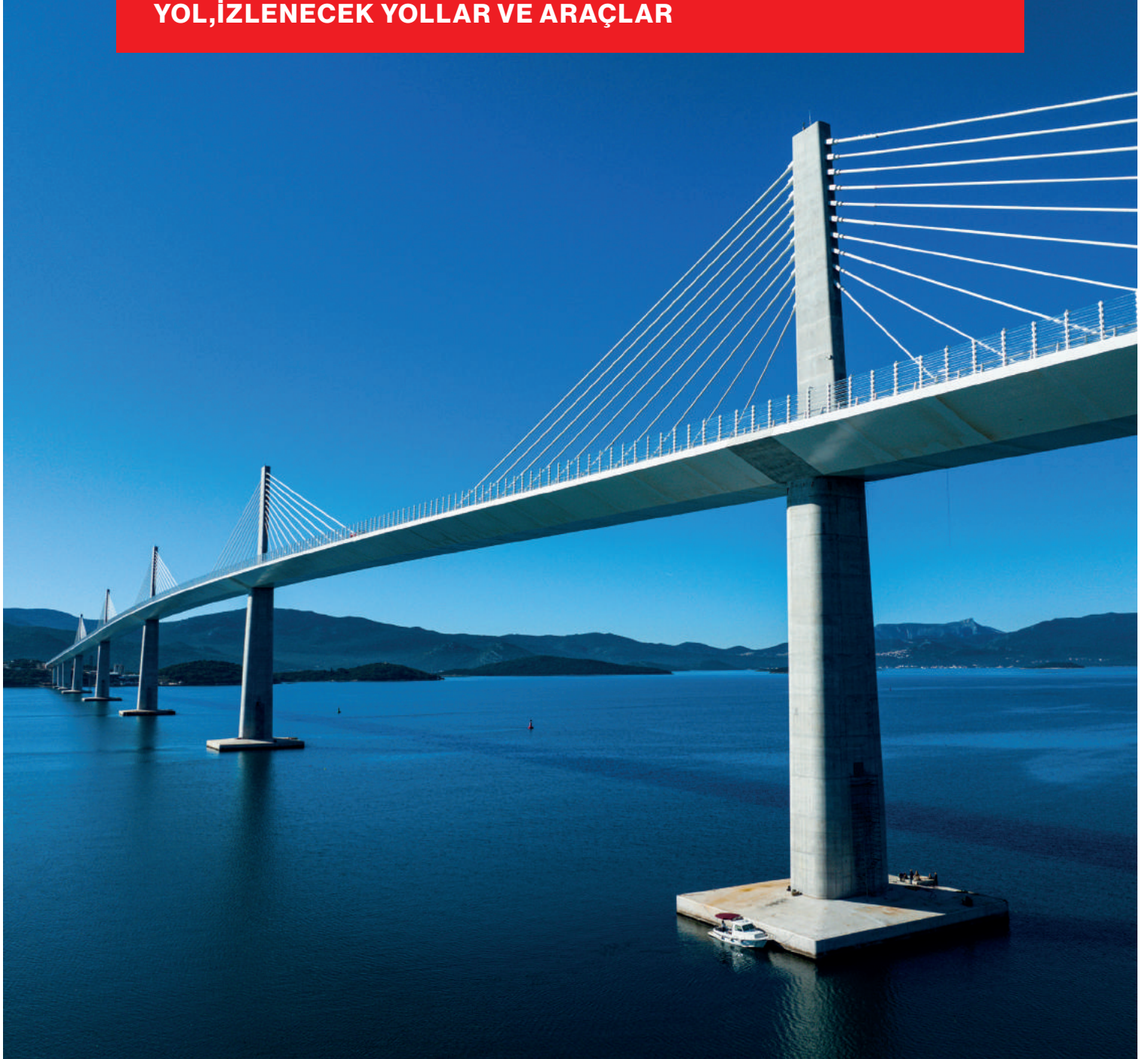


Vizyondan Uygulamaya

**NET SIFIR VİZYONUMUZU GERÇEKLEŞTİRMEK İÇİN KAT EDİLEN
YOL,İZLENECEK YOLLAR VE ARAÇLAR**



Merkezi Brüksel'de bulunan Avrupa Çimento Birliği **CEMBUREAU**, Avrupa'daki çimento endüstrisinin temsilci kuruluşudur. Günümüzde Asil Üyeleri, Malta hariç, Avrupa Birliği üyesi 23 Ulusal Çimento Sanayi Birlikleri ve Çimento Şirketlerinde ile birlikte Norveç, İsviçre ve Birleşik Krallık'tan oluşmaktadır. Hırvatistan, Sırbistan ve Slovakya CEMBUREAU'nun Gözlemci Üyeleridir. Kıbrıs'ta Vassiliko Cement ve Ukrayna'da UKRCEMENT ile iş birliği anlaşmalar mevcuttur.

Birlik, AB kurumları ve diğer kamu makamları nezdinde çimento sektörünün sözcüsü olarak hareket ederek, teknik, çevre, enerji, iş sağlığı ve güvenliği, sürdürülebilirlik konularına ilişkin tüm konular ve politik gelişmeler hakkında sektörün görüşlerini ilgili makamlara iletmektedir. AB'ye ek olarak, diğer uluslararası kuruluşlar (örneğin OECD, IEA), Global Çimento ve Beton Birliği (GCCA) ve dünyanın diğer bölgelerindeki kardeş Birlikler ile sürekli diyalogunu sürdürmektedir.



Giriş 04

Çimento - Avrupa için
stratejik bir malzeme
06



Çimento ve beton
08

Daha iddialı bir vizyon
12



AB politikasının
kilit rolü
16

Klinker
22



Çimento
36

Beton
42



İnşaat
46

Karbonatlaşma
50



Varsayımlar, yatırımlar ve dış
geçerlilik
54

2050

Dört yıl içinde pek çok şey olabilir

CEMBUREAU, 2020 yılının Mayıs ayında, sektörün 2050 yılına kadar çimento ve beton değer zinciri genelinde net sıfır emisyonu ulaşma vizyonunu ortaya koyan karbon nötrlüğü yol haritasını yayınladı.

Geçtiğimiz dört yıl içinde küresel bir salgına, Avrupa'da büyük çaplı bir çatışmanın başlamasına, iklim değişikliğinin artan etkisine, siyasi değişimlere ve küresel enflasyona hep birlikte tanık olduk. Avrupa çimento sektörü bu zorlu koşullar karşısında giderek artan bir değişim hızı yakalamıştır.

Bu yolda ilerlemeye devam edebilmek için uygun finansman ve altyapı da dahil olmak üzere güçlü bir yasal çerçeve gerekmektedir.

Giriş

Vizyondan uygulamaya

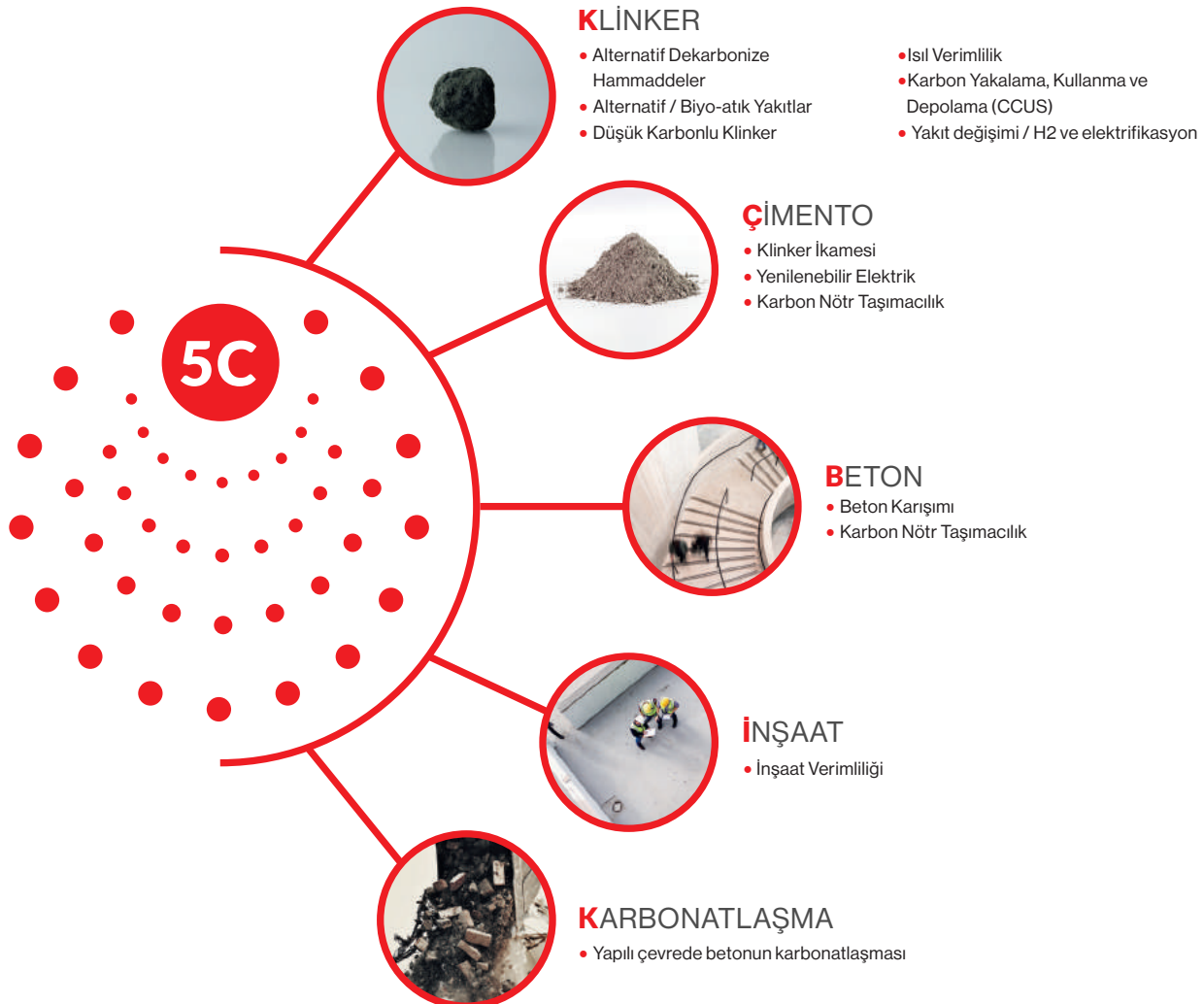
Ne durumda olduğumuzu değerlendiriyoruz

Yol haritamızı yayınladıktan dört yıl sonra, teknolojinin kaydettiği gelişmeler ve yapılan araştırmalar dikkate alınarak ve pilot projelerin çıktılarına dayalı olarak ne durumda olduğumuzu değerlendirmek ve kaydettiğimiz gelişmeleri görmek üzere yol haritamızı gözden geçirmeye karar verdik. Avrupa çimento sektörü olarak neler yapabileceğimizi, beton ve inşaat sektörlerinin üstlenebileceği rolü ve yol haritamızı gerçekleştirmek üzere kat edilen yolda hangi politikaların izlenmesi gerekliliğini analiz ettik.

Değer zinciri boyunca 5C (Clinker, Cement, Concrete, Construction, (re)Carbonation yaklaşımımız

Avrupa çimento sektörüne dekarbonizasyon yolunda rehberlik etmek ve net temel performans göstergeleri ortaya koymak adına 2020 yılında klinker-çimento-beton-inşaat-karbonatlaşma değer zinciri genelinde düşük karbon vizyonunu hayata geçirmeye yardımcı olacak tüm aktörleri içeren işbirlikçi bir yaklaşımı teşvik eden "5C yaklaşımını" geliştirdik. 5C yaklaşımı, Çimento ve beton değer zinciri boyunca CO₂'nin önemli ölçüde azaltılmasını sağlayan kilit alanları tanımlayarak, farklı teknolojilerin ve paydaşların oynadığı rolü vurgulamak. Bu güncelleme kapsamında, 5C etkenlerinin her biri açısından ne durumda olduğumuzu değerlendirmekte, dahil olduğumuz inovasyon projelerini ön plana çıkartmakta ve bunlara yönelik iş örneklerini hayata geçirmek için ihtiyaç duyduğumuz politika etkenlerini tespit etmektedir.

5C(Clinker, Cement, Concrete, Construction, (re)Carbonation) yaklaşımı dekarbonizasyon kaldıraçları



175 Mt

Avrupa'da yıllık çimento
üretimi

35000

Doğrudan istihdam

200

Avrupa'da bulunan entegre
çimento fabrikaları



Çimento - Avrupa için

Çimentomsu malzemeler Avrupa'da Roma döneminden beri kullanılmakla birlikte, modern Avrupa çimento endüstrisinin kökeni Portland çimentosunun ortaya çıkışıyla 19. yüzyılın sonlarına kadar uzanmaktadır. Avrupa çimento endüstrisi, bu ilk zamanlardan itibaren üretim, kalite ve inovasyon açısından dünya lideri olmuştur.

Çimento endüstrisi, Avrupa Birliği genelindeki tesisleriyle Avrupa ekonomisine güçlü bağlarla bağlıdır.

Çimento ve betonun yerel üretimi, inşaat sektörü için elzem olan bir malzemenin özerk olmasını ve Avrupa'daki çimentonun en sıkı sürdürülebilirlik kriterlerini karşılamasını sağlamaktadır.

Çimento, nihai ürünü olan beton aracılığıyla binalarda ve altyapıda CO₂ emisyonlarının azaltılması konusunda belirleyici bir katkı sağlar ve yenilenebilir enerji ekipmanları ve sürdürülebilir ulaşım açısından önemli bir yapı malzemesidir.

Çimento üretiminin dekarbonizasyonu için küresel ölçekte köklü bir değişim gerekmektedir. Sektörümüz son yıllarda, **CEMBUREAU'nun interaktif inovasyon projeleri** haritasında 100'den fazla inovasyon projesinin yer almasıyla da ortaya konulduğu üzere, önemli adımlar atmıştır.

**Avrupa çimento sektörünün
inovasyon projelerini keşfedin**



CEMBUREAU'nun
interaktif haritasında

100▲

fazla inovasyon projesi vardır.

stratejik bir malzeme

Çimento ve beton, inşaat sektöründe Avrupa ve dünya genelinde büyük önem taşıyan malzemelerdir.

Çimento

Çimento, kireçtaşı, kil ve diğer minerallerin karışımından oluşan toz halinde bir maddedir. Bunlar yüksek sıcaklıklarda ısıtılarak klinker adı verilen bir malzeme haline getirilir. Bu klinker daha sonra ince bir toz haline getirilir ve diğer malzemelerle karıştırılarak çimento elde edilir. Çimento, betonda bağlayıcı görevi görerek diğer bileşenleri bir arada tutar.

Beton

Beton; çimento, su, agregalar (kum veya çakıl gibi) ve genellikle diğer katkı maddeleri veya kimyasal katkılardan yapılan kompozit bir malzemedir. En çok kullanılan inşaat malzemesi olup binalarda, yollarda, köprülerde, barajlarda ve çeşitli altyapı projelerinde kullanılmaktadır.

Çimento & beton

Beton ihtiyacı



Yeni Konut Binaları

Avrupa genelinde, kentsel nüfus artışının karşılanabilmesi için uygun fiyatlı yeni konutlara ihtiyaç duyulmaktadır.



Renovasyon

Mevcut bina stokunun enerji verimliliğini artırmak için %3'lük bir renovasyon oranına ulaşmamız gerekmektedir.



