

KARBON: ENERJİNİN YENİ FİYAT ETİKETİ

Karbon Artık Yeni Bir Üretim Faktörü

Bir şirketin rekabet gücünü ne belirler? Enerji fiyatı, ham madde, iş gücü, finansman koşulları ve teknoloji... On yıllardır cevap aşağı yukarı aynıydı. Şimdi bu denkleme sessizce ama kalıcı biçimde yeni bir değişken ekleniyor: karbon.

Birkaç yıl öncesine kadar karbon emisyonu çoğu şirket için sürdürülebilirlik raporlarının çevresel göstergelerinden biriydi. Bugün ise tablo oldukça farklı. Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS), Sınırdan Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM/SKDM), uluslararası havacılıkta CORSIA ve gönüllü karbon piyasaları, emisyonu yalnızca ölçülen bir veriden çıkarıp fiyatlanan ekonomik bir değere dönüştürüyor.

Üstelik bu dönüşüm Avrupa sınırlarında kalmıyor. Avrupa'ya ihracat yapan Türk sanayicisinden elektrik üreticisine, çimento fabrikasından havayolu şirketine kadar geniş bir kesim için karbon artık yalnızca çevre politikası başlığı değil; **doğrudan maliyet, rekabet ve yatırım kararı** meselesi.

Bu dönüşüm şirketler açısından tek yönlü bir etki de yaratmıyor. Karbon, yüksek emisyonlu üretim için yeni bir maliyet unsuru oluştururken; düşük karbonlu üretim görece bir rekabet avantajı sağlayabiliyor, doğrulanabilir emisyon azaltımı veya giderimi sağlayan uygun projeler ise bu çevresel faydayı yeni bir ekonomik değer alanına dönüştürebiliyor.

Dolayısıyla şirketler için soru artık yalnızca “Ne kadar üretiyorum?” değil. Yeni soru şu: “Bu üretimi ne kadar karbon salarak yapıyorum ve bu karbon nasıl fiyatlanıyor?”

Bu sorunun cevabı bizi aynı anda birkaç farklı piyasaya götürüyor. Önce karbonun nasıl ekonomik değere dönüştüğüne, ardından EU ETS, CBAM ve CORSIA'nın neden birbirinden farklı olduğuna bakacağız. Sonrasında karbon kredilerinin nasıl oluştuğunu, enerji teknolojileri arasındaki emisyon farklarını ve bu dönüşümün Türkiye ile enerji şirketlerinin finansallarına nasıl yansiyebileceğini inceleyeceğiz.

Karbon Nasıl Bir Ekonomik Değere Dönüşüyor?

Petrolün, buğdayın veya bakırın fiyatını anlamak görece kolaydır: fiziksel bir ürün ve sınırlı bir arz vardır. Karbon piyasalarında ise farklı bir mekanizma çalışır. **Buradaki kıtlığı doğa değil, düzenleyici otoritenin koyduğu sınır yaratır.**

Üst sınır ve ticaret sisteminin (cap-and-trade) temel mantığı tam olarak budur. Düzenleyici otorite kapsamındaki tesislerin toplam sera gazı emisyonuna bir üst sınır koyar ve bu sınırı genellikle 1 ton CO₂e emisyon hakkını temsil eden tahsisatlara böler. Şirketler bu tahsisatları sistemin tasarımına göre ücretsiz tahsis veya açık artırma yoluyla edinir; fazlasını satabilir, açığını piyasadan tamamlar. Böylece daha önce yalnızca atmosfere bırakılan bir gaz, arz-talep koşullarında fiyatlanan ekonomik bir değere dönüşür.

Peki piyasada aslında ne alınıp satılıyor?

Hepsi ton CO₂e üzerinden ifade edilse de tahsisat, karbon kredisi, CBAM sertifikası ve CORSIA kapsamında kullanılabilen emisyon birimleri aynı ürün değil. Tahsisat bir emisyon hakkını, karbon kredisi doğrulanmış azaltım veya giderimi, CBAM sertifikası ise ithal ürünün gömülü emisyonuna ilişkin yükümlülüğü temsil eder. CORSIA kapsamında ise yalnızca ICAO kriterlerini karşılayan uygun emisyon birimleri kullanılabilir.

ÜRÜN	NE TEMSİL EDER?	NEREDE KULLANILIR?
 EMİSYON TAHSİSATI	 Düzenleyici sistem içinde 1 tCO₂e emisyon hakkını temsil eder.	 EU ETS gibi zorunlu emisyon ticaret sistemleri.
 KARBON KREDİSİ	 Doğrulanmış 1 tCO ₂ e emisyon azaltımı veya giderimini temsil eder.	 Gönüllü karbon piyasaları ve karbon dengelemesine izin veren zorunlu sistemler.
 CBAM SERTİFİKASI	 AB'ye ithal edilen SKDM kapsamındaki ürünlerin gömülü emisyonlarına ilişkin yükümlülük birimi.	 CBAM/SKDM.
 CORSIA ELIGIBLE EMISSIONS UNIT	 ICAO kriterlerini karşılayan uygun karbon kredisi.	 Uluslararası havacılıkta CORSIA.

Aynı Hedef, Üç Farklı Mekanizma: EU ETS, CBAM ve CORSIA

Karbonun tek bir fiyatı ve tek bir küresel piyasası yok. Aynı emisyonu konu alan ancak farklı sektörleri, coğrafyaları ve yükümlülükleri hedefleyen ayrı sistemler var. Bu ayrımı yapmadan “karbon fiyatı” demek, birbirinden farklı mekanizmaları aynı sepete koymak anlamına geliyor.

