

Research Article (Special Issue) | Araştırma Makalesi (Özel Sayı)

Ege bölgesi entegre çimento fabrikalarının bağlı olduğu firmaların net sıfır emisyon stratejileri ve stratejilerin ulusal hedeflerle uyumu

Burcu Hiçyılmaz
Sidre Gül Bige Göçekli
Kemal Özdemir

Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, burcu.yilmaz@adu.edu.tr, [0000-0003-3501-2012](https://orcid.org/0000-0003-3501-2012)

Arş. Gör. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, sgb.gocekli@adu.edu.tr, [0000-0002-5406-4304](https://orcid.org/0000-0002-5406-4304)

Arş. Gör. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, kemal.ozdemir@adu.edu.tr, [0000-0003-0644-6460](https://orcid.org/0000-0003-0644-6460)

Corresponding author/Sorumlu yazar: Burcu Hiçyılmaz

Öz

Türkiye 2022 yılında çimentodan kaynaklanan yıllık kişi başına karbondioksit (CO₂) emisyonlarının küresel sıralamasında on üçüncü sırada yer alırken, aynı yıl için küresel çimento emisyonuna en çok katkı yapan ülkeler sıralamasında beşinci sırada yer almaktadır. 2053 yılına kadar net sıfır olmayı taahhüt eden ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) kapsamında Avrupa Birliği (AB) ile ticari ilişkileri kuvvetli olduğu için en çok etkilenen ülkelerden biri olması beklenen Türkiye'nin çimento sektöründen kaynaklı emisyonları düşürmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmanın birinci amacı, Ege Bölgesi'nde faaliyet gösteren çimento fabrikalarının bağlı olduğu firmaların çevresel sürdürülebilirlik göstergelerinin ve net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için geliştirdiği stratejilerin incelenmesidir. İkinci amacı ise bu stratejilerin, ulusal hedeflerle uyumunun değerlendirilmesidir. Bu kapsamda ele alınan şirket veya grupların ortak hedeflerinin alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanımı, ısı ve elektrik enerjisi verimliliği sağlanması, yenilenebilir enerji kullanımı, klinker kullanım oranının azaltılması ve karbon yakalama, kullanma ve depolama olduğu tespit edilmiştir. Bu hedeflerin ulusal strateji ve eylem planlarıyla uyumlu olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Sürdürülebilirlik, Karbon Emisyonu **JEL Kodları:** L61, O13, Q56

Net zero emission strategies of the Aegean region integrated cement plants' affiliated companies and alignment of their strategies with national targets

Abstract

While Türkiye ranks thirteenth in the global ranking of annual per capita carbon dioxide (CO₂) emissions from cement in 2022, it ranks fifth in the ranking of countries that contribute the most to global cement emissions for the same year. Committed to net zero by 2053 and expected to be one of the most affected countries due to its strong trade relations with the European Union (EU) under the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), it is very important for Türkiye to reduce emissions from the cement sector. The first purpose of this study is to examine the environmental sustainability indicators of cement plants operating in the Aegean Region and the strategies developed to achieve the net zero emission target. The second purpose is to evaluate the compatibility of these strategies with national targets. In this context, it has been determined that the common goals of the companies or groups are the use of alternative fuels and alternative raw materials, thermal and electrical energy efficiency, use of renewable energy, reduction of clinker utilization rate and carbon capture, utilization and storage. These targets are found to be in line with national strategies and action plans.

Keywords: Cement, Sustainability, Carbon Emission **JEL Codes:** L61, O13, Q56

Extended Summary

One-fourth of global emissions are generated by the industrial sector and approximately 27% of this emission is generated by the cement sector. When carbon emissions are considered specifically for Türkiye, Türkiye is the fifth country that contributes the most to global cement emissions in 2022, as it ranks first in Europe and sixth in the world in cement production. It is also first in Europe and second in the world in cement exports. Cement, which has a significant share in exports, has a significant share in the country's economy. Türkiye, which is one of the parties to the Paris climate agreement, has set a net zero carbon target, therefore, failure to achieve this target will also threaten cement exports. When all these are considered as a whole, efforts to reduce carbon emissions in the cement sector are gaining momentum and becoming even more essential. In this context, the environmental

How to cite this article / Bu makaleye atıf vermek için:

Hiçyılmaz, B., Göçekli, S. G. B., & Özdemir, K. (2025). Ege bölgesi entegre çimento fabrikalarının bağlı olduğu firmaların net sıfır emisyon stratejileri ve stratejilerin ulusal hedeflerle uyumu. *KOCATEPEİİBFD*, 27(Özel Sayı), 35-50. <https://doi.org/10.33707/akuibfd.1600127>

sustainability reports of six integrated cement plants operating in the Aegean region, were examined. Since Soma Cement Mining Concrete Industry Trade Inc. does not have a sustainability report, it was excluded from the scope of the study. The purpose of this study is to examine the environmental sustainability indicators of cement plants operating in the Aegean Region and the strategies developed to achieve the net zero emission target and to evaluate the compatibility of these strategies with national targets. In line with these reviewed reports:

Oyak Cement aims to reduce emissions by 7.9% per product by 2030 via alternative fuels and alternative raw materials; reduce emissions by 5.4% per product through process and thermal energy efficiency studies; and reduce emissions by 3.6% per product through investment in renewable electricity generation facilities and waste heat recovery. It also plans to reduce the clinker ratio in cement from 81% to 73% by 2030, thus aiming to reduce emissions by 5.9% by 2030.

Çimsa aims to reduce the clinker usage rate in cement, from 84% in 2023, to 75% in 2030. It is aimed to increase the alternative raw material usage rate to 15% and alternative fuel usage to 40%. In addition, it aims to increase the share of renewable energy to 80% and to reduce specific water consumption in cement production to 300 liters/ton of water.

Cementir Group aims to reduce the clinker content to 64% for grey cement and 78% for white cement by 2030. Also, planned to increase the proportion of alternative fuels in the fuel mix is planned to be increased 48% in grey cement production and 14% in white cement production by 2030. It is planned to achieve 100% fossil fuel-free energy use by 2050.

The Batı Anadolu Group, which does not specify a percentage target in its report, addresses specific project plans. Accordingly, it plans to make a change in the design of the Batıçım WHR facility cooling tower fan blades for 2024 and to save 270,600 kWh/year of electrical energy thanks to this plan. In this way, it aims to reduce carbon emissions by 130 tCO_{2e}/year. Thanks to the use of the new type of pulse valves that will provide energy and pressure savings in the coal mill bag filter, an annual energy saving of 70% is targeted, and approximately 188,500 kWh/year of energy and 91 tons of CO₂ equivalent emission reduction are foreseen. It also aimed to expand its portfolio and product marketing of blended cement products (e.g. CEM II / B-M).

In the third part of the study, steps to reduce carbon emissions are explained in detail, conclusions and solution suggestions are made. These suggestions, in general, can be summarized as; the development of alternative materials to reduce clinker ratio, development and integration of carbon capture technologies, recovery of used energy, use of environmentally friendly fuels, increase in the use of renewable energy, renewal and development of existing production technology, calculation and control of carbon emissions, increasing and encouraging the preference of low-carbon cement in the production process, increasing green transformation supports and dissemination of financing models.

Although the current conditions seem to be limited to these and similar steps, rapidly developing technology brings new alternative solutions. On February 12, 2024, SLB Capturi, which operates in the development of carbon capture technologies, completed the construction of the first industrial-scale carbon capture facility at the cement facility of Heidelberg Materials in Brevik, Norway. With the completion of this facility, it is planned to capture up to 400,000 metric tons of CO₂ per year that are planned to be captured from the cement facility. The facility, which is in the testing phase, will start operating in 2025. The project, which is the first in the world, will become widespread over time with its use by other cement facilities, and its further development over time will be very supportive in reaching the zero-carbon target.

Giriş

Çimento ve beton günümüzde aşırı kullanılan malzemeler arasında yer almaktadır çünkü ucuz, dayanıklı ve her yerde bulunmaktadır (IPCC, 2022, s.106). En yaygın kullanılan inşaat malzemesi olarak beton modern toplumu oluşturan birçok şeyin inşası için vazgeçilmezdir. Çimento, kalkınmanın ve kentleşmenin geleceğinin bir parçasıdır (IFC, 2021). Ancak üretiminin ortaya çıkardığı emisyon küresel çapta üstesinden gelinmesi gereken bir problem ve tehdittir. Çimento sektörü küresel endüstriyel enerji kullanımının %7'sini oluşturarak üçüncü en büyük endüstriyel enerji tüketicisidir (IEA, 2018). Çimento sanayi ortalama olarak üretilen bir ton çimento başına yaklaşık 500-950 kg CO₂ emisyonu yaratmaktadır ki bu insan kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının yılda yaklaşık %5-8'ini oluşturmaktadır ve bu emisyonlar çimentodaki klinker miktarı, kullanılan yakıt türü, enerji etkinliği vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Hasanbeigi vd., 2010, s. 1509; Benhelal vd., 2013, s. 145; Tun vd., 2021, s. 449; Cheng vd., 2023, s. 1; Barbhuiya vd., 2024, s. 1). Global Carbon Atlas¹ verilerine göre, çimentodan kaynaklanan küresel emisyon 1606 milyon metrik ton karbondioksit eşdeğeridir (MtCO₂)'dir. Çimentodan kaynaklanan küresel çapta ortalama kişi başına düşen emisyon ise 0.2 ton karbondioksit eşdeğeridir. Sektörün 2050'ye kadar net sıfır emisyon senaryosuna uyum sağlaması için 2030'a kadar yıllık CO₂ yoğunluğunda önemli düşüşler gerekmektedir.

¹ Detaylı bilgi için bkz. <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>.

Hiçyılmaz vd. (2025).

İklim değişikliğinin artan küresel etkileriyle birlikte, ülkelerin katıldığı Paris İklim Anlaşması ve onunla hız kazanan Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM)'nin başlattığı yeşil dönüşüm süreci, Türkiye'yi yakından ilgilendirmektedir. Paris İklim Anlaşmasını imzalayan ülkelerden biri olarak Türkiye 2053 yılına kadar net sıfır olacağını taahhüt etmiştir. Avrupa Birliği'nin (AB) emisyonları düşürme sürecinde aldığı en önemli kararlardan biri olan Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizması (SKDM) kapsamında, en çok etkilenen ülkelerden birinin, AB ülkeleriyle dış ticaret ilişkileri yoğun olan Türkiye olması beklenmektedir. SKDM 1 Ekim 2023 tarihinde raporlama yükümlülüğü ile sınırlı olarak uygulamaya girmiştir. 1 Ekim 2023-31 Aralık 2025 tarihleri arası dönem ise mali yükümlülük doğmayacak bir geçiş dönemi olarak tanımlanmıştır.

SKDM kapsamında ilk aşamada dahil edilen sektörler arasında çimento sektörü de bulunmaktadır. AB ithalatçılarının, her üç ayda bir AB'ye ithal edilen çimento ürünleri ile bu ürünlerin üretim sürecinde salınan gömülü sera gazı miktarını ve menşe ülkede ödenmesi gereken karbon fiyatını raporlaması zorunludur. Bu kapsamda çimento ve bunun üretim sürecinde salınan emisyonların, AB ile ticaretimizi olumsuz etkilememesi ve çimento endüstrisinde rekabet dezavantajı yaşamamamız için, düşürülmesi şarttır.