Enerji Altyapısı

Avrupa dekarbonize bir ekonomiye doğru geçiş yaparken, yenilenebilir enerji altyapısı büyük hacimlerde beton gerektirecektir.



Ulaştırma Altyapısı

Avrupa, ister karayolu ister demiryolu olsun, ulaştırma altyapısı açısından betona dayalı büyük hedefler belirlemiştir.



Kamu Binaları

Önümüzdeki on yılda okullar, hastaneler, kreşler, huzurevleri ve idari binalar da dahil olmak üzere birçok kamu binasının inşa edilmesi gerekecektir.



Yeniden Sanayileşme

Avrupa birçok sektörde daha fazla kendi kendine yetebilen bir yapıya kavuştukça, yeni sanayi tesislerinin inşa edilmesi gerekecektir.



İklim Değişikliğine Uyum

İklim değişikliğinin etkileri dünya genelinde şimdiden hissedilmeye başlandı. Beton, insanların ve mülklerin korunması için gereken altyapı çalışmalarında kullanılan bir inşaat malzemesi olarak son derece önemli bir rol oynamaktadır.

Neden Beton?

Beton, pek çok benzersiz özelliğiyle bilinen çok yönlü ve yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir:



Sağlamlık ve Dayanıklılık

Beton basınç altında son derece sağlam olup, ağır yükleri desteklemek ve deformasyona karşı koymak açısından ideal bir malzemedir. Beton yapılar, 100 yılı aşan yapı ömrü ile uzun ömürlü olup çeşitli çevre koşullarına karşı dayanıklıdır.



Değişkenlik

Karmaşık mimari tasarımların ve yapısal elemanların oluşturulmasına olanak tanıyan, beton neredeyse her şekil ve boyutta kalıplanabilir. Bina temellerinden, yollara, ve dekoratif unsurlara hatta sanatsal heykellere kadar geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır.



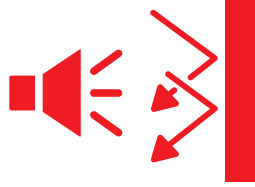
Yangına Dayanıklılık

Betonun yangına karşı mükemmel dayanıklılık özelliklerine sahip olması, onu bina ve yapıların inşasında tercih edilen bir malzeme haline getirmektedir. Ateşe maruz kaldığında yanmaz veya zehirli dumanlar çıkarmaz, alevleri kontrol altına almaya ve yangının yayılmasını sınırlamaya yardımcı olur.



Termal Kütle

Beton yüksek termal kütleye sahiptir, yani ısıyı etkili bir şekilde absorbe edip tutabilir. Bu özellik, binalardaki iç mekân sıcaklıklarının düzenlenmesine katkıda bulunarak ek ısıtma ve soğutma sistemlerine olan ihtiyacı azaltır ve enerji verimliliğini artırır. Ayrıca, tüketici enerji talebinin zaman içinde değişmesine olanak tanıyarak enerji sistemimizin daha iyi yönetilmesini de sağlayabilmektedir.



Ses Yalıtımı

Betonun iyi bir ses yalıtım özelliğine sahip olması, odalar arasındaki gürültü iletiminin azaltılmasında ve gürültülü ortamlarda bulunan binalarda dışarıdan kaynaklanan gürültünün engellenmesinde faydalı olmasını sağlamaktadır.



Daha Az Bakım İhtiyacı

Diğer inşaat malzemelerine kıyasla beton yapılar genellikle asgari düzeyde bakım gerektirmektedir.



Maliyet Etkinliği

Beton, özellikle uzun ömrü ve daha az bakım gerektirmesi göz önünde bulundurulduğunda uygun maliyetli bir yapı malzemesidir.



%100 Geri Dönüştürülebilir

Beton tamamen yeni agregaya haline geri dönüştürülebilmektedir.





Yeni bir yol haritası belirliyoruz

2020 haritamıza kıyasla neler değişti?

- Bugüne kadarki ilerlememize dayanarak (2021'de %53), 2050 yılı için alternatif yakıt projeksiyonlarımızı %90'dan %95'e çıkardık.
- İlk yol haritasındaki %65'e kıyasla %60 klinker/çimento oranını elde etmek için 2050 yılı klinker ikamesi projeksiyonunu revize ettik. Klinker ikame malzemelerinin yeterli düzeyde bulunması, bu projeksiyona ulaşılmasında kilit rol oynayacaktır.
- KYKD hacimlerinin daha ayrıntılı bir dökümü hazırlanmıştır. Planlanan yatırımlar göz önüne alındığında, KYKD uygulaması için 2030 tahminini de dahil edildi.
- İlerlememizi takip edebilmek ve AB'nin hedefleriyle nasıl uyum sağlayabileceğimizi değerlendirebilmek için tüm araçlara 2040 yol haritası dahil edildi.

Bu durum, dekarbonizasyona giden yol açısından ne anlama gelmektedir?

• Daha iddialı 2030 yol haritası

Büyük çaplı yatırımlar, 2030 için daha iddialı azaltım vizyonu belirlememizi sağladı. 2020 yılında, çimentoda %30, değer zincirinde ise %40 oranında CO2 emisyon azaltımı planlamıştık. Şimdi bu genel rakamı çimento için %37 ve değer zinciri için %50 olarak revize ettik.

• Çimento sektörü için güçlü 2040 yol haritası

Tüm araçları birleştirerek, 2040 yılı itibarıyla CO₂ emisyonlarının çimentoda %78 ve değer zincirinde %93 oranında azaltılacağını tahmin etmekteyiz.

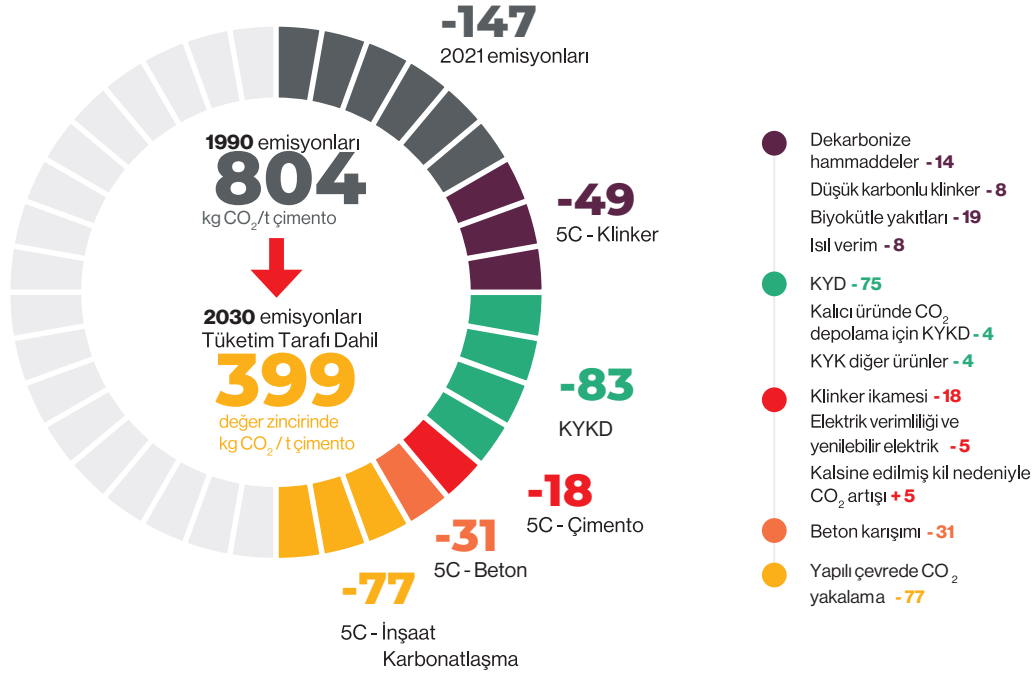
• 2050'ye kadar değer zinciri genelinde negatif emisyon potansiyeli

Çimentodaki net sıfır emisyonu 2050 itibarıyla ulaşma yol haritasıyla, sektör, değer zincirinde karbon negatif olma potansiyeline sahiptir.

Artırılan vizyon

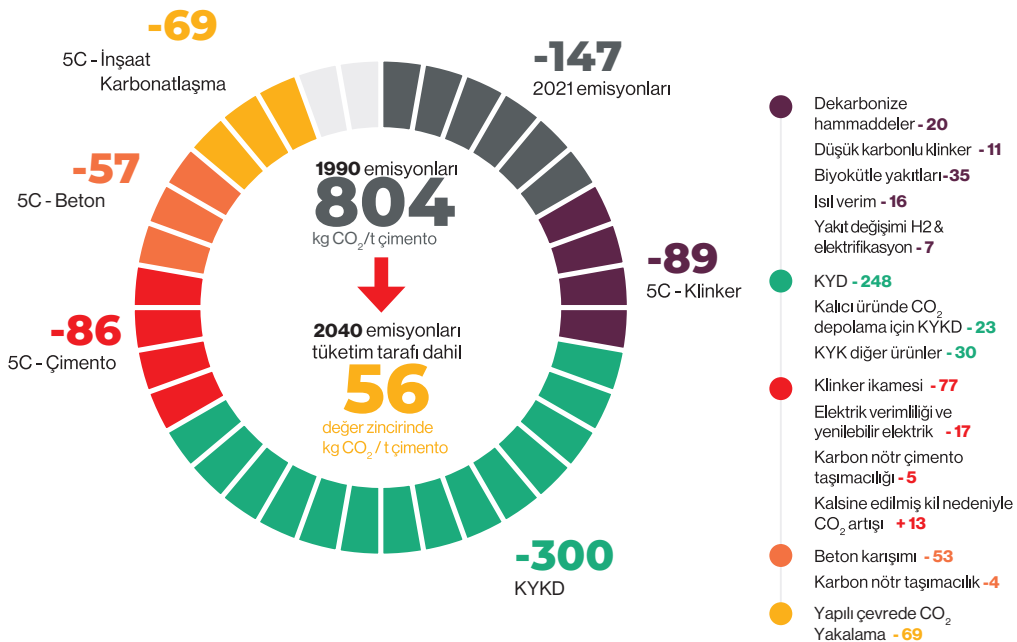
CEMBUREAU 2030 yol haritası

Çimento değer zinciri boyunca CO₂ azaltımı (5C: klinker, çimento, beton, inşaat, karbonatlaşma)



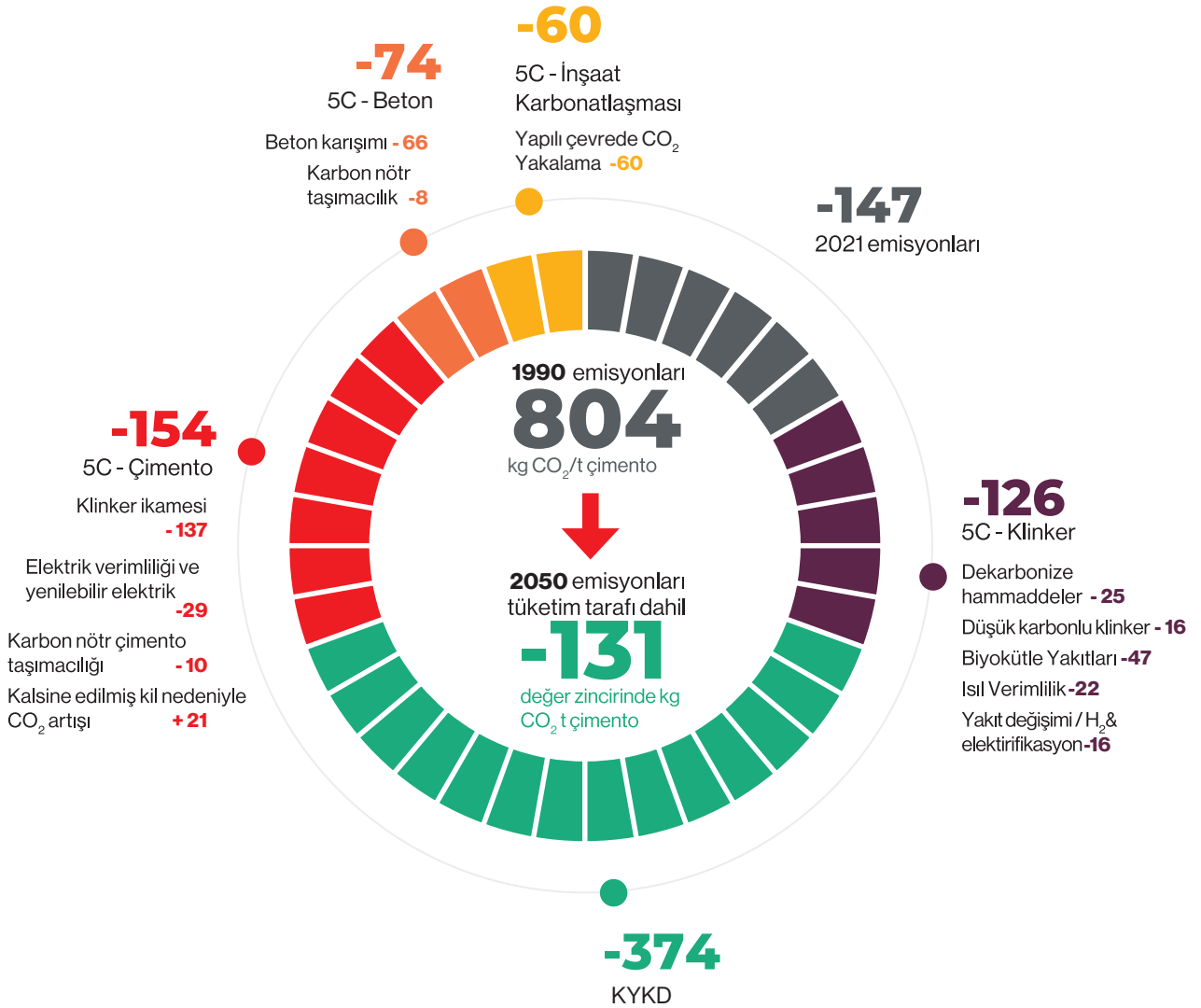
CEMBUREAU 2040 yol haritası

Çimento değer zinciri boyunca CO₂ azaltımı (5C: klinker, çimento, beton, inşaat, karbonatlaşma)



CEMBUREAU 2050 yol haritası

Çimento değer zinciri genelinde CO₂ azaltımı (5C: klinker, çimento, beton, inşaat, karbonatlaşma)







Yol haritamız, AB çimento sektörünün ileride 2030, 2040 ve 2050'ye kadar CO₂ emisyonlarının azaltılması açısından neler başarabileceğini göstermektedir. Ancak bu vizyon sektörün sağlam bir düzenleyici çerçeveye ve AB rekabetçiliğinin güçlendirilmesiyle desteklenmesi durumunda gerçekleşecektir. Net sıfır teknolojilerin yaygınlaştırılması için AB ve ulusal politika yapıcılar tarafından kararlı siyasi eylemlerde bulunulmalıdır. Projelerin erken atılım döneminde (gelecek 5-15 yıl) riskten arındırılması çok önemlidir.

Dekarbonizasyon yatırımlarını kolaylaştıracak izinler, temiz enerji, altyapı, pazar teşvikleri, finansman ve becerilere odaklanarak hükümetin tüm birimleri ile yakın koordinasyon içinde Yeşil Mutabakatı tamamlayıcı bir sanayi politikasına ihtiyacımız vardır.

