiren hükümetlerden oluşur.

25. Türkiye’de karbon fiyatlandırılması nasıl yapılmalıdır?

Karbon fiyatlandırması mevzuatın hükmüne göre gerçekleştirilecektir dolayısıyla burada mevzuata nasıl gerçekleştirildiği ile alakalı konu kuruluşlar için bağlayıcı bir unsurdur, fiyat Avrupa’daki sistemde haftalık belirlenmekte olup borsa mantığı ile ilerlemektedir. Türkiye’de ise bu konunun gerçekleştirilmesi ile ilgili sistemlere ait senaryolar oluşturulmuş olup mevzuat yapısında tanımlanması beklenmektedir.

26. Karbon ayak izi hesaplanması ve doğrulanması için akredite kurum ve kuruluşlar hangileridir?

Türkiye’de Ulusal Akreditasyon Teşkilatımız TÜRKAK Gönüllü hesaplanan kurumsal karbon ayak izinin doğrulanması kapsamında yetkilendirilmiş olup ilgili MLA kararı Nisan 2023’te alınmıştır, dolayısıyla ülkemizde akredite doğrulayıcı kurumların karbon ayak izi hesaplanma raporları doğrulanabilecektir. ISO/IEC 17029 akreditasyon standardına sahip olan kurum ve kuruluşlar ilgili alt kapsamda akredite ise doğrulama yapabilir. Ancak SKDM kapsamında ilgili regülasyon Avrupa Birliği tarafından yönetildiği için EU ETS de atanmış doğrulayıcı kuruluşlar tarafından bu çalışma yürütülebilecektir. Türkiye’de gönüllü hazırlanan sera gazı envanter raporlarını doğrulayabilecek akreditasyona sahip kurum ve kuruluşlara <https://secure.turkak.org.tr/kapsam/search> adresinden ulaşabilirsiniz.

27. Türkiye’de SDKM akreditasyonu almış herhangi bir kurum/kuruluş var mı?

Türkiye’de SDKM akreditasyonu almış herhangi bir henüz kurum/kuruluş bulunmamaktadır.

28. SKDM özelinde Kapsam 1, 2 ve 3 nedir?

Kapsam 1 Emisyon:

Doğrudan emisyonları içerir. Biokütlenin yanmasından kaynaklanan emisyon ve Kyoto Protokolü tarafından kapsanmayan sera gazı emisyonları, örn. CFC’ler, NOx vb. Kapsam 1’e dahil edilmeyecektir. Bu emisyonlar ayrı olarak raporlanacaktır.

- Elektrik, ısı veya buhar üretimi sonrasında fırınlar, türbinler, kazanlar vb. salınan emisyon,
- Üretim için kullanılan tüm fiziksel veya kimyasal proseslerden salınan emisyon,
- Malzemelerin, atıkların, ürünlerin ve çalışanların taşınması için salınan emisyon,
- Bilinçli veya bilinçsiz oluşabilecek cihazlardaki conta, fitil vb. bağlantılardan kaynaklanan kaçak bazı emisyonlar, soğutucu veya klimalar kullanımından kaynaklanan HFC emisyonları veya gaz nakli sırasındaki metan gazı sızıntıları.

Kapsam 2 Emisyon:

- Kurumun tükettiği, satın aldığı elektrik, buhar, ısıtma ve soğutma kaynaklarının üretiminde salınan sera gazı emisyonlardır.
- Kurumların tükettiği enerjinin hangi kaynak ile üretildiği ve ne kadar uzaktan kuruma ulaştırıldığı çok önemlidir.
- Elektrik üretiminde iletim ve dağıtımından kaynaklanan salınım Kapsam 3’ de değerlendirilebilir.
- Elektrik satın alıp sonra iletim ve dağıtım yapan şirketler ise emisyonları Kapsam 2’ de raporlanabilir.

Kapsam 3 Emisyon:

Bu kapsamdaki emisyonları kurum raporlamayı tercih ederse yapar. Bu kapsamda kurumların doğrudan sahip olmadıkları veya kontrol etmedikleri kaynaklardan oluşan emisyonlar raporlanır.

- Satın alınan malzeme ve yakıtların çıkarılması veya ektstrakte edilmesi veya üretilmesi esnasında oluşan emisyonlar,
- Ulaşım ağı aktiviteleri; satın alınan malzemelerin veya eşyaların, yakıtların, çalışanların, işe geliş gidişlerinde, iş seyahatlerinde taşınmasında, satılan ürünlerin taşınmasında, atıkların taşınmasında oluşan emisyonlar,
- Elektrik üretiminde kullanılan yakıtların çıkarılması, üretimi ve iletimindeki emisyonlar,
- Kiralama, taşeron veya fason işlerle oluşan emisyonlar,
- Satılmış ürünlerin ve servislerin kullanımı ile oluşan emisyonlar (buzdolapları, soğutucular, klimalar vb.),
- Ömürlerinin sonunda satılmış ürünlerin bertarafında oluşan emisyonlar,
- Atıkların bertarafında operasyonlardan çıkan emisyonlar,
- Atıkların bertarafı için satın alınan malzemelerin ve yakıtların emisyonları,
- Son kullanıcıya satılan satın alınmış elektrik (dağıtım şirketlerinin raporlayabileceği),
- Elektrik iletim ve dağıtımda oluşan emisyon (son kullanıcının raporlayabileceği).



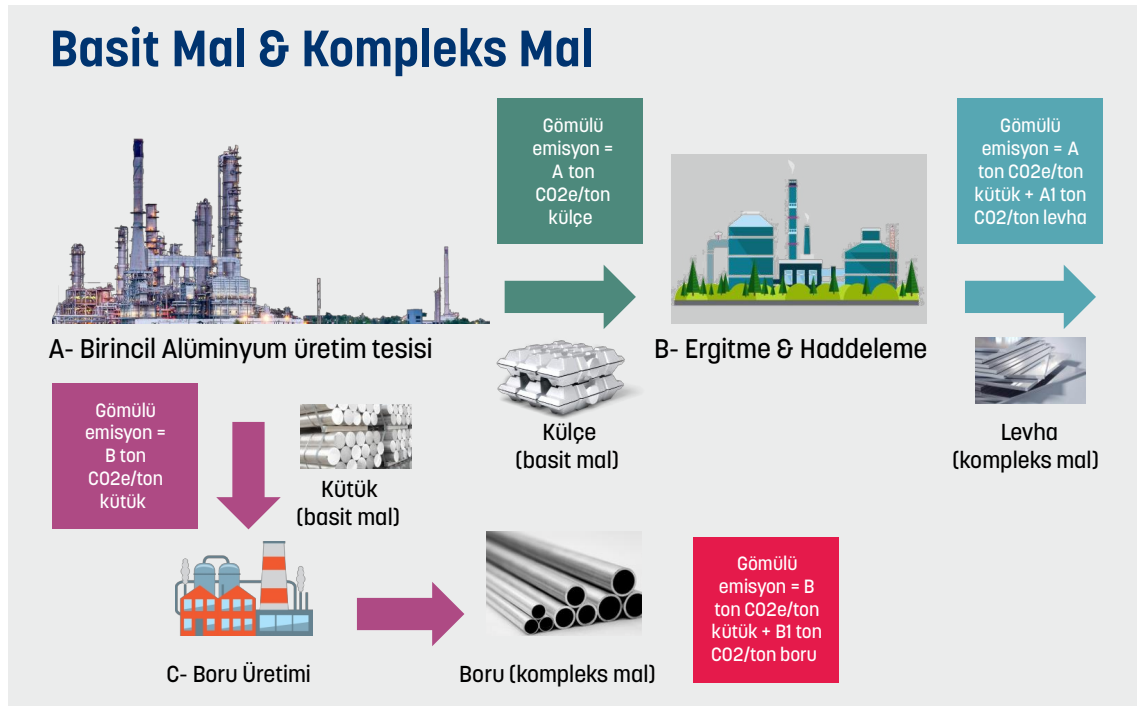
Şekil 3.5: Doğrudan ve dolaylı emisyonların kapsamlara göre şekilsel gösterimi.

29. Gömülü emisyon nedir?

Gömülü emisyon Regülasyon Ek-3'ndeki metodolojilere göre hesaplanan malların üretimi esnasında salıverilen doğrudan emisyonlardır. 1 ton mala karşılık gelen CO₂e emisyon. [CO₂e/ton mal] [28,29].