EU ETS: Emisyonun doğrudan fiyatlandırıldığı sistemdir. Avrupa’da elektrik üretimi, enerji yoğun sanayi ve kapsamı genişleyen ulaştırma faaliyetlerinde emisyon miktarı arttıkça teslim edilmesi gereken tahsisat miktarı da artar. Dolayısıyla karbon fiyatındaki yükseliş, emisyon yoğun faaliyetlerin maliyetini doğrudan artırır.

CBAM: Ürünlerin gömülü emisyonlarını AB sınırında Avrupa karbon fiyatıyla ilişkilendirir. Çimento, demir-çelik, alüminyum, gübre, elektrik ve hidrojen gibi kapsamındaki ürünlerde yükümlülük, ürünün gömülü emisyon miktarına göre belirlenir. 2026’da CBAM sertifika fiyatı EU ETS tahsisatlarının açık artırma kapanış fiyatlarının ağırlıklı çeyreklik ortalaması üzerinden hesaplanırken, 2027’den itibaren haftalık ortalama kullanılacak.

CORSIA: Uluslararası havacılıktan kaynaklanan emisyonlara yönelik bir dengeleme mekanizmasıdır. Ayrı bir “CORSIA sertifikası” oluşturmaz; ICAO tarafından uygun kabul edilen programlardan gelen ve gerekli kriterleri karşılayan emisyon birimlerinin, havayollarının CORSIA kapsamındaki dengeleme yükümlülüklerini karşılamak amacıyla kullanılmasına imkân sağlar.

EU ETS'de Yeni Reform Dönemi

Karbon maliyetinin geleceğini yalnızca bugünkü fiyatlar üzerinden değerlendirmek yeterli değil. Avrupa Komisyonu, 17 Temmuz 2026'da EU ETS'ye yönelik kapsamlı bir revizyon teklifi sundu. Teklif, Avrupa'nın 2040 iklim hedefleriyle uyumu korurken sanayinin rekabet gücünü desteklemeyi ve karbonsuzlaşma yatırımlarını hızlandırmayı amaçlıyor. Bu nedenle süreci karbon fiyatlamasından geri adım olarak değil, maliyet, rekabetçilik ve yatırım teşvikleri arasındaki dengenin yeniden şekillendirilmesi olarak değerlendirmek daha doğru.

Teklif; ücretsiz tahsisat ve CBAM kurallarının güncellenmesi, sanayinin karbonsuzlaşmasına yönelik finansman araçlarının güçlendirilmesi, havacılık ve denizcilik kapsamındaki ETS'nin geliştirilmesi ve emisyon ticaretinin zaman içinde belediye atık yakma tesislerine genişletilmesi gibi başlıklar içeriyor. Ancak bunun henüz Komisyon teklifi olduğunu, nihai mevzuatın yasama sürecinde şekilleneceğini özellikle ayırmak gerekiyor.

CBAM açısından neden önemli?

Türkiye açısından bağlantı doğrudan. CBAM sertifika fiyatının EU ETS fiyatlarına bağlı olması, Avrupa karbon piyasasındaki gelişmelerin Türkiye'den AB'ye ihracat yapan şirketlerin karbon maliyetlerine de yansımaya neden oluyor. 2026'nın ilk iki çeyreği için açıklanan resmi CBAM sertifika fiyatları sırasıyla 75,36 €/tCO₂ ve 75,28 €/tCO₂ seviyesinde gerçekleşti. Bu çerçevede, reform tartışmalarından bağımsız olarak ürün bazlı emisyonların doğru hesaplanması, doğrulanabilir veri altyapısının oluşturulması, düşük karbonlu elektrik tedariki ve Türkiye'de kurulacak karbon fiyatlama sisteminin AB ile uyumu ihracatçı şirketler açısından önemini koruyor.

Basit bir maliyet simülasyonu



Tablodaki örnek, mekanizmayı sade biçimde ortaya koyuyor: 10.000 ton ürün, ton başına 1,5 tCO₂ emisyon yoğunluğu ve 75 €/tCO₂ karbon fiyatı varsayımı altında tam karbon maliyeti 1,125 milyon €'ya ulaşıyor. Ancak fiili CBAM yükümlülüğü; geçiş takvimi, ücretsiz tahsisatların dikkate alınması, doğrulanmış emisyon verileri ve üretim ülkesinde ödenmiş karbon bedeli gibi unsurlara bağlı olarak farklılaşabiliyor.

Karbon ekonomisinin iki yönü de tam bu noktada ayrışıyor. Sanayi şirketleri açısından karbon fiyatlaması yeni bir maliyet unsuru yaratırken, diğer tarafta düşük karbonlu üretimi ve doğrulanabilir emisyon azaltımını sağlayan uygun projeler için yeni bir ekonomik değer alanı oluşturuyor. Bu değer alanının temel araçlarından biri ise karbon kredileri.

Karbon Kredileri: Emisyon Azaltımının Ekonomik Değeri

Karbon fiyatlaması denildiğinde ilk akla gelen maliyet ve yükümlülükler oluyor. Ancak piyasanın diğer tarafında farklı bir yapı bulunuyor. Doğrulanabilir biçimde emisyon azaltan veya atmosferden karbon gideren uygun projeler, sağladıkları çevresel faydayı ekonomik bir değere dönüştürebiliyor.