AB politikasının kilit rolü

Bu vizyonumuzu gerçekleştirmek için aşağıdaki politikalar zaruridir:

CO₂ ile ilgili piyasa alanını dengelemek için hatasız bir Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizmasının (SKDM) uygulanması

- AB endüstrilerinin ve üçüncü ülkelerin aynı kurallar altında rekabet etmesini sağlamak için SKDM'nin, AB Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) kurallarıyla sıkı bir şekilde uyumlu hale getirilmesi.
- Güçlü izleme sistemleri vasıtasıyla SKDM ile ilgili dolandırıcılık ve kaçakçılığın önlenmesi ve ulusal gümrük makamlarıyla yakın iş birliği yapılarak SKDM'nin AB genelinde yeknesak bir şekilde uygulanmasını sağlanması.
- AB endüstrisini ihracata ilişkin karbon kaçağına karşı korurken DTÖ düzenlemelerine uygun bir ihracat çözümünün geliştirilmesi

Yatırımlar için finansal desteğin artırılması

- ETS İnovasyon Fonu'nun enerji yoğun sektörler için özgün bir Temiz Teknoloji Uygulama Fonu'na dönüştürülmesi. Her proje için bir 'inovatif yön' talep etmek, içinde bulunduğumuz uygulama aşamasına ters düşmektedir.
- Büyük ölçekli dönüşüm projelerinin uygulanmasını finanse etmeye yardımcı olmak için çimento sektörünün AB ETS'ye gelecekte yapacağı ödemelerin en az %75'inin (2034 yılına kadar yaklaşık 80-100 milyar Avro), ön yükleme yoluyla özel bir "çimento fonuna" tahsis edilmesi.
- Ulusal Enerji ve İklim Planlarının, yatırımları kolaylaştıracak ve projeleri riskten arındıracak temel önlemlerle (örneğin Fark Sözleşmeleri yoluyla) uygun endüstriyel dekarbonizasyon planlarına dönüştürülmesi.
- Ulusal ve Avrupa finans kaynaklarının bir havuzda toplanması ve tek durak hizmet ofisi yaklaşımını benimseyerek basit ve koordine edilmiş prosedürler aracılığıyla destek (hem CAPEX hem de OPEX'i kapsayan) sağlanması.

Uygun fiyatlı dekarbonize enerji, altyapı ve hammaddelere erişimin garanti altına alınması

- Dekarbonize enerjiye makul fiyatlı erişim sağlanması.
- Yenilenebilir enerjilerin sanayi tesislerinde kullanılması için bir kum havuzu/basitleştirilmiş izin rejiminin uygulamaya konulması.
- Elektrik fiyat istikrarının desteklenmesi ve ani artış durumunda endüstriyel müşterilerin korunması.
- Daha güçlü bir elektrik iç piyasasının oluşturulması için ara bağlantı sağlanması CO₂ taşıma ve depolama altyapısına adil erişim sağlanması.
- Sürdürülebilir biyo atıklara, alternatif atık akışlarına ve hammaddelere sürekli erişim sağlanması

Düşük karbonlu, döngüsel ürünler için öncü pazarların oluşturulması

- 2030/2040'ta bu ürünlerin alımına yönelik net bir yol haritası belirleyen ve özel alıcı girişimlerinin kurulmasını destekleyen bir AB düşük karbonlu ürünler stratejisi tanımlanması.
- Düşük CO₂'li ürünler için öncü pazarlar oluşturmak için kamu ihale kuralları ve standartlarının gözden geçirilmesi.
- Yenilikçi, öngörülebilir ve malzemeden bağımsız bina yönetmelikleri vasıtasıyla talep teşviklerinin desteklenmesi.
- Döngüsel ekonomi ile ilgili adım atılması: atıkların düzenli depolanmasının yasaklanması, geri dönüşüm süreçlerinin teşvik edilmesi, atıkların endüstrilerde kullanımının desteklenmesi ve inşaat değer zinciri genelinde döngüsellüğün ve yaşam döngüsü düşüncesinin teşvik edilmesi.
- İnşaat malzemelerinde betonda karbonatlaşmanın ve CO₂ kullanımının karbon yutağı olarak kabul edilmesi.





Ortak bir çaba

Sektör ve politika yapıcılar arasındaki ilişki çoğu zaman çatışmalı bir ilişki olarak görülmektedir. Biz olayları böyle görmüyoruz. Avrupa'da çimento ve betonun dekarbonizasyonu söz konusu olduğunda, ortak bir hedefi paylaşıyoruz ve bu ilişkiyi simbiyotik bir şekilde yürütmeye kararlıyız.

Çimento sektörü 30-50 yıllık bir yatırım döngüsüyle tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, 2050 yılına kadar sektörün tamamen dekarbonizasyonunu öngören yatırım kararlarının şimdiden alınması gerekmektedir. Bizler üzerimize düşeni yapabiliriz ancak kolaylaştırıcı bir yasal çerçeve bu denklemin olmazsa olmaz ikinci parçasıdır. İşte bu nedenle dekarbonizasyon yatırımlarımız söz konusu olduğunda Avrupa ve Üye Devletlerinin desteğine ihtiyacımız var.

Temel politika taleplerimizin yanı sıra, aşağıdaki bölümlerde değer zinciri genelinde dekarbonizasyon etkenlerinin her birine yönelik ticari gerekçeyi ortaya koymak için gereken politika itici güçlerini de belirliyoruz.



Ölçek büyütme yönelik ticari gerekçe

Bu kaldırımların çoğu önemli miktarda finansal yatırım gerektirmektedir. Örneğin, 2050 yılına kadar net sıfır çimento ve beton üretimi öngörülürken karbon yakalamanın uygulanabilir bir alternatifi olmadığı şüphe götürmez bir gerçektir. Bu yol haritasının son bölümünde, dış kaynaklara dayanan bazı maliyet tahminlerini sunuyoruz. Söz konusu finansman ihtiyaçları, yol haritamızın vizyonunu gerçekleştirebilmesi için finansman yapılarının hayata geçirilmesinin ve yatırımlar için net bir ticari gerekçenin ortaya konulmasının zaruri olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Yol haritamızı
gerçekleştirmek için,
finansman yapılarını
uygulamaya koymamız
ve yatırımlar için net bir
ticari gerekçe ortaya
koymamız elzemdir."



Yol haritamızın, 1990 yılına kıyasla tahminleri şu şekildedir:

-37%▼

2030 yılı itibarıyla çimentodaki CO₂ emisyonu azalımı

-78%▼▼

2040 yılı itibarıyla çimentodaki CO₂ emisyonu azalımı

-100%▼▼▼

2050 yılı itibarıyla çimentodaki CO₂ emisyonu azalımı

Çimento ve beton döngüsel hale geliyor

Döngüsellik, net sıfır gayemizin ayrılmaz bir parçası olup, çimento ve beton değer zinciri genelinde önemli ölçüde CO₂ azaltımı sağlamaktadır. Avrupa çimento sektörü geride bıraktığımız onlarca yıl boyunca atık malzemeleri çimento üretiminde hem hammadde hem de fırınlarında yakıt olarak kullanarak döngüsellliği teşvik etmiştir. Ömrünü tamamlamış beton aynı zamanda inşaat sektöründe stabilizatör olarak da yaygın bir kullanıma sahiptir. Geçtiğimiz yıllarda, çimento ve betonun döngüsel ekonomideki rolünü artırmaya yönelik yeni yöntemlerin uygulanması konusunda hızlı bir ilerleme kaydedilmiştir.

Atık bir kaynaktır

Çimento üretimi her zaman kireçtaşı gibi yerel kaynaklardan temin edilebilen hammaddelere dayanmıştır. Geçtiğimiz onlarca yıl içerisinde, yerel kaynaklardan elde edilen çeşitli atık akışlarının hammadde veya yakıt olarak kullanımını istikrarlı bir şekilde artırdık. Atıkların çimento fırınlarında enerji geri kazanımı veya malzeme geri dönüşümü amacıyla kullanılması, sektörümüzün birincil yakıt ve malzemelere olan ihtiyacını azaltmasının yanı sıra atıkların katı atık sahalarına gitmesini de önlemektedir.

Bu yol haritasında gösterildiği üzere, diğer sektörlerle de simbiyotik bir ilişki içerisinde bulunarak onların atıklarını üretim sürecimize dahil ediyor ve çimento üretiminde kullanılmak üzere sürekli olarak yeni dekarbonize hammaddeleri araştırıyoruz.

Döngüsellik artık çok yakın

Döngüsellğe olan bağlılığımız değer zincirimizin tamamını kapsamaktadır. Çimentonun ana ürünü olan beton, tümüyle geri dönüştürülerek beton veya yol yapımı için yeni agregalara dönüştürülebilmektedir. Ayrıca yol haritamız, geri dönüştürülmüş beton tozlarını tamamlayıcı çimentomsu malzeme olarak kullanmaya yönelik planları da kapsamaktadır.

Binalar döngüsel hale geliyor

Beton binalar döngüsellğe iyi bir şekilde uyum sağlamaktadır; örneğin beton yapı bir ofis binasını konuta dönüştürmek daha kolaydır. Brüksel gibi şehirlerde yaygın olan kapsamlı renovasyon projelerinde genellikle mevcut beton yapılar korunmakta ve etrafları yenilenmektedir.

Döngüsel Karbon

Dekarbonizasyon yolculuğumuzda, karbon yakalama ve kullanımı bize ilave döngüsel fırsatlar sunmaktadır. Çimento fırınlarından kaynaklanan CO₂ emisyonlarını yakalamak ve bunları e-yakıtlara, kimya sektörü ham maddelerine, yosun yetiştiriciliği için katalizörlere veya inşaat atıklarını karbonlaştırmaya yönelik projeler devam etmektedir.



"Sektör, iklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve kaynak kıtlığı ile ilgili zorlukların üstesinden gelmek için işgücünü yeniden eğitme ve becerilerini geliştirme ihtiyacının farkındadır."



Geleceğe yönelik beceri kazanma

Sektör, dekarbonizasyon yolunda işgücünü de yanına alma ihtiyacının farkındadır. Bu durum yalnızca iklim değişikliği, biyoçeşitlilik, iş güvenliği ve kaynak kıtlığı ile ilgili zorlukların üstesinden gelmek için çalışanlara yeniden beceri kazandırmayı ve mevcut becerilerini geliştirmeyi içermemektedir. Ayrıca gerçekleştirdiğimiz dekarbonizasyon çabaları hakkında şirket içinde iletişim kurma konusuna yatırım yapmamız ve tüm çalışanlarımızı çimento ve betonun yarınların yapılaşmış dünyasına sağlayacağı katkının elçileri haline getirmemiz gerekmektedir.

İhtiyaç Duyulan Profiller

Sektörün dekarbonizasyonu, karbon yakalama, alternatif yakıtlar, döngüsel değer zincirleri ve veri analitiği, yapay zeka dahil olmak üzere dijital uzmanlık alanlarında beceri sahibi olunmasını gerektirmektedir. Bu beceriler, tesise özgü roller de dahil olmak üzere tüm işlevlerde gereklidir. Sektör olarak toplumsal kapsayıcılığa olan bağlılığımızı sürdürüyoruz.

Eğitim ve Öğretim

Eğitim müfredatı ile sektörün talepleri arasında daha iyi bir uyum sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Sektör, endüstri ile eğitim sistemi arasında daha fazla iş birliğinin yanı sıra gelecekteki ihtiyaçları karşılayacak çıraklık eğitimi de dahil olmak üzere uygulamalı ve verimli bir eğitimin gerekliliğini savunmaktadır. Almanya, İrlanda ve Kıbrıs gibi ülkelerde başarılı uygulamalı eğitim programlarının örnekleri bulunmaktadır.

Becerilere Erişim / Eksiklikler

Yeşil ve dijital dönüşümlerin yanı sıra demografik değişimler de şoförler, teknisyenler, elektrikçiler ve mekanik çalışanları gibi çeşitli meslek profillerinde eksikliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. İşyerine erişebilmek için dil becerileri ve ulaşım altyapısı da işgücünün hareketliliği ve ileri eğitime erişim açısından büyük önem taşımaktadır. CEMBUREAU, gelecekte ortaya çıkacak beceri ihtiyaçlarını tahmin etmek için ortaklarıyla iş birliği yapmakta olup beceri geliştirme ve Endüstri 5.0 girişimleri konusunda Avrupa kurumlarıyla iş birliği yapmaya hazırdır.



Klinker, çimento üretiminin bel kemiğidir. Esasen bir fırında ısıtılmış ve bu ısı ile dönüşüme uğramış kireçtaşı ve minerallerin bir karışımıdır. Tesislerimiz, çimento sektörünü Avrupa'nın dört bir yanında bulunan yerel topluluklara güçlü bağlarla bağlayan kireç taşının bulunduğu taş ocaklarının etrafına inşa edilmiştir. Kireçtaşı kalsine edilerek klinkere dönüştürüldüğünde CO₂ açığa çıkar. Bu kaçınılmazı mümkün olmayan sürecin emisyonları, toplam çimento üretim emisyonlarının %60-65'ini teşkil etmektedir.

CO₂ emisyonlarının geri kalanı, yaklaşık 1450° C sıcaklıkta çalışan fırındaki yanma süreciyle ilgilidir. Geleneksel olarak, çimento sektörü bu yanma işlemi için fosil yakıtlar kullanıyordu, ancak 2021 yılı itibarıyla, sektör halihazırda enerji ihtiyacının %53'ünü yerel olarak tedarik edilen çeşitli atık kaynaklarından elde edilen alternatif yakıtlardan sağlamaktadır.

Çimentonun büyük bir kısmı, su, kum ve agregalarla karıştırılarak betonun temel bileşeni olarak kullanılmaktadır. Çimentonun hidrolik bağlayıcı özelliği sayesinde beton esnek ve dayanıklı bir malzeme haline gelir.



01. Klinker

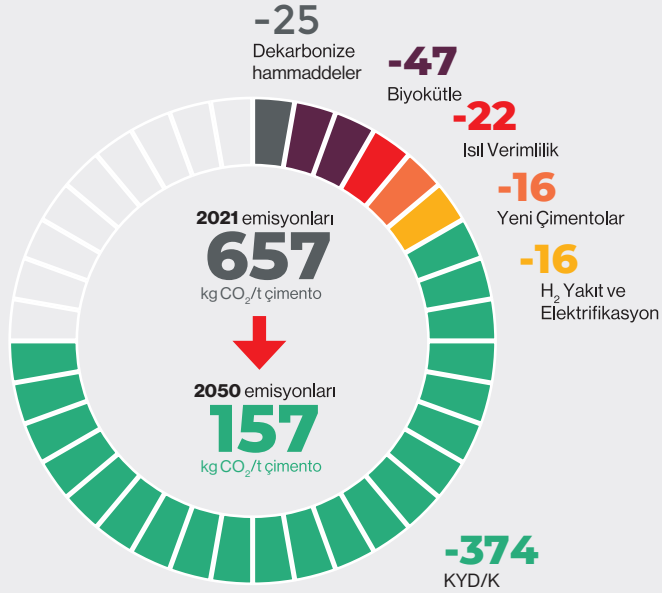
Sektör halihazırda enerji ihtiyacının

53%▲

alternatif yakıtlardan sağlamaktadır.

Klinker Emisyonlarını Azaltma Yolları

Yol haritamızı gerçekleştirebilmek için, 5 C değer zinciri kapsamında dekarbonizasyon etkenlerinin her birine odaklanmaya devam ediyoruz. İlk yol haritasına kıyasla, bugüne kadar kaydedilen ilerlemeye bağlı olarak izlenen yolların birçoğu değiştirilmiştir.