30. Basit mal nedir?

Sadece sıfır gömülü emisyonu sahip girdi malzeme ve yakıt ile bir üretim sürecinde üretilen mallar. Alüminyum için kütük, ingot, külçe örnek verilebilir. (Girdisinde sıfır veya sıfıra yakın emisyon olan ürünler.)



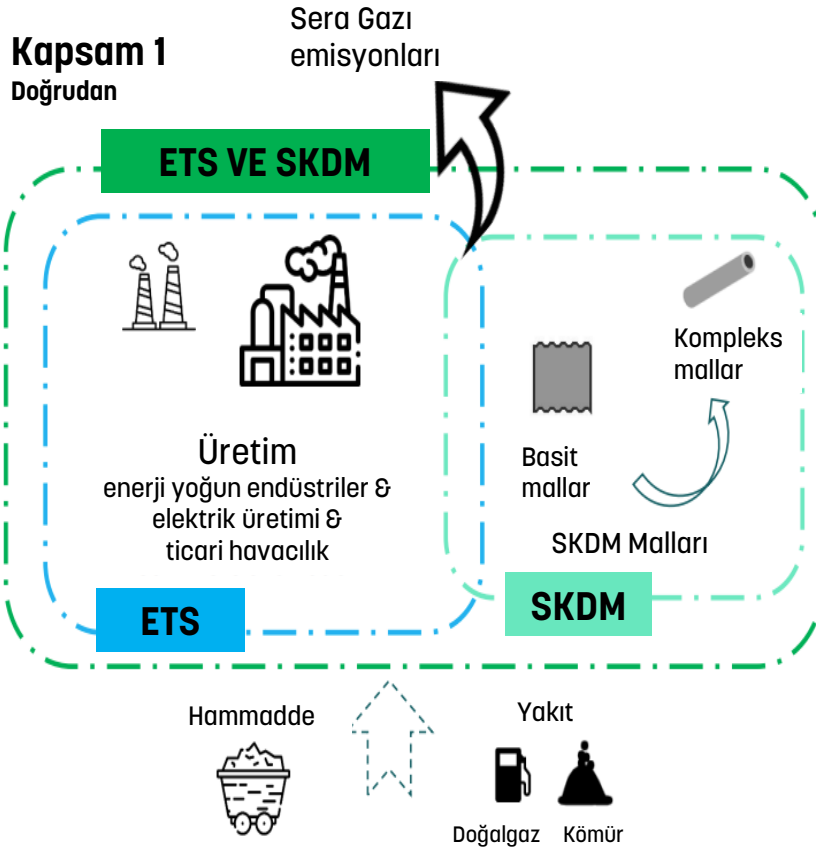
Şekil 3.6: Basit ve kompleks mallarda gömülü emisyonların hesaplanması.

31. Kompleks mal nedir?

Üretim sürecinde diğer basit ürünlerin girdi olarak kullanılmasını gerektiren ürünler. Alüminyum için, levha, folyo, boru, profil, tel vb.

32. SDKM ve ETS arasındaki ilişki nedir?

ETS emisyonu odaklıdır, SDKM "üretilebilir mal" odaklıdır.



Şekil 3.7: ETS ve SKDM kavramlarının karşılaştırılması.

3.1.1. SKDM Sürecinde İzlenecek Adımlar

1. Yetkilendirme Başvurusunun Yapılması

Kim: İthalatçı/ beyan sahibi

Nereye/Kime: SKDM Yetkili otoritesine

Ne zaman: Ekim 2023 tarihi -31 Aralık 2025 tarihleri arası geçiş dönemidir. Bu dönem sonrasında ücret ve doğrulama yükümlülüğü gelmesi beklenmektedir.

2. Başvuru ve Beyanname İncelenmesi

Kim: Yetkili otorite

Ne yapacak: İnceleme sonucunu bildir.

Nereye/Kime: İthalatçı/beyan sahibi

3. SKDM Raporunun Hazırlanması

Kim: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Ne yapacak:

- Toplam ithalat miktarı, Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarına ilişkin toplam gerçek emisyon miktarı,
- Menşe ülkesinde ödenen ve ihracatta vergi iadesine tabi olmayan karbon fiyatına ilişkin bilgileri,
- SDKM sertifikası (Maldaki 1 ton doğrudan emisyon yansıtan elektronik sertifika)
- SKDM Sertifikası miktarında, menşe ülkesinde ödenen karbon fiyatı (3. Ülkede vergi veya ETS kapsamında tahsisat olarak ödenen parasal meblağ) çerçevesinde indirim taleplerini içeren rapor hazırlanması gereklidir. Belirtilen koşul için uygulama mevzuatı yayınlanması beklenmektedir.

Nereye/Kime: Yetkili otoriteye

Ne zaman: Her çeyrek dönemde

4. Hesaplama

Kim: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Ne yapacak: Basit ve karmaşık mallar için emisyon hesaplamaları

Nereye/Kime: Yetkili otoriteye

Ne zaman: Raporlama döneminde

Nasıl:

- Hesaplamalar 1 ton için yapılır.
- Basit Mal= Doğrudan emisyon/Raporlama döneminde üretilen toplam mal
- Karmaşık emisyon= (Doğrudan Emisyon + Mala girdi olan sarfların karbon içerikleri) / Raporlama döneminde üretilen toplam mal
- Bu hesaplama yapılırken ek kapsamı dikkate alınmalıdır bazı ürünlerde yalnızca doğrudan kapsamlar değerlendirilmiştir uygulama mevzuatının yayınlanması beklenmektedir.

5. Doğrulama

Kim: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Ne yapacak: SKDM Beyannamesine konu toplam emisyon miktarını, AB ETS’de atanmış bir akredite doğrulayıcı çerçevesinde doğrulattırır.

Nereye/Kime: Yetkili otoriteye

Nasıl: AB ETS’de akredite edilmiş kişi/kişiler (doğrulayıcı) SKDM beyannamesine konu toplam emisyon miktarını, incelenir ve doğrulanır. İlgili tüzükler ve doğrulama prensipleri esas alınarak.

6. SDKM Sertifikası İbrazı

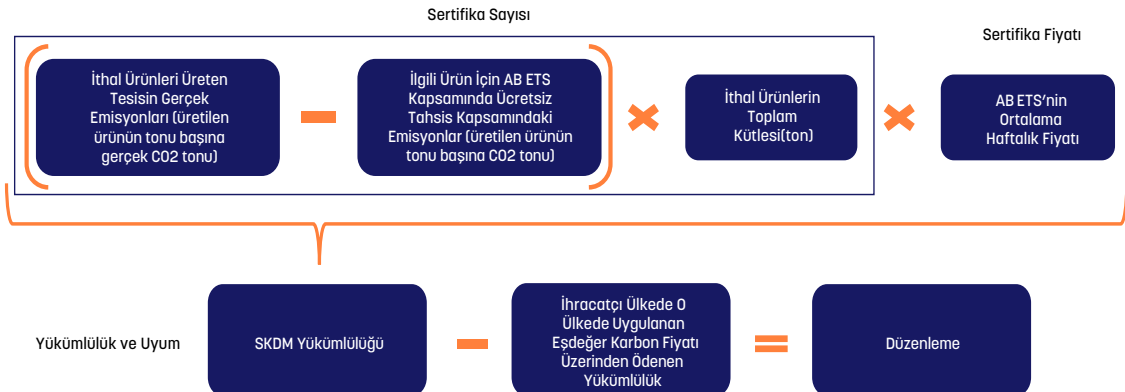
Kim: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Ne yapacak: Önceki takvim yılında yaptığı ithalatın doğrulanmış emisyon içeriğine

Nereye/Kime: Yetkili otoriteye

Ne zaman: Her yıl 31 Mayıs

Nasıl: Her çeyreklik dönemde yapılan ithalatın varsayılan emisyon içeriğinin %80’ine karşılık gelecek SKDM Sertifikası veri tabanındaki hesaplarında tutulur.



Şekil 3.8: SKDM sertifika ibrazı.



7. SDKM Sertifika Fiyatının Belirlenmesi

Kim: Yetkili otorite

8. SDKM Sertifika Alımı

Kim: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Nasıl: SKDM sertifikaları, yetkilendirilmiş beyan sahipleri tarafından haftalık belirlenen fiyat üzerinden satın alınacaktır.

9. SDKM Sertifika Satımı

Kim: Yetkili otorite

Nasıl:

- SKDM sertifikalarının satışı her bir üye ülkenin yetkili otoritesi tarafından yapılır.
- Sertifikaların fiyatı, salınan € /ton CO2 olarak ifade edilen AB ETS tahsisatlarının haftalık ortalama ihale fiyatına bağlı olarak hesaplanacaktır.