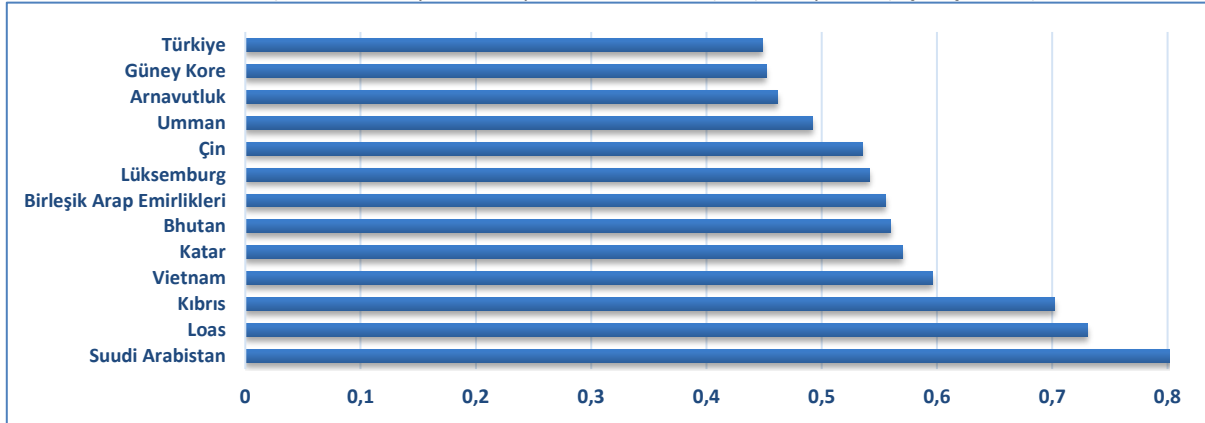
Türkiye'nin sanayi merkezlerinden olan Ege bölgesinin, toplam çimento üretimi içindeki payı %9,7 ve toplam çimento ihracatındaki payı %10,8'dir². Küresel düzeyde artan çevresel sürdürülebilirlik standartları ve Türkiye'nin bu konudaki yükümlülükleri göz önüne alındığında, bölgedeki çimento sektörünün sürdürülebilirlik performansını anlamak ve incelemek oldukça değerlidir. Bu araştırma, sürdürülebilirlik ve çevresel etki bakımından yüksek risk taşıyan çimento sektöründe faaliyet gösteren Ege bölgesi fabrikalarının bağlı olduğu şirket veya grupların sürdürülebilirlik performanslarını ve net sıfır hedefi için geliştirdikleri stratejilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, ayrıca, firmaların raporlarından tespit edilerek ortaya konulan bu stratejilerinin, ulusal eylem/strateji planlarıyla ne kadar uyumlu olduğunun araştırılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda çalışmanın, Türkiye'nin özellikle çimento sanayisi stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bilgiler sunacağı tahmin edilmektedir. Elde edilecek bulgular, özellikle SKDM açısından önem arz eden, sanayi ve çevre yönetimi alanlarında sürdürülebilir politikaların oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Literatürden elde ettiğimiz bilgiler, Türkiye çimento sektörü ile ilgili stratejilerin ulusal hedeflerle uyum değerlendirmesini yapan bir çalışmanın olmadığı yönündedir. Çimento sektöründe emisyon ve çevresel sürdürülebilirlik hakkında yapılan literatür çalışmaları hem dünya hem Türkiye için yoğunlukla emisyon hesaplamaları ve önerilen stratejilerin emisyon azaltım potansiyellerinin projeksiyonları yönündedir. Ülke hedefleriyle sektördeki işletme ve tesislerin uyumunu inceleyen çalışmalara dünya literatüründe de çok rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın, sektör ve bölgesel sürdürülebilirlik açısından uyumlaşmayı ortaya koyması bağlamında literatüre önemli bir katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Bu doğrultuda çalışmanın içeriği takip eden şekilde organize edilmiştir. İlk bölümde küresel düzeyde çimento sektörü ve bu sektörün sürdürülebilirlik sorunları ele alınmaktadır. İkinci bölümde Ege bölgesindeki çimento fabrikalarının performansları değerlendirilmektedir. Üçüncü bölümde elde edilen çıkarımlar genel olarak özetlenmekte ve makaleler ve raporlardan çıkarımlarla bu sektör için çözümler ele alınmaktadır. Sonuç bölümü ile çalışma tamamlanmaktadır.

1. Çimento ve Emisyonlar: Türkiye İçin Değerlendirmeler

Grafik 1 2022 yılında ülkelerin çimentodan kaynaklanan yıllık kişi başına düşen CO₂ emisyonlarını göstermektedir ve burada Türkiye'yi de kapsayacak şekilde en çok emisyonu sahip ilk on üç ülkeye yer verilmiştir. Grafığe göre 2022 yılında çimentodan kaynaklanan en çok kişi başına düşen emisyon Suudi Arabistan'dadır ve kişi başına 0.82 ton seviyesindedir. Türkiye ise kişi başına yaklaşık 0.45 ton ile on üçüncü sırada yer almaktadır. Bu durum çimentodan kaynaklanan yıllık emisyonlara kişi başına en yüksek katkıda bulunan ülkelerden birinin Türkiye olduğu ve bu durumun SKDM kapsamında Avrupa ile olan ticaretimizi etkileyeceği anlamına gelmektedir.

Grafik 1. Çimentodan kaynaklanan yıllık karbondioksit (CO₂) emisyonları (kişi başına ton)

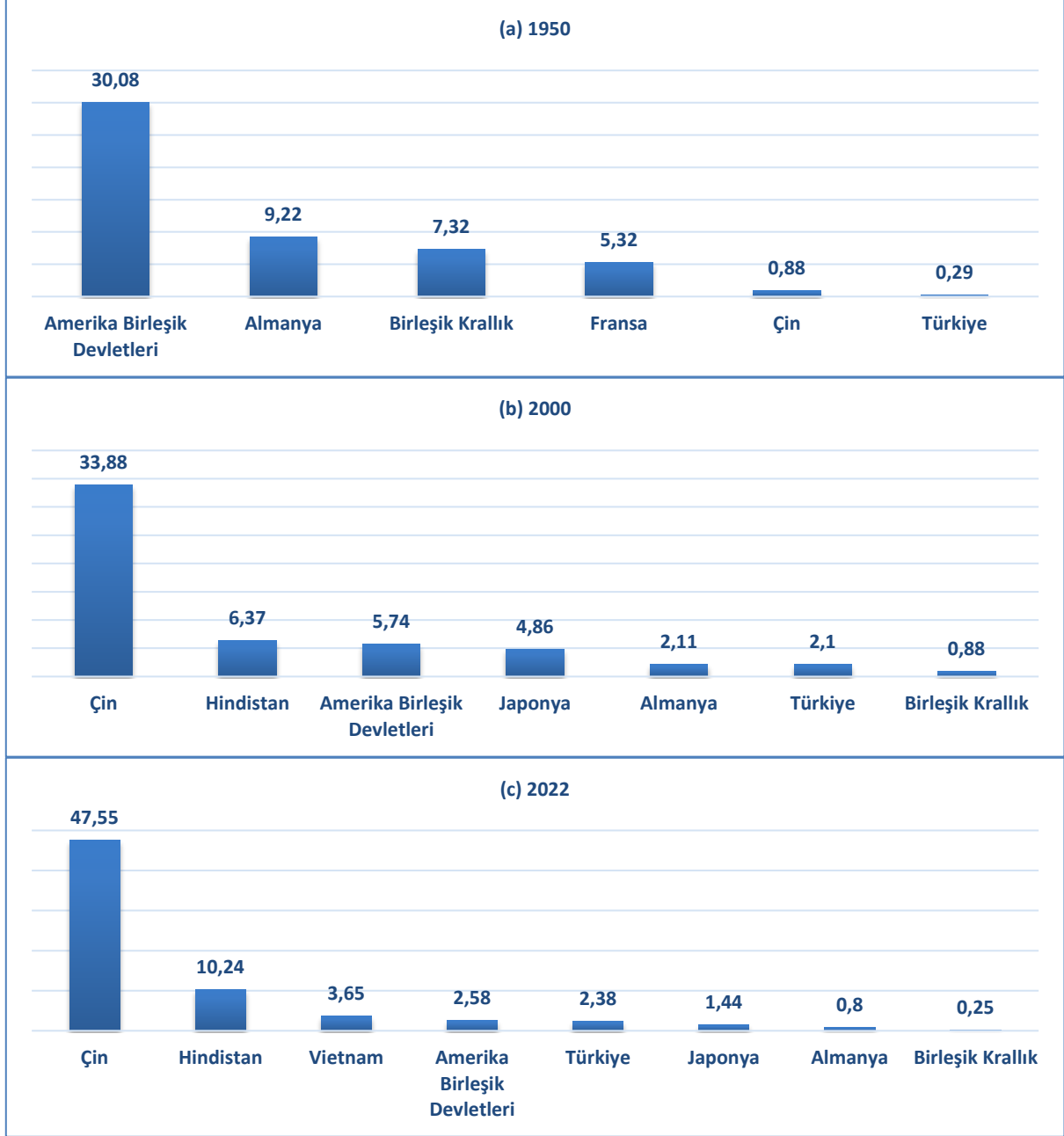


Kaynak: Global Carbon Budget (2023a)

² Detaylı bilgi için Grafik 6'yı inceleyiniz.

Daha spesifik olarak küresel çimento emisyonları içinde, aynı yıl için ülkelerin çimentodan kaynaklanan CO₂ emisyonlarının yüzdesel paylarına ayrı ayrı da bakılabilir. Buna göre Grafik 2, çimentodan kaynaklanan yıllık karbondioksit (CO₂) emisyonlarının, aynı yıl çimentodan kaynaklanan küresel CO₂ emisyonlarının bir yüzdesi olarak ölçümüne göre ülkelerin paylarını göstermektedir. 1950 yılına baktığımızda en büyük pay Amerika Birleşik Devletleri'ne aittir. Türkiye'nin bu yıllarda payı %0.29 ile oldukça düşüktür. 2000 yılında Çin %33,88 pay ile ilk sıraya yerleşmiş ve 2022'e kadar bu payını %47.55'e çıkarmıştır. 2000 yılında Türkiye çimentodan kaynaklanan küresel emisyonlara en çok katkı yapan dokuzuncu ülke olmuşken, 2022 yılında bu payı arttırmış ve %2.38 pay ile beşinci en çok katkı yapan ülke olmuştur.

Grafik 2. Çimentodan kaynaklanan küresel yıllık CO₂ emisyonlarının ülkelere göre yıllık payları (%)



Kaynak: Global Carbon Budget (2023b)

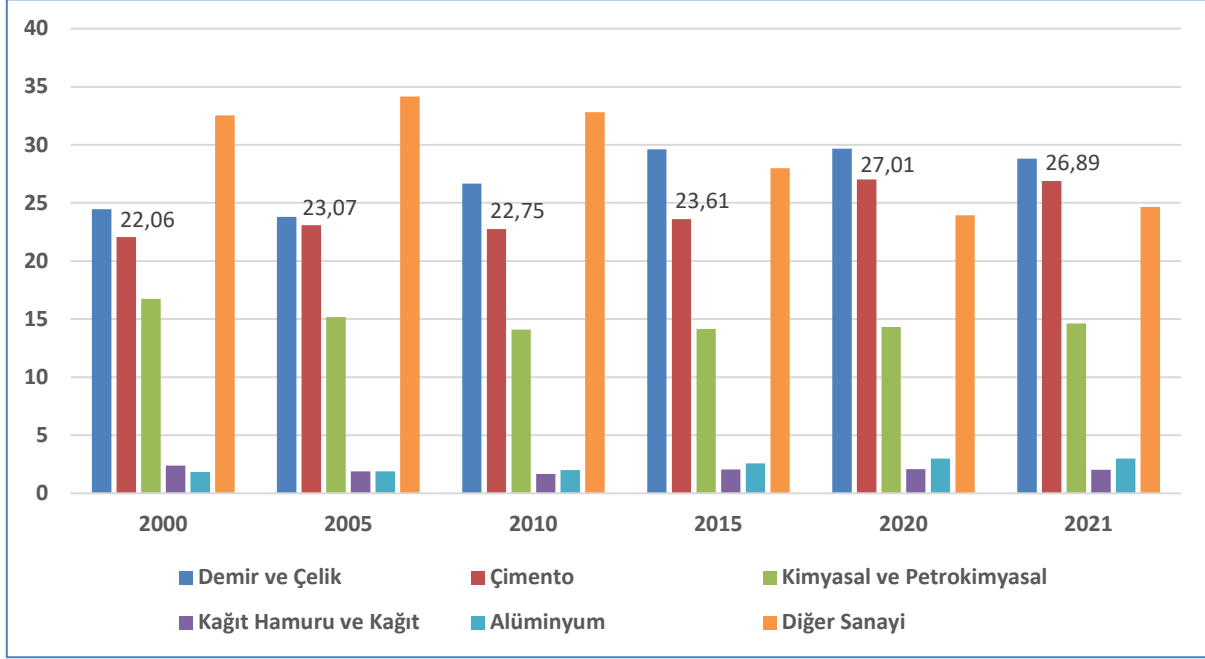
İki grafik birlikte değerlendirildiğinde, Çin'in, toplam küresel çimento emisyonlarına en yüksek katkıyı yapan ve ilk sırada yer alan ülke olduğu, ancak çimentodan kaynaklanan kişi başına düşen emisyon bağlamında değerlendirildiğinde dokuzuncu sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye ise 2022 yılında toplam küresel çimento emisyonlarına en çok katkı yapan beşinci ülke iken, aynı yılda çimentodan kaynaklanan kişi başına emisyonunda on üçüncü sırada yer almaktadır.