Alternatif Hammaddeler



2030 yılına kadar, dekarbonize malzemeler kullanılarak süreç CO₂'sinin

3.5% ▼

oranında azaltılması

2050 yılına kadar, dekarbonize malzemeler kullanılarak süreç CO₂'sinin

8% ▼

oranında azaltılması

Çimento üretiminde ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının büyük bir bölümü klinker üretiminden kaynaklandığı için, çimento sektörü sürekli olarak doğal hammaddeleri alternatif veya ikincil hammaddelerle (ARM) değiştirmeye çalışmaktadır. Bunlar, diğer (çoğunlukla endüstriyel) süreçlerden veya toplumsal sektörlerden kaynaklanan atık maddeler veya yan ürünlerdir. Klinker yakma sürecinde Alternatif Hammadde (ARM) olarak kullanılan tipik atıklar arasında enerji sektöründen kaynaklanan çökelti olarak uçucu külün yanı sıra demir-çelik endüstrisi üretiminden kaynaklı gelen kullanılmış döküm kumu bulunmaktadır. Alternatif hammaddelerin kullanılması, döngüsel bir yaklaşım uygulayıp atıkları en aza indirmenin yanı sıra AB çimento sektörünün dekarbonizasyonu için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Alternatif malzemeler halihazırda Avrupa'da bulunan fabrikalarda geniş ölçekte kullanılmaktadır ve Avrupa çimento sektörü sürekli olarak bu malzemelerin kullanımını artırma arayışındadır.



İlerleme

Alternatif dekarbonize malzeme kaynaklarının kullanımı giderek artmaktadır. Dekarbonize malzemeler kullanarak proses kaynaklı CO₂'yi 2030 yılına kadar %3,5 ve 2050 yılına kadar %8'e kadar azaltma gayemizi sürdürüyoruz. Bu da 2050 yılında yılda 32 milyon ton alternatif hammadde kullanımına tekabül etmektedir.



Zorluklar ve Fırsatlar

- Alternatif hammaddelerin kullanımının artması, mevcut olmalarına bağlıdır.
- Çimento sektörü odak noktasını beton kırıntıları, demir dışı metal üretiminden kaynaklanan cürufur, kontamine olmuş topraklar gibi ortaya çıkması veya artması beklenen yeni malzemelere çevirmektedir.



Uygulamada İnovasyon

Avusturya'da bulunan [Retznei tesisi](#), inşaat yıkıntı atıklarını, demir hurdalarını ve külleri çimento üretimine uygun hale getirmek için özelleştirilmiş ön işleme ekipmanları kullanarak hammaddelerinin %30'unun geri dönüştürülmüş ürünlerden elde edilmesini sağlamaktadır.

Polonya'da bulunan [Rudniki tesisinde](#), dekarbonize atık hammaddeler şimdilerde klinkerin malzeme girdisinin %13'ünden fazlasını oluşturmaktadır.



Politikanın rolü

Alternatif hammaddelere erişim çeşitli tedbirler alınarak teşvik edilebilir. Politika yapıcılar:

- AB çapında bir haritalandırma ve basitleştirilmiş ruhsatlandırma prosedürleri vasıtasıyla eski atık depolama sahalarına erişimin kolaylaştırılması yoluyla malzemelerin geri dönüştürülmesine ilişkin seçenekleri araştırmalıdır.
- Döngüsellüğün sağlanmasında geri kazanılmış malzemelerin (eski atık depolama sahalarından) potansiyelini tespit etmek için ülke atık yönetimi politikalarını ve programlarını/planlarını gözden geçirmelidir.

Yakıt İkamesi ve Sıfır Emisyonlu Yakıt Araştırmaları

2050 yılına kadar
klinker üretiminde

95%

alternatif yakıt kullanımı

50%

biyo-atık
kullanımı dahil

Toplam CO₂ emisyonlarının %35 ila %40'ı yanma emisyonlarından kaynaklanan çimento sektörü, fosil yakıtları çeşitli atık kaynaklarından elde edilen alternatif yakıtlarla değiştirmek için önemli adımlar atmıştır. Bu bağlamda, günümüzde %53 olan alternatif yakıt kullanımının 2050 yılına kadar (%50 oranında biyo-atık ile) %95'e çıkarılması amaçlanmaktadır.

Çimento sektörü, birlikte işleme yoluyla dögüsel ekonomide ana oyuncuların biri olarak yerel atık yönetimi ve belediye stratejilerine önemli katkılar sağlamaktadır. Sektör, fosil yakıtları alternatif atık kaynaklarıyla ikame ederek sadece CO₂ emisyonlarını azaltmakla kalmayıp aynı zamanda atık depolama sahalarında yakma veya metan salınımından kaynaklanabilecek emisyonları da azaltmaktadır.



İlerleme

Sektör geçtiğimiz yıllarda önemli bir ilerleme kaydetmiş olup, alternatif yakıtlar 2017 yılında %46 ve 1990 yılında %2 iken 2021 yılında sektörün yakıt karışımının %53'ünü oluşturmaktadır.

Dolayısıyla 2030 yılında %30 biyo-atık içeren %60 alternatif yakıtı ulaşma tahminimizi sürdürüyor ve 2050 hedefimizi 2050 yılına kadar %50 biyo-atık içeren %95 alternatif yakıtı yükseltiyoruz. Ayrıca 2040 yılı için de oldukça iddialı bir yol haritası belirledik.

Fosil yakıtların ikame edilmesinin yanı sıra, hidrojenin ilk kullanımları ve fırınların elektrifikasyonu da denenmekte olup, bunlara yönelik çalışmalarımızı da sürdürüyoruz.





Zorluklar ve Fırsatlar

- AB çimento sektörünün önemli miktarlarda sürdürülebilir biyo-atığa erişim sağlaması gerekecektir.
- Çimento fabrikalarında hem atıktan enerji geri kazanımına hem de malzeme içeriğinin geri dönüştürülmesine olanak tanıyan birlikte işlemenin sağladığı döngüsel rol, fosil yakıtlara ve malzemelere olan bağımlılığımızın azaltılmasında belirleyici bir rol oynamaktadır.



Politikanın rolü

Çimento sektörünün, yol haritasını hayata geçirebilmesi ve döngüsel ekonomiye belirgin bir katkı sağlayabilmesi için önemli miktarlarda atık ve düşük karbonlu yakıtlara erişmesi gerekecektir. Politika yapıcılar:

- Vergisiz sürdürülebilir biyoatıklara yeterli ve uzun vadeli erişim sağlamalıdır.
- Çimento sektöründe birlikte işleme yoluyla elde edilen malzeme geri dönüşümü ve enerji geri kazanımının sağladığı çifte faydayı dikkate almalıdır.
- Atık Çerçeve Direktifi kapsamında Üye Devletlerin geri dönüşüm hedeflerine yönelik olarak birlikte işleme yoluyla etkin bir şekilde geri dönüştürülen malzemelerin oranını da hesaba katmalıdır.



Uygulamada İnovasyon

Fosil yakıtlarımızı birlikte işleyerek aşamalı olarak kullanımdan kaldırıyoruz

Avrupa Birliği genelinde birçok çimento fabrikası, hammaddeleri etkin bir şekilde geri dönüştürmek için inovatif yöntemler kullanarak %90'a varan birlikte işleme oranlarını aşmaktadır.

Avrupa'nın dört bir yanında gerçekleştirilen birlikte işleme uygulamalarına göz atın



Çimento Üretiminde Hidrojen

Çimento sektörü aynı zamanda çevresel etkilerini daha da azaltmak için alternatif enerji kaynaklarına yönelik aktif araştırmalar yapmaktadır. Avrupa'da bulunan kimi tesisler halihazırda küçük miktarlarda hidrojeni operasyonlarına dahil etmeye başlamış olup, kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik araştırmalar halen devam etmektedir. Örneğin Yunanistan'da yürütülen **H2CEM** projesi, çeşitli çimento fabrikalarında yeşil hidrojen üretimine odaklanmaktadır. Ayrıca, İsveç'te yürütülen **CEMZERO** projesi gibi girişimler çimento üretiminin tamamen elektrikli hale getirilmesi olasılığını araştırırken, Finlandiya da benzer hedeflere ulaşmak için **Coolbrook** ile işbirliği içinde yeni bir proje başlatmıştır. Bunun yanı sıra, birçok AB çimento şirketi üretim süreçlerinde güneş enerjisinden yararlanmayı düşünmekte olup, İspanya'daki **Synhelion** ile ortaklaşa yürütülen projeler bu çabaların öncüleri arasında yer almaktadır.

Emisyonları azaltmak için hizmet dışı kalan rüzgar türbini kanatlarının kullanılması

Hizmet dışı bırakılan rüzgar türbini kanatlarının kullanılması, çimento endüstrisindeki emisyonların azaltılmasına yönelik inovatif bir çözüm sunmaktadır. Birlikte işleme yoluyla, rüzgar türbini kanatları gibi ömrünü tamamlamış kompozit malzemeler döngüsel bir şekilde geri dönüştürülebilmektedir. Finlandiya'da yürütülen **Kimura projesi** gibi sanayi sektörleri arasında gerçekleştirilen işbirlikleri, kırılmış kompozit malzemelerin çimento üretim süreçlerine verimli bir şekilde entegre edilmesini ve artık atıkların en aza indirilmesini amaçlamaktadır. Rüzgar türbini kanatlarından elde edilen yapısal atık, klinker üretiminde değerli bir hammadde olarak kullanılmakta ve CO₂ emisyonlarında önemli bir azalma meydana getirmektedir.

Yeni Tip Çimento Klinkerleri ve Mineralleştiricilerin Kullanımı

2030 yılına kadar
süreç kaynaklı CO₂
emisyonlarında

2% ▼

azalma

2050 yılına kadar
süreç kaynaklı CO₂
emisyonlarında

5% ▼

varan azalma

Yeni çimento türleri geliştirilmiştir. Bu tür çimentolara örnek olarak Aether, Alpenat ve Ternacem (Belite-Ye'elimateFerrite) ve Futurecem (Kalsine Edilmiş Kil Kireçtaşı Çimentosu) verilebilir. Bu çimentolar tipik olarak Normal Portland Çimentosundan (CEM I) %20 - 30 daha düşük karbon ayak izine sahiptir. Bu yeni çimentoların CO₂ tasarrufları, kalsinasyon emisyonlarında ve klinker yapımında kullanılan ısı enerjide azalmaya yol açacağı için klinker aşamasına dahil edilmiştir. Bununla birlikte, bu yeni çimentoların niş pazarlara uygulanabilirliklerini sınırlandıran kendine has özellikleri olduğunu da kabul etmek gerekmektedir.





İlerleme

Yeni çimento klinkerleri konusunda araştırmalar yapılıyor ancak bunların uygulanması ve pazarda kabul görmesi konusunda sınırlamalar mevcut.

Dolayısıyla, 2030 yılına kadar süreç kaynaklı CO₂ emisyonlarında %2'lik ve 2050 yılına kadar %5'lik bir azalma öngörümüzü sürdürüyoruz.



Zorluklar ve Fırsatlar

- Bu yeni tip çimento klinkerinin geliştirilmesi ve üretilmesi endüstriyel ölçüğe uygun hale getirilmelidir.
- Bu yeni klinkerler kullanılarak üretilen çimentonun bina yönetmelikleri ve ürün standartlarına girmesi gerekecektir.



Uygulamada İnovasyon

- Almanya'da yürütülen Celitement projesi, kireç içeriği azaltılmış veya kalsiyum-silika oranı değiştirilmiş çimentolar üretmeye odaklanmaktadır.
- Portekiz'in X-klinker yöntemi kireçtaşı, kil, marn ve kum gibi geleneksel hammaddelerin, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli ölçüde daha az kireçtaşı gerektiren 1550 derecelik bir ham karışım füzyonu işlemiyle kullanılmasını sağlamaktadır.
- CSA (Kalsiyum Sülfatlı Çimento), hem çimento fırınında hem de öğütme işlemlerinde daha düşük sıcaklıklar gerektirdiği için enerji tüketiminin azaltılması açısından bir fırsat sunmaktadır.



Politikanın rolü

Çimento sektörü, yeni çimento türlerinin kabul görmesi için hızlı bir standardizasyon sürecine ihtiyaç duymaktadır. Politika yapıcılar:

- Mevcut bileşim temelli standartlar sistemini yürürlükte tutmalı ve buna paralel olarak tamamlayıcı, daha performans temelli bir sistem uygulamaya koymalıdır. Böyle ikili bir yaklaşım, Avrupa pazarına sunulan çimentoların güvenliğini ve güvenilirliğini sağlamanın yanı sıra yeni düşük karbonlu ürünlerin standardizasyonunu da kolaylaştırmalıdır.

Isıl Verimlilik



"Halihazırda yapılan enerji verimliliği yatırımları, çimento sektörünün hammadde nem içeriğine bağlı olarak %70-%80 ısı verimlilik seviyesine ulaşmasını sağlamaktadır."

Avrupa çimento sektörü halihazırda, tipik olarak %70 ila 80 aralığında bir verimlilikle çalışmaktadır. Halihazırda oldukça verimli olan bazı fırınların ısı verimliliğini daha da artıracak iyileştirmeler yapılabilir. Bunu başarmak için ön ısıtıcı ve diğer fırın tipleri ön kalsinatör fırınlarına dönüştürülebilir ve elektrik ihtiyacını karşılamak için soğutucudan gelen ısıdan faydalanılabilir.





İlerleme

Avrupa'da bulunan tesislerde ısı verimliliğinin yükseltilmesi çalışmaları yürütülmektedir, ancak çoğu fırının halihazırda yüksek verimliliğe sahip olduğu düşünüldüğünde bu etken sınırlı kalmaktadır. Dolayısıyla mevcut projeksiyonlarımızı sürdürüyoruz.



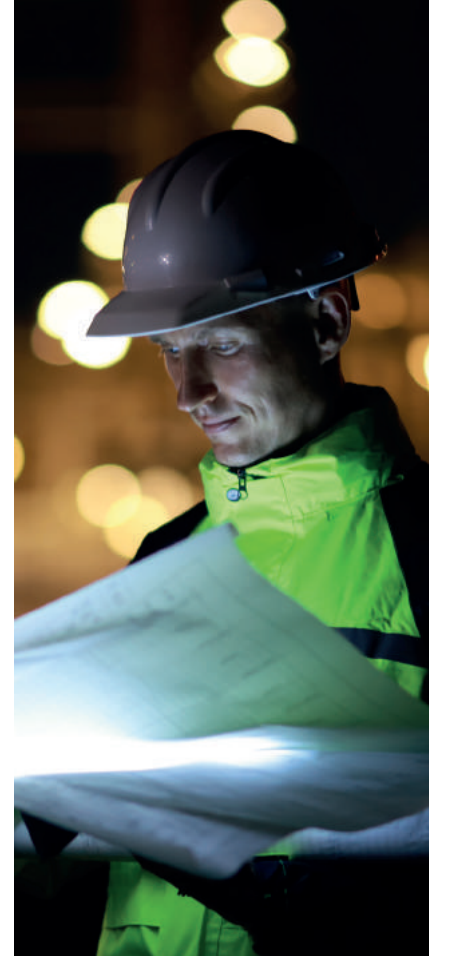
Zorluklar ve Fırsatlar

- Avrupa'daki fırınların çoğu halihazırda çok yüksek bir verimlilik seviyesinde çalışmaktadır.



Uygulamada İnovasyon

- Almanya'da bulunan [Rohrdorf](#) tesisi, atık ısıdan elde edilen enerjiyi kullanarak çimento üretimi için gerekli olan yüksek sıcaklıkları elektriğe dönüştürmektedir. Tesis, atık ısı geri kazanım teknolojisini kullanarak baca gazlarından yayılan ısıyı verimli bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bu inovatif yaklaşım, [tesisin elektrik ihtiyacının yaklaşık %30'unu](#) karşılamaktadır.



Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama (KYKD)

Avrupa genelinde KYKD
teknolojisini inceleyen

30 ▲

'dan fazla proje

2050 yılına kadar her yıl

62 Mt

kadar CO₂ yakalama
potansiyeli

Çimento tesislerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının azaltılmasında KYKD'nin rolü çok önemlidir.

KYKD teknolojisi, çimento tesislerinden kaynaklanan CO₂ emisyonlarını atmosfere salınmadan önce yakalayabilir. Yakalanan CO₂ daha sonra kalıcı depolama için tükenmiş gaz sahaları veya tuzlu su akiferleri gibi jeolojik oluşumlara yönlendirilebilir veya beton üretiminde ya da yeni ürünlerin imalatında kullanılabilir.

KYKD'nin hızlı bir şekilde yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi, teknolojinin ileriye götürülmesi, daha uygun maliyetli hale getirilmesi ve derin CO₂ azaltımlarına olanak sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Daha fazla çimento tesisi KYKD teknolojisine geçiş yaptıkça, ölçek ekonomileri maliyetleri düşürebilir ve verimliliği artırabilir, böylece yaygın uygulama için daha cazip bir seçenek haline gelebilir.

Karbon yakalama, yakalanan CO₂'nin diğer endüstriyel süreçlerde kullanıldığı veya sentetik yakıtlar, kimyasallar veya inşaat malzemeleri gibi değerli ürünlere dönüştürüldüğü döngüsel bir ekonomi çerçevesine entegre edilebilir. Bu entegrasyon, diğer emisyon azaltımı zor olan sektörlerin dekarbonizasyonunu ve AB'nin fosil kaynaklı CO₂'ye olan bağımlılığının azaltılmasını sağlamaktadır.

KYKD'nin yaygınlaştırılması, Avrupa çimento sektörünün karbon ayak izini azaltması, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşması ve iklim değişikliğiyle mücadelede yönelik küresel çabalara katkıda bulunması açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Ayrıca, çimento üretiminde kullanılan biyo-atıklar da yakalanabildiği ve negatif emisyonlara yol açtığı için sektörü karbon giderme konusunda sağlam bir konuma yerleştirmektedir.



İlerleme

Son yıllarda çimento sektöründe KYKD gelişimi konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olup, Avrupa genelinde bu teknolojiyi araştıran 30'dan fazla proje bulunmaktadır. Şu anda birçok projenin 2030'dan önce faaliyete geçmesi ve o zamana kadar yılda 12 milyon tona kadar CO₂'nin kalıcı olarak depolanması öngörülmektedir. Dolayısıyla, 2030 haritamızın bir parçası olarak KYKD'den kaynaklanan CO₂ emisyonu azaltımının nicel değerini belirledik ve projeksiyonumuzu 2050 yılına kadar her yıl 62 milyon ton CO₂'nin yakalanması yönünde yükselttik.



Zorluklar ve Fırsatlar

- KYKD projeleri oldukça büyük sermaye gerektirmektedir ve KYKD değer zincirinin tamamının riskten arındırılması için finansman gerekmektedir. Operasyonel maliyetler de aynı derecede önemlidir.
- Pan-Avrupa KYKD altyapısının haritalandırılması başlatılmıştır ancak hala büyük ölçüde tamamlanmamıştır. Altyapının inşa edilmesi veya mevcut varlıkların yeniden kullanılması açısından zaman büyük önem taşımaktadır.
- CO₂ kullanımına ilişkin yasal belirsizlikler, KYK projelerine yapılacak yatırımların önünde ciddi bir engel teşkil etmektedir.



Uygulamada İnovasyon

Uygulamada karbon yakalama: karbon nötr çimentoya giden yolun açılması

Endüstriyel ölçekte CO₂ yakalayan ve depolayan ilk çimento tesisinin, [Brevik CCS](#) projesi kapsamında Norveç'te 2024 yılı sonunda mekanik olarak tamamlanması hedeflenmektedir. Aşağıda yer alan projeler şu anda AB ETS İnovasyon Fonu tarafından desteklenmekte olup, 2030 yılına kadar faaliyete geçmeleri planlanmaktadır:

- **Belçika'da Go4Zero** hem kalıcı CO₂ depolama hem de endüstriyel ürünlerde CO₂ kullanımı konularına odaklanacak.
- **Bulgaristan'da** yürütülen **ANRAV** projesi, Doğu Avrupa'daki ilk tam zincir KYKD projesi olmayı hedefliyor ve Karadeniz'deki çimento tesisinden kaynaklanan CO₂'yi kalıcı olarak depolayacak.
- **Hırvatistan'da** yürütülen **Kodeco** projesi uçtan uca bir KYD değer zinciri oluşturacak.
- **Fransa'da** yürütülen K6 projesi CO₂'nin depolanmasını, eM-Rhône projesi ise gemicilik ve kimya endüstrilerinde kullanılmak üzere metanol üretmek için yakalanan CO₂'nin yeniden kullanılmasını amaçlıyor.
- **Almanya'da** yürütülen GeZero projesi tam ölçekli bir KYD projesidir; **Carbon2Business** ise yakalanan CO₂'nin metanol sentezi yoluyla e-metanole dönüştürülmesi ya da örneğin plastik üretimi için hammadde olarak yeniden işlenmesi yoluyla yeniden kullanılmasını amaçlamaktadır.
- **Yunanistan'da** hem **IFESTOS** projesi hem de **Olympus** projesi çimento tesislerinden CO₂ yakalayacak ve bunları jeolojik depolama alanlarında kalıcı olarak depolayacak.
- **Polonya'da GO4ECOPLANET** projesi, tesisin CO₂ emisyonlarını yakalayıp Kuzey Denizi'ne taşıyacak.





Politikanın rolü

Çimento sektörünün ulaşmayı
öngördüğü rakamlar
2030 yılına kadar yılda

14 Mt ▲
CO₂

50 Mt ▲▲
yılına kadar yılda 50 Mt CO₂

62 Mt ▲▲▲
2050 yılına kadar yılda CO₂

Doğru yasal çerçevenin oluşturulması halinde, çimento sektörü 2030 yılına kadar yılda 14 milyon ton, 2040 yılına kadar 50 milyon ton ve 2050 yılına kadar 62 milyon ton CO₂ yakalayabilir. Karbon yakalama gibi en son teknolojilerin kullanılması, inovasyon ve destek altyapısına önemli yatırımlar yapılmasını gerektirmektedir. Politika yapıcılar:

- Her çimento tesisinin KYKD altyapısına erişim sağlayabilmesi için boru hatları ve depolama sahaları da dahil olmak üzere ulusal düzeyde CO₂ altyapısı kurulumunu hızlandırmalıdır.
- İzinler ve boru hattı konum kısıtlamaları gibi CO₂ altyapısına ilişkin darboğazları çözüme kavuşturmalıdır.
- Haksız imar kısıtlamalarını ortadan kaldırmalı ve CO₂ şartnameleri konusunda AB çapında net asgari standartlar ve tüm taşıma modlarının kabul edilmesi yoluyla sınır ötesi taşımacılığı kolaylaştırmalıdır.
- Karbon yakalamaya yönelik geliştirme (yenilenebilir enerji arzı dahil) için izin süreçlerini kolaylaştırmalı ve karbon yakalama altyapısına "öncelikli kamu yararı" çerçevesinde öncelik vermelidir.
- Gerçekçi olmayan hacim taahhütlerinden kaçınarak, makul ve şeffaf ticari koşullar altında CO₂ altyapısına (depolama ve taşıma) erişimi garanti etmelidir.
- Bunların AB Emisyon Ticaret Sistemine dahil edilmesine yönelik olarak karbon giderme sertifikalarının rolünü netleştirmelidir.
- KYKD'ye ilişkin zorlukların kamuoyu tarafından anlaşılmasını teşvik etmeli ve olumlu ve şeffaf iletişim yoluyla projenin kabul edilebilirliğini kolaylaştırmalıdır.

Karbon Yakalama ve Kullanma (KYK), sektörün dekarbonizasyonu için hayati önem taşımaktadır. Politika yapıcılar:

- Sanayi sektörlerinden kaynaklanan kaçınılmaz proses/jeojenik emisyonlarla mücadele ederken kimyasallar veya ulaştırma gibi emisyon azaltımı zor olan sektörlerin dekarbonizasyonu için CO₂'nin döngüsel bir şekilde kullanılmasının getireceği faydaları dikkate almalıdır.
- Özellikle kaçınılmaz proses/jeojenik CO₂ emisyonları ile karşı karşıya olan sektörler için KYK'yi desteklemeli ve 2050'den sonra bu sektörlerden elde edilen CO₂'nin ürünlerde (yakıtlar, kimyasallar, vb.) kullanılmasına izin vermelidir.
- "Fosil" kaynaklı CO₂'yi kaçınılmaz proses/jeojenik emisyon kaynaklı CO₂'den ayırmalıdır.
- Gelecekte çeşitli uygulamaların CO₂ ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak, kaçınılmaz proses emisyonlarından kaynaklanan CO₂'yi de içerecek şekilde CO₂ hammadde tedarikinin kaynaklarını ve miktarlarını değerlendiren bir etki değerlendirmesi gerçekleştirmelidir.
- CO₂ emisyonlarının atmosfere salındığı noktada hesaba katılması gerektiğini kabul ederek KYK için net bir yasal çerçeve sağlamalıdır.
- Kalıcı CO₂ mineralleşmesini CO₂ depolamaya eşdeğer bir CO₂ yutağı olarak kabul etmeli, böylece ek ekonomik ve döngüsel dekarbonizasyon yollarının kilidini açmalıdır.



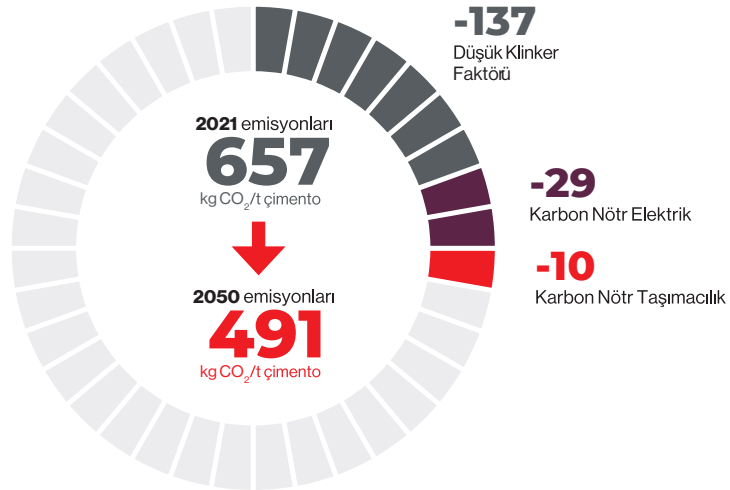
Klinker, üretiminden sonra alçı taşı ve tamamlayıcı çimentomsu malzemeleri (SCM'ler) ile karıştırılır ve ardından çimento üretmek için uygun incelikte öğütülür. Bu aşamada başka proses emisyonları söz konusu değildir. Ancak öğütme ve karıştırma işlemleri için elektrik tüketilmekte ve gerek hammaddelerin gerekse nihai çimento ürünlerinin nakliyesi gerekmektedir.

Çimento üretiminden kaynaklanan emisyonları azaltmaya yönelik çeşitli fırsatlar mevcuttur. İlk olarak, klinker içeriği azaltılmış çimentoların kullanılması önemli ölçüde emisyon azaltımı sağlayabilir. Ayrıca, güvenilir ve uygun maliyetli yenilenebilir enerji tedarikinin sağlanması ve sanayi taşıtlarında kullanılan dizel için sıfır karbonlu alternatiflerin araştırılması, çimento üretim sürecindeki emisyonları daha da azaltabilir.

02. Çimento

Çimento Emisyonlarını Azaltma Yolları

Çimento üretiminin dekarbonizasyonundaki kilit unsurlardan biri klinker/çimento oranının düşürülmesidir, çünkü klinker çimento üretiminin en yoğun CO₂ içeren kısmıdır. Çelik ve enerji sektörlerinin dekarbonizasyonu ile birlikte, granüle haldeki yüksek fırın cürufu ve uçucu kül kaçınılmaz olarak zaman içinde daha az kullanılabilir hale gelecektir. Bu nedenle klinker/çimento oranını azaltmak için yeni uygun malzemelerin tespit edilmesi Avrupa çimento sektörü açısından önemli bir önceliktir.



Düşük Klinkerli Çimentolar

Günümüzde klinkerin ortalama %23'ü SCM'lerle ikame edilmiştir, bu da

77%

klinker çimento oranına karşılık gelmektedir.

2050 yılına kadar klinker-çimento oranının

60%

olmasını öngörüyoruz

Düşük klinkerli çimentoların kullanımı son yıllarda ivme kazanmış olup, çok düşük miktarda klinker içeren çimentolar bugün piyasada mevcuttur. Avrupa'da klinkerin çimentoya oranı 2021 yılında %77 olarak gerçekleşmiştir. Bu, ortalama olarak klinkerin %23'ünün çelik yüksek fırınlarından elde edilen granüle cüruf ve kömürle çalıştırılan enerji santrallerinden elde edilen uçucu kül gibi tamamlayıcı çimentomsu malzemelerle (SCM'ler) değiştirildiği anlamına gelmektedir.

Klinker/çimento oranlarına ilişkin Sıkça Sorulan Sorular bölümümüzü indirin





İlerleme

Klinkerin yerini alacak alternatif malzemelerin araştırılması için sürekli inovasyon yapılmakta ve yeni ikameler (kalsine kil, geri dönüştürülmüş ince taneli beton) geliştirilmektedir. Daha iddialı bir yol haritası belirleyerek 2050 yılına kadar klinker/çimento oranının %60 olmasını öngörüyoruz; bu da çimento tesislerinde her yıl 66 milyon ton ilave çimento katkı maddesi kullanılması anlamına gelmektedir.



Zorluklar ve Fırsatlar

- Bu nedenle AB çimento sektörü sürekli olarak bu SCM'ler için yeni kaynaklar (örneğin atık depolama sahalarından geri kazanım) ve kalsine edilmiş kil, geri dönüştürülmüş beton parçacıkları, doğal puzolanlar vb. gibi alternatif SCM'lerin arayışı içindedir.
- Potansiyel SCM'lerin tamamının, kullanılan betonun dayanıklılığı ve mukavemeti üzerinde risk oluşturmadan veya özel tasarım koşulları olmadan klinkerin yerini alması mümkün değildir. Bir ton çimento için her zaman önemli miktarda klinkere ihtiyaç duyulacaktır ve kullanılan SCM'lerin miktarı bireysel özelliklerine ve niteliklerine bağlıdır.



Uygulamada İnovasyon

Kalsine kilin potansiyelinden yararlanma

Xeuilley'in Fransa'daki çimento tesisi şu anda **Argilor** projesinin bir parçası olarak kalsine kil üretmek için bir tesis inşa etme sürecindedir. Bu süreç klinkerin ikame edilmesini sağlayarak geleneksel çimento ürünlerine kıyasla CO₂ emisyonlarında %16'ya varan bir azalma sağlayacaktır. Benzer şekilde **Saint Pierre La Cour** çimento tesisi de kalsine kil için yılda 500.000 tona kadar düşük karbonlu çimento üretme kapasitesine sahip gelişmiş bir üretim hattı kurmayı hedeflemektedir. Çimento üretiminde kalsine kil kullanımını daha da optimize etmeyi amaçlayan Danimarka'daki **Calliste** gibi projelerin örnek teşkil ettiği benzer projeler AB genelinde devam etmektedir.