Bir karbon kredisi, ilgili program ve metodoloji kapsamında doğrulanmış 1 tCO₂e emisyon azaltımını veya atmosferden giderimini temsil eder. Ormanlaştırma, metan yakalama, biyogaz, endüstriyel emisyon azaltımı, karbon giderim teknolojileri ve gerekli koşulları sağlayan bazı yenilenebilir enerji projeleri karbon kredisi üretebilir. Ancak burada kritik bir ayrım bulunuyor: Bir projenin düşük karbonlu olması, tek başına karbon kredisi üretmesi için yeterli değildir.

Her düşük karbonlu proje kredi üretemez

Bir projenin karbon kredisi üretebilmesi için öncelikle uygun bir metodoloji kapsamında geliştirilmesi ve ilavelik (additionality) kriterini karşılaması gerekir. Bunun yanında sağlanan emisyon azaltımının veya giderimin ölçülmesi, raporlanması ve bağımsız kuruluşlar tarafından doğrulanması gerekir. Üretilen kredilerin kullanılacağı piyasanın kredinin üretildiği dönem, kayıt, çifte sayım ve diğer uygunluk kriterlerini de karşılaması gerekir.

Bu nedenle “yenilenebilir santral = karbon kredisi” şeklinde doğrudan bir eşitlik kurmak doğru değildir. Ekonomik değeri yaratan unsur yalnızca düşük karbonlu elektrik üretmek değil; belirlenen metodolojiye uygun, ilave, ölçülebilir ve doğrulanabilir bir emisyon azaltımı veya giderimi ortaya koyabilmektir.

Fiyat neden projeden projeye değişiyor?

Karbon kredilerinde bir diğer önemli konu fiyatlama. Gönüllü karbon piyasasında tüm krediler için geçerli tek bir referans fiyat bulunmuyor. Proje türü, ilavelik, kalıcılık, kullanılan program ve metodoloji, kredinin üretildiği dönem, azaltım veya giderim niteliği, çifte sayım riski ve kredinin CORSIA gibi belirli mekanizmalarda kullanılabilirliği fiyat üzerinde belirleyici olabiliyor.

Dolayısıyla her biri 1 tCO₂e emisyon azaltımını veya giderimini temsil etse bile iki karbon kredisi aynı ekonomik değere sahip olmak zorunda değil. Kredinin kalitesi, güvenilirliği ve hangi piyasalarda kullanılabildiği, fiyatlamada önemli farklılıklar yaratabiliyor.

Aynı Elektrik, Aynı Karbon Değil

Elektrik piyasasında 1 MWh elektriğin fiziksel olarak aynı ürünü temsil etmesi, karbon yükünün de aynı olduğu anlamına gelmez. Aynı miktarda elektrik linyitten de rüzgârdan da üretilebilir; ancak iki üretim yönteminin iklim üzerindeki etkisi arasında onlarca kat fark bulunabilir.

Bu farkı değerlendirirken yalnızca santralin işletme sırasında ortaya çıkardığı doğrudan emisyonlara bakmak yeterli değildir. Ekipman üretimi, yakıt tedariki, inşaat, işletme ve devreden çıkarma süreçlerini kapsayan yaşam döngüsü emisyonları (LCA), teknolojilerin gerçek karbon yoğunluğunu karşılaştırmak için daha kapsamlı bir ölçüm sunar. Bu nedenle rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi kaynakları “sıfır emisyonlu” değil, çok düşük karbon yoğunluklu teknolojiler olarak değerlendirmek daha doğrudur.

Teknolojiler arasındaki bu fark, özellikle karbonun ekonomik bir maliyete dönüştüğü sistemlerde daha görünür hale geliyor. Yüksek karbon yoğunluğuna sahip üretim kaynakları karbon fiyatındaki artışlardan daha fazla etkilenirken, düşük karbonlu teknolojiler aynı miktarda elektrik üretimi için çok daha sınırlı bir karbon yükü taşıyor. Dolayısıyla üretim teknolojisinin seçimi yalnızca elektrik üretim maliyetini değil, karbon maliyetine maruziyeti de doğrudan belirliyor. Bu çerçevede üretim teknolojilerinin yaşam döngüsü boyunca oluşturduğu emisyonların karşılaştırılması, 1 MWh elektriğin kaynağına göre taşıdığı karbon yükündeki farkı daha net ortaya koyuyor.

Teknoloji	Yaklaşık LCA (tCO ₂ e/MWh)	Karbon Yoğunluğu	1 MWh Başına Temel Yorum	Not
Linyit	~1,05	Çok yüksek	En yüksek karbon yüklerinden biri; karbon fiyatına en hassas üretim.	–
Taş kömürü	~0,82	Yüksek	Yüksek karbon yoğunluğu.	–
Fuel Oil	~0,70	Yüksek	Kömürle benzer seviyede yüksek karbon yoğunluğu.	–
Doğal Gaz (CCGT)	~0,49	Orta	Kömürden düşük, yenilenebilirlerin çok üzerinde.	–
BES (Biyokütle)	~0,23 *	Orta – Düşük	Yakıt türü, tedarik zinciri ve atığın alternatif kullanım senaryosuna çok duyarlı; metan önleme varsa kredi ekonomisi tamamen değişebilir.	Yakıt ve karşı-olgusal senaryoya duyarlıdır.
Çöp Gazı (LFG)	~0,08 – 0,20 *	Düşük – Orta	Metanın yakalanıp yakılıp enerjiye dönüştürülmesi sayesinde düşük – orta aralığında değişir; kaçaklar artarsa emisyon yükselir.	Yakalama verimi ve sızıntı oranına duyarlıdır.
Jeotermal (JES)	~0,04 civarı *	Düşük	Saha ve akışkan kimyasına göre doğrudan emisyonlar önemli ölçüde değişebilir.	Saha ve teknolojiye duyarlıdır.
Güneş (GES)	~0,04 – 0,05	Çok düşük	İşletmede doğrudan emisyon çok düşük; LCA'nın çoğu panel üretiminden gelir.	–
Hidroelektrik (HES)	~0,02 – 0,03 *	Çok düşük	Genelde çok düşük; ancak rezervuarlı projelerde metan nedeniyle geniş bir dağılım görülebilir.	Rezervuar özelliklerine duyarlıdır.
Rüzgâr (RES)	~0,01 – 0,02	Çok düşük	En düşük yaşam döngüsü emisyonlu elektrik teknolojilerinden biridir.	–
Nükleer	~0,01 – 0,02	Çok düşük	İşletmede emisyon çok düşük; yakıt çevrimi kaynaklı emisyon sınırlıdır.	–