10. SDKM Sertifika İadesi

Kim: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Nereye/Kime: Yetkili otorite

Nasıl: SKDM sertifikalarının maksimum 1/3'ü Yetkili Otorite tarafından iade alınır.

11. SDKM Sertifika Devri

Kim: Yetkili otorite

Nereye/Kime: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Nasıl: SKDM sertifikalarının sadece bir sonraki yıla devredilir.

12. SDKM Sertifika İptali

Kim: Yetkili otorite

Nereye/Kime: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

Nasıl: 1 yılı geçen SKDM sertifikaları iptal edilir.

13. Cezai Müediyedeler

Kim: Yetkili otorite

Nereye/Kime: İthalatçı/ yetkilendirilen beyan sahibi

3.2.Enerji Verimliliği ve Emisyon Azaltımı Hedefleri

Enerji verimliliği, yüksek enerji tüketiminin olduğu sektörlerde hem maliyet hem de çevresel etkiler bağlamında önemli bir konudur ve alüminyum sektörümüz de, yüksek enerji tüketiminin söz konusu olduğu önemli bir sektördür. Özellikle birincil alüminyum üretiminin, yüksek sıcaklıklar gerektiren döküm prosesleri sonucunda gerçekleşiyor olmasından kaynaklı olarak yüksek miktarda enerji tüketimi bulunmakta ve bu bağlamda alüminyum üretimi proseslerinden çıkan emisyon miktarları da yüksek değerlerde sonuç vermektedir. Alüminyum üretim tesislerinde, özellikle fırınlarda, gerçekleştirilecek enerji verimliliği çalışmaları hem düşük enerji tüketimi hem de emisyon miktarlarının azaltılmasında büyük bir rol oynayacağından finansal ve çevresel etkileri bakımından da pozitif bir çıktı sunmaktadır.

Enerjinin kontrol edilebilir bir harcama kalemi olması sebebiyle, enerji-üretkenlik-metal verimi-karbon salınımı birbiriyle yakından ilgili konulardır. Buna bağlı olarak da yüksek enerji verimi, yüksek üretkenlik ve düşük metal kaybı yani yüksek metal verimi ve düşük karbon salınımı da birbiriyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda optimum teknolojik seçim ve proses büyük önem taşımaktadır. Enerji verimliliği, proses için gerekli olan teorik enerji miktarının, gerçekte kullanılan enerji miktarına oranıdır ve teknoloji odaklıdır. Daha iyi teknolojiye sahip fırın seçimi, yüksek otomasyon düzeyi, ergimiş metalin mekanik ya da elektromanyetik olarak karıştırılması gibi prosesler ile enerji verimliliği artırılabilir. Alüminyum ergitme fırın ve proseslerinde iyileştirmenin sınırı yoktur. Enerji verimliliğini ve dolayısıyla metal verimi ve üretkenliği etkileyen çok sayıda değişken söz konusudur.

Alüminyum ergitme fırınlarında enerji verimliliğini aşağıdaki 10 alt başlıkta inceleyebiliriz:

- **Yakıcı Seçimi ve Konumlandırılması**

Genellikle işletmelerde, ergitme süresini kısaltmak amacı ile yakıcılar tam güç çalıştırılır. Ancak hızlı ergitmeye ulaşabilmek için aynı zamanda yanma sonucu oluşan ısının yanma havasından katı şarj üzerine iletilmesi gerekmektedir. Yani ısı iletim oranı, yakıcının çalışmasıyla doğru orantılı olarak artmaz. Yakıcının fazla çalışması aynı zamanda, baca gazı sıcaklığının yükselmesi, daha fazla metalin okside olarak yanması, daha fazla metal parçacıklarının baca gazı tarafından taşınması ve daha fazla toz oluşumu anlamına gelir. Bu nedenle maksimum ısı iletimine olanak veren tasarım ve yakıcı konumlandırılması, ergitme fırınları için yaşamsal önem taşır. Yakıcıların optimum koşullarda çalıştırılması, yeterli operasyon bilgisi ve uygun şarj karışımı hazırlanması ile ısı kayıpları azaltılarak, fırının ısı verimliliği artırılabilir ve dolayısıyla gaz ve oksijen tüketimi azaltılabilir.

- **Baca Kayıpları**

Yararlı ısı fırına giren net ısıdan baca gazı kayıplarının düşümü ile hesaplanır. Şarja ulaşan net ısı miktarı ise faydalı ısı ile diğer kayıpların (duvar ve radyasyon kayıpları) arasındaki farktır.

Fırının enerji verimliliğinin ölçümünde temel parametre baca gazlarının sıcaklığıdır. Yüksek baca gazı sıcaklıkları, düşük enerji verimliliği anlamına gelir. Eğer yanma gazları taşıdıkları enerjiyi şarj üzerine iletemezler ise, yüksek sıcaklıkta fırını terk ederler.

Baca kayıpları diğer ısı kayıplarına ve operasyon kalitesine doğrudan bağlıdır. Baca kayıplarının miktarı ise, yanma havası ve yakıtın akış hızına ve fırın içine dışarıdan kaçak hava girişi ile ilgilidir.

- **Hava/Yakıt Oranının Kontrolü**

Yanma tepkimesinin tamamlanması için gerekli olan minimum ısının kullanımı en verimli ısı üretim şeklidir. Verimli bir yanma, optimum yakıt tüketimi ve minimum kirli gaz salınımı anlamına gelir.

Her bir yakıt türü için, yanma tepkimesinin tamamlanması kimyasal ya da stokiyometrik olarak ideal bir yakıt-hava oranına bağlıdır. İdeal orandan her sapma enerji veriminin düşmesine neden olur.

Düşük hava ile çalışmak yanma reaksiyonunun tamamlanamamasına ve bu nedenle aşırı yakıt tüketimi ve aşırı CO ve yanmamış hidrokarbon salınımına neden olur. Fazla hava kullanımı ise baca gazları ile atık ısı kaybının çok büyük oranda artmasına yol açar ve her iki durumda fırının ısı verimliliğini ve buna bağlı olarak üretkenliğini azaltır.

- **Fırın İç Basıncının Kontrolü ve Hava Kaçaklarının Önlenmesi**

Soğuk hava fırın içine sadece yakıcıdan fazla hava olarak girmez. Eğer fırın içinde negatif basınç var ise, fırın çevresinden de fırın içine girebilir. Çünkü fırın içindeki negatif basınç kapı ve diğer açıklıklardan fırın içine soğuk havayı çeker (baca etkisi). Bu soğuk hava yanma gazlarının taşıdığı enerjinin bir bölümünün kaybolmasına neden olarak, fırının enerji verimliliğini düşürür.

Fırın içine kaçak hava girişi, yakıt tüketimini olumsuz yönde etkiler ve fırının yüksek hava/ yakıt oranı ile çalışmasına yol açar. Bunun yanında hava kaçakları, fırın içindeki oksijen konsantrasyonunun artmasına ve dolayısıyla ergimiş metalin oksidasyonuna da neden olur.

- **Atık Isının Değerlendirilmesi**

Verimli bir atık ısı değerlendirme işlemi için ilk öncelik, baca gazı kayıplarının azaltılmasıdır. Baca gazı sıcaklığı arttıkça, geri kazanılabilir enerji miktarı da artar. Bununla birlikte yüksek baca gazı sıcaklıklarına, ergitme işleminin belirli aşamalarında ulaşılır. İlk şarj zamanı, baca gazı sıcaklığı düşüktür ve ergiyik ile şarj arasındaki sıcaklık farkı nispeten yüksektir. Bu aşamada enerji, yanma gazlarından şarj üzerine transfer edilir ve sonuç olarak baca gazı sıcaklığı düşüktür. Şarj ergimeye başladıkça, şarj ile fırın atmosferi arasındaki sıcaklık farkı düşmeye başlar, enerji transferi azalır ve baca gazlarının sıcaklığı yükselmeye başlar. Şarj tamamen ergidiğinde, ısı transferi minimuma ulaşır ve bu arada baca gazı sıcaklığı maksimum olur. Prosesin bu aşamasında, ergimiş metalin döküm sıcaklığına ulaşması için fırın ısıtılır ve bu aşamada baca gazları maksimum sıcaklığa ulaştığı için, maksimum enerjinin geri kazanımı mümkün olacaktır. Atık ısı iki farklı şekilde değerlendirilebilir:

1. Atık Isının Şarjın Ön-ısıtılmasında Kullanılması
2. Atık Isının Yakma Havasının Ön-ısıtılmasında Kullanılması

- **Yanma Havası Olarak Oksijence Zenginleştirilmiş Hava ya da Oksijen Kullanımı**

Yakma havası olarak oksijence zenginleştirilmiş hava veya oksijen kullanımının en önemli sonuçları:

- Baca gazı ve ısı kayıplarının azalarak, fırının ısı veriminin yükselmesidir.
- Fırın atmosferinde yüksek radyasyon yeteneğine sahip, yanma ürünleri olan CO₂ ve H₂O konsantrasyonlarının artmasıdır.
- Alev sıcaklığının artması ve dolayısıyla ısı iletiminin iyileşmesidir.