Tamamlayıcı Çimento Esaslı Malzemelerin Keşfedilmesi

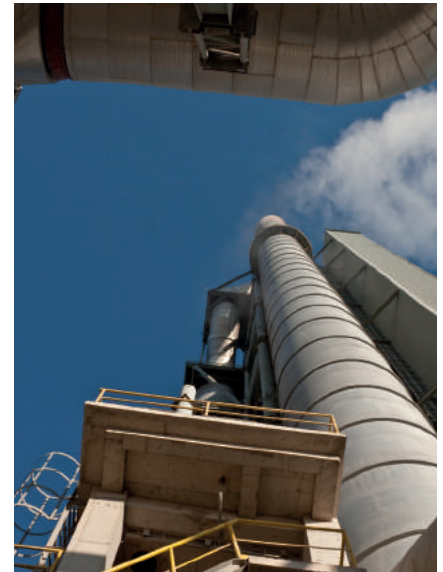
Avrupa genelinde çimento tesisleri, SCM'lerin çimento üretimine dahil edilmesini artıracak yolları aktif olarak araştırmaktadır. Sektör, mevcut SCM'lere ek olarak potansiyel alternatifleri de aktif olarak araştırmaktadır. Örneğin Danimarka'da **CemShale/CemTower** projesi, yüksek performanslı kil minerali bazlı bir SCM üretmek için şistin kalsinasyonunu içeren bir sürece odaklanmaktadır. Bu arada CO₂ **Valorize** projesi, maden atıkları ve geri dönüştürülmüş beton gibi atık malzemelerin SCM potansiyelini araştırmaktadır. Geri dönüştürülmüş ince taneli beton, AB genelinde bu teknolojiyi halihazırda uygulayan çok sayıda tesis ile birlikte umut verici bir başka yol sunmaktadır.



Politikanın rolü

Avrupa çimento sektörü klinkerin SCM'lerle ikame edilmesi konusunda aktif olarak araştırma yapmaktadır. Yol haritamızı gerçekleştirmek için önemli miktarlarda klinker ikamelerine (uçucu kül, çelik cürufu, kalsine kil... gibi) erişim sağlamamız gerekiyor. Politika yapıcılar:

- Geçmişte kullanılan (kapatılmış) sahalar da dahil olmak üzere atık depolama sahalarına erişim sağlayan tutarlı bir politika çerçevesi geliştirmelidir.
- Endüstriyel atıklardan elde edilen malzemelerin SCM olarak geri kazanılmasını ve kullanılmasını teşvik etmek, AB ülkeleri arasında atık sevkiyatını kolaylaştırmak, atıkların arazide depolanmasını engellemek ve AB dışına atık ihracatını en aza indirmek için kararlı atık yönetimi politikaları geliştirmelidir.
- Geri kazanılmış malzemeleri (geri kazanılmış / zenginleştirilmiş uçucu kül gibi) ikincil malzemeler olarak kabul etmelidir (yani bunlar işlendikten sonra artık atık olarak kabul edilmemelidir).



Yenilenebilir Elektrik



Taşımacılık

Taşımacılık şu anda çimento üretimindeki toplam CO2 emisyonunun %1,5'ine katkıda bulunmaktadır. Bu kapsamda malzemelerin taş ocağı ve çimento tesisi içindeki hareketi, hammadde ve yakıtların tesise taşınması ve çimento ürünlerinin tüketicilere ulaştırılması faaliyetleri yer almaktadır. Hem sahadaki taş ocağı ve tesis operasyonlarına hem de karayolu taşımacılığına uygun endüstriyel ölçekli araçların kullanılmasına yönelik kapsamlı yatırımlar devam etmektedir. Bu çabalar arasında bataryalı elektrikli araçların, hibrit araçların, yenilenebilir yakıtların ve hidrojenin devreye alınması yer almaktadır.

Sektör dekarbonize oldukça, yeni alternatif hammadde türlerinin kurutulmasından, yeni klinker ikamelerinin geliştirilmesine ve karbon yakalama tesislerinin işletilmesine kadar tüm karbonsuzlaştırma kollarında artan miktarda elektriğe ihtiyaç duyacağız. Bu artan talebin dekarbonize enerji kaynakları tarafından karşılanması gerekecektir.





İlerleme

AB çimento sektörü, enerji tüketimini azaltmanın ve yerinde elektrik üretimini geliştirmenin yollarını arıyor.

"Çimento sektörünün dekarbonizasyonu, 2021 yılında 20 TWh olan enerji talebinin 2050 yılında 47 TWh ile 113 TWh arasında bir aralığa yükselmesini gerektirecektir."



Zorluklar ve Fırsatlar

- Çimento sektörünün dekarbonizasyonu, 2021 yılında 20 TWh olan enerji talebinin 2050 yılında 47 TWh ile 113 TWh arasında bir aralığa yükselmesini gerektirecektir. Bu geniş aralık, her şirketin dekarbonizasyon için kendi yolunu seçeceği olgusuyla açıklanmaktadır. KYK gibi bazı teknolojiler, CO₂ kullanım türüne bağlı olarak önemli miktarda elektrik gerektirebilir.
- Yerinde yenilenebilir enerji üretimi Avrupa'daki çimento tesislerinde kullanılmaktadır ancak bazen yavaş ilerleyen izin prosedürleriyle karşılaşılmaktadır.



Uygulamada İnovasyon

Portekiz'de yürütülen **Clean Cement hattı** projesinin amacı, endüstriyel ölçekte yeni bir çimento üretim teknolojilerine öncülük etmektir. Buradaki öngörülen CO₂ emisyonlarını en az %20 oranında azaltmak, enerji verimliliğini %20 oranında artırmak ve elektrik üretiminde %30'luk bir artış sağlamaktır. Bu, konsantre güneş termal enerjisinin yanı sıra üretim sürecinden ısı geri kazanımını kullanan inovatif bir hibrit üretim sistemi ile gerçekleştirilecektir.



Politikanın rolü

Çimento sektörünün dekarbonizasyonu ile birlikte, elektrik talebimiz önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artacaktır. Politika yapıcılar:

- AB endüstrilerinin küresel rekabet gücünü koruyan makul bir fiyatla dekarbonize enerjiye erişim sağlamalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının sanayi tesislerine uygulanması için güvenli alan / basitleştirilmiş izin rejiminin uygulamaya konulması.
- Enerji fiyatlarında istikrarı desteklemeli ve enerji fiyatlarında bir artış olması durumunda endüstriyel müşterileri korumalıdır.
- Daha güçlü ara bağlantı aracılığıyla iç elektrik piyasasının güçlendirilmesi.

TNO Raporu'nda daha fazlasını bulabilirsiniz



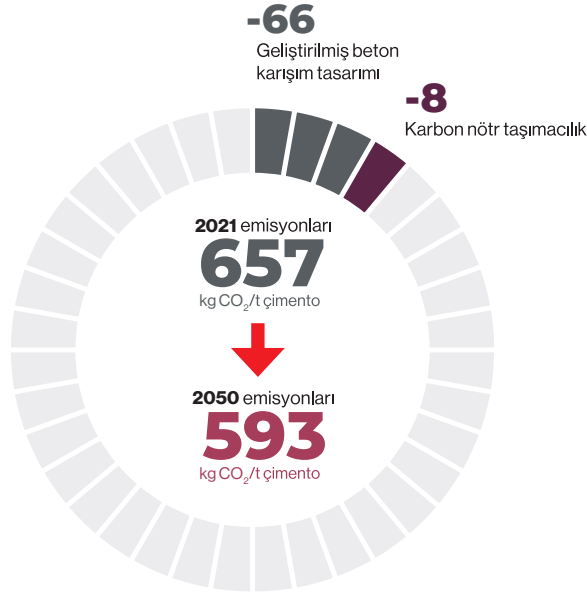
Çimento, sudan sonra dünyada en çok kullanılan ikinci malzeme olan betonu üretmek için kullanılır. Üretimi, çimentonun su ve agrega ile harmanlanmasını ve beton özelliklerini geliştirmeyi ve belirli standartları karşılamayı amaçlayan minimum miktarda kimyasal katkı maddesini gerektirir. Çimento tipik olarak bu kompozit karışımın yaklaşık %10-15'ini oluşturur. Özellikle, betonla ilişkili başlıca CO₂ emisyonları çimento üretiminden kaynaklanırken, bazı dolaylı emisyonlar betonun inşaat sahasına taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Çimento sektörünün dekarbonizasyonu, düşük karbonlu betonun piyasaya sürülmesine olanak sağlamaktadır. Düşük karbonlu beton, termal kütle de dahil olmak üzere birçok avantajı sayesinde bina sektöründe ciddi ölçüde emisyon azaltımları için tercih edilen malzeme olacaktır. Düşük karbonlu beton, yenilenebilir enerji varlıkları ve toplu taşıma için de önemli bir girdi olacaktır.

03. Beton

Beton Emisyonu Azaltma Yolları

Daha düşük CO₂'li beton karışımlarının potansiyelini göz önünde bulundurarak mevcut tahminimizi sürdürdük.



Taşımacılık

Betonun inşaat sahalarına taşınması ve pompalanması önemli miktarda enerji gerektirir ve CO₂ emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunur. 2050 yılına gelindiğinde, ulaşımın büyük bir kısmının elektrik, yenilenebilir yakıtlar, hidrojen veya her iki teknolojinin hibridiyle çalışan sıfır emisyonlu araçlar kullanılarak gerçekleştirileceği öngörülmektedir.

İLERLEME

Taşımacılık sektöründen beklenen dekarbonizasyon oranına dayalı olarak başlangıçtaki hedef korunmuştur. Beton teslimatlarına uygun endüstriyel ölçekli araçların kullanılması için kapsamlı yatırımlar devam etmektedir. Bu çalışmalar elektrikli araçların, hibrit araçların, yenilenebilir yakıtların ve hidrojenin devreye alınmasını içermektedir.

Dijitalleşme, Geliştirilmiş Karışım Tasarımı ve Yeni Katkılar



Düşük karbonlu çimentolar ve çimento ikamelerinin kullanımı

Beton üretiminde düşük karbonlu çimentoların ve çimento ikamelerinin kullanılması, betonla ilişkili karbon ayak izini önemli ölçüde azaltabilir. Uçucu kül, granüle cüruf, silis dumanı, puzolan ve diğerleri gibi malzemelerin üretim sürecine entegre edilmesiyle, bu azaltımların ilk çimento üretim aşamasında zaten hesaba katılmasıyla önemli CO₂ tasarrufları elde edilir.

Daha az çimento ile beton üretimi

Çimento, beton karışımındaki en karbon yoğun bileşen olduğundan, performansı garanti ederken daha az çimento kullanmak betonun karbon yoğunluğunu etkileyecektir. En uygun beton türünün seçilmesi, daha düşük çimento formülasyonlarının kullanımını da teşvik edebilir.

Döngüsellüğün Teşvik Edilmesi

Geri dönüştürülmüş agregalar içeren inovatif beton karışımlarının benimsenmesi israfı önleyebilir ve inşaat yıkıntı atıklarının geri dönüşümünü teşvik edebilir.

Dijitalleşme

İnşaat süreçlerinin dijitalleşmesi beton kullanımıyla ilişkili CO₂ emisyonlarının azaltılması için önemli fırsatlar sunmaktadır. Geliştirilmiş veri toplama ve işleme becerileri, inşaatçıların her proje için gereken beton miktarını doğru bir şekilde tahmin etmelerine olanak tanıyarak, atıkları en aza indirecektir.

Ayrıca dijital araçlar beton nakliyatının gerçek zamanlı izlenmesini kolaylaştırabilir ve şantiyede hassas döküm yapılmasını sağlayabilmektedir. Çimento ve beton bileşimine ilişkin erişilebilir veriler, yüklenicilerin ve bina alıcılarının inşaat faaliyetlerinin karbon ayak izini değerlendirmelerine ve kullanılan malzemelerin kökenini izlemelerine olanak tanıyacaktır.

Ayrıca dijitalleşme, bina enerji performansının zaman içinde sürekli olarak izlenmesine olanak sağlamaktadır.



İlerleme

Bu yola ilişkin ilerlememizi sürdürüyoruz.



Zorluklar ve Fırsatlar

Bu yol, emisyonların hızlı bir şekilde azaltılmasını sağlayacak olmakla birlikte, beton ve inşaat sektöründe yeni uygulamaların hayata geçirilmesini gerektirmektedir.



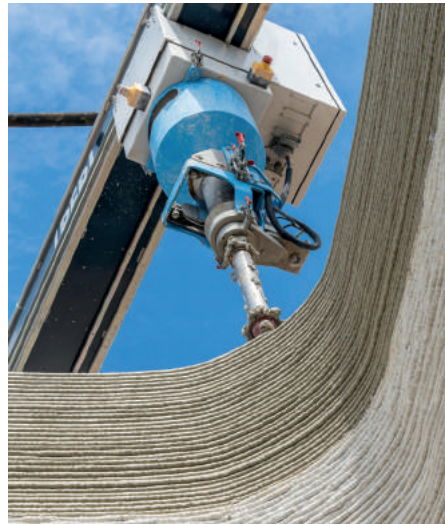
Uygulamada İnovasyon

Beton İnovasyonunun İleriye Götürülmesi

Fransa'da **Recygenie** girişimi, çimentodan agregaya ve suya kadar tamamen geri dönüştürülmüş malzemeler kullanarak bir bina inşa etmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda, hafif ve çok işlevli betonun ölçeklendirilmesine odaklanan **Lightcoce** projesi gibi yeni beton formülasyonları alanındaki araştırma çalışmaları da hızla ilerlemektedir.

Sürdürülebilir İnşaat için 3D Baskıdan Yararlanma

Beton, inşaatta 3D baskı için ideal olup hem uygun maliyetli konut çözümleri hem de en aza indirilmiş beton kullanımı yoluyla CO₂ emisyonlarında önemli azalmalar için bir yol sunar. İsviçre'deki **Phoenix projesinde** görüldüğü gibi 3D baskılı köprülerin inşası, **Almanya'da** bugüne kadar Avrupa'nın en büyük 3D baskılı binasının inşası ve Fransa'daki **Lithosys** projesinde örneklenen 3D baskı teknolojilerinin iyileştirilmesi de dahil olmak üzere çeşitli alanlarda hızlı ilerlemeler görülmektedir.



Politikanın rolü

Çimento sektörü, standartların zamanında kabul edilmesini ve düşük karbonlu inşaat ürünlerinin geliştirilmesini sağlamak için çevik bir standardizasyon sürecine ihtiyaç duymaktadır. Politika yapıcılar:

- Mevcut bileşim temelli standartlar sistemini yürürlükte tutmalı ve buna paralel olarak tamamlayıcı, daha performans temelli bir sistemi uygulamaya koymalıdır. Böyle ikili bir yaklaşım, yeni düşük karbonlu ürünlerin standardizasyonunu kolaylaştırırken, Avrupa pazarına sunulan çimento ve betonun güvenliğini ve güvenilirliğini sağlamalıdır.
- Yapılar için yüksek düzeyde sigortalanabilirliği ve inşaat çözümleri arasında aynı güvenlik düzeyini garanti ederken, aşamalı, öngörülebilir ve malzemeden bağımsız karbon bina yönetmelikleri yoluyla talep teşviklerini teşvik etmelidir.