Türkiye'nin mevcut durumunun ve küresel düzeyde hem karbon emisyonlarına hem çimentodan kaynaklı emisyonlara en çok katkı yapan ülkelerden biri olduğu gerçeği ele alındığında, çimentodan kaynaklanan emisyonların neden azaltılması gerektiği konusu, alınacak önlemler ve oluşturulacak politikalar bağlamında ayrıca önem kazanmaktadır. Bu konu iki temel sebebe ayrılabilir.

İlk olarak bu sektördeki azaltım, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği açısından önem arz etmektedir. Çünkü, sanayi sektörü 2022'de doğrudan 9,0 Gt CO₂ emisyonuna neden olmuştur ve bu da küresel enerji sistemi CO₂ emisyonlarının dörtte birini

oluşturmaktadır³ (IEA, 2024a). Ayrıca çimento, sanayiden kaynaklı doğrudan CO₂ emisyonlarında⁴ küresel toplamda 2020 ve 2021 verilerine göre yaklaşık %27'lik bir oran ile ikinci büyük paya sahiptir (bkz. Grafik 3) (IEA, 2018; IEA, 2022).

Grafik 3. Sanayiden Kaynaklı Küresel Doğrudan CO₂ Emisyon Oranları (%)



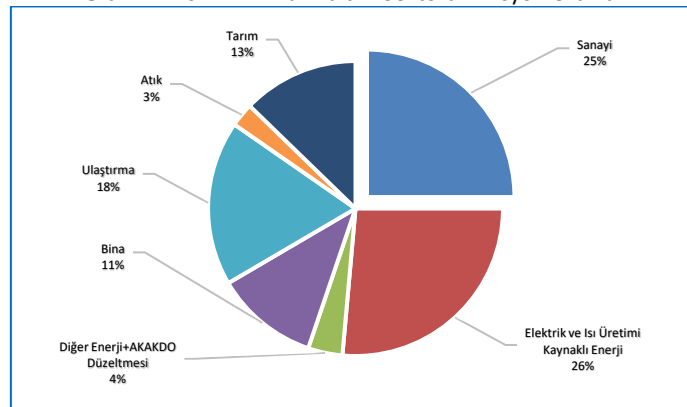
Kaynak: IEA (2022) verileri kullanılarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Çimento sanayinde sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında Avrupa Çimento Birliği (CEMBUREAU) Mayıs 2020'de karbon nötrallik yol haritasını yayınlamış ve 2050'de çimento sanayinin çimento ve beton değer zinciri boyunca net sıfır emisyonu ulaşma hedefini açıklamıştır (IFC,2021; CEMBUREAU, 2024). Buna göre Avrupa çimento sanayinde çimento CO₂ emisyonlarının 1990 rakamlarına göre 2023 itibarıyla %37, 2040 itibarıyla %78 ve 2050 itibarıyla %100 oranında azaltılması hedeflenmiştir (CEMBUREAU, 2024).

Türkiye, 2021 yılında Paris Anlaşmasına taraf olmuş ve bu yönde 27 Eylül 2021'de 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi ve Yeşil Kalkınma planlarını açıklamıştır. Bu çerçevede hazırlanan Türkiye'nin İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030) kapsamında karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve yedi ana azaltım sektörü belirlenmiştir: Enerji, sanayi, binalar, ulaştırma, tarım, atık ve AKAKDO (arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık) (ÇŞİDB, 2024a, ss.14-20). Çimento, bu yedi azaltım sektörü içinde yer alan sanayi sektörü altında önemli bir kalemdir.

2021 yılı itibarıyla sanayi sektörü emisyonlarının Türkiye toplam emisyonları içerisindeki payı %25 olmuştur (bkz. Grafik 4). Sanayi sektörü emisyonları elektrik tüketiminden kaynaklı emisyonlar hariç olarak hesaplanmakta ve enerji kaynaklı emisyonlar ile proses emisyonları olarak ayrılmaktadır. Çimento (metalik olmayan mineraller) sanayi sektörü yanma emisyonlarının 2021 yılında yaklaşık %49,4'ünü oluşturmaktadır. Sanayi sektörünün proses emisyonlarında ise çimento üretiminin payı 2021 yılında yaklaşık %58,87'dir. (ÇŞİDB, 2024a, ss.65-69). Bu durumda 2021 yılında, sadece çimento, sanayi sektörünün toplam emisyonlarının yaklaşık %54,43'ünü ve Türkiye toplam emisyonlarının yaklaşık %13,6'sını oluşturmaktadır.

Grafik 4. 2021 Yılı Ana Azaltım Sektörü Emisyon Oranları



Kaynak: ÇŞİDB (2024a) verileri kullanılarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

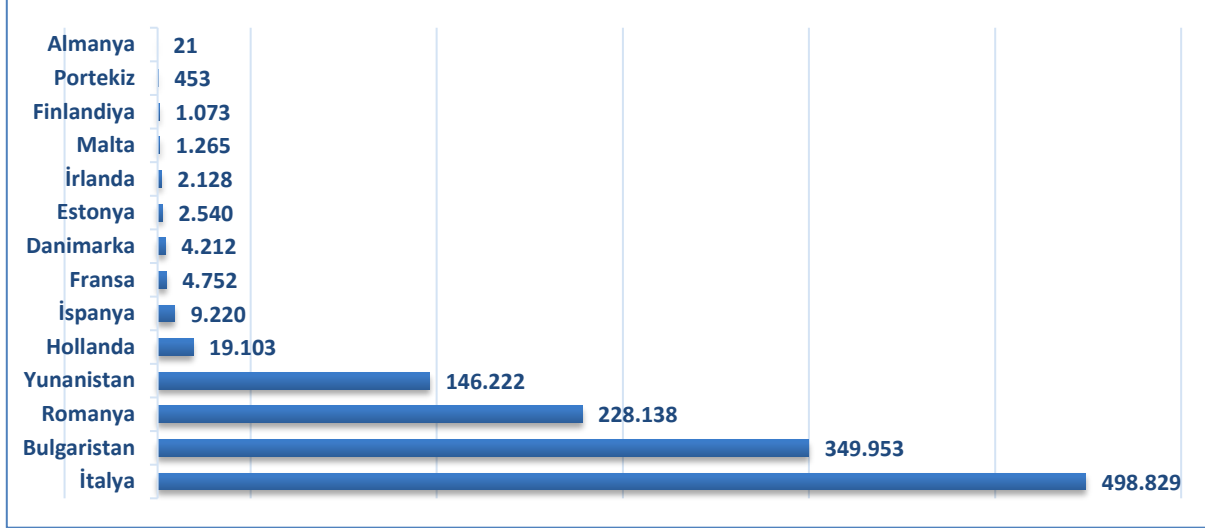
³ Proses emisyonları dahil ancak endüstriyel proseslerde kullanılan elektrikten kaynaklanan dolaylı emisyonlar dahil değildir.

⁴ Doğrudan CO₂ emisyonları, çimento üretim sürecinde ortaya çıkan ve salınan emisyonları ifade etmektedir.

Türkiye Çimento Sanayi dünyanın en büyük ikinci ve Avrupa'nın en büyük çimento ihracatçısı konumundadır. Ancak çimento sanayi küresel olarak sera gazı emisyonlarının yaklaşık %7-8'ini oluştururken, Türkiye'deki toplam emisyonların %12-13'ünü oluşturmaktadır (TTGV, 2023). Dolayısıyla çimento sanayi Türkiye'de önemli miktarda sera gazı emisyonuna sebep olan sektörlerdendir. Bu nedenle çimento sektöründe emisyon azaltımının sağlanmasıyla toplam emisyon oranlarında önemli düşüşler elde edilebilir ve emisyon oranlarının azaltılması küresel ısınmanın durdurulmasına hizmet edebilir.

İkinci olarak, bu sektörde azaltım, Türkiye'nin AB ile ticaretinde dezavantaj yaşamaması için önemlidir. "Fit for 55" paketi dahilindeki önemli araçlardan olan SKDM, 2026'da tam olarak uygulamaya konulacaktır. Çimento sektörünün de AB ile olan ticaretimiz kapsamında bu gelişmelerden etkilenmesi beklenmektedir (TTGV, 2023). SKDM kapsamında, çalışmanın konusu olan çimento alanında ne kadar etkileneceğini anlayabilmek amacıyla, Türkiye'nin AB'ye çimento ihracatını incelemekte fayda vardır.

Grafik 5. 2023 Yılı Türkiye'nin AB'ye Çimento İhracatı (Ton)

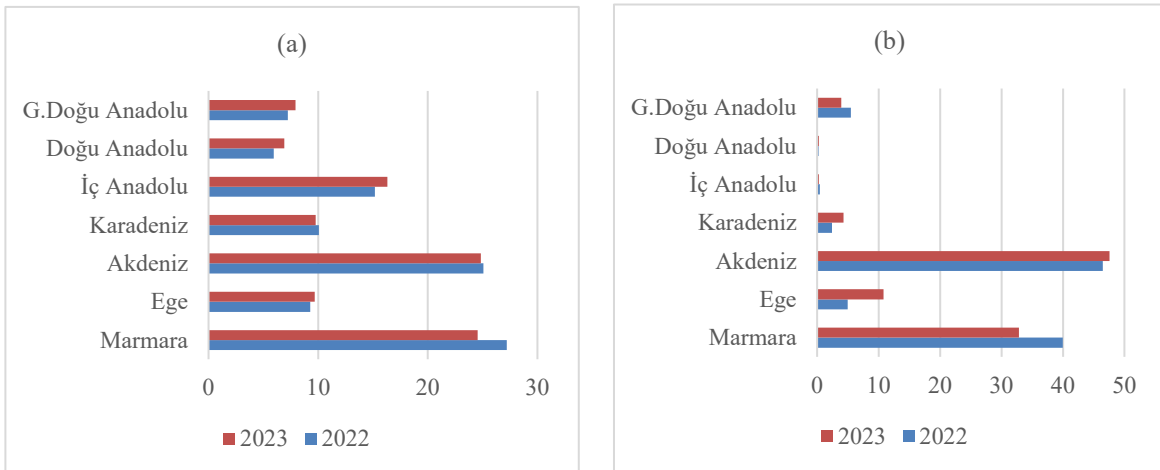


Kaynak: Türkçimento (2023a) verileri kullanılarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

52 entegre ve 16 öğütme tesisini temsil eden Türkçimento (2023a) verilerine göre oluşturulan Grafik 5'ten görülebileceği üzere, 2023 yılında Türkiye'nin en çok çimento ihracatı yaptığı AB ülkeleri sırasıyla şu şekildedir: İtalya, Bulgaristan, Romanya, Yunanistan ve Hollanda. En az ihracat yaptıklarımız ise 453 ton ile Portekiz ve 21 ton ile Almanya'dır. Bu kapsamda özellikle İtalya, Bulgaristan, Romanya, Yunanistan ve Hollanda ile olan ticaretimizin etkilenebileceğini söylemek mümkündür.

SKDM kapsamında, Türkiye'nin bölgelerinin göreceli olarak nasıl etkileneceğini anlamak için Grafik 6 oluşturulmuştur. Grafik 6'da, Türkiye'de toplam çimento üretimi ve toplam çimento ihracatları içinde bölgelerin paylarına ilişkin veriler sunulmuştur. Grafiğin a paneline göre toplam çimento üretiminde en yüksek paya sahip olan bölge Marmara, en düşük paya sahip olan bölge Doğu Anadolu'dur. Ege bölgesi ise beşinci sırada yer almaktadır. Grafiğin b paneline göre toplam çimento ihracatında en yüksek ihracat payına sahip olan bölge Akdeniz'dir. En düşük paya Doğu Anadolu bölgesi sahiptir. Ege bölgesi ise ihracattaki payı ile üçüncü sırada yer almaktadır. Tüm bunların yanı sıra Türkçimento (2023b) verilerine göre, 2023 yılında Ege bölgesinin yıllık çimento üretim artışı %15,46 iken, ihracattaki artışı %77,95'tir. Ege bölgesi, 2023 yılı için ihracat artışı en yüksek bölgedir. Bu sebeple de ihracat potansiyeli yüksek olan Ege bölgesinin, SKDM uygulamasından büyük oranda etkileneceğini beklemek olağandır.