- **Ergimiş Metal Banyosunun Karıştırılması**

Ergimiş metal banyosunun karıştırılması uygulaması Reverber fırınlarda uzun zamandır kullanılan ve neredeyse fırının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiş uygulamalardır.

Ergimiş alüminyumun mekanik ya da elektromanyetik pompalar aracılığı ile karıştırılması, ergiyik yüzeyindeki sıcak alüminyumun banyonun derinliklerine, derinde bulunan soğuk alüminyumun ise yüzeye sirküle olmasını sağlayarak ergitme verimliliğini artırır.

Sakin banyolu fırınlarda ergiyik yüzey sıcaklığı ile fırın tabanındaki metal arasındaki sıcaklık farkı 50-85°C aralığında iken, metal sirkülasyonu sonucunda bu fark 3-7°C aralığına düşer.

- **Refrakter Kalitesi ve Uygulaması**

Refrakter seçimi, uygulanması ve bakımı, fırın tasarımı için önem taşır ve fırın verimliliğini büyük ölçüde etkiler. Dışarıdan soğuk hava girişine izin veren refrakter uygulaması sonucu hem yakıt tüketimi artar hem de fırın içindeki sıcaklık dağılımı uniformluğunu kaybeder.

Alüminyum ergitme ve tutma fırınlarında yaygın kullanılan refrakter malzemeler silika ve alümina bazlı refrakterlerdir.

Alüminyum ergitme teknolojisindeki metal üretimini ve metal verimini arttırmaya ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik tüm iyileştirmeler, fırın refrakter malzemelerinin de bu gelişime ayak uydurabilmesi için sürekli yenilenmesi ve gelişmesi gerekliliğini doğurmuştur.

- **İşletme koşulları**

- Ergiyik yüzeyinin temizliği

- Isı transferinin artırılmasının en kolay yolu transfer yüzeyinin temizliğidir. Ergitme fırınlarında ergiyik yüzeyini sağlayan cüruf tabakasının temizlenmesi ısı iletimini artırır. Bununla birlikte indirekt ısıtmalı fırınlarda örneğin radyan tüplerin ya da elektriksel eleman yüzeylerinin temiz tutulması da benzer olumlu etkiyi yapar.

- Fırın yükleme ve ve işletme pratiği (şarj ve cüruf alma mekanizasyonu, radyasyon kayıplarının önlenmesi)

- Fırın işletme verimliliği, yakıcı kapasitesi ve fırın tasarımına bağlı olarak, büyük ölçüde birim zamanda yapılan şarj miktarı ve şarjin fiziksel olarak fırın hacmi içindeki konumuna bağlıdır. Bunun yanında işletme pratiği, cüruf alma pratiği ve proses kontrol ile parametrelerin izlenmesi de diğer önemli noktalar.

Şarj sırası ve miktarı ve yakıcı kontrolü enerji tasarrufu için önemlidir. Fırın işletmeciliği otomatik kontrol sistemleri ile desteklenirse, yani hava/yakıt oranı dinamik olarak kontrol edilebilirse, yakıcı optimum koşullarda çalışabilir ve fırın üretkenliği artarken, enerji tüketimi düşer.

- **Proses Kontrol Sistemleri**

Dijitalleşmenin geldiği düzey, bütün endüstriyel tesislerde olduğu gibi, alüminyum tesislerini de etkilemektedir. İki önemli değişim olarak:

- Artık tüm makine, ekipman ve sistemler kullanıcıya özel olarak tasarlanmaktadır,
- Makine parkı ile birlikte "proses bilgisi" ve bu bağlamda "özgün proses bilgisi üretme" ön plana çıkmıştır.

Bu gelişmelerin temel nedenlerinden birisi maliyet kavramının değişmesidir. Atık bir ürünün maliyeti sadece ekonomik maliyet değil, bununla birlikte çevresel (karbon ve su ayak izi) ve işve iş güvenliği de kapsamaktadır.

Artık işletmeler kendi dijital sistemlerini kurmakta ve makine imalatçılarından bu sisteme entegrasyonu beklemektedir.

Yukarıdaki başlıklarda bahsedilen geliştirmeleri hayata geçirmek amaçlı hazırlanan projeler uygulanırken, işletmeler aşağıda belirtilen "yanlış bilinen" maddelere de dikkat etmeleri önem arz etmektedir.

- ✗ Sadece büyük firmalar bu program/projeleri uygulayabilir.
- Ancak doğru proses tasarımı ile küçük işletmelerde de başarılı projeler yürütmek olanaklıdır.
- ✗ Sadece yeni ve pahalı fırın ve diğer ekipmanlar ile enerji verimliliği yükseltilebilir.
- Enerji verimliliğinin arttırmaya yönelik program/projelerin hem yatırım hem de prosese yönelik iyileştirmeleri vardır ve proses üzerine odaklanılarak, gerekli iyileştirmeler yapılarak ve gerekirse düşük maliyetli yatırımlarla (ölçüm cihazları satın alınması gibi) başarılı sonuçlara ulaşılabilir.
- ✗ Programın çalışması için ilave kadro gerekir.
- İşletmede mühendis, usta ve operatörlerin eğitilmesi ve belirli aralıklarda projenin kontrolü için dışarıdan alınan yarı-zamanlı uzman destekleri yeterli olabilmektedir. Hatta bu tür programlar, pandemi sonrası günlük hayatımızın bir parçası olan, uzaktan eğitim/toplantılarla da yönetilebilir.

Enerji verimliliği, finansal, çevresel, sürdürülebilirlik ve rekabet gibi konularda önemli bir kriterdir ve bu alanda yapılabilecek çalışmalar sadece üretim sahalarına bağlı kalmaksızın, tüm firma faaliyet alanlarında gerçekleştirilebilecek birçok projeye firma içerisinde başlatılacak bir farkındalık ve kurumsal kültür ortamı oluşturacaktır. Firma içerisinde oluşacak bu kurumsal kültür hem ulusal hem de uluslararası bağlamda iyi bir örnek teşkil edebilecek ve piyasadaki diğer firmaların da ilgisini çekerek enerji verimliliği konusunda farkındalığın artırılmasına destek verebilecektir.

Avrupa bölgesi başta olmak üzere önemli bir ihracatçı sektör olarak, uluslararası piyasalardaki artan rekabet ortamında Türkiye alüminyum sektörümüzün tüm paydaşlarının sürdürülebilirlik, döngüsel ekonomi, karbon emisyonu, geri dönüşüm ve çevresel etkiler gibi başlıklara önem ve öncelik vermeleri gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Enerji verimliliği ise bu başlıklara faydalı çıktılar sağlayacak en önemli kalemlerden birisidir.

3.3.Avrupa Birliği Taksonomi Direktifi ve Sürdürülebilirlik

AB taksonomisi, kurumların ve yatırımcıların Yeşil Mutabakata konu olan hedefleri gerçekleştirmek için gerekli adımların atılması aşamasında “çevresel olarak sürdürülebilir” aktiviteleri belirlemeleri ve yatırımları yapmaları yönlendirmeye yönelik oluşturulmuş bir araç ve sınıflandırma sistemi olup bu sistemi içeren direktif sürdürülebilir faaliyetleri değerlendirme, ölçme ve raporlama biçimini tarifler.