*BES (biyokütle), çöpgaz (LFG), HES ve JES için tek bir evrensel katsayı kullanmak doğru değildir. Biyokütlerde hammadde ve karşı-olgusal atık senaryosu; çöpgazda yakalama verimi ve sızıntılar, HES'te rezervuar, JES'te saha jeolojisi ve akışkan özellikleri sonucu ciddi biçimde değişebilir.

Fark oldukça çarpıcı: linyitte yaklaşık 1,05 tCO₂e/MWh seviyesinde olan yaşam döngüsü emisyonu, doğalgazda yaklaşık 0,49 tCO₂e/MWh'ye, güneşte 0,04 tCO₂e/MWh'ye, rüzgârda ise 0,01–0,02 tCO₂e/MWh seviyelerine kadar geriliyor.

Bu fark karbon fiyatlandığında doğrudan ekonomik bir sonuca dönüşüyor. EU ETS gibi emisyon ticaret sistemlerinde, yüksek emisyonlu üretim daha fazla tahsisat teslim edilmesini gerektirirken, düşük karbonlu üretimin göreceli maliyet avantajı artıyor. Böylece karbon yoğunluğu; yakıt maliyeti, kapasite faktörü ve yatırım maliyetinin yanında üretim ekonomisini belirleyen temel değişkenlerden biri haline geliyor.

Bununla birlikte her teknoloji için tek ve değişmez bir emisyon katsayısı kullanmak doğru değil. Özellikle BES/biyokütlerde kullanılan ham madde ve atığın alternatif kullanım senaryosu, rezervuarlı HES'lerde rezervuar kaynaklı metan emisyonları, JES'lerde ise saha jeolojisi ve akışkan özellikleri yaşam döngüsü emisyonlarını önemli ölçüde değiştirebilir. Bu nedenle bu teknolojilerde proje bazlı değerlendirme daha sağlıklı sonuç verir.

Burada önemli bir ayrım bulunuyor: karbon yoğunluğu ile önlenen emisyon aynı kavram değildir. Bu bölümde yanıtladığımız soru, “1 MWh elektriğin kendi karbon yükü ne kadar?” sorusudur. Bir sonraki bölümde ise düşük karbonlu bir santralin üretiminin şebekede hangi üretimin yerini aldığına ve böylece ne kadar emisyonun oluşmasını engellediğine odaklanacağız.

Düşük Karbonlu Üretim Ne Kadar Emisyonu Önleyebilir?

Yenilenebilir enerjinin karbon ekonomisindeki ikinci boyutu, önlenen emisyon üzerinden ortaya çıkıyor. Burada santralin kendi karbon yükünden farklı olarak, projenin olmadığı durumda gerçekleşecek daha yüksek karbonlu üretimin ne ölçüde engellendiğine odaklanıyoruz. Atık ve metan bazlı projelerde ise atmosfere salınacak metanın yakalanması gibi ilave emisyon azaltım kanalları da hesaba dahil edilebiliyor.

Önlenen Emisyon = Elektrik Üretimi × Referans Emisyon Azaltım Katsayısı

Hesaplama ilk bakışta basit görünse de kullanılan katsayının doğru yorumlanması kritik önem taşıyor. Referans emisyon azaltım katsayısı, santralin yaşam döngüsü emisyonunu (LCA) değil, proje olmasaydı ortaya çıkacak emisyonu temsil ediyor. Bu değer; referans senaryo, şebekenin üretim yapısı ve ilgili karbon metodolojisine göre belirleniyor. Dolayısıyla kullanılan katsayıları teknolojiye özgü, sabit ve evrensel birer “karbon katsayısı” olarak değerlendirmek doğru değil.

Teknoloji	Örnek Azaltım Katsayısı (tCO ₂ e/MWh)	1 MWh Başına Temel Yorum
RES	0,626 tCO ₂ e/MWh	Fosil ağırlıklı şebeke üretimini ikame eder. Yöntem ve piyasa koşullarına göre krediye dönüşümü belirlenir.
GES	0,626 tCO ₂ e/MWh	Elektrik üretimi temel azaltım kaynağıdır. Proje özellikleri piyasalarda kritik rol oynayabilir.
HES	0,541 tCO ₂ e/MWh	Elektrik üretimi sağlar; rezervuar ve proje özellikleri gerçek azaltım/kredi hesabını etkileyebilir.
JES	Proje ve metodolojiye bağlı	Şebeke ikamesine ek olarak sahaya özgü CO ₂ /CH ₄ salımları dikkate alınır; sabit evrensel katsayı kullanmak doğru değildir.
BES (Biyokütle)	0,541 tCO ₂ e/MWh *	Park-bahçe/tarımsal atık gibi biyokütle senaryolarında azaltım yakıt türü ve tedarik zinciri dikkate alınarak belirlenir.
Biyogaz	Proje ve metodolojiye bağlı	Elektrik ikamesine ek olarak organik atıktan oluşacak metanın önlenmesi kredi potansiyelini artırabilir.
Çöp Gazı (LFG)	4,728 tCO ₂ e/MWh *	Düzenli depolama sahasında oluşacak metanın yakalanması + elektrik üretimi nedeniyle 1 MWh başına azaltım çok daha yüksek olabilir.