Grafik 6. 2022 ve 2023 yılı toplam çimento üretimi (a) ve ihracatı (b) içinde bölgesel paylar (%)



Kaynak: Türkçimento (2023b) verileri kullanılarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

2. Ege Bölgesi Çimento Fabrikaları ve Çevresel Sürdürülebilirlik Performansları

Çimento üretim tesisleri, entegre tesisler ve öğütme tesisleri olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Entegre tesislerde üretim, hammadde temininden başlayarak çimento paketleme sürecine kadar tüm aşamaları kapsamaktadır. Diğer yandan, öğütme tesisleri, entegre tesislerden temin edilen klinkeri alıp öğütürerek ve belirli katkı malzemeleriyle karıştırarak çimentoyu üretir. Ege bölgesinde, İzmir’de iki, Aydın, Manisa, Denizli ve Afyonkarahisar’da birer tane olmak üzere toplam altı adet entegre çimento fabrikası ve İzmir’de iki, Manisa’da bir olmak üzere toplam üç adet öğütme tesisi bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece hammadde temininden çimento paketleme sürecine kadar tüm aşamaları içinde barındıran entegre çimento fabrikaları incelenecektir. Bu fabrikaların isimleri, buldukları iller, bağlı oldukları grup/şirketler ve raporlarının olup olmadığına ilişkin bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Ege Bölgesi Entegre Çimento Fabrikaları ve Öğütme Tesisleri

Şirket	Fabrikanın Bulunduğu İl	Bağlı Olunan Grup/Şirket	Sürdürülebilirlikle ilgili Rapor Var/Yok
Denizli Çimento Sanayi Ticaret A.Ş.	Denizli	Oyak Çimento Grubu	Var ancak Denizli şubesi hariç hesaplanmıştır.
Afyon Çimento Sanayi Ticaret A.Ş.	Afyonkarahisar	Çimsa	Var
Soma Çimento Madencilik Beton Sanayi ve Ticaret A. Ş.	Manisa	-	Yok
Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Ticaret A.Ş.	İzmir	Cementir Grup	Var
Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayi A.Ş.	İzmir	Batı Anadolu Grubu	Var
Batisöke Söke Çimento Sanayi Ticaret A.Ş.	Aydın	Batı Anadolu Grubu	Var

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Bu çalışmada Ege bölgesinde ele alınan entegre fabrikaların tümüne yakını bir gruba bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Bu sebeple fabrikalar ayrı birer faaliyet/sürdürülebilirlik vs. raporu oluşturmamıştır. Çalışmada değerlendirilecek olan şirketlerin, şirket bağımsızsa kendi hazırladığı sürdürülebilirliğe ilişkin veri içeren raporlarının; şirket bir gruba bağlı ise bağlı olduğu grubun sürdürülebilirliğe ilişkin veri içeren raporlarının olması analiz açısından önemlidir. Bu sebeple çalışma Çimsa, Cementir Grup ve Batı Anadolu Grubunu kapsamaktadır.

Çalışmada ikincil veri analizi ve karşılaştırmalı analiz yöntemleri benimsenmiştir. Güncel bir değerlendirme yapabilmek amacıyla şirket veya grupların 2023 yılına ait raporları baz alınmıştır. Raporlarından toplanacak veriler, literatürde de (Suhi vd., 2019, s.4; Mudd, 2010; Acquaye vd., 2017) çevresel sürdürülebilirlik ölçümü için genel olarak kullanılan, enerji tüketimi, emisyon seviyesi, su tüketimi ve atık kullanımı gibi nicel verilerden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra net sıfır kapsamında her bir şirket veya grubun açıkladıkları hedefler de yine bu raporlardan toplanarak sunulmaktadır. Bu bölümde, toplanan bu verilerle öncelikle, çevresel sürdürülebilirlik açısından göstergelerin ve hedeflerin düzeyel karşılaştırmaları yapılarak değerlendirilmede bulunmaktadır. Ancak raporlardaki veri eksiklikleri, şirketlerin farklı raporlama yaklaşımları ve fabrika düzeyinde veriye sınırlı şirketler için ulaşılabilirliği unsurları çalışmanın önemli kısıtları arasında bulunmaktadır. Bu bölümde ikinci olarak ise, raporlarında hedeflerine ulaşma bağlamında, belirledikleri stratejileri her bir şirket veya grup için ayrı ayrı karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik performansı açısından ilk olarak ele alınacak veri emisyonlardır. Tablo 2’de Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 emisyonları ile hangi yılda karbon nötr olmayı hedefledikleri sunulmuştur.

Tablo 2. Kapsam 1, Kapsam 2, Kapsam 3 Emisyonları (ton) ve Net Sıfır Hedef Yılı

	Kapsam 1	Kapsam 2	Kapsam 3	Hedef Yılı
Çimsa	4.075.000	112.8	1.025.000	2050
Cementir Grup	7.134.901	416.562	-	2050
Batıçim	1.267.634	59.516,18	430.120,75	2053
Batisöke	2.045.291,09	95.712,29	297.006,30	2053

Kaynak: ÇİMSA (2023), CEMENTİR (2023) ve Batı Anadolu Grubu 2023 Sürdürülebilirlik Raporu (2023) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Ele alınan şirket ve gruplar, 2023 yılı toplam emisyon performansları açısından karşılaştırıldığında, en iyi performansı Çimsa’nın gösterdiği söylenebilir. Batıçim ve Batisöke olarak 4.195.280,61 ton toplamı ile Batı Anadolu grubu ikinci sırada yer almaktadır. Diğerlerine kıyasla en yüksek emisyonu sahip olan grup ise Cementir Grubu’dur. Tablo’dan elde edilecek bir diğer çıkarım, kireçtaşının kalsinasyonu ile ilgili tüm doğrudan emisyonları içeren Kapsam 1 emisyonlarının toplam emisyonlar içinde en yüksek paya sahip olduğudur.

Tablo 3. Enerji Tüketimi (megawatt-saat, MWh)

Çimsa	6.353.919
Cementir Grup ⁵	10.557.158,333
Batı Anadolu Grubu	4.040.192

Kaynak: ÇİMSA (2023), CEMENTİR (2023) ve Batı Anadolu Grubu 2023 Sürdürülebilirlik Raporu (2023) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

⁵ Cementir Grup enerji tüketimi verisini gigajoule (GJ) cinsinden 38.005.770 GJ olarak açıklamıştır. Bu verinin diğer gruplarla karşılaştırılabilir olması açısından ilgili veri MWh’a çevrilmiştir.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından ele alınan ikinci veri enerji tüketimidir. Tablo 3'te gruplara ilişkin enerji tüketim verileri karşılaştırılabilir olarak sunulmuştur. Batı Anadolu Grubu enerji tüketiminde göreceli olarak en iyi performansa sahiptir. Bunun en önemli sebebi, Batıçim ve Batisöke fabrikalarında bulunan döner fırın ve üretim süreçlerinden açığa çıkan atık ısıyı değerlendiren Atık Isı Elektrik Üretim Santralleridir. Bu sayede tesisin tükettiği elektrik enerjisinin %15'ten fazlasının kendi bünyesinde üretilmesi sağlanmıştır. Göreceli olarak en yüksek emisyonu sahip olan Cementir Grubun, enerji tüketiminde de ilk sırada yer aldığı, dolayısıyla enerji tüketimi performansında da geride olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Su tüketimi ve geri dönüştürülen su (m³)

	Su Tüketimi	Geri Dönüştürülen Su
Çimsa ⁶	2.408.000	90.000
Cementir Grup	3.442.000	3.095.000
Batı Anadolu Grubu	1.171.773,5	91.637

Kaynak: ÇİMSA (2023), CEMENTİR (2023) ve Batı Anadolu Grubu 2023 Sürdürülebilirlik Raporu (2023) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Su tüketimi ve geri dönüştürülen su miktarı, çevresel sürdürülebilirlik açısından ele alınan diğer verilerdir. Tablo 4'te ele alınan grupların su tüketimleri ve geri kazanılarak tekrar kullanılan su miktarları verilmiştir. Buna göre su tüketiminde en iyi performansı Batı Anadolu Grubu'nun gösterdiği söylenebilir. Batıçim'in spesifik su tüketimi 0,307 m³/ton çimento eşdeğeri iken, Batisöke için bu değer 0,160'tır. Batıçim ve Batisöke çimento fabrikalarında, su tasarrufuna yönelik kapalı çevrim sistemleri ile soğutma süreçlerinde su geri kazanımı sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra bu fabrikalarda çatı ve yüzey suları kanallar aracılığıyla yağmur suyu toplama havuzlarında biriktirilmekte ve bu sular saha sulama işlemlerinde değerlendirilmektedir. Doğrudan su tüketimi bağlamında Cementir Grubun göreceli olarak performansının iyi olmadığı dikkati çekmektedir. Ancak geri dönüştürdüğü suyun, toplam su tüketimi içindeki payının çok yüksek olması sebebiyle, su açısından en iyi performansı gösterdiği açıktır. Ayrıca, Çimsa'nın su tüketiminin yüksek olduğu ve geri dönüştürdüğü su miktarının da oldukça az olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. Alternatif hammadde kullanımı oranı (%)

Çimsa	%7
Cementir Grup	%12
Batı Anadolu Grubu	%11

Kaynak: ÇİMSA (2023), CEMENTİR (2023) ve Batı Anadolu Grubu 2023 Sürdürülebilirlik Raporu (2023) kullanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından son olarak ele alınan veri alternatif hammadde kullanım oranlarıdır ve veriler Tablo 5'te sunulmuştur. Çimento üretiminde alternatif hammadde kullanımı açısından Çimsa'nın göreceli olarak en kötü performansa sahip olduğu bulgulanmıştır. Cementir ve Batı Anadolu Grubun performansları birbirlerine oldukça yakındır.

Raporlardan elde edilen bu verilere göre özetle, i) Çimsa'nın su tüketimi ve su geri dönüşümünü geliştirmesi ve alternatif hammadde kullanım oranını yükseltmesi gerektiği, ii) Cementir grubun emisyonlarını düşürmesi ve enerji verimliliği çözümlerine odaklanması gerektiği söylenebilir. Batı Anadolu grubunun ise ele alınan örneklem içerisinde enerji tüketimi ve su tüketimi en düşük, alternatif hammadde kullanımı yüksek grup olarak çevresel sürdürülebilirlik açısından en iyi performansı gösterdiği söylenebilir.

Sürdürülebilirlik açısından, şirketlerin kendi raporları dışında önemli bir diğer gösterge ise halka açık şirketlerin raporlarından karşılaştırılabilir veriler sunan kuruluşların istatistikleridir. Bu kuruluşlardan biri merkezi Londra'da bulunan CDP (Carbon Disclosure Project-Karbon Saydamlık Projesi)'dir. CDP, şirketlerin doğal kaynakları ve doğal sermayeyi nasıl kullandıklarını, faaliyetlerinin bu kaynakların yenilenebilirliği üzerindeki etkilerini ve risk yönetim süreçlerini yatırımcılara raporlamalarına olanak tanımaktadır. Bir diğeri ise Sustainability ESG (Environmental, Social, and Governance- Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) risk puanlarıdır. Buna göre şirketlerin sundukları raporlardan çevresel, sosyal ve yönetim riskleri karşılaştırılabilir bir risk skoru ile puanlanmaktadır. Bu çalışmada ele alınan dört gruptan üçünün ESG risk skorları, ikisinin de CDP puanı bulunmaktadır. Bunlar Tablo 6'da raporlanmıştır.