Taksonomi Direktifi 22 Haziran 2020 de yayınlanmış ve 12 Temmuz 2020 tarihi itibari ile de uygulamaya alınmıştır. Bir faaliyetin çevresel sürdürülebilir olarak nitelendirilebilmesi için 4 kapsayıcı koşul belirlenmiştir Bunlar:

- Aşağıda yayınlanmış 6 çevresel hedeften en az birine önemli bir katkıda bulunmak veya belirgin zarar vermemek (Do Not Significant Harm - DNSH):
 - İklim değişikliğinin hafifletilmesi,
 - İklim değişikliğine uyum,
 - Su ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı,
 - Döngüsel ekonomi,
 - Kirliliğin önlenmesi ve kontrol,
 - Sağlıklı ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik.
- Diğer çevresel hedeflerin hiçbirine önemli bir zarar vermemek
- Asgari sosyal güvenlik önlemlerine uymak
- Teknik tarama kriterlerine uymak

Bu taksonomide belirtilmiş alan listesi ve bu alanlarda yatırım yapılması da zorunlu değildir. Taksonomi yeşillik derecelendirme yapmaz. Yapılan yatırımların performansları ile ilgilenmez. Sadece sürdürülebilir çevre hedefleri ile ilgili aktivitelere odaklıdır [29]. Ekonomik bir aktivitenin çevresel sürdürülebilir olması için 6 objektiften en az birine katkı sağlamalı ve bu katkıyı sağlarken de diğer 5 hedefe belirgin bir zarar vermemelidir (DNSH). Sosyal standartları sağlamalıdır.

AB taksonomisi çevresel sürdürülebilirlik projeleri/aktiviteleri için gerekli yatırımlar ve kapsamaları konusunda oluşabilecek belirsizlikleri ortadan kaldırmak amacıyla oluşturulmuştur. Böylece Yeşil Mutabakata katkıda bulunduğu düşünülen projelerde kurumların yeşil aklama/yeşil intiba/yeşil yıkama veya yeşil badana (greenwashing) yanlışına düşerek kendilerini, paydaşlarını ve toplumu kandırmaları engellenebilecek ve yatırımların çevresel sürdürülebilir projelere yapılmasını sağlayabilecektir.

3.3.1.Sermayelerin sağlanmasına yönelik olarak geçiş finansmanı

Şirketlerin çevresel sürdürülebilirlik konusunda ekonomik destek alabilmeleri için raporlama yapması gereklidir. Özellikle 500’den fazla çalışanı olup borsada işlem gören şirketlerin sürdürülebilirlik politikaları ve uygulamaları hakkında raporlama yapmaları istenmesine rağmen 2023 yılı itibari ile tüm şirketlerin Finansal Olmayan Raporlama Direktifini esas alarak sürdürülebilirlik raporlarının hazırlanması faydalı olacaktır. Raporlamanın sağlıklı yapılabilmesi için standartların oluşturulduğu ve raporların dış denetim ile doğrulanması yönünde denetim faaliyetlerinin yapılacağı da bu sürecin sağlıklı işletilmesi için planlanan aktivitelerdir.

Bankalar raporlama yükümlülüğü kapsamında yatırım faaliyetlerini kamuya açıklamak zorundadırlar. Bu durum domino etkisi yaratarak dolaylı olarak, bankalara güvenin sağlanması için yükümlülüklerini yerine getirmek için müşterilerinden giderek daha fazla çeşitli veriler talep edecekler.

2021 yılında Ticaret Bakanlığının hazırlamış olduğu “Yeşil Mutabakat Eylem Planı” AB ve uluslararası kuruluşların taksonomi mevzuatları gözetilerek ulusal mevzuat hazırlanacağı ve yeşil finans tüm paydaşlarda farkındalık sağlanması ve piyasanın geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla Yeşil Kira Sertifikası / Yeşil Hukuk Yeşil Tahvil finansman araçları olabilecekleri belirtilmiştir [31,32].

Yeşil tahviller, çevreye veya iklime sürdürülebilir ve pozitif fayda sağlayan projelerin finansmanı için kaynak sağlayan araçtır. Uluslararası Sermaye Piyasaları Derneği, (ICMA) Yeşil Tahvil İlkelerini Haziran 2021’de belirlemiştir [33].

24.02.2022 tarihinde Sermaye Piyasaları Kurulu “Yeşil Kira Sertifikası, Sürdürülebilir Kira Sertifikası Rehberini” yayınlamıştır. 7 Haziran 2023’de yayınlanan III-61.1 sayılı Kira Sertifikaları Tebliđi’nde Yeşil kira sertifikaları “varlık ve hakkın finansmanını sağlamak amacıyla varlık kiralama şirketi tarafından ihraç edilen ve sahiplerinin bu varlık veya haktan elde edilen gelirlerden payları oranında hak sahibi olmalarını sağlayan menkul kıymetler” olarak tanımlanmıştır [34,35]. Yeşil Kira Sertifikası rehberi Sermaye piyasaları kurulu tarafından hazırlanmıştır [34].

Ülkemizde AB taksonomisine uyum süreci 25 Şubat 2022 İklim Şurası’nda:

- “Ulusal Yeşil Finansman Stratejisi” oluşturulacağı ve yeşil taksonomi mevzuatının hazırlanması amacıyla bir “Teknik Uzman Grubu” grubu kurulması ve mevzuat hazırlıklarının 2023 yılı sonuna kadar tamamlanması,
- Yeşil dönüşümün finansmanın teşvik ve desteklerine ilişkin rehber niteliğinde olan genel ilke, kriter ve koşulların “Yeşil Finans Uzman Çalışma Grubu” tarafından 2023 yılında hazırlanması ve güncellenmesi kararları ile planlanmıştır [36].
- Taksonomi sayesinde şirketlerin iklim dostu, çevreyi koruyan sürdürülebilir projelere teşvik edilmesi sağlanacak, yatırımların gerçek yeşil sürdürülebilir projelere yönlendirilerek yatırımların doğru projelere yapılması sağlanacak ve finansal kaynakların yeşil badanaya maruz kalması ve toplumun kandırılması önlenecektir.

BÖLÜM 4 - ABYM'nin Türkiye Alüminyum Sektörünün Rekabetçi Yapısı İçin Genel Değerlendirmesi

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı (ABYM), AB'nin sera gazı emisyonlarını azaltma, enerji verimliliğini artırma, yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etme ve döngüsel bir ekonomi oluşturmak için sürdürülebilir üretim ve tüketimi teşvik etme hedeflerini içeren kapsamlı bir adımdır. Yeşil Mutabakat ile çevresel standartların yükseltilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için çeşitli sektörlerle ve ülkelerin politikalarına önemli bir etkisi olacaktır. Türkiye'nin alüminyum sektörü de Yeşil Mutabakat kapsamında önemli bir rekabet yapısıyla karşı karşıyadır. Türkiye'deki enerji yoğun, ihracatçı, küçük ve orta ölçekli işletmeler ve teknolojik olarak geri kalmış şirketlerin, AB Yeşil Mutabakatı sürecinden daha fazla etkilenebilecek potansiyele sahip olduğu öngörülmektedir [12, 37].

AB'nin enerji verimliliği ve düşük karbonlu enerji kaynaklarına yönelik talebini artıracığı için enerji tüketimi yoğun olan alüminyum endüstrisi AB pazarına ihracat yapan Türk alüminyum üreticileri için bazı zorluklar doğurmaktadır. Türk alüminyum üreticileri, AB pazarında rekabet edebilmek ve talepleri karşılayabilmek için düşük karbonlu üretim yöntemlerine geçiş yapmak zorunda kalacaktır. Bu durum, yatırım maliyetlerini artırabilir ve mevcut üretim süreçlerinde önemli değişiklikler gerektirebilir [12]. Döngüsel ekonominin sürdürülebilirlik çerçevesinde sağlanabilmesi için ABYM kapsamında hazırlanan "Yeşil Mutabakat Eylem Planı"nın hızlı bir şekilde uygulamaya konularak yeşil yatırım kararları alınmalı ve yeşil teknolojiler teşvik edilmelidir [39]. Türkiye Avrupa Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda, ülkemizi etkileyen 8 ana başlık ve bilinçlendirme üyelerinin yer aldığı bir başlık olmak üzere 9 ana başlık altında ilgili değerlendirilen 70 faaliyet bulunmaktadır [12,38].

Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan SKDM 2030 yılına kadar sera gazı emisyonunu %55 oranında azaltmayı hedefleyen bir Avrupa yeşil projesi olup Mutabakat hedefine ulaşmak için yeni uyum ve standartları kapsayan paketin parçasıdır. Pakette ayrıca AB ETS için öneriler de yer almaktadır. AB'ye ithal edilen alüminyum ürünleri için, ürünlerin üretimi ile ilgili ithalatçılardan kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonlarına dair SKDM sertifikaları satın alınmalıdır. 2023-2025 yılları arasında, AB dışındaki üreticilerden kaynaklanan hem doğrudan hem de dolaylı emisyonlar için raporlama gerekmektedir [12, 38].