*Katsayılar örnek bir referans senaryoya göre temsili değerlendirir; proje, şebeke ve metodolojiye göre değişiklik gösterebilir.

Aynı kurulu güçte neden sonuçlar çok farklı çıkabilir?

Aynı kurulu güce sahip iki santral, aynı miktarda emisyon azaltımı yaratmayabilir. Çünkü sonucu yalnızca 1 MWh başına emisyon azaltım katsayısı değil, **santralin yıl boyunca ne kadar elektrik ürettiği** de belirler. Kapasite faktörü yükseldikçe yıllık üretim, dolayısıyla diğer koşullar sabitken toplam emisyon azaltım potansiyeli de artar.

Teknoloji	Örnek Kapasite Faktörü	Yıllık Üretim	Tahmini Yıllık Emisyon Azaltımı
GES	%20	17.520 MWh	10.968 tCO ₂ e
RES	%35	30.660 MWh	19.193 tCO ₂ e
HES	%40	35.040 MWh	18.957 tCO ₂ e
BES (Biyokütle)	%80	70.080 MWh	37.913 tCO ₂ e
Çöp Gazı (LFG)	%80	70.080 MWh	331.338 tCO ₂ e

Çöp gaz burada belirgin biçimde ayrışıyor. Ancak bu fark yalnızca yüksek kapasite faktöründen kaynaklanmıyor. Asıl etki, elektrik üretimine ek olarak düzenli depolama sahasında atmosfere salınabilecek **metanın yakalanmasıyla sağlanan ilave emisyon azaltımından** geliyor. Bu nedenle çöp gaz projelerinde 1 MWh üretim başına emisyon azaltım potansiyeli diğer teknolojilerin oldukça üzerine çıkabiliyor.

Düşük karbon, yüksek kredi demek değil.

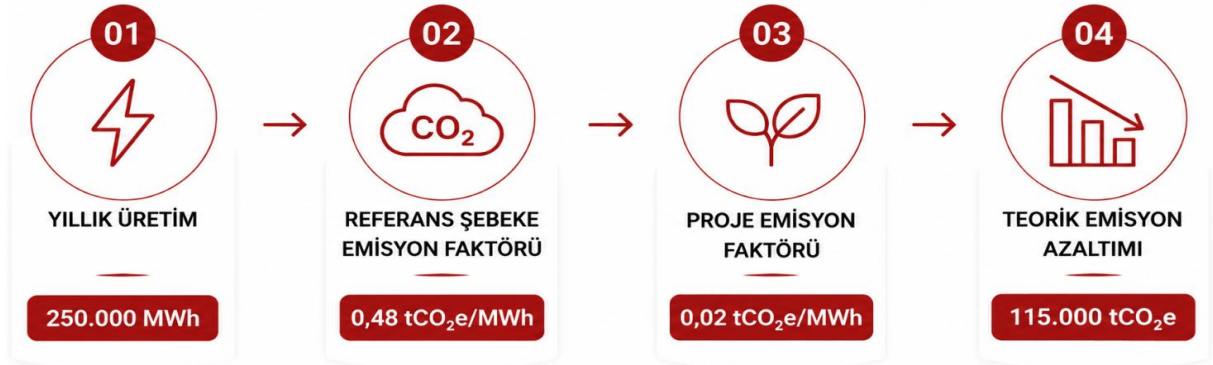
Bu tablo önemli bir ayrımı ortaya koyuyor. RES ve GES, yaşam döngüsü karbon yoğunluğu açısından en düşük emisyonlu teknolojiler arasında yer alsa da en yüksek karbon kredisi potansiyelini her zaman bu teknolojiler yaratmıyor. Biyogaz ve özellikle çöp gaz projelerinde metan salımının önlenmesi, elektrik üretiminin sağladığı azaltıma ek bir katkı yaratabiliyor. Buna karşılık gerekli ilavelik koşullarını karşılamayan bir RES veya GES projesi, çok düşük karbonlu elektrik üretmesine rağmen karbon kredisi ihraç edemeyebilir.

Bu nedenle değerlendirmeyi iki aşamada yapmak gerekiyor: Önce teknolojinin kendi karbon yoğunluğu, ardından projenin olmadığı referans senaryoya kıyasla ne kadar emisyonun oluşmasını engellediği inceleniyor. Ancak burada bir adım daha bulunuyor: **Hesaplanan emisyon azaltımının tamamı karbon kredisine dönüşüyor mu?**

Emisyon Azaltımı ile Karbon Kredisi Aynı Şey Değil

Bir projenin emisyon azaltımı sağlaması, aynı miktarda karbon kredisi üreteceği anlamına gelmez. Bunu somutlaştırmak için 0,48 tCO₂e/MWh referans şebeke emisyon faktörü üzerinden örnek bir hesaplama yapalım. Bu değer RES'e özgü sabit bir katsayı değil, yalnızca hesaplama amacıyla kullanılan bir varsayımdır. Gerçek projelerde referans emisyon faktörü; şebekenin üretim yapısına, proje özelliklerine ve uygulanan metodolojiye göre değişebilir.