Tablo 6. Grupların ESG risk skorları ve CDP puanları⁷

Grup/Şirket	ESG Risk Skoru	CDP puanı
Oyak Çimento Grubu	36.8 "Yüksek ESG Risk Grubu"	-
Cementir Grup	22.3 "Orta ESG Risk Grubu"	2023 İklim Değişikliği skoru A- 2023 Su güvenliği skoru A-
Çimsa	25.5 "Orta ESG Risk Grubu"	2023 İklim Değişikliği skoru B 2023 Su güvenliği skoru B
		Afyon Çimento Sanayi T.A.Ş 2022 su güvenliği skoru B (2023 verisi ve İklim Değişikliği skoru bulunmamaktadır.)

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

⁶ Çimsa raporda, toplam su tüketimini 2 milyar 408 milyon litre ve geri dönüştürülen su miktarını 90 milyon litre olarak açıklamıştır. Bu verilerin diğer gruplarla karşılaştırılabilir olması açısından ilgili veriler m³'e çevrilmiştir.

⁷ Detaylı bilgi için bkz. <https://www.cdp.net/en/responses/> ve <https://www.sustainability.com/esg-ratings>.

Batı Anadolu Grubunun ESG risk skoru ve CDP puanı bulunmamaktadır. ESG bağlamında üç grup/şirket, inşaat malzemeleri endüstrisi kapsamında değerlendirilmiştir. Endüstri içindeki risk sıralaması (1. en düşük riski ifade edecek şekilde) açısından 128 şirket ve grup içinde Cementir Grup 7'nci sırada, Çimsa 17'nci sırada ve Oyak Çimento 74'üncü sırada bulunmaktadır. Dünyada ise 15.104 şirket ve grup içinde Cementir Grup 5703'ncü, Çimsa 7516'ncı, Oyak Çimento 13.232'nci sırada yer almaktadır. Sürdürülebilirlik genel çerçevesi bağlamında Ege bölgesinde ele alınan gruplar arasında, Tablo 6'ya göre en iyi performanstan en kötü performansa doğru şirketler şu şekilde sıralanabilir: Cementir Grup, Çimsa ve Oyak Çimento Grubu. Cementir Grubun emisyonlarının ve enerji tüketiminin Çimsa'ya göre yüksek olmasına rağmen, Tablo 6'da ele alınan puanlar açısından daha iyi performansa sahip olduğu görülmüştür. Bunun en temel sebebi çevresel sürdürülebilirliğin yanında farklı diğer sosyal ve yönetsel faktörlerinin de hesaba katıldığı bu puanların, daha geniş bir perspektiften şirketlerin sürdürülebilirliklerini değerlendirme olanağı sunmuş olmasıdır.

Bu bölümde karşılaştırmalı olarak analiz edilecek bir diğer unsur şirket veya grupların net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmaları bağlamında raporlarında duyurdukları stratejileridir. Tablo 7'de, emisyon azaltımı ve çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, raporlarında geçen stratejileri özetlenmektedir.

Tablo 7. Grupların temel strateji başlıkları

Grup / Şirket	Stratejiler
Oyak Çimento Grubu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanımı 2. Proses ve ısı enerji verimliliği 3. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı 4. Yüksek katkılı çimento üretimi 5. Karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojileri
Çimsa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanımı 2. Isıl ve elektrik enerjisi verimliliği sağlanması 3. Yenilenebilir enerji kullanımı 4. Klinker kullanım oranının azaltılması 5. Hidrojen yakıtı, ileri malzemelerin kullanımı, karbon yakalama, depolama ve kullanma teknolojileri
Cementir Grup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fosil yakıtların alternatif yakıtlarla değiştirilmesi 2. Klinker içeriğinin azaltılması 3. Enerji geri kazanımının sağlanması 4. Karbon yakalama, depolama ve kullanma teknolojileri 5. Atıklardan alternatif yakıt üretimi 6. Kaçınılmaz emisyonlar için karbon ofsetleme (denkleştirme)
Batı Anadolu Grubu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanım oranının artırılması 2. Oluşan atıkların kaynağında azaltılması ve ekonomiye geri kazandırılması 3. Enerji ve kaynaklarını bilinçli ve tasarruflu şekilde kullanma 4. Yüksek katkılı çimento üretimi/ daha az klinker kullanımı 5. Üründe geri dönüşüm, geri kazanım, yeniden kullanma vb. sağlanması 6. Enerji verimliliği, enerji tasarrufu ve enerji yoğunluğu gibi alanlarda hedefler koyarak gelişimleri izlemek 7. Temiz ve yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Tabloda ele alınan stratejileri bağlamında bu grupların hedeflerini daha spesifik olarak ele almak gelecek eylemlerinin kararlılığını anlamak açısından önemlidir. Oyak Çimento (2023) alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanımı sayesinde, 2030'a kadar ürün başına %7,9 emisyon azaltımı; proses ve ısı enerji verimliliği çalışmaları ile ürün başına %5,4 emisyon azaltımı; yenilenebilir elektrik enerjisi üretim tesislerine yatırım ve atık ısı geri kazanımı ile ürün başına %3,6 emisyon azaltımı hedeflemektedir. Ayrıca 2030'a kadar çimentodaki klinker oranının %81'den %73'e düşmesini planlamakta ve bu sayede 2030'a kadar %5,9 emisyon azaltımını hedeflemektedir.

Çimsa, 2023 yılında %84 olan çimentoda klinker kullanım oranını 2030 yılında %75'e düşürmeyi hedeflemektedir. Alternatif hammadde kullanım oranının %15 ve alternatif yakıt kullanımının ise %40'a yükselmesi hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra yenilenebilir enerjinin payının %80 olması ve çimento üretiminde spesifik su tüketiminin 300 litre/ton suya düşürülmesi amaçlanmıştır.

Cementir Grup, 2030'a kadar klinker içeriğinin gri çimento için %64'e ve beyaz çimento için %78'e düşürülmesini hedeflemektedir. Ayrıca 2030 yılına kadar yakıt karışımındaki alternatif yakıtların oranının gri çimento üretiminde %48, beyaz çimento üretiminde %14'e çıkarılması tasarlanmıştır. 2050 yılına kadar ise %100 fosil yakıt içermeyen enerji kullanımı sağlanması planlanmıştır.

Yüzdesel olarak raporunda hedef belirtmeyen Batı Anadolu Grubu, spesifik proje planlarını ele almaktadır. Buna göre 2024 yılı için Batıçim WHR tesisi soğutma kulesi fan kanat tasarım değişikliği yapılması ve bu plan sayesinde 270.600 kWh/yıl elektrik enerjisi tasarrufu sağlanması planlanmaktadır. Bu sayede 130 tCO₂e/yıl karbon emisyonu azaltımı sağlanması hedeflenmektedir. Kömür değirmeni torbalı filtresinde enerji ve basınç tasarrufu sağlayacak yeni tip patlaç valflerin kullanılması sayesinde yıllık %70 oranında enerji tasarrufu hedeflenmekte, yaklaşık 188.500 kWh/yıl enerji ve 91 ton CO₂ eşdeğeri emisyon azaltımı öngörülmektedir. Ayrıca

katkılı çimento ürünleri (örneğin, CEM II /B-M) portföyünü ve ürün pazarlamasını genişletmeyi amaçlamaktadır.

3. Politik Çıkarımlar, Ulusal Hedefler ve Planlar

Çimento sanayinin Türkiye ekonomisi içinde önemli bir yeri bulunmaktadır. 2023 itibarıyla Türkiye’de çimento sektörüne ait toplam 56 entegre tesis (6’sı Ege Bölgesinde) ve 21 öğütme tesisi (3’ü Ege Bölgesinde) bulunmaktadır ve Türkiye yaptığı toplam çimento üretimiyle Avrupa’da birinci ve dünyada altıncı sırada, çimento tüketiminde dünyada ilk onda ve çimento ihracatında dünyada ikinci sırada yer almaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; Türkçimento, 2023c). 2023 yılı verileriyle Türkiye çimento sektöründe üretim 84,6 milyon ton olmuş ve yaklaşık 1264 milyon \$ değerinde 15,7 milyon ton çimento ihracatı gerçekleştirilmiştir (Türkçimento, 2023c). Dolayısıyla Türkiye ekonomisindeki katkılarının devam ettirilebilmesi için Türkiye çimento sanayinde bir an önce emisyon azaltımının ve sürdürülebilirliğin sağlanması gereklidir. Ege Bölgesinde bulunan çimento fabrikaları entegre tesislerde sektörün yaklaşık %10,7’sini ve öğütme tesislerinde yaklaşık %14,3’ünü oluşturduğundan dolayı bu tesislerde sağlanacak emisyon azaltımlarının toplam emisyon azaltımına önemli ölçüde katkısı olacaktır.

Ege Bölgesindeki entegre çimento tesislerinin mevcut durumları ve emisyon hedefleri ayrıntılı olarak incelendiğinde hedefleri bağlamında şu sonuca ulaşılmıştır: Her firma farklı emisyon azaltımı hedefleri belirlemekle birlikte 2030 yılına kadar bölge çimento sanayinde ortalama %20-%40 civarında bir emisyon azaltımı ve 2050 yılına kadar net sıfır emisyon düzeyine ulaşılması hedeflenmektedir. Hedeflerine ulaşmak amacıyla belirledikleri temel bazı emisyon azaltımı stratejileri şu şekildedir: Alternatif yakıt ve hammadde kullanım oranlarının artırılması, enerji verimliliğinin sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, çimentoda klinker oranının azaltılması ve yüksek katkı çimento üretiminin sağlanması, atık geri dönüşümü ve yeniden kullanımının sağlanması ve artırılması, Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (CCUS) teknolojilerinin kullanımı.

Bu stratejileri gerçekleştirebilmeleri ve hedeflerine ulaşabilmeleri için tesislerde yenilikçi teknolojik dönüşümlerin gerçekleştirilmesi şarttır. 2026’da Türkiye’de SKDM’nin tam olarak yürürlüğe girmesinden sonra hem Ege Bölgesi hem de tüm Türkiye genelinde çimento sanayinde bulunan tüm firmaların emisyon azaltım hedefleri ve stratejilerinde daha kararlı ve sert güncellemeler yapmaları beklenmektedir.

İklim değişikliği konusunda endişelerin artması ve ülkelerin Paris Anlaşması kapsamındaki yükümlülüklerini yerine getirme çabalarının hızlanmasıyla, çimento sanayi üzerindeki karbonsuzlaştırma baskısı yoğunlaşmıştır. Çimento üreticilerinin düşük karbonlu malzemelere yönelik artan talebi karşılamak için dairesel iş modelleri ve temiz enerjinin benimsenmesini hızlandırmaları, ürünlerini yeniden tasarlamaları, atık akışlarını daha iyi kullanmaları ve yeşil üretime geçişi finanse etmek için sermaye akışlarını yeniden düzenlemeleri gereklidir. Karbonsuzlaşma son kullanıcıların davranışları, devlet politikaları ve tüm tedarik zincirinde bir dönüşüm gerektirecektir (IFC, 2021).

Çimento üretiminde doğrudan CO₂ emisyon yoğunluğu son 5 sene içinde genel olarak yatay bir seyirde bulunmakta ve 2022’ye göre %1 oranında artış gösterdiği tahmin edilmektedir. Öte yandan, sektörün 2050’ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosuna uyum sağlaması için 2030’a kadar yıllık CO₂ yoğunluğunda %4’lük bir düşüş gerekmektedir. Bu doğrultuda hedefe ulaşabilmek için çimento üretiminde karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik temel stratejiler arasında klinker ikamelerinin kullanımı yoluyla klinker-çimento oranının azaltılması, klinker-çimento oranını ve toplam talebi azaltmak için malzeme verimliliğinin teşvik edilmesi ve malzeme verimliliği iyileştirmeleri, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması, düşük karbonlu yakıtların benimsenmesi, yenilikçi sifıra yakın emisyon üretim rotalarının ilerletilmesi ve CCS⁸ gibi yenilikçi teknolojilerin dağıtımı bu hedefe ulaşmada önemli rol oynayacaktır. Klinker-çimento oranını ve toplam talebi azaltmak için malzeme verimliliğinin teşvik edilmesi ve yenilikçi sifıra yakın emisyon üretim rotalarının ilerletilmesi Net Sıfır Senaryosunda doğrudan emisyon azaltımlarına en çok katkıda bulunan stratejilerdir. Bu senaryoya uyum sağlamak, şu anda mevcut olmayan teknolojinin geliştirilmesini ve dağıtımını da gerektirecektir. 2050’ye Kadar Net Sıfır Emisyon senaryosunda, küresel çimento üretimi 2030’a kadar nispeten sabit kalmaktadır. Çimento kullanımını optimize etmek için malzeme verimliliği stratejilerinin benimsenmesi, tüm inşaat değer zinciri boyunca talebi azaltmaya yardım ederek çimento üretiminden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir (IEA, 2024b).