Üretim proseslerinde karbon kaçağını (carbon leakage) azaltmak için "Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması" ile AB'de uygulanan iklim değişikliği politikaları ve uyum düzenlemelerini hayata geçirmemiş ihracat yapan ülkeler için getirilen ek yükümlülüklerin uygulandığı bir sistemle ürünlerin karbon içeriği dikkate alınmış olup, Avrupa'ya ihraç edilen ürünlerden karbon içeriğine göre ton başına 30 ila 50 Euro arasında vergi alınması gerekmektedir. Bu da alüminyum ihracatçıları için ek maliyetlere neden olmaktadır. Yeşil Mutabakat ile getirilen düzenlemeler üreticiler için büyük ölçüde ekonomik öneme sahiptir [40].

AB, Yeşil Mutabakat ile enerji verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Türk alüminyum üreticileri için, üretim proseslerinde yapılacak ek maliyetler ve teknolojik yenilikler ile enerji verimliliği gereksinimleri karşılanabilir. İhracat yapılan ürünlerin AB'nin sürdürülebilirlik standartlarına uygun olmasını sağlamak için gereken belgelendirme ve izleme süreçleri, ihracatçılar tarafından karşılanmalıdır, ekstra maliyetlere sebep olsa da karbon vergisi ve eko-etiketleme için yeni standartlara uyum sağlanmalıdır. AB içindeki rekabetçi piyasada var olabilmek için, Türk alüminyum üreticileri ürünlerinin kalitesini, sürdürülebilirlik performansını ve çevresel etkilerini değerlendirmek sürekli olarak iyileştirmek ve rekabet avantajı elde etmek zorunda kalabilir. Üretim proseslerinde iyileştirme ve uyum çalışmaları yapılmadıkça Türkiye ihracatta pazar kaybı yaşanacaktır. Bu zorluklara rağmen, Türk alüminyum üreticileri aynı zamanda Yeşil Mutabakat'tan kaynaklanan fırsatlardan da yararlanabilir. Mutabakat sürdürülebilirlik ve çevresel performansa odaklandığı için, üreticiler, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak ve enerji verimliliğini artırarak AB ülkelerine yapılan ihracatta pazar payını artırarak rekabet avantajı elde edebilirler. Bu bağlamda, Türkiye'nin karbon nötr hedefi doğrultusunda araştırma ve geliştirme projelerini desteklemesi, alüminyum sektöründe temiz enerji yatırımlarına odaklanması ve karbonsuz üretim süreçlerine geçmesi için uygun bir ekonomik ortam oluşturulabilir. Ulusal ekonomi üzerindeki etkisi nedeniyle, hükümet politikası, kaynakları temiz enerji üretimine ve bu üretimi geliştiren teknolojilere yer vermek için Yeşil Mutabakat'ı kullanabilir [12,37,40].

4.1.Dünya Alüminyum Sektörünün Geleceği

Dünyada alüminyum talebi, inşaat, otomotiv, havacılık, ambalaj ve yenilenebilir enerji gibi sektörlerde sürekli olarak artmaktadır. Bu talep artışının arkasında, düşük yoğunluğuna rağmen yüksek mukavemete sahip bir malzeme olan alüminyumun benzersiz özellikleri yer almaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe, yakıt verimliliği ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması amacıyla alüminyum kullanımı giderek önem kazanmıştır. Ayrıca, enerji üretimi ve depolama teknolojileri gibi batarya üretiminde kullanılan alüminyum, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla birlikte daha da önemli hale gelmektedir [41,42].

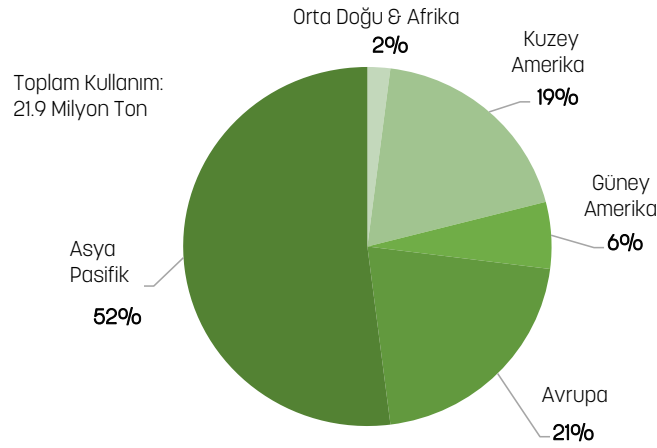
Neredeyse sınırsız şekilde geri dönüştürülebilir bir metal olan alüminyumun kullanımı, enerji tasarrufu ve doğal kaynakların bilinçli kullanımında yardımcıdır. Birincil alüminyum üretimi, yüksek enerji tüketimine ihtiyaç duyan bir proses olduğundan, geri dönüştürülmüş alüminyumun kullanımı, enerji maliyetlerini azaltabilir ve çevresel etkileri hafifletebilir. Bu nedenle, hammadde olarak cevher yerine hurdanın kullanıldığı ikincil alüminyum üretim prosesleri ve geri dönüşüm, gelecekte alüminyum sektöründe daha da önem kazanacaktır. Alüminyum üretim prosesinde kullanılan elektroliz süreci, önemli miktarda elektrik enerjisi gerektirmektedir ve bu enerji genellikle fosil yakıtlara dayalı kaynaklardan elde edilmektedir. Yeşil Mutabakat, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kullanımının teşvik edilmesi ve karbon salımını azaltan teknolojilerin benimsenmesi yoluyla alüminyum üretimindeki karbon ayak izini azaltmayı teşvik etmektedir. Alüminyum üretimi, enerji yoğun bir süreç olduğundan Yeşil Mutabakat ile alüminyum üreticilerinin geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımını teşvik ederek hem enerji verimliliğini artırması hem de döngüsel ekonomiye katkı sağlanması mümkün olacaktır. Dünya genelinde enerji sektöründe yaşanan dönüşüm, alüminyum sektörünün geleceğini etkileyecektir. Sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talebin artmasıyla birlikte, enerji maliyetleri düşebilir ve alüminyum üretiminde kullanılan elektriğin kaynağı da değişebilir. Örneğin, hidroelektrik enerji kaynaklarına dayalı birincil alüminyum üretimi, düşük karbonlu bir alternatif olabilir. Alüminyum üretimi ve işlenmesi alanındaki teknolojik ilerlemeler, sektörün verimliliğini artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca, alüminyum alaşımlarının geliştirilmesi, malzemenin özelliklerini iyileştirerek yeni uygulama alanları yaratmaktadır. Birincil alüminyum üretim teknolojilerindeki öngörülen gelişmeler Tablo 4.1'de örneklendirilmektedir. Nanoteknoloji, kaplama teknikleri ve üretim süreçlerindeki yenilikler, alüminyumun kullanımını daha da çeşitlendirebilir [43-45].

Tablo 4.1: Birincil alüminyum üretim teknolojilerindeki öngörülen gelişmeler [44,45].

Elektroliz	Daha verimli elektrotlar ve elektrolitler, enerji tüketimini azaltabilir.
	Elektroliz sürecinde kullanılan elektrot malzemeleri ve kaplama teknikleri gelişebilir.
Enerji Kaynakları	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşabilir.
	Hidroelektrik, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi düşük karbonlu kaynaklar tercih edilebilir.
Proses Verimliliği	Atık yönetimi ve geri dönüşüm sistemleri iyileştirilebilir.
	Daha etkili ısı geri kazanımı ve enerji tasarrufu sağlayan sistemler benimsenebilir.
Sürdürülebilirlik	Hammaddelerin kaynağından ürüne kadar olan süreçlerde sürdürülebilirlik ön plana çıkabilir.
	Karbon ayak izini azaltan stratejiler ve yenilikçi geri dönüşüm yöntemleri benimsenebilir.

Alüminyum sektörü, dünya genelinde ekonomik faktörlerden etkilenmektedir. Büyüme potansiyeline sahip ülkelerdeki endüstriyel gelişmeler, alüminyum talebini artırmaktadır. Özellikle Çin, Hindistan, Japonya, Endonezya gibi Asya-Pasifik bölgesindeki ülkeler, alüminyum tüketiminin hızla arttığı yerlerdir. Bu bölgelerdeki hızlı kentsel büyüme, inşaat sektörünün büyümesini destekleyerek alüminyum talebini sürekli olarak artırmaktadır. Bunun dışında otomotiv ve elektronik sektörleri de alüminyum talebini şekillendiren başlıca endüstrilerdir. Ayrıca, ticaret politikaları, gümrük vergileri ve uluslararası ticaret anlaşmaları gibi faktörler de alüminyum sektörünün geleceğini etkilemektedir [42- 45].