Karbon kredisi, yalnızca hesaplanan emisyon azaltımından ibaret değildir. Emisyon azaltımı ile ihraç edilebilir kredi arasında ilavelik, izleme, raporlama, doğrulama ve kayıt süreçleri bulunur. Yıllık 250.000 MWh üretim yapan örnek bir RES üzerinden bu farkı inceleyelim.



Hesaplamaya göre proje yılda teorik olarak 115.000 tCO₂e emisyonun oluşmasını engelliyor. Ancak bu sonuç doğrudan 115.000 karbon kredisi ihraç edilebileceği anlamına gelmiyor. Projenin ilavelik koşullarını karşılaması, uygun metodoloji kapsamında geliştirilmesi, olası sızıntıların hesaba katılması ve gerçekleşen azaltımın bağımsız olarak doğrulanması gerekiyor. Dolayısıyla teorik emisyon azaltımı ile ihraç edilebilir karbon kredisi aynı miktarda olmak zorunda değil.

Kredi nasıl doğar?



Bu süreç sonunda uygun bulunan ve doğrulanan emisyon azaltımı veya giderimi, ilgili programın kuralları çerçevesinde karbon kredisine dönüşebilir.

Finansal karşılığı nasıl okunmalı?

Karbon kredisinin finansal karşılığını da kesin bir gelirden ziyade senaryo olarak değerlendirmek gerekiyor. Örneğin doğrulama sonrasında 115.000 kredinin tamamının ihraç edildiğini ve ortalama satış fiyatının 12 €/kredi olduğunu varsayalım:

$$115.000 \text{ kredi} \times 12 \text{ €/kredi} = 1,38 \text{ milyon €}$$

Bu durumda teorik yıllık karbon geliri yaklaşık **1,38 milyon €** seviyesine ulaşıyor. Ancak gerçek gelir; ihraç edilebilir kredi miktarına, kredinin niteliğine, piyasa fiyatına ve satış koşullarına göre değişebilir. Dolayısıyla karbon kredileri proje ekonomisine ek bir gelir kanalı yaratabilse de garanti veya sabit bir gelir kalemi olarak değerlendirilmemeli.

Buraya kadar bir projenin emisyon azaltımını nasıl karbon kredisine dönüştürebildiğini ele aldık. Denklem diğer tarafında ise bu kredilere yönelik talep bulunuyor. Uluslararası havacılıkta bu talebin önemli kaynaklarından biri **CORSIA**.

CORSIA: Havayolları İçin Karbonun Finansal Maliyeti

CORSIA'yı bu yazıda ayrıntılı ele almamın temel nedeni, mekanizmanın karbon kredisi arzı ile havacılık kaynaklı talep arasında doğrudan bir bağlantı kurmasıdır. CORSIA, havayolları açısından bir uyum yükümlülüğü yaratırken, belirlenen kriterleri karşılayan karbon projeleri için de potansiyel bir talep kanalı oluşturuyor. Havayollarının, hesaplanan nihai dengeleme yükümlülüklerini karşılamak için CORSIA kapsamında kabul edilen emisyon birimlerini temin ederek iptal etmeleri gerekiyor.

2027 neden kritik bir eşik?

CORSIA takvimi; 2021-2023 pilot faz, 2024-2026 birinci faz ve 2027-2035 ikinci faz olmak üzere üç döneme ayrılıyor. 2024-2035 döneminde referans seviye, CORSIA kapsamındaki 2019 yılı uluslararası havacılık CO₂ emisyonlarının %85'i olarak uygulanıyor.

2027 ise sistemin kapsamı açısından önemli bir eşik oluşturuyor. Bu tarihten itibaren katılım genişliyor ve belirli muafiyetlere sahip devletler dışındaki ülkeler için sistem daha geniş bir zorunlu kapsama geçiyor. Dolayısıyla 2027 sonrasında CORSIA kaynaklı yükümlülüklerin ve buna bağlı karbon kredisi talebinin daha görünür hale gelmesi beklenebilir.

Havayolunun yükümlülüğü nasıl hesaplanıyor?

CORSIA'da yükümlülük hesabı dönemlere göre farklılaşıyor. 2021-2032 döneminde operatörün CORSIA kapsamındaki yıllık CO₂ emisyonları, ICAO tarafından hesaplanan sektör büyüme faktörüyle çarpılıyor. 2033-2035 döneminde ise hesaplama operatörün kendi emisyon büyümesi de dahil oluyor; sektör büyüme faktörü %85, operatöre özgü büyüme faktörü ise %15 ağırlık taşıyor.

$$\text{Yıllık CORSIA yükümlülüğü} \approx \text{Operatörün kapsamındaki CO}_2 \text{ emisyonu} \times \text{İlgili büyüme faktörü}$$

Üç yıllık uyum döneminin sonunda, CORSIA kapsamında uygun kabul edilen yakıtların kullanımından sağlanan emisyon azaltımları toplam yükümlülüğün düşülüyor. Kalan miktar, havayolunun uygun emisyon birimleriyle karşılaması gereken nihai dengeleme yükümlülüğünü oluşturuyor.

Karbon kredisi fiyatı havayolunun maliyetine nasıl taşınıyor?

Nihai yükümlülük belirlendikten sonra finansal etki daha basit bir hesaplama dönüşüyor:

$$\text{CORSIA uyum maliyeti} = \text{Nihai dengeleme yükümlülüğü} \times \text{Uygun emisyon biriminin fiyatı}$$

Dolayısıyla hem yükümlülük miktarındaki hem de CORSIA kapsamında kullanılabilen emisyon birimlerinin fiyatındaki değişim, havayolunun toplam uyum maliyetini doğrudan etkileyebiliyor. Bu noktada kullanılacak senaryo bir piyasa tahmini olarak değil, karbon fiyatındaki değişimin havayolunun maliyetine nasıl yansıdığını göstermek amacıyla hazırlanan bir duyarlılık analizi olarak okunmalı.