Malzeme talebini azaltmak ve geri dönüşümü teşvik etmek için betonun dögüsel kullanımı desteklenmelidir. Politika yapıcılar:

- Beton geri dönüşüm oranlarını artırmak ve atıkların düzenli depolanmasını önlemek için İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının (CDW) geri dönüşümü için daha yüksek hedefler belirlemelidir. Bu hedefler, geri dönüştürülmüş malzemelere yönelik piyasa talebiyle uyumlu olmalıdır.
- Eko-tasarımı desteklemek için, her bir pazarın kaynakları ve araçlarıyla genellikle tutarsız olan belirli değerleri empoze etmek yerine, en uygun ürünlere yönelik talep odaklı teşvikleri desteklenmesi.
- AB dışına atık ihracatını yasaklarken toplama, ayıklama ve geri dönüşüm süreçlerinin geliştirilmesini/ yaygınlaştırılmasını desteklemek ve CDW (İnşaat Yıkıntı Atıkları) için düzenli depolama alanlarının kullanımını caydıracak iddialı bir atık yönetim çerçevesinin benimsenmesi.
- Geri dönüştürülmüş agregaların piyasaya arzı için, açık standartlar ve şeffaf prosedürler oluşturulması.

Yapılar güvenli, dayanıklı ve uygun fiyatlı olmalı, sürdürülebilirliğin sosyal yönünü de dikkate almalıdır. İkinci olarak, çevresel önceliklere uygun olarak CO₂ ve enerji verimliliğini artırma konusunda acilen harekete geçilmesi gerekmektedir. Son olarak, Yeşil Mutabakat kapsamındaki Renovasyon Dalgası girişimi gibi girişimlerin de ortaya koyduğu üzere, inşaat ve renovasyon çalışmaları ekonomik büyümeyi ve istihdam yaratma faaliyetlerini desteklemeye devam etmelidir.

Beton, bu kriterlere etkin bir şekilde yanıt veren bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bünyesinde çok yönlülüğü ve maliyet etkinliğini barındırması, onu inşaatta bir mihenk taşı malzeme haline getirmektedir. Ömrü 100 yılı aşan beton, yangına karşı doğal bir direnç sağlar ve ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını %25'e kadar azaltarak önemli ölçüde enerji tasarrufuna katkıda bulunur.



04. İnşaat

Beton Emisyonu Azaltma Yolları

Beton Emisyonu Azaltma Yolları ve döngüsellik, yapıları tasarlama ve inşa etme şeklimizi değiştirmek suretiyle bir arada gerçekleştirilebilir. Yalnızca daha az malzeme kullanarak inşaat yapmakla kalmıyor, aynı zamanda betonun benzersiz özellikleri sayesinde binaların enerji verimliliğini de artırabiliyoruz.



Politikanın rolü

Enerji Verimliliği

Günümüzde, ortalama bir binaya ilişkin toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık %72'si binanın operasyonel aşamasında tüketilen enerjiden kaynaklanmaktadır. Betonun termal kütle özelliklerinden yararlanan binalar, özellikle talebin en yoğun olduğu dönemlerde enerji tüketimini %25 ila %50 oranında azaltma potansiyeline sahiptir.



Çimento ve betonun tüm yaşam döngüsünü dikkate alan politikaların uygulanmasıyla CO₂ emisyonlarında önemli düşüşler sağlanabilir. Politika yapıcılar:

- Sürdürülebilirlik ve döngüsellik teşvik etmeyi amaçlayan tüm politikalarda bütüncül bir "yaşam döngüsünü" ve malzemeden bağımsız bir bakış açısını gözetmelidir.
- Fabrika kapısına gelince sona eren politikalardan kaçınılmalı ve bunun yerine ürünlerin kullanım ömrü boyunca sağladığı faydaları göz önünde bulundurulmalıdır.

Betonun daha verimli kullanımı ve ileriye dönük mimari uygulamalar yoluyla bina düzeyinde CO₂ emisyonlarında köklü bir azalma sağlanabilir. Politika yapıcılar:

- İnşaat sektöründeki CO₂ emisyonlarını etkili bir şekilde azaltmak için hem operasyonel hem de gömülü karbonu dikkate alan bir Yaşam Boyu Karbon stratejisini benimsemelidir.
- Avrupa'da bulunan binalarda dekarbonizasyon çabalarını desteklemek için malzemelerin tüm yaşam döngüsünü dikkate alan kapsamlı ve malzemeden bağımsız bir yaklaşımı desteklemelidir.
- En iyi mimari uygulamalarını teşvik etmek ve inşaat sektörünün karbon ayak izini azaltmak için inşaat değer zinciri genelinde çalışmalar yürütmelidir.

Uyarlama ve Demontaja Yönelik Tasarım

İnşaat sektörü "dekonstrüksiyona yönelik tasarım" yaklaşımına giderek daha fazla ilgi gösteriyor. Bu yaklaşım, binaların kullanım ömürlerinin sonunda kolayca demonte edilebilecek şekilde tasarlanmasını gerektirmektedir. Böyle bir yaklaşım, malzemelerin ve bileşenlerin verimli bir şekilde geri kazanılmasını ve yeni binaların inşasında yeniden kullanılmasını sağlar.

Dahası, mevcut yapılar da farklı bir kullanım için yeniden işlevlendirilebilir. Ofis binaları genellikle çok yönlülük göz önünde bulundurularak tasarlanır ve bu sayede farklı amaçlara hizmet etmeleri sağlanır. Örneğin, bir ofis bloğu, bölgede ofis alanına olan talebin azalması durumunda bir apartman binasına dönüştürülebilir. Dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü, betonu özellikle pazar taleplerindeki değişimleri karşılama konusunda uygun hale getirmektedir. Eski binaları tamamen yıkmak yerine, yeni kullanımlar için beton yapılarına yeniden işlev kazandırmaya yönelik artan bir eğilim söz konusudur.



Uygulamada İnovasyon

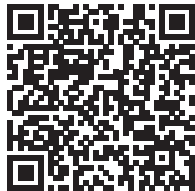
Beton inovasyonu yoluyla Avrupa şehirlerinin yeşil hale getirilmesi

Bütün Avrupa'da şehirler karbon ayak izlerini azaltmayı, enerji verimliliğini artırmayı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya başlamayı hedefliyor. Bu çabanın mihenk taşlarından biri, betonun kullanıldığı sürdürülebilir inşaat uygulamalarıdır.

Çok sayıda ve çeşitlilikte başarı hikâyesi bulunmaktadır. Çimento ve beton değer zinciri, Dubrovnik'te köprü inşa etmek için düşük CO₂ içeren çimento kullanmaktan Lizbon'da güneş parkları için prekast beton kullanmaya, Salzburg'da hidro tesisler inşa etmeye, Milano ve Paris'te geri dönüştürülmüş betondan yapılmış binalar tasarlamaya ve Brüksel'de eskiyen beton yapıları yeniden kullanmaya kadar sürdürülebilir kentsel ortamları beslemeye yönelik çok sayıda çözüm sunmaktadır.



Sürdürülebilir inşaat proje örneklerini keşfedin



Betonun daha verimli kullanımı

Yapısal tasarımda inovasyon ve artan verimlilik, belirli bina türlerinde gömülü karbon oranını potansiyel olarak %30'a kadar azaltabilir. Buna ek olarak, inşaat sektöründe kaydedilen 3D baskı gibi gelişmeler, iyileştirmeye yönelik daha fazla fırsat sunmaktadır.

İnşaat projelerinde beton kullanımının optimize edilmesiyle beton kullanımı kısa vadede %5 ila 10, 2050 yılına kadar ise %10 ila 30 oranında azaltılabilir.

Betonun karbonatlaşması, atmosferden gelen karbondioksit (CO_2) ile betonun çimento hamurunda bulunan kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) arasındaki kimyasal reaksiyonu ifade etmektedir. Bu reaksiyon kalsiyum karbonat (CaCO_3), su (H_2O) oluşturur ve ısı açığa çıkarır. Bu süreç beton yapının ömrü boyunca devam eder.

Bu kimyasal reaksiyon, beton yapıları karbon yutaklarına dönüştürerek klinker üretimi sırasında açığa çıkan CO_2 'nin önemli bir bölümünü yavaşça absorbe eder ve tutar.

Ayrıca, kimyasal reaksiyonu hızlandıran ve destekleyen süreçler kullanılarak (öğütülmüş atığın ortam havasına maruz bırakılması gibi) beton inşaat atıklarının yeniden karbonatlaşması, büyük miktarlarda CO_2 'nin tutulmasına olanak sağlayabilir.

Betonun karbonatlaşması konusu bilim kuruluşları tarafından giderek daha fazla dikkate alınmaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2021 **raporunda** "çimento karbonatlaşma yutağı" konusunu dikkate almış ve son olarak **Küresel Karbon Bütçesi** çimentonun karbonatlaştırma yoluyla tutulması konusunda ayrıntılı hesaplamalar yapmıştır. Bu çalışma, özellikle İsveç Çevre Araştırma Enstitüsü IVL tarafından son yıllarda konuyla ilgili yayınlanan birçok araştırmaya da katkıda bulunmaktadır.

05. Karbonatlaşma







Fırsatlar ve zorluklar

- Betonun karbonatlaştırılması oranı gözeneklilik, nem ve çimento türü gibi çeşitli faktörlerden etkilenmekte olup, söz konusu reaksiyon yıllar içinde gerçekleşmektedir.
- Giderek artan sayıda temiz teknoloji ve çimento şirketi, biyogen kaynaklı CO₂'nin karbon giderimi şeklinde depolanması da dahil olmak üzere betonun CO₂ depolama potansiyelini araştırmaktadır.

Yapılaşmış çevrede betonun karbonatlaşması

Yapılaşmış bir çevrede beton altyapısında doğal karbonatlaşma meydana gelir. IVL tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, çimento üretim sürecinde ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının yıllık bazda %23'ünün yakalandığı tespit edilmiştir.



Uygulamada İnovasyon

Tedarik zincirindeki emisyonların azaltılması için betonun karbonatlaşma kapasitesinin artırılması

İsviçre'de gerçekleştirilen **Zephyr Ost** gibi projeler, yeni beton üretmek için atık su arıtma tesislerinden elde edilen CO₂ ile zenginleştirilmiş geri dönüştürülmüş agregalardan yararlanmaktadır. Benzer şekilde, Fransa'da yürütülen **Circo2beton** ve Almanya'da yürütülen **ReConcrete-360°** gibi girişimler, yıkılan yapılardan elde edilen sertleştirilmiş çimento hamurunu CO₂ absorbe edecek ve böylece uzun vadeli bir karbon yutağı görevi görecektir.

Kalıcı karbon giderimi için betonun kullanılması

Neustark, **CarbonCure** ve **Heirloom** gibi önde gelen şirketler CO₂'yi beton malzemelerin içine kalıcı olarak yerleştirmenin yollarını araştırmaktadır. Bu yaklaşım, biyogen kaynaklı emisyonların yakalanması ile bir araya getirildiğinde, negatif emisyon üretimi ve mineralleştirme yoluyla karbon gideriminin kolaylaştırılması açısından önemli bir fırsat sunmaktadır.



Geri dönüştürülmüş betonun daha yüksek karbonatlaşması

Beton bir binanın yıkılmasının ardından karbonatlaşma oranları artmaktadır. Bu durum, geri dönüştürülmüş beton agregalarının daha yüksek yüzey alanına sahip olması ve CO₂'nin çevredeki havadan beton hamuruna (çimento, su ve kumdan oluşan) daha etkin bir şekilde absorbe edilmesine olanak sağlamasına bağlıdır.

İlk çalışmalar, yüksek düzeyde CO₂ içeren ve daha yüksek sıcaklıklarda bulunan çimento fırınlarından çıkan gazların kullanılmasıyla bu sürecin hızlandırılabilirliğini ve böylece proses kaynaklı emisyonlardan CO₂ yakalama konusunda %50'ye varan potansiyel bir artış sağlanabileceğini göstermektedir. Ayrıca, agregaların geri dönüştürülmüş betondan ayrılması ve çimento hamurunun öğütülmesi daha da fazla CO₂ yakalanmasını kolaylaştırmaktadır.



Politikanın rolü

Betonun karbonatlaşması şehirlerimizi fiilen karbon yutaklarına dönüştürmektedir. Hedefe yönelik politikalarla sağladığı faydalar artırılabilir. Politika yapıcılar:

- Beton yapılar ve altyapı sayesinde kolaylaştırılan CO₂ emilimini ulusal sera gazı emisyonlarına eklemelidir.
- CO₂'nin mineralleştirilmesini (özellikle ikincil agregalar ve beton içindeki karbonatlaşma yoluyla) kalıcı bir CO₂ depolama biçimi olarak değerlendirmeli ve böylece biyojenik veya atmosferik CO₂ kullanıldığında karbon giderimine müsaade etmelidir.
- Betonun karbonatlaşmasını en üst düzeye çıkarmak için bina politikalarında (örneğin mimari tasarım ve binaların kullanım ömrü sonu stratejileri) karbonatlaşma potansiyelinden tam olarak yararlanmalıdır.
- Betonun karbonatlaşması, karbon nötr çimento üretimi kaynaklı olması durumunda karbon giderimi olarak kabul edilmelidir.



Varsayımlar,
yatırımlar ve dış
geçerlilik



2050'ye kadar üretim tahminleri

İnşaat piyasasının uzun vadeli gelişimi konusunda güvenilir ve kamuya açık kaynakların bulunmaması sebebiyle, CEMBUREAU'nun yol haritasında yapılan güncellemede 2050 yılına kadar sabit bir çimento üretim seviyesi varsayılmıştır. Aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi önem arz etmektedir:

- Bir yandan, çimento ve beton sektörünün dekarbonizasyonu, çimentoda daha düşük klinker içeriğinden betonda daha az çimento kullanımına ve binalarda daha verimli beton kullanımına kadar bu değer zinciri genelinde tüm malzemelerin daha verimli kullanılmasıyla sonuçlanacaktır.
- Diğer bir yandan ise, düşük karbonlu çimento ve betonun pazara sunulması, AB'nin yapılaşmış çevresi açısından elzem bir girdi olan nihai ürünümüz betona olan talebi artıracaktır. Avrupa'da mevcut bina stokunun %75'i 1990 yılından önce inşa edilmiştir. AB'nin iklim hedeflerine ulaşılması için renovasyon oranının mevcut %1'den (kapsamlı renovasyon için %0,2) %3'e çıkarılması gerekecektir. Bunun yanı sıra, rüzgar türbinleri ve diğer yenilenebilir enerji tesislerinin inşası için büyük miktarlarda beton gerekecektir. Nihai ürünümüz aynı zamanda iklime dayanıklı bina tasarımının ve büyük yeni altyapı çalışmaları için iklime dayanıklı çözümlerin ayrılmaz bir parçası olacaktır.

Sektör, varsayım olarak sabit bir çimento üretim seviyesinin sürdürülmesiyle birlikte, 2050 yılına kadar pazarın yıllık %1-3'lük bir büyüme kaydedeceğinden emindir.



Emisyon hesaplaması

Emisyon hesaplaması

CEMBUREAU'nun yol haritası güncellemesi aşağıdaki emisyon hesaplaması metodolojisini kullanmaktadır:

- Biyo-atık kullanımından kaynaklanan emisyonlar AB Yenilenebilir Enerji Direktifi ile uyumlu olarak hesaplamadan düşülmektedir.
- Karbon yakalama ve kullanımı (CCU) için, yakalanan CO₂ üçüncü bir tarafça kalıcı olmayan kullanım için transfer edildiğinde yakalama tesisi düzeyinde düşülmektedir.
- CEMBUREAU karbonatlaşma konusunda, IVL'nin çalışmaları doğrultusunda, çimento üretiminden kaynaklanan proses emisyonlarının %20'sinin beton yapıya absorbe edileceği şeklinde ihtiyatlı bir değer kullanmıştır. Diğer tahminler (IPCC raporları, Küresel Karbon Bütçesi) daha yüksek bir karbonatlaşma alımı öngörmektedir.