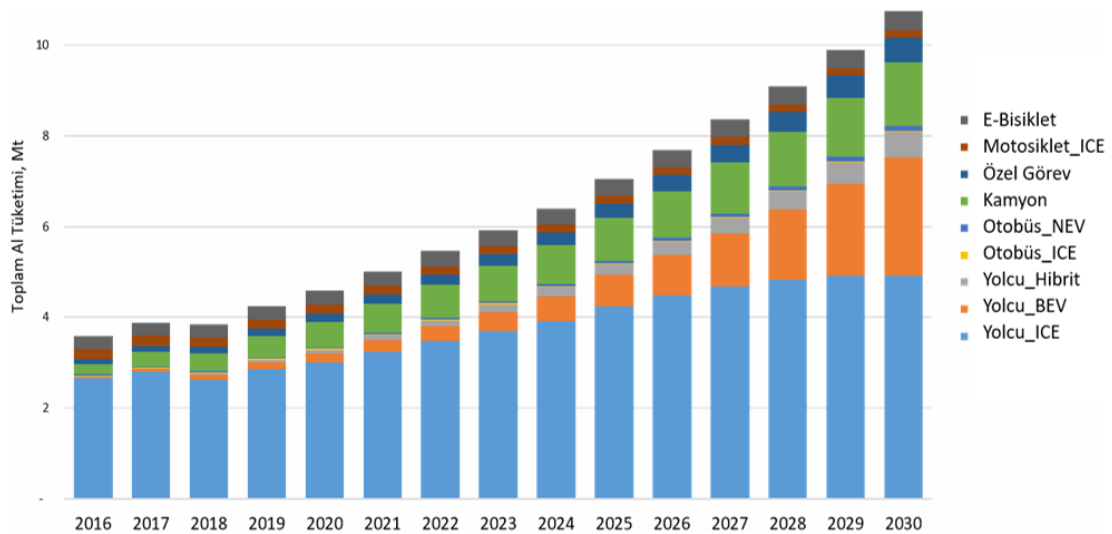
Döngüsel Ekonomiye Katkı Sağlayan (Geri Dönüştürülmüş) Alüminyum Kullanım Oranı



Şekil 4.1: Döngüsel ekonomiye katkı sağlayan (geri dönüştürülmüş) alüminyumun kullanım oranı ve alanları, 2021 [44,45].

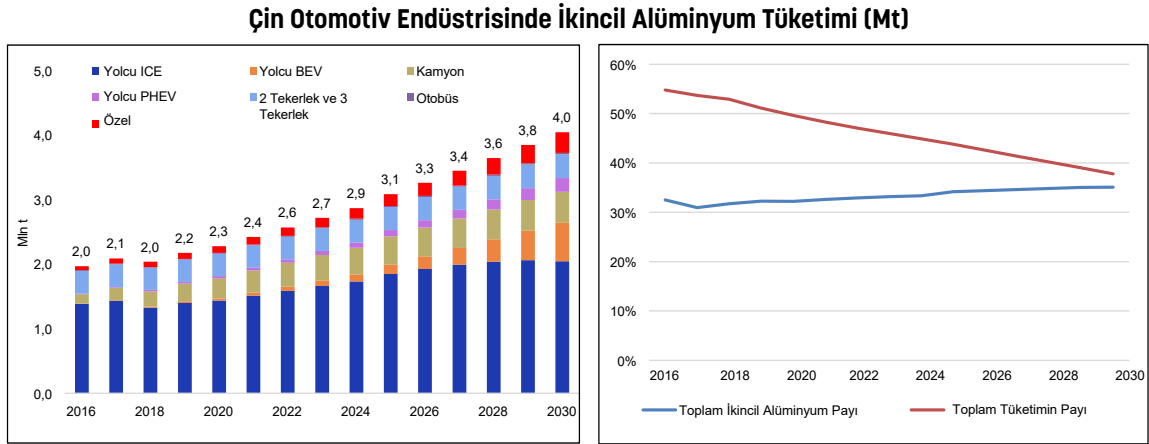
Çin otomobil endüstrisi, 2018 yılında toplam 3.8 milyon ton alüminyum tüketmiş ve bunun %72'sini binek araçlar oluşturmuştur. Toplam alüminyum tüketiminin %8,9'luk büyüme ile ve 2030 yılında 10.7 Mt'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.2). Binek otomobiller, otobüsler ve e-bisikletler dahil olmak üzere yeni enerji tabanlı araçlar, 3.7 milyon ton ile toplam alüminyum tüketiminin yaklaşık %34'üne katkıda bulunacaktır [46].

Çin Otomotiv Endüstrisinde Alüminyum Tüketimi (Mt)



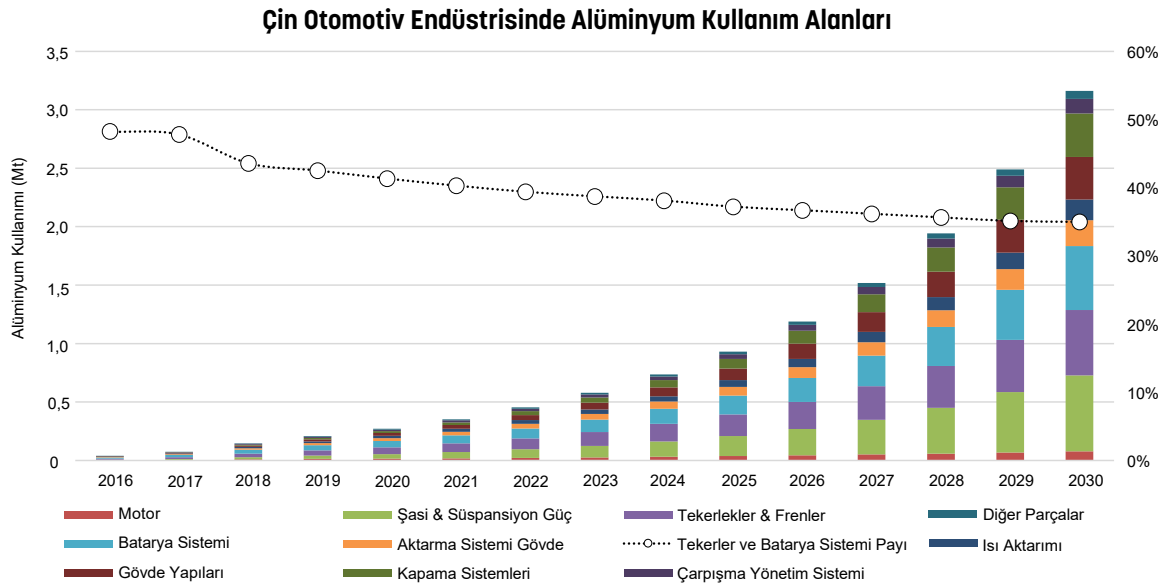
Şekil 4.2: Çin'de otomotiv endüstrisinde toplam alüminyum tüketimi [44].

Motor, şanzıman gövdesi ve diğer küçük döküm parçaların üretiminde ikincil alüminyum kullanılırken; jantlar, daha yüksek kalite gereksinimi nedeniyle çoğunlukla birincil alüminyum dökümle yapılmaktadır. 2018 yılında, otomobil ve motosiklet endüstrisinde toplam 2 Mt geri dönüştürülmüş alüminyum kullanılmış olup ve bunun %32'sini ikincil alüminyum üretimi oluşturmuştur. Gelecekte artan alüminyum kullanımıyla birlikte, geri dönüştürülmüş alüminyum kullanımının 2030 yılında 4 milyon tona çıkacağı ve toplam üretimin yaklaşık %35'ini oluşturacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.3) [46].



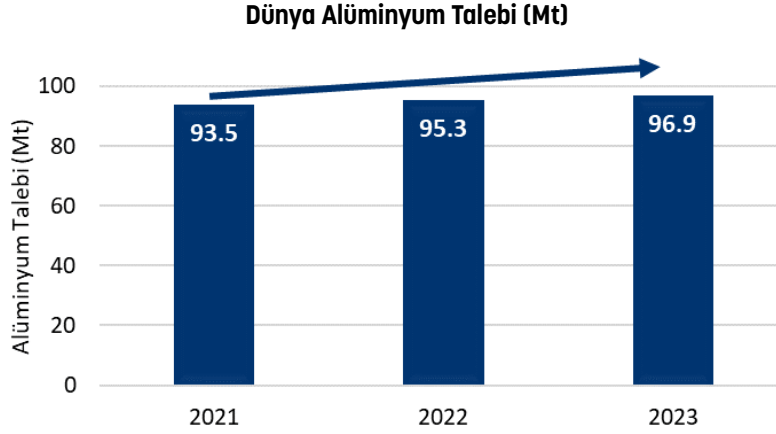
Şekil 4.3: Çin'de otomotiv endüstrisinde ikincil alüminyum kullanımı [7].