Örnek Nihai Yükümlülük (tCO ₂ e)	10 \$/tCO ₂ e	20 \$/tCO ₂ e	30 \$/tCO ₂ e	50 \$/tCO ₂ e
250 bin tCO ₂ e	2,5 mn \$	5,0 mn \$	7,5 mn \$	12,5 mn \$
500 bin tCO ₂ e	5,0 mn \$	10,0 mn \$	15,0 mn \$	25,0 mn \$
1,0 mn tCO ₂ e	10,0 mn \$	20,0 mn \$	30,0 mn \$	50,0 mn \$
2,0 mn tCO ₂ e	20,0 mn \$	40,0 mn \$	60,0 mn \$	100,0 mn \$

Örneğin nihai yükümlülüğü 1 milyon tCO₂e olan bir havayolunda, CORSIA kapsamında kullanılabilen kredi fiyatının 10 \$/tCO₂e'den 30 \$/tCO₂e'ye yükselmesi teorik uyum maliyetini 10 milyon \$'dan 30 milyon \$'a çıkarıyor. Dolayısıyla havayollarının CORSIA maliyetini yalnızca uçuş hacmi ve emisyonlardaki değişim değil, uygun kredi arzı ve bu kredilerin fiyatı da belirliyor.

Uygun kredi arzı neden önemli?

Buradaki kilit nokta uygunluk. **Her karbon kredisi CORSIA kapsamında kullanılamıyor.** ICAO yalnızca onayladığı programlardan gelen ve ilgili dönem için belirlenen uygunluk kriterlerini karşılayan emisyon birimlerini kabul ediyor. **Paris Anlaşması kapsamında çifte sayımın önlenmesine yönelik ev sahibi ülke yetkilendirmeleri ve karşılık gelen düzeltme süreçleri de kullanılabilir kredi arzını sınırlayabiliyor.**

IATA'nın 2026 değerlendirmelerine göre havayollarının CORSIA'nın 2024-2026 birinci fazındaki emisyon birimi ihtiyacının 170-236 milyon birim aralığında gerçekleşmesi bekleniyor. Haziran 2026 tarihli merkezi senaryoda ihtiyaç yaklaşık 213 milyon birim seviyesinde hesaplanırken, mevcut CORSIA uyumlu arzın yaklaşık 38 milyon birim düzeyinde olması yaklaşık 175 milyon birimlik potansiyel açığa işaret ediyor.

Bu tablo, CORSIA'nın enerji projeleri açısından önemini de ortaya koyuyor. Uygun kredi arzının talebi karşılayamaması havayolları açısından maliyet ve tedarik riski yaratırken, gerekli metodoloji ve yetkilendirme koşullarını karşılayan karbon projeleri için daha güçlü bir talep ortamı oluşturabilir. Ancak burada kritik ayırım, bir projenin yalnızca karbon kredisi üretebilmesi değil, ürettiği kredinin CORSIA kapsamında da kullanılabilir olmasıdır.

SAF maliyeti artırırken, CORSIA yükümlülüğünü azaltabilir

Havayollarının CORSIA yükümlülüğünü yönetmek için tek seçeneği karbon kredisi satın almak değil. ICAO, CORSIA kapsamında uygun kabul edilen yakıtların kullanımından sağlanan yaşam döngüsü emisyon azaltımlarının yükümlülüğünden düşülmesine izin veriyor. Bu kapsamda özellikle sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF) kullanımı, yakıt maliyetini artırabilmesine karşılık satın alınması gereken karbon kredisi miktarını azaltabiliyor.

Dolayısıyla havayolu açısından temel optimizasyon yalnızca “Kaç kredi satın almalıyım?” sorusundan ibaret değil. Asıl denklem, SAF kullanımının getirdiği ilave yakıt maliyeti ile sağladığı emisyon azaltımı sayesinde düşen CORSIA yükümlülüğü arasındaki denge üzerinden şekilleniyor.

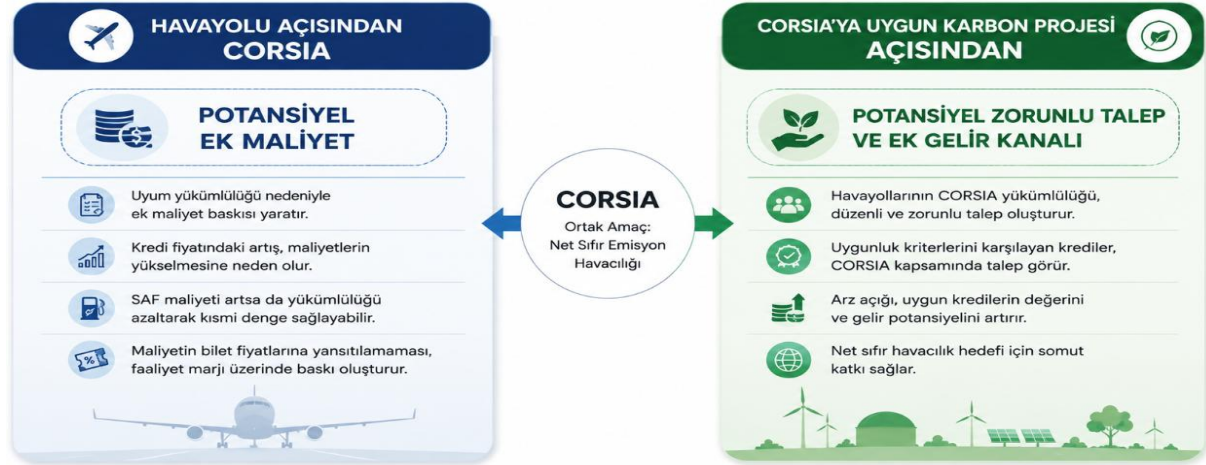
Havayolu finansallarına hangi kanallardan yansır?