IEA çimento üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının azaltımı için kullanılacak stratejileri dört ana karbon emisyon azaltımı kaldırıcı altında toplamıştır. Bunlar (IEA, 2018; IFC, 2021): i) enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, ii) alternatif yakıtlara geçilmesi (geleneksel yakıtlardan daha az karbon yoğun olan yakıtların kullanımının benimsenmesi), iii) klinker-çimento oranlarının azaltılması ve bunun için malzeme verimliliğinin iyileştirilmesi, iv) yeni ve inovatif teknolojilerin kullanımı. Bu kaldırıcılar içerisinde kısa zamanda en büyük emisyon azaltımını sağlayacak olan strateji çimento üretiminde kullanılan klinker oranlarının azaltılmasıdır. Çünkü, çimento üretiminde ana karbon kaynağını klinker üretimi sırasında ortaya çıkan emisyonlar oluşturmaktadır. Bu

⁸ CCS (Carbon Capture and Storage)- Karbon Yakalama ve Depolama: çelik ve çimento üretimi gibi endüstriyel süreçlerden veya enerji üretiminde fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının yakalanmasını içerir. Bu CO₂ daha sonra üretildiği yerden, gemiyle veya boru hattıyla taşınır ve jeolojik oluşumlarda yeraltında derinlerde depolanır (Nationalgrid, 2024).

emisyolların yaklaşık %60'ı proses emisyonları ve yaklaşık %40'ı yakıt emisyonlarıdır ve klinker üretimi Kapsam 1 Emisyonu⁹ içerisinde. Klinker üretimi aşamasından sonra çimento üretimi aşaması gelmekte ve yoğun elektrik tüketimine sahip fan, değirmen ve öğütme sistemleri vb. süreçlerden geçmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir çimento üretimini sağlayabilmek için ilk aşama Kapsam 1 emisyonlarının azaltılmasını sağlayabilmek amacıyla klinker üretim oranlarının düşürülmesi gereklidir ve bu üretici firmalar için en hızlı ve en öncelikli yöntemdir (TTGV, 2023).

Hem bölgesel hem de sektörel olarak çimento sanayinde ve diğer tüm sanayi dalları ve diğer sektörlerde toplu bir şekilde, düzenli ve stabil olarak emisyon azaltımının sağlanabilmesi ve Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşabilmesi için çeşitli yasal düzenlemeler, resmî devlet politikaları ve stratejileri gereklidir. Bu kapsamda Türkiye çeşitli politika belgeleri, strateji belgeleri ve eylem planları hazırlamış ve yayınlamıştır. İklim değişikliğinin önlenmesi ve azaltılması çerçevesinde sera gazı emisyonlarının azaltılması ile ilgili çimento sanayini doğrudan ve dolaylı olarak ilgilendiren belgeler ve stratejiler bulunmaktadır. Bunlardan biri Ulusal Katkı Beyanı (NDC) belgesidir. 2023'te Türkiye'nin Birinci Güncellenmiş NDC Ulusal Katkı Beyanı, "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası NDC siciline" kaydedilmiştir (ÇŞİDB, 2023a). NDC 2023'e göre Türkiye 2030'a kadar %41 oranında bir sera gazı emisyonu azaltımını sağlayacağını taahhüt etmektedir. Bu kapsamda çimento sanayini doğrudan ilgilendiren mevzuat ve politika belgeleri kapsamında "Çelik, Alüminyum ve Çimento Sektörleri için Sıfır Karbonlu Yol Haritası" oluşturulmuştur. Türkiye izleme, raporlama, doğrulama sistemi oluşturma amacıyla ilk yönetmeliği- "Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik"- 2012'de yayınlamış ve 2014'te yenilemiştir. Bu yönetmelik, Türkiye'nin fosil yakıt kullanımı, petrol ürünlerinin rafinerileri, demir-çelik üretimi, demirli ve demirsiz metallerin üretimi, birincil alüminyum, çimento, kâğıt, kimya ve asit üretimi gibi önemli sektörlerdeki sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. Toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %50'sinden sorumlu olan 700'den fazla tesis, izleme planlarını sunmuş olup, 2015 yılından bu yana takip edilmektedir (ÇŞİDB, 2023b).

İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030) emisyon azaltım stratejilerinin açıkça belirlendiği bir diğer temel strateji belgesidir. Buna göre çimento sanayini doğrudan ve dolaylı olarak ilgilendiren şu stratejiler oluşturulmuştur (ÇŞİDB, 2024a, s.83-84, s. 251, s.254):

S-S.1.1: İmalat sanayindeki enerji yoğun sektörlerde enerji verimliliğine ilişkin etüt ve kıyaslama çalışmaları gerçekleştirilecektir. Bu kapsamda, sektörel bazda enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi ve işletim süreçleri dışında kalan faktörlerin (fırın yaşı, ürün türü, kullanılan malzeme oranı gibi) dikkate alınması sağlanacaktır.

S-S.1.2: Mevzuatta yapılacak değişikliklerle, verimlilik artırıcı projelerde destek limitleri kaldırılacak ve iklim değişikliği göz önünde bulundurularak performans kriterleri belirlenecektir. Yüksek tasarruf potansiyeli taşıyan projelere öncelik verilecektir.

S-S.3: İmalat sanayinde karbon ayak izinin azaltılması ve Gayri Safi Hasıla başına düşen karbondioksit eşdeğeri yoğunluğunun düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda öncelikli eylemler arasında, kamu inşaat ve altyapı projelerinde kullanılan çimentonun klinker oranının azaltılması yer almaktadır.

S-S.3.1: Tüm sanayi alt sektörlerini kapsayan karbon ayak izi azaltım stratejileri ve uygulama takvimlerini içeren bir yol haritası hazırlanacaktır.

S-S.3.2: Kamuya yönelik inşaat ve altyapı projelerinde kullanılan çimentonun klinker oranını azaltmak amacıyla ihale teknik şartnamelerinde değişiklik yapılacaktır.

S-S.3.3: Sanayi sektörlerinde karbon ayak izini düşürmek için geliştirilen yeni teknolojilerin ticarileşme aşamasında teknik ve finansal destek sağlanmasına yönelik mekanizmalar oluşturulacaktır.

S-S.3.5: Sera gazı emisyonlarını azaltmada önemli rol oynayan KOBİ'lerin belirlenmesi, performanslarının izlenmesi ve bu sürecin desteklenmesi için bir izleme sistemi kurulacaktır.

2053 Uzun Vadeli İklim Stratejisine göre Türkiye, AB'nin SKDM'ye tâbi olan demir-çelik, alüminyum, çimento ve gübre gibi sektörler için düşük karbonlu yol haritaları hazırlamıştır. Bu yol haritaları, mevcut en iyi teknikler ve yeni nesil temiz üretim teknolojilerinin kullanımını vurgularken, uygulanacak politika önlemleri ve finansman ihtiyaçlarını da kapsamaktadır. Yol haritalarının hayata geçirilmesi, gerekli finansal mekanizmaların oluşturulması ve pilot projelerin başlatılması sanayi sektörünün 2053 yılı net sıfır emisyon hedefiyle uyumlu hale gelmesi açısından kritik önem taşımaktadır. Çimento sektörü özelinde, mevcut politikalar ve koşullar altında öngörülen senaryoya kıyasla, sektördeki toplam emisyonların 2040'a kadar %29,8 ve 2053'e kadar %92,8 oranında azaltılabileceği tahmin edilmektedir. Bu dönüşümün gerçekleştirilmesi için önümüzdeki 30 yıl içinde toplam 29,8 milyar dolarlık bir yatırım yapılması gerekeceği öngörülmektedir. Demir-çelik, petrokimya ve çimento gibi sektörler, yüksek enerji ihtiyaçları ve süreç kaynaklı emisyon miktarları nedeniyle "emisyon azaltımı zor sektörler" olarak değerlendirilmektedir. Bu zorlukların aşılması,

⁹ "Kapsam 1 emisyonları, bir organizasyonun sahip olduğu veya kontrolünü elinde bulundurduğu kaynaklardan oluşan doğrudan sera gazı emisyonlarını ifade etmektedir ve sabit yakma, hareketli yakma, proses emisyonu ve kaçak emisyonlar dikkate alınmaktadır" (ISO Yeşil Blog, 2024).

emisyona azaltımına yönelik yatırımları destekleyecek geçiş finansmanı araçlarının geliştirilmesini gerektirir. Bu araçlar, üretim ve operasyonlardan kaynaklanan yüksek yatırım maliyetlerini telafi ederek dönüşüm sürecini hızlandırabilir. Bu kapsamda çimento sanayini de ilgilendiren sanayi sektöründeki stratejiler aşağıdaki gibidir (ÇŞİDB, 2024b):

Strateji 1: Enerji verimliliği potansiyelini maksimize etmek: Bu politikanın temel hedefi, 2053 yılına kadar endüstriyel sektördeki enerji yoğunluğunu 2022'ye kıyasla en az %10 oranında azaltmaktır. 2030 hedefleri doğrultusunda, ilk adım endüstriyel alt sektörler için bir enerji verimliliği envanteri oluşturmak ve düzenli güncellemelerle sonraki önlemler için bir temel oluşturmaktır.

Strateji 2: Sanayide yenilenebilir enerji kullanımının artırılması: Çimento, çelik, gübre ve alüminyum sektörleri için 2053 yılına yönelik hazırlanan düşük karbonlu yol haritaları, yenilenebilir enerji üretim altyapısının kurulması ve gerekli ek teşvik mekanizmalarının etkinleştirilmesiyle ilgili hedefleri içermektedir.

Strateji 3: Ürünlerin karbon ayak izinin azaltılması: İnşaat malzemelerinin karbon emisyonlarını azaltmak ve kamu alımlarında "yeşil çimento" kullanımını teşvik etmek amacıyla 1 Ocak 2025 ile 31 Aralık 2029 arasında kamu inşaat ve alım sözleşmelerinde kullanılan çimentonun maksimum klinker oranı 0,80 ile sınırlandırılacak; bu oran 1 Ocak 2030 itibarıyla 0,75'e düşürülecektir. Bu oranlar, teknolojik gelişmeler ve 2053 net sıfır hedefi doğrultusunda periyodik olarak gözden geçirilecektir. Kamu alım süreçlerinde düşük karbon yoğunluklu ürünlere öncelik tanınacak, kriterler yaşam döngüsü analizine göre belirlenecek ve firmalar karbon yoğunluklarını azaltma konusunda desteklenecektir.

Strateji 4: Hidrojen teknolojilerinin kullanılması: Özellikle demir-çelik ve çimento sektörlerinde üretim süreçlerinin karbondan arındırılması yeşil hidrojen teknolojilerinin kullanımı yoluyla hedeflenmektedir. 2053 net-sıfır emisyon hedefi doğrultusunda hidrojen teknolojileri, imalat sanayinde pilot ölçekte kullanılmaya başlanacaktır. Çimento sektörü için, yeşil hidrojeni ticari olarak uygulanabilir ve uygun maliyetli hale getirebilecek mevcut ve uygulanabilir teknolojileri belirleme ve uygulama çabaları genişletilecektir.

Strateji 5: Karbon yakalama, kullanma ve depolama: CCUS teknolojisinin üretim sektöründe uygulanabilirliği araştırılacak ve uygun sektörlerde hayata geçirilmesi planlanacaktır. Bu, özellikle çimento sektöründe proses emisyonlarını azaltmak için teknolojinin fırınlar ve elektroliz hücrelerine entegrasyonunu kapsamaktadır. 2040'tan sonra çimento sektöründe yaygınlaşması beklenen CCUS, emisyonları önemli ölçüde azaltabilir. Sektörün karbon nötr üretime geçişi için gereken toplam yatırımın 29,8 milyar dolar olduğu, bunun %90'unu oluşturan 27 milyar doların CCUS teknolojisi için ayrılacağı öngörülmektedir.