Çin'de otomotiv endüstrisinde gövde, aks ve batarya sisteminde kullanılan alüminyum, 2017 toplam kullanımının çoğunluğunu (%48) oluşturmuştur. Yüksek mukavemetli plastik, maliyetler ve elektriksel yalıtkanlık açısından alüminyuma göre daha çok tercih edilmektedir. İletkenlik hususunda ise bakır tellerle aynı iletkenliği elde etmek için daha kalın alüminyum teller gerekmektedir. Bu nedenle batarya üretiminde alüminyum kullanımı sınırlıdır. Başta gövde yapıları ve kapaklar olmak üzere diğer parçalarda alüminyum kullanımının artacağı tahmin edilse de bu oranın 2030 yılına kadar %35'e düşeceği tahmin edilmektedir [46].



Şekil 4.4: Çin'de otomotiv endüstrisinde alüminyum kullanım uygulamaları [46].

Alüminyum tüketiminin yıl içinde %1,7 oranında artarak dünya genelinde 96.9 milyon tona ulaşacağı ve bu artışa özellikle Çin'in katkıda bulunacağı öngörülmektedir. Sürdürülebilirlik konusunda artan farkındalıkla birlikte, dünya genelinde geri dönüştürülmüş alüminyum kullanımının 2023 yılında 283 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.5) [47].



Şekil 4.5: 2021-2023 Dünya alüminyum tüketimi (Mt) [47].

Alüminyum sektörü, birincil ve ikincil alüminyum üretimi ve tüketimi dahil olmak üzere çeşitli faktörlerin etkisiyle gelecekte büyümeye devam edecektir. Hafifliği, dayanıklılığı ve geri dönüştürülebilirliği nedeniyle alüminyumun birçok endüstride kullanılmasına talep her geçen gün artacaktır. Sürdürülebilirlik, alüminyum sektöründe geri dönüşümün önemini artıracak ve enerji verimliliğini sağlayacaktır. Üretim ve işleme süreçlerinde teknolojik gelişmeler ile proses verimliliği artırılarak sektörün gelişimi desteklenecektir. Ayrıca, sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talep, alüminyum sektöründe yeni fırsatlar yaratacaktır. Bu nedenlerle, alüminyum sektörünün dünya için geleceği oldukça parlak görünmektedir [41,44].

REFERANSLAR

- [1] Car, E., Turan, A., Yücel, O., Green Aluminium: A game changer or a buzzword.
- [2] Car, E., Birincil Alüminyum Üretim Teknolojilerine Genel Bir Bakış.
- [3] Car, E., Türkiye Birincil Alüminyum Üretebilir Mi.
- [4] 2011, Car, E., Alüminyum Üretim Süreçleri.
- [5] 2021, IAI, How Global Aluminium Industry can cut 77% Greenhouse Gas Emissions by 2050.
- [6] Prof. Dr. Özgül Keleş, (2021). Alüminyumun Serüveni, İTÜ Vakfı Yayınları, ISBN 978-605-9581-19-6.
- [7] TALSAD Raporları, www.talsad.org.tr
- [8] 2021, K. Ecer, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye Ekonomisinin Uyum Politikaları
- [9] 2021, Ticaret Bakanlığı, Yeşil Mutabakat Eylem Planı
- [10] QSI Belgelendirme, Yeşil Mutabakat Sürecinde Türkiye
- [11] 2019, European Commission, What is the European Green Deal
- [12] 2021, TALSAD, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Alüminyum Sektörüne Yansımaları
- [13] 2022, DEİK, Sanayide Yeşil Dönüşümün Desteklenmesi Projesi-AB'nin Yeni Büyüme Stratejisi "Yeşil Mutabakat" ve Türkiye için Önemi
- [14] 2021, Novelis, Low Carbon Aluminium The Circular Pathway
- [15] 2021, IAI, ESG In The Aluminium Industry
- [16] 2021, Novelis, Recycled Aluminium As A Key Enabler Of Decarbonization
- [17] 2021, Ducker, Lightweighting Trends in North American Light Vehicles
- [18] 2021, Alvance, The Automotive Sector is Living a Revolution
- [19] 2021, TALSAD, Sınırdaki Karbon Düzenlemesi ve Sera Gazı Emisyonlarının Hesaplanması
- [20] TSE, SKDM Mekanizması ve SGE Raporlama
- [21] 2021, TSKB, Yeşil Mutabakatın Avrupa Versiyonu
- [22] <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures/show-all>
- [23] https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en
- [24] <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>
- [25] https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- [26] <https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/2023/Carbon%20Border%20Adjustment%20Mechanism.pdf>
- [27] Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union and amending Council Directive 96/61/EC (OJ L 275, 25.10.2003, p. 32).
- [28] REGULATION (EU) 2023/956 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of establishing a carbon border adjustment mechanism, PE742.452v01-00, ANNEX III Methods for calculating embedded emissions for the purpose of Article 7, Pg. 76, 77
- [29] [https://www.europarl.europa.eu/RegData/commissions/envi/inag/2023/02-08/ENVI_AG\[2023\]742452_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/commissions/envi/inag/2023/02-08/ENVI_AG[2023]742452_EN.pdf)



- [30] https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en, <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/>
- [31] <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%20C5%209E%20C4%20BOL.pdf>
- [32] https://www.ab.gov.tr/siteimages/birimler/empb/yayinlar/abb_ab_aratirmalari_srdrlabilir_finans.pdf
- [33] <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/Translations/2021/Turkish-GBP-2021.pdf?vid=2>
- [34] <https://spk.gov.tr/data/6231ce881b41c612808a3a1c/b2d06c64099c9e7e8877743afc7d2484.pdf>
- [35] <https://www.cbfo.gov.tr/sites/default/files/docs/2022-05/cbfo-yesil-sukuk-calisma-raporu.pdf>
- [36] [sonucbildirgesi.pdf \(iklimsurasi.gov.tr\)](#)
- [37] Sanayi Genel Müdürlüğü, 2020, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Alüminyum Sektörü, www.sanayi.gov.tr
- [38] Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın Türk Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektörüne Etkisi
- [39] Filiz Yılmaz, 2022, Enerji Yönetimi ve Türkiye: Avrupa Yeşil Mutabakatı Çerçevesinde Bir Değerlendirme, dergipark.org.tr/tr/pub/adibd
- [40] İlker Fatih Kıl, 2021, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı ve İhracatımıza Etkileri www.rekabetregulasyon.com/avrupa-birligi-yesil-mutabakati-ve-ihracatimiza-etkileri/
- [41] International Aluminium Institute (IAI), www.world-aluminium.org
- [42] Aluminum Association, www.aluminum.org
- [43] European Aluminium, www.european-aluminium.eu
- [44] Insertec, Aluminium is Sustainable Material
- [45] Global Aluminium Industry Outlook, 2021, www.alcircle.com
- [46] CM Group, Assessment of Aluminium Usage in China's Automobile Industry 2016-2030, 2023
- [47] Global Aluminium Industry Outlook, 2023, www.alcircle.com





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



“İstanbul Alüminyum Sektörünün AB Yeşil Mutabakat Politikalarına Uyumu için Sürdürülebilirlik ve Sertifikasyon Merkezi” Projesi

Uyum Rehberi

Proje Koordinatörü



Proje Ortakları



TURKISH
METAL
EXPORTERS



İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen İstanbul Alüminyum Sektörünün AB Yeşil Mutabakat Politikalarına Uyumu için Sürdürülebilirlik ve Sertifikaşyon Merkezi Projesi kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği İstanbul Kalkınma Ajansı veya Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın görüşlerini yansıtmamakta olup, içerik ile ilgili tek sorumluluk TALSAD, ALUTEAM ve İDDMİB'e aittir.

İstanbul Alüminyum Sektörünün AB Yeşil Mutabakat Politikalarına Uyumu için Sürdürülebilirlik ve Sertifikaşyon Merkezi Projesi, İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenmektedir.

2023