Kanal	Havayolu Açısından Etkisi
Kredi satın alma maliyeti	Nihai CORSIA yükümlülüğü ile uygun emisyon birimi fiyatı çarpımı kadar doğrudan uyum gideri yaratır.
Kredi fiyat riski	Uygun birim arzının sınırlı kalması durumunda karbon maliyetinde belirgin artış riski oluşur.
SAF kullanımı	CORSIA yükümlülüğünü azaltabilir; ancak SAF'ın fosil jet yakıtına göre daha yüksek maliyeti ilave yakıt gideri yaratır.
Filo ve operasyonel verimlilik	Yakıt tüketimi ve CO ₂ emisyonunu azaltarak CORSIA yükümlülüğünü uzun vadede sınırlar.
Bilet fiyatlaması / marj	Karbon maliyetleri bilet fiyatlarına yansıtılamazsa faaliyet marjı üzerinde baskı oluşur; yansıtılabilirse yolcu başına maliyet artışı gerçekleşir.

CORSIA'nın havayolu finansallarına etkisini yalnızca karbon kredisi fiyatı üzerinden değerlendirmek yeterli değildir. Uluslararası uçuşların CORSIA kapsamındaki payı, emisyon büyümesi, SAF kullanım oranı, filo verimliliği ve oluşan karbon maliyetinin bilet fiyatlarına ne ölçüde yansıtılabildiği birlikte değerlendirilmelidir. Bu değişkenler, CORSIA kaynaklı maliyetin şirketin operasyonel kârlılığı üzerindeki nihai etkisini belirler.

Enerji projeleri ile havayolları arasındaki köprü

Enerji ve havacılık tarafı tam bu noktada birleşiyor. Çöpgaz, biyogaz ve diğer uygun karbon projeleri, yarattıkları emisyon azaltımını karbon kredisine dönüştürebiliyor. Ancak bu kredilerin CORSIA'nın uygunluk kriterlerini de karşılaması halinde, havayollarının uyum yükümlülüklerinden kaynaklanan talebe erişim mümkün hale geliyor. Dolayısıyla karbon kredisi üretmek tek başına yeterli değil; kredinin CORSIA kapsamında kullanılabilir olması ekonomik değer açısından kritik bir ayırım yaratıyor.



Türkiye Cephesi: Karbon Fiyatı, Rekabet ve Yeni Gelir Alanları

Türkiye açısından karbon ekonomisi iki farklı kanaldan şekilleniyor. **Bir tarafta zorunlu karbon fiyatlamasının şirketler üzerinde yaratabileceği maliyet ve ihracat rekabeti etkisi, diğer tarafta uygun projelerin karbon kredileri üzerinden oluşturabileceği yeni gelir potansiyeli bulunuyor.** Bu iki kanalın kesişiminde ise Türkiye'nin kendi karbon piyasası altyapısının nasıl şekilleneceği yer alıyor.

TR ETS: Karbon maliyetinin içeride fiyatlanması

Türkiye'de Emisyon Ticaret Sistemi (TR ETS) artık yalnızca bir politika hedefi değil. 2 Temmuz 2025 tarihli 7552 sayılı İklim Kanunu ile sistemin yasal zemini oluşturulurken, uygulamanın ayrıntıları ikincil düzenlemelerle şekillenmeye devam ediyor. Türkiye ETS Yönetmeliği Taslağı; emisyonların izlenmesi, tahsisatların dağıtılması ve ticaretine ilişkin piyasa yapısının temel çerçevesini ortaya koyuyor. Dolayısıyla mevcut durumu, **yasal çerçevenin oluşturulduğu ancak uygulama esaslarının netleşme sürecinin devam ettiği bir dönem** olarak değerlendirmek daha doğru.

TR ETS'nin önemi yalnızca şirketlere yeni bir karbon maliyeti getirecek olmasından kaynaklanmıyor. **Türkiye'de gerçekten ödenmiş ve AB kuralları kapsamında kabul edilen bir karbon bedeli, gerekli koşulların sağlanması halinde CBAM kapsamında ödenecek tutardan düşülebiliyor.** Bu nedenle sistemin tasarımı; ihracatçı şirketlerin rekabetçiliği kadar, karbon fiyatlamasından kaynaklanan ekonomik değerlerin Türkiye'de mi yoksa AB'de mi kalacağı açısından da önem taşıyor.

Proje bazlı karbon kredileri

Karbon kredileri tarafında ise TR ETS'den ayrı bir mekanizma bulunuyor. Karbon Kredilendirme ve Denkleştirme Yönetmeliği Taslağı, Türkiye Karbon Denkleştirme Sistemi kapsamında proje bazlı emisyon azaltımlarının veya giderimlerinin kredilendirilmesi, kayıt altına alınması ve ticaretine ilişkin çerçeveyi oluşturmayı amaçlıyor.

Burada iki yapıyı birbirinden ayırmak kritik: TR ETS'de şirketler emisyonlarına karşılık tahsisat teslim ederken, proje bazlı piyasada doğrulanmış emisyon azaltımı veya