Strateji 6: Sürdürülebilirlik raporlamasının teşvik edilmesi: Türkiye, 29 Aralık 2023 tarihinde Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları (TSRS) için Uygulama Kapsamı Kararı'nı yayınlamıştır. Bu karara göre, belirli eşikleri aşan şirketlerin 1 Ocak 2024 tarihinden itibaren sürdürülebilirlik raporları hazırlamaları gerekmektedir. Bu sistem başlangıçta belirtilen eşikleri aşan büyük şirketler için uygulanacak, sonraki yıllarda AB'nin Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlama Direktifine benzer bir takvime uygun olarak orta ve küçük ölçekli işletmeleri de kapsayacak şekilde genişletilecektir.

Strateji 7: Ozon tabakasını incelten maddelerin ve florlu sera gazlarının azaltılması: 2017'den beri yürürlükte olan Ozon Tabakasını İncelten Maddeler Yönetmeliği, bu maddelerin ithalatını kontrol altında tutmakta ve 1 Ocak 2025'e kadar kullanımını tamamen sonlandırmayı hedeflemektedir.

TÜBİTAK (2023) tüm bu stratejilere yönelik çimento sektöründe emisyonların azaltılması, yeşil büyümenin ve sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla çimento sektörü için bir teknoloji yol haritası hazırlamış; hedeflere ulaşılabilmesi için geliştirilmesi gereken kritik ürün, teknoloji ve uygulamaların belirlenmesi, planlanması, geliştirilmesi, uygulanması ve analizi ile ilgili teknik ve teknolojik bir plan oluşturmuş; bu amaçla üç ana hedef doğrultusunda yedi kritik ürün ve teknoloji altında 15 Ar-Ge ve yenilik konusu belirlemiştir. Ana hedefleri klinker, çimento ve beton üretimine yönelik enerji çözümlenmesi, klinker üretiminde iklim etkilerinin azaltılması ve verimin artırılması, beton ve çimento bağlayıcı malzemelerin üretiminin iyileştirilmesi ve yeni süreçlerin geliştirilmesi bulunmaktadır.

Tüm bu strateji ve eylem planlarının gösterdiği üzere özetle çimento sektöründe, öncelikle klinker-çimento oranının azaltılması, sonrasında alternatif ham madde ve yakıt kullanımını artırmaya, ardından CCUS ile hidrojen teknolojisi içeren pilot projelere odaklanılması ve bu sırada düşük karbonlu ürün tüketimi, bilgilendirme kampanyaları ve eko-etiketleme sistemiyle teşvik edilmesi planlanmaktadır. Çimento sanayi tarafından gerçekleştirilecek karbonsuzlaşmanın sağlıklı yürüyebilmesi için çimento sanayi, inşa edilmiş çevredeki son kullanıcılar, politika yapımcılar ve finansal kurumlarla iş birliği yapılması gerekecektir.

Literatürden elde edilen bilgiler de bunları desteklemektedir. Literatür çalışmalarına bakıldığında çimento üretim sürecinde CO₂ emisyonlarının piro-işleme ünitesinde fosil yakıtların yanması (%40'ı), ham maddelerin nakliyesi ve fabrikalar ile elektrikli motorların kullandığı elektriğin üretimi (%10'u) ve çimentonun dönüşüm sürecindeki kimyasal reaksiyonlar (%50'si) olmak üzere dört farklı ana aşamadan kaynaklandığı görülmektedir. Bunların yanında düşük enerji etkin süreçlerin kullanımı, işletme ve makinelerin düzgün ve düzenli bakım çalışmalarının yapılmaması, düşük yanıcı hammaddelerin yakıt olarak kullanımı, çevresel

olarak uygunsuz ve karbon yoğun yakıtların kullanımı, üretim tesislerindeki yanma süreçlerinde ısı kayıpları gibi durumlar da ek emisyonlar yaratmaktadır (Hasanbeigi vd., 2010, ss. 1516-1517; Benhelal vd., 2013, ss. 145-153). Literatürde genel olarak bakıldığında yüksek emisyon yaratan bu sorunların çözümü için yakıt ve enerji tasarrufu, CCS, alternatif materyallerin kullanımı olmak üzere üç temel strateji önerisi bulunmaktadır. Yakıt ve enerji tasarrufu aracılığıyla emisyon azaltımı için öncelikle fosil yakıt tüketiminin azaltılması gereklidir. Bunun yanında daha enerji etkin işlemlerin ve tesislerin kullanılması, piro-ışılama ünitesindeki termal ısı kayıplarının azaltacak önlemlerin alınması, termal enerji ikamesi, atık gaz akımlarından enerji geri kazanımının sağlanması, elektrik enerjisi tasarrufu sağlanması ve etkin kullanımı, fabrika optimizasyonunun sağlanması, yeni teknolojili ön-ısıtıcı kulelerin ve fırın brülörlerinin kullanılması ve bakımların ihmal edilmemesi önemlidir. Ayrıca sektöre özel enerji etkinliği politikaları çimento firmalarının bariyerlerin üstesinden gelip maliyet etkin potansiyelleri yakalamalarına yardım edecektir. CCS ikinci önemli stratejidir ve uzun vadede büyük oranda emisyon azaltımı sağlanması için kilit noktalardan biri olduğu ön görülse de geniş ölçekli uygulamada büyük zorlukları bulunmaktadır. Alternatif materyallerin kullanımı aracılığıyla emisyon azaltımı için emisyon oranı düşük, ısı enerjisi yüksek alternatiflerin kullanımı, çimento oluşum tepkimesinde daha düşük emisyon yaratacak alternatif ham madde ve diğer sanayi yan-ürünlerinin kullanımı ve klinkerin alternatif materyallerle ikame edilmesi ve klinker oranının azaltılması, yüksek katkılı yeşil çimento alternatiflerinin oluşturulması ve yeni teknolojilerin kullanımı çimento üretim sürecinde emisyon azaltımı için gereklidir. Senaryo projeksiyonları, yaşam döngüsü analizleri ve hasar değerlendirmesi yapan çalışmalarda özellikle klinker oranının azaltılması başta olmak üzere bu stratejilerin uygulanması ile küresel emisyon oranlarının azaltılabileceği görülmüştür. Ayrıca emisyonların etkin olarak azaltılması için her bir ülkenin yerel şartlara uyumlu politikalar geliştirmesi gereklidir (Hasanbeigi vd., 2010, ss. 1516-1517; Valderrama vd., 2012; Benhelal vd., 2013, ss. 145-153; Feiz vd., 2015; Garcia-Gusano vd., 2015; Kara vd., 2018, ss. 89-90; Çankaya ve Pekey, 2019; Çankaya ve Pekey, 2020; Tun vd., 2021, ss. 450-454; Cheng vd., 2023, s. 7; Barbhuiya vd., 2024, ss. 1, 9-13). Çeşitli ülkeler için yapılan senaryo ve yaşam döngüsü analizlerinde, farklılıklar olsa da %10-%50 emisyon azaltım seviyelerine ulaşılabileceği, küresel ısınma ve çevresel hasar etkilerinin %1,5-%14 oranlarında azaltılabileceği ve çimento sektöründe 2020-2050 döneminde kümülatif emisyonların %48 oranında azaltılma potansiyeli bulunduğu görülmektedir (Valderrama vd., 2012, s. 66; Kara vd., 2018, ss. 89-90; Çankaya ve Pekey, 2019; Çankaya ve Pekey, 2020; Tun vd., 2021, s. 460; Cheng vd., 2023, s. 7).

Sonuç

Paris İklim Anlaşması ve AYM'nin başlattığı küresel yeşil dönüşüm süreci, 2053'te net sıfır olmayı taahhüt eden Türkiye için de belirleyici olacak bir süreci beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin hem iklim azaltımına katkı hem de SKDM kapsamında AB ülkeleriyle dış ticaretinin sürdürülebilirliği için ciddi adımlar atması gerekmektedir. SKDM kapsamında ilk aşamada dahil edilen sektörlerden biri olan ve azaltımı zor olarak nitelenen sanayi sektöründen kaynaklı emisyonların başlıca sebeplerinden birini oluşturan çimento sektöründe yapılacak emisyon azaltımı oldukça önemlidir. Ege bölgesi, Türkiye'nin sanayi merkezlerinden biridir ve çimento üretiminde de 6 entegre ve 3 öğütme tesisi ile belirli bir paya sahiptir. Bölgesel sürdürülebilir kalkınma bağlamında, bölgedeki fabrikaların çevresel sürdürülebilirliklerinin anlaşılması değerlidir. Bu kapsamda çalışmanın amacı çevresel sürdürülebilirlik bakımından yüksek risk taşıyan çimento sektöründe faaliyet gösteren Ege bölgesi fabrikalarının bağlı oldukları şirket veya grupların çevresel sürdürülebilirlik faaliyetlerinin ve net-sıfır emisyon stratejilerinin ortaya konulması ve ulusal eylem/strateji planlarıyla bu şirketlerin strateji ve hedeflerinin ne kadar uyumlu olduğunun araştırılmasıdır.

Çalışma kapsamında ele alınan tesislerin mevcut sürdürülebilirlik faaliyetleri değerlendirildiğinde ortak hedeflerin alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanımı, çimento içeriğindeki klinker oranının azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve enerji geri kazanımının sağlanması olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda firmalar ara hedef olarak 2030 yılında mevcut emisyonun ortalama %30-40 arasında azaltılması ve 2050/2053 yılında karbon nötr olunmasını planlamaktadır. Ancak, bu noktada en büyük zorluk Türkiye'nin çimento üretiminde Avrupa'da birinci, dünyada altıncı olması nedeniyle oluşan hem mevcut yoğun talebin karşılanması hem de üretimi aksatmadan karbon emisyonunu düşürücü yüksek bütçeli yatırımların gerçekleştirilmesidir. Aynı zamanda, Paris Anlaşması kapsamındaki yükümlülüklerin yerine getirilmesi zorunluluğu emisyonu azaltıcı politika ve teşviklerin hızlanarak artmasını sağlarken, beraberinde çimento sektörünün Türkiye ekonomisinde, ihracat ve iç pazar rakamları birlikte değerlendirildiğinde önemli bir payı olduğundan Türkiye ve firmalar üzerinde baskıyı arttırmaktadır. Belirlenen hedeflere ulaşılamaması, bu sektörde ihracatta önemli bir yere sahip olan Türkiye'yi zora sokacaktır.

Ege bölgesinde yer alan ve sürdürülebilirlikle ilgili raporları/belgeleri bulunan çimento tesislerinin, sürdürülebilirlikle ilgili halihazırdaki temel bazı uygulamaları su geri dönüşümü ve yeniden kullanımı, atık geri dönüşümü ve kullanımı, alternatif yakıtların kullanımı, alternatif hammaddelerin kullanımı, ısı ve elektrik enerjisi verimliliği sağlanması, ağaçlandırma vb. şeklindedir. Hedeflerine ulaşmak amacıyla temel bazı stratejileri ise şu şekildedir: i) Alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanım oranlarının artırılması, ii) enerji verimliliğinin sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, iii) çimentoda klinker oranının azaltılması ve yüksek katkılı çimento üretiminin sağlanması, iv) atık geri dönüşümü ve yeniden kullanımının sağlanması ve artırılması, v) CCUS teknolojilerinin kullanımı. Bu stratejiler, NDC kapsamındaki Çelik, Alüminyum ve Çimento Sektörleri için Sıfır

Karbonlu Yol Haritası ve İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı ile uyumludur. Fakat çimento sektörü kaynaklı emisyonların, 2053 hedeflerine ulaşmaya daha iyi hizmet edebilmesi adına, şirket/grup bağlamında emisyon azaltım hedeflerinin daha kararlı ve yüksek olması gerekmektedir. Bu, ulusal hedeflerin daha kararlı ve daha yüksek ve hızlı azaltıma odaklanması gerekliliği ve çimento sektörüne ulusal ve uluslararası çapta yeşil dönüşüm desteklerinin artırılması, finansman sağlanması ve finansmana erişimin kolaylığı ile önemli ölçüde bağlantılıdır. Bu alanlarda yapılacak iyileştirmelerin, sektöre de azaltım ve teknolojik dönüşüm için önemli motivasyon ve teşvik sağlayacağını öngörüyoruz. Özellikle CCUS gibi teknolojilerin kurulumu için finansman olanaklarının artırılması elzemdir. Örneğin 12 Şubat 2024 tarihinde karbon yakalama teknolojileri geliştirme konusunda faaliyet yürüten SLB Capturi Heidelberg Materials'ın Norveç'in Brevik kentindeki çimento tesisinde ilk endüstriyel ölçekli karbon yakalama tesisinin inşasını tamamlamıştır. Bu tesis sayesinde çimento tesisinden yılda 400 bin metrik tona kadar CO₂ yakalanması planlanmaktadır.