Brüt ve net emisyonlar

Yol haritası güncellemesi, Avrupa mevzuatında kullanılan metodoloji ile uyumlu olduğu için, alternatif yakıtların kullanımından kaynaklanan emisyonların yakıt emisyonları olarak hesaplandığı 'brüt' emisyon yaklaşımını sürdürmektedir.

Güncellemede, brüt emisyon rakamlarının tamamlayıcısı olarak, kullanılan alternatif yakıtların uluslararası çimento birliklerinin hesaplama yöntemlerini yansıtacak şekilde karbon nötr olarak hesaplandığı Ek 3'te net emisyon rakamları da yer almaktadır.



Yatırım ihtiyaçları

Avrupa çimento sektöründe temel olgun Teknoloji Olgunluk Seviyelerinde karbon yakalama için finansman ihtiyacının tesis başına 200 milyon Euro ile 500 milyon Euro arasında olacağı tahmin edilmektedir. Daha fazla bilgi için lütfen Ek 2'de yer alan Avrupa Çimento Araştırma Akademisi (ECRA) tarafından yayınlanan Teknoloji Makalelerine bakınız. Bu tahminler çok çeşitli potansiyel yakalama teknolojilerini dikkate almakta olup CEMBUREAU bunların KYD konusunda geniş bir finansman ihtiyacına işaret ettiğini kabul etmektedir.

Bu tahminler, gerekli altyapı maliyetlerini (CO₂ boru hatları, depolama sahaları, saha hazırlama maliyetleri) hesaba katmamaktadır. CEMBUREAU ayrıca her bir şirketin kendi faaliyetleri için uygun teknolojiyi seçmesinin ve tesis ayak izini belirlemesinin gerekli olduğunu bilincindedir.



Dış Doğrulama

CEMBUREAU, bu yol haritasında kullanılan etkenleri ve parametreleri değerlendirmek üzere PwC'yi görevlendirmiş ve bunun sonucunda Ocak 2024'te kapsamlı bir rapor yayınlamıştır.

PwC'nin değerlendirmesinde teknik uygulanabilirlik, kaynak erişilebilirliği, politika taahhüdü ve bireysel dekarbonizasyon etkenlerinin CO₂ azaltma potansiyelinin ölçülmesine odaklanılmıştır. PwC'nin çalışmasından elde edilen başlıca sonuçlar **çevrimiçi** ortamda bulunabilir ve her bir dekarbonizasyon etkenine ilişkin bulguların bir özeti bu dokümanın Ek 1'inde yer almaktadır.

Ek 1

CEMBUREAU yol haritası, PwC tarafından farklı dekarbonizasyon etkenlerinin değerlendirilmesi

Kaldıraçlar	Teknik hazırlık	Kaynak erişilebilirliği	Politik isteklilik	CO ₂ Faydası
Alternatif hammaddeler				
Yeni çimentolar				
Biyokütle				
Isıl verimlilik ve atık ısı geri kazanımı				
H2 / elektrifikasyon / biyogaz				
Çimento içeriğinde klinker				
AB şebeke emisyon faktörü				
Çimento ve beton taşımacılığı				
Betondaki çimento ⁴				
İnşaat verimliliği ⁴				
Yeniden Karbonatlaşma				
KYKD				

Uygulanabilir

CEMBUREAU vizyonuna ilişkin uygulanabilirlik fizibilitesi risk altında olabilir

CEMBUREAU vizyonuna ilişkin uygulanabilirlik fizibilitesi risk altında

Engeller ve fırsatlar

- Alternatif hammadde kaynakları azaldığı için kaynak erişilebilirliği alternatif hammaddelerin¹ oranını sınırlar
- Kalsiyum içeriğinin artırılması için alternatif hammadde karışımının yönetilmesi, CO₂ azaltımının optimize edilmesi açısından kilit öneme sahiptir
AB düzeyinde ve ulusal düzeyde uygun bir piyasa yapısı oluşturulması çimento sektörünün bu oranı artırmaya yardımcı olacaktır



- Bazı yeni çimento teknolojileri gelecek vaat etmekte olup, hedeflenen ufuk noktasında ölçeklenebilir olarak görünmektedir
- Avrupa'da ticarileşirmenin hızlandırılması ve yeni çimentoların kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir



- Talep arttıkça ve arz dengelendikçe biyokütle talebi ve arzı arasında %50-150'lik bir fark ortaya çıkacaktır
- Çimento sektörü biyokütle kaynakları açısından diğer sektörlerle rekabet edemediği için ya diğer alternatif yakıt kaynaklarına yönelmeli ya da bunlar için belirli bir kota rezervine sahip olmalıdır



- Her ne kadar fırın değişimi maliyetli bir iş olsa da ısı enerjisi talebini azaltacak bir teknoloji bulunmaktadır
- Alternatif Yakıtlar ve Hammaddeler² ile Alternatif Hammadde karışımının enerji talebi üzerindeki etkisinin iyi yönetilebilmesi için daha fazla analiz gerçekleştirilmesi gerekmektedir



- Fırın elektrifikasyonu yanma emisyonlarının sıfıra indirilmesini sağlayacaktır, ancak ölçeklendirilebilirlik konusunda şüpheler bulunmaktadır
- Biyogazdan yararlanmak daha kolaydır, ancak kaynaklara erişim diğer sektörler (örneğin taşımacılık) tarafından kısıtlanabilir



- Kaynak bulunurluğu SCM³ karışımını kısıtlayacak olup, Avrupa'da SCM kaynaklarının daha da geliştirilmesi gerekmektedir
- Çimentonun teknik özellikleri değiştirilebilir, kalsine edilmiş kil ve kireçtaşının çimento kalitesi üzerindeki etkisi belirsizdir
- Kalsine kilin çimentoda ana ikame maddelerinden biri olarak kullanılması ek ısı enerjisi gerektirecektir



- 2050'ye kadar net sıfır şebeke emisyon faktörünün uygulanması mümkündür ve AB hedefleriyle tutarlıdır



- 2050'ye kadar karbon nötr taşımacılığın gerçekleştirilmesi, AB hedeflerinden bir miktar daha iddialı olup, bunun için ek bir çaba sarf edilmesi gerekmektedir
- Çimento taşımacılığı altyapı geliştirme hızına daha fazla bağlı iken beton taşımacılığının dekarbonizasyonu daha kolaydır



- Kullanım optimizasyonu ve yeni tip betonlar, betondaki çimento hacminin azaltılmasına yardımcı olacaktır
- Çimento için EN206-1 standartlarının 2050 yılına kadar azaltım hedefini destekleyecek şekilde yeniden düzenlenmesi gerekmektedir



- Tasarım/teknik özellik optimizasyonu ve beton atıklarının azaltılması inşaatlarda kullanılan hammaddelerin azaltılmasını sağlayacaktır
- Betonun yeniden kullanımı, yeni inşaatların CO₂ emisyonlarını sınırlandırmak için de kilit öneme sahip olup daha fazla desteklenmelidir



- Yeniden karbonatlaşma IPCC tarafından kabul edilmekle birlikte, raporlama sorumluluğuna henüz karar verilmemiştir
- Diğer etkenlerin çeşitliliği (örneğin SCM'lerin karışımı) yeniden karbonatlaşma oranını etkilemektedir



- KYKD, halihazırda olgunlaşmış teknolojilerle veya 2030 yılına kadar çimento prosesinin dekarbonizasyonu için ana fırsattır
- Çimento sektörünün ihtiyaçlarını karşılayacak taşımacılık ve yerel depolama altyapılarının daha da geliştirilmesi gerekmektedir

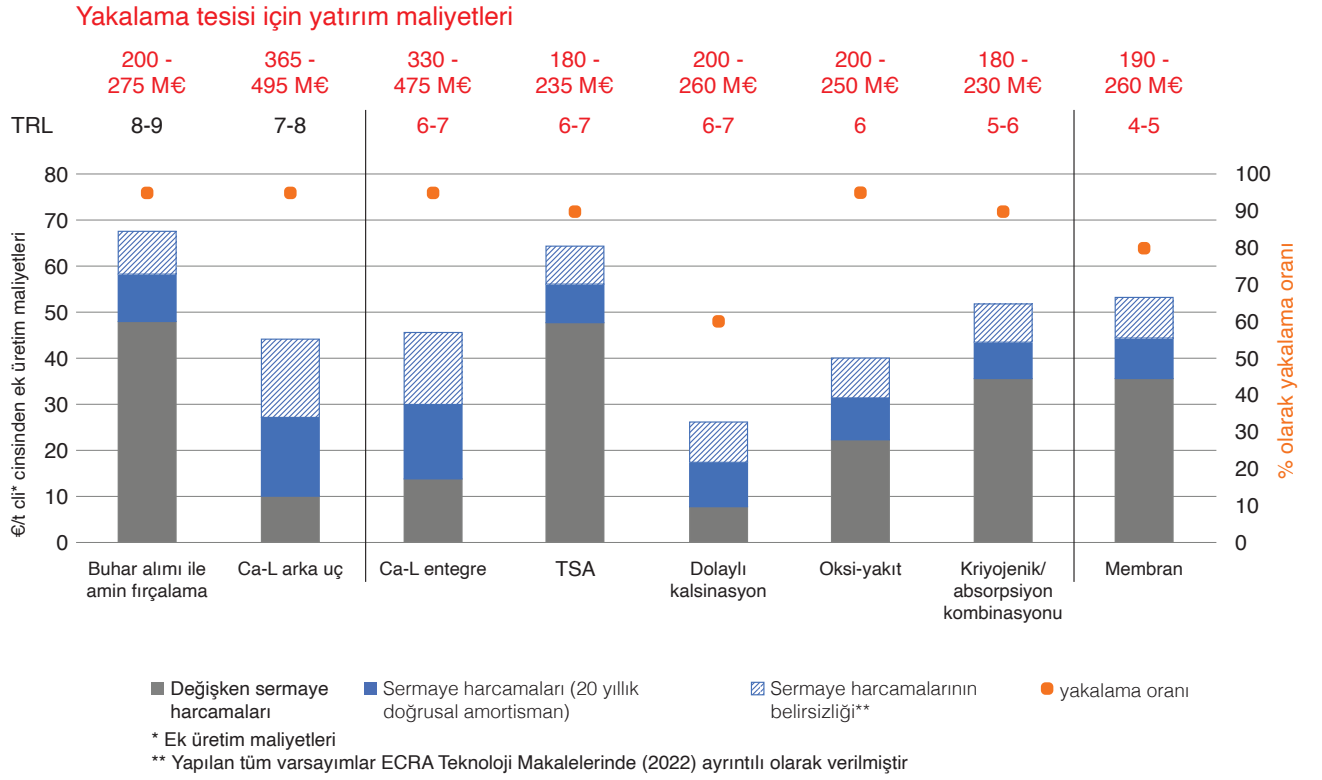
¹ARM : Alternatif Hammaddeler ²AFR : Alternatif Yakıt Oranı ³SCM : Tamamlayıcı Çimento Esaslı Malzemeler⁴Bu etkenler ilgili yol haritasında doğrudan dikkate alınmamaktadır, ancak çimento talebini etkileyecektir

Ek 2

Karbon yakalamaya ilişkin ECRA maliyet tahminleri

Karbon yakalama için ek üretim maliyetleri

Tesis seviyesindeki farklı durum nedeniyle sermaye harcamalarındaki belirsizlikler nedeniyle maliyetler önemli ölçüde değişiklik gösterebilir

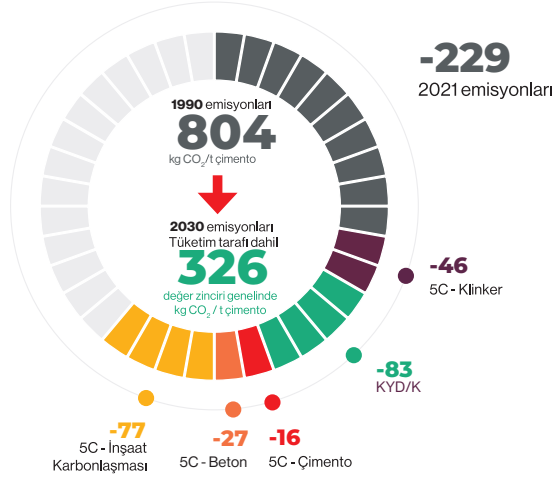


- Operasyon giderleri sahaya özgü duruma (mevcut fazla ısı) ve enerji maliyetlerine bağlıdır
- Sermaye harcamaları, aşağıdakiler nedeniyle yaklaşık %100'e kadar değişiklik gösterebilir:
 - İşgücü maliyetleri gibi bölgesel farklılıklar
 - Teknoloji olgunluk seviyesi
 - Sahaya özel ilave altyapı ihtiyacı
 - Tesis düzeyinde CO₂ taşıma altyapısındaki farklılıklar

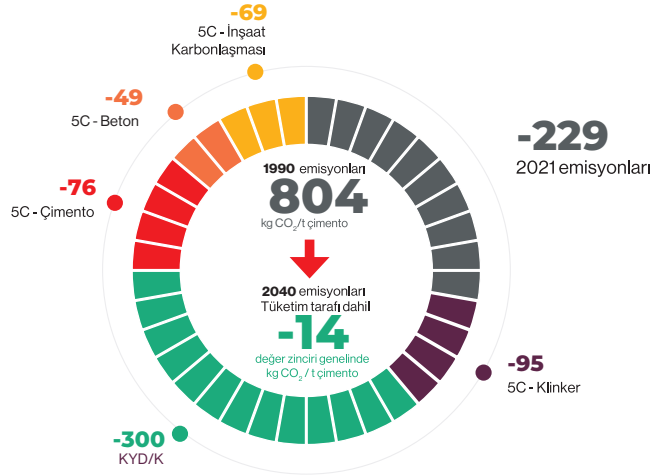
Ek 3

CEMBUREAU yol haritası - net emisyon rakamları

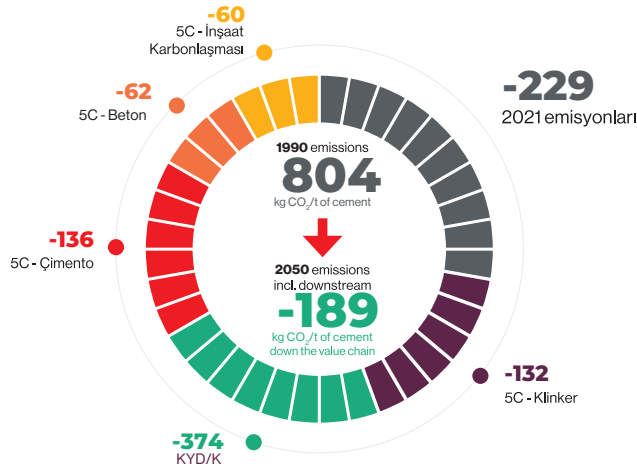
CEMBUREAU 2030 yol haritası – net emisyonlar



CEMBUREAU 2040 yol haritası – net emisyonlar



CEMBUREAU 2050 yol haritası – net emisyonlar





CEMBUREAU



@CEMBUREAU



Cementing Europe's Future



@CEMBUREAU

www.cembureau.eu

Bu broşür,CEMBUREAU izniyle TÜRKÇİMENTO (Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği)
tarafından Türkçeye çevrilmiştir.