Bunların yanı sıra tüketicilerin bilinçlendirilmesi, düşük karbonlu ürün etiketlerinin çimentoda yaygınlaştırılması, üretim sürecinde karbon emisyonu düşük çimentonun tercihinin artırılması ve teşvik edilmesi, sektöre ürün ve süreç konularında ArGe desteklerinin çoğaltılması gerektiği çalışmanın diğer politik önerilerini oluşturmaktadır.

Çalışma yapılırken önemli kısıtlarla karşılaşmıştır. Bunlardan ilki şirket/grupların tesis ölçeğinde değerlendirmeye yer vermemeleri veya sürdürülebilirlik raporlarının olmayışdır. İkincisi, raporu olanların raporlama içeriklerinin ve düzenlerinin çok farklı olmasıdır. Bu noktada özellikle değerlendirme ve analiz kolaylığının sağlanabilmesi adına sürdürülebilirlik raporlarının tek ve ortak düzene sokulması gereklidir. Üçüncü olarak ise, Ege'de faaliyet gösteren tesislerin çok azının uluslararası kuruluşların değerlendirme ölçeklerine geri dönüş sağlamış olmasıdır. Bu bağlamda Türkiye'de çimento sektöründe faaliyet gösteren şirket veya grupların raporlamalarını sunmalarının teşvik edilmesi sayesinde, ESG Risk skoru ve CDP puanlarının oluşması da bu sektörün uluslararası birimlerle karşılaştırılabilirliğini artıracaktır.



This research article has been licensed with Creative Commons Attribution - Non-Commercial 4.0 International License. Bu araştırma makalesi, Creative Commons Atıf - Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

Yazar Katkıları

Yazarlar, çalışmaya katkı oranlarını bu şekilde beyan etmişlerdir: Burcu Hiçyılmaz %40, Sidre Gül Bige Göcekli %30, Kemal Özdemir %30

Teşekkür Beyanı

Yazar(lar), çalışma için teşekkür beyanında bulunmamışlardır.

Destek Beyanı

Yazar(lar), çalışma için herhangi bir destekleyen beyanında bulunmamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), çalışma için herhangi bir çıkar çatışması beyanında bulunmamışlardır.

Etik Beyanı

Yazar(lar), çalışma için Etik Kurul Onayı alınması gerektiğini beyan etmişlerdir.

Sorumlu Editörler

Prof. Dr. Cantürk Kayahan, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Etem Karakaya, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Arş. Gör. Aykut Güryel, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Kaynakça/References

- Acquaye, A., Feng, K., Oppon, E., Salhi, S., Ibn-Mohammed, T., Genovese, A. ve Hubacek, K. (2017). Measuring the environmental sustainability performance of global supply chains: A multi-regional input-output analysis for carbon, sulphur oxide and water footprints. *Journal of Environmental Management*, 187, 571-575. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.059>
- Barbhuiya, S., Das, B. B. ve Adak, D. (2024). Roadmap to a net-zero carbon cement sector: Strategies, innovations and policy imperatives. *Journal of Environmental Management*, 359(121052), 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121052>
- BATIANADOLU (2023). *Batı Anadolu Grubu 2023 Sürdürülebilirlik Raporu*. 19 Kasım 2024 tarihinde https://www.batianadolu.com/upload/pdf/surdurulebilirlik/batianadolu_sr_2024.pdf adresinden edinilmiştir.
- Benhelal, E., Zahedi, G., Shamsaei, E. ve Bahadori, A. (2013). Global strategies and potentials to curb CO₂ emissions in cement industry. *Journal of Cleaner Production*, 51, 142-161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.049>
- CEMBUREAU (2024). *From Ambition to Deployment: The Road Travelled, Pathways and Levers to Scale Up Our Net Zero Ambition- Executive Summary*. 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.cembureau.eu/library/reports/cembureau-s-net-zero-roadmap/> adresinden edinilmiştir.

- CEMENTİR (2023). *Sustainability Report 2023 Non-Financial Statement*. 19 Kasım 2024 tarihinde <https://www.cementirholding.com/sites/default/files/documenti/2024-05/Sostenibilita%CC%80%202023%20-%20ING.pdf> adresinden edinilmiştir.
- Cheng, D., Reiner, D. M., Yang, F., Cui, C., Meng, J., Shan, Y., Liu, Y., Tao, S. ve Guan, D. (2023). Projecting future carbon emissions from cement production in developing countries. *Nature Communications*,14(8213), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43660-x>
- Çankaya, S., ve Pekey, B. (2019). A comparative life cycle assessment for sustainable cement production in Turkey. *Journal of Environmental Management*, 249(109362), <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109362>
- Çankaya, S., ve Pekey, B. (2020). Application of scenario analysis for assessing the environmental impacts of thermal energy substitution and electrical energy efficiency in clinker production by life cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 270(122388), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122388>
- ÇİMSA (2023). *ÇSY Performans Raporu 2023*. 19 Kasım 2024 tarihinde <https://cimsa.com.tr/wp-content/uploads/2024/06/ÇSY-Performans-Raporu-2023.pdf> adresinden edinilmiştir.
- ÇŞİDB (2024b). *2053 Long Term Climate Strategy*. 3 Aralık 2024 tarihinde <https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/T%C3%BCrkiye-Long%20Term%20Climate%20Strategy.pdf> adresinden edinilmiştir.
- ÇŞİDB (2024a). *İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030)*. 26 Kasım 2024 [https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20Azalt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20\(2024-2030\).pdf](https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20Azalt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20(2024-2030).pdf) adresinden edinilmiştir.
- ÇŞİDB (2023a, 13 Nisan). *Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı sunuldu*. <https://www.iklim.gov.tr/guncellenmis-birinci-ulusal-katki-beyani-sunuldu-haber-1139>
- ÇŞİDB (2023b). *Türkiye Cumhuriyeti Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı*. 3 Aralık 2024 tarihinde [https://www.iklim.gov.tr/db/turkce/haberler/files/T%C3%BCrkiye%20Cumhuriyeti%20G%C3%BCncellenmi%C5%9F%20Birinci%20Ulusal%20Katk%C4%B1%20Beyan%C4%B1\(1\).pdf](https://www.iklim.gov.tr/db/turkce/haberler/files/T%C3%BCrkiye%20Cumhuriyeti%20G%C3%BCncellenmi%C5%9F%20Birinci%20Ulusal%20Katk%C4%B1%20Beyan%C4%B1(1).pdf) adresinden edinilmiştir.
- Feiz, R., Ammenberg, J., Baas, L., Eklund, M., Helgstrand, A. ve Marshall, R. (2015). Improving the CO₂ performance of cement, part I: utilizing life-cycle assessment and key performance indicators to assess development within the cement industry. *Journal of Cleaner Production*, 98, 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.083>
- Garcia-Gusano, D., Herrera, I., Garrain, D., Lechon, Y. ve Cabal, H. (2015). Life cycle assessment of the Spanish cement industry: implementation of environmental-friendly solutions. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17, 59–73. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0757-0>
- Global Carbon Budget (2023a). *Per capita CO₂ emissions from cement*. 9 Kasım 2024 tarihinde <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-co2-cement> adresinden edinilmiştir.
- Global Carbon Budget (2023b). *Share of global CO₂ emissions from cement*. 9 Kasım 2024 tarihinde <https://ourworldindata.org/grapher/share-global-co2-cement> adresinden edinilmiştir.
- Hasanbeigi, A., Menke, C. ve Price, L. (2010). The CO₂ abatement cost curve for the Thailand cement industry. *Journal of Cleaner Production*, 18 (15), 1509-1518. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.06.005>
- IEA (2022). *Direct CO₂ emissions from industry in the Net Zero Scenario-2000-2030*. IEA, Paris. 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/direct-co2-emissions-from-industry-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>, Licence: CC BY 4.0 adresinden edinilmiştir.
- IEA (2024a). *Industry: Tracking Industry*. 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.iea.org/energy-system/industry#tracking> adresinden edinilmiştir.
- IEA (2024b). *Cement*. 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.iea.org/energy-system/industry/cement> adresinden edinilmiştir.
- IEA (2018). *Technology Roadmap: Low-Carbon Transition in the Cement Industry- Summary*. 2 Kasım 2024 tarihinde https://docs.wbcsd.org/2018/04/Cement_RM_Summary.pdf adresinden edinilmiştir.
- IFC (2021). *Strengthening Sustainability in the Cement Industry*. 29 Kasım 2024 tarihinde <https://www.ifc.org/en/insights-reports/2021/strengthening-sustainability-in-the-cement-industry> adresinden edinilmiştir.
- IPCC (2022). *Climate change 2022: mitigation of climate change*. 9 Kasım 2024 tarihinde https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Full_Report.pdf adresinden edinilmiştir.
- İSO Yeşil Blog (2024). *Kapsam 1 Emisyonları*. 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.isoyesilblog.com/terimler/kapsam-1-emisyonlari/> adresinden edinilmiştir.
- Kara, G., İbiç, A. ve Yağcıoğlu, E. (2018). Çimento sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 87-90.

- Mudd, G. M. (2010). The Environmental sustainability of mining in Australia: key mega-trends and looming constraints. *Resources Policy*, 35(2), 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2009.12.001>
- Nationalgrid (2024). *What is CCS?* 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-ccs-how-does-it-work> adresinden edinilmiştir.
- OYAK Çimento (2023). *Entegre Rapor (2023)*. 19 Kasım 2024 tarihinde <https://oyakcimento.com/tr/surdurulebilirlik/entegre-raporlar> adresinden edinilmiştir.
- Suhi, S. A., Enayet, R., Haque, T., Ali, S. M., Abdul Moktadir, M. ve Paul, S. K. (2019). Environmental sustainability assessment in supply chain: An emerging economy context. *Environmental Impact Assessment Review*, 79(106306), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106306>
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı- Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü (2020). *Çimento Sektörü Raporu (2020), Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi*. 2 Aralık 2024 tarihinde <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/CimentoSektorRaporu2020.pdf> adresinden edinilmiştir.
- Tun, T. Z., Bonnet, S. ve Gheewala, S. H. (2021). Emission reduction pathways for a sustainable cement industry in Myanmar. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 449-461. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.016>
- TÜBİTAK (2023). *Yeşil Büyüme Teknoloji Yol Haritası Çimento Sektörü*. 3 Aralık 2024 tarihinde https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/2024-04/Yesil_TYH_Cimento_29042024.pdf adresinden edinilmiştir.
- Türkçimento (2023a). *İstatistikler: Çimento*. 13 Kasım 2024 tarihinde <https://www.turkcimento.org.tr/tr/istatistikler/ihracat> adresinden edinilmiştir.
- Türkçimento (2023b). *Aylık Veriler: Çimento*. 8 Ocak 2024 tarihinde <https://www.turkcimento.org.tr/tr/istatistikler/aylik-veriler> adresinden edinilmiştir.
- Türkçimento (2023c). *Türk Çimento Sektörü 2023*. 2 Aralık 2024 tarihinde https://www.turkcimento.org.tr/uploads/pdf/2023_sekt%C3%B6r_kitab%C4%B12.pdf adresinden edinilmiştir.
- TTGV (2023). *Öncül Proje Programı Yapı ve İnşaat Sektörünün Karbonsuzlaşmasında Sürdürülebilir Çimento Üretimi Derin Analiz Raporu-Özet, Ekim 2023*. 26 Kasım 2024 tarihinde <https://ttgv.org.tr/yayinlar/surdurulebilir-cimento-uretimi-derin-analiz-raporu-acik-ozet> adresinden edinilmiştir.
- Valderrama, C., Granados, R., Cortina, J.L., Gasol, C.M., Guillem, M. ve Josa, A. (2012). Implementation of best available techniques in cement manufacturing: a life cycle assessment study. *Journal of Cleaner Production*, 25, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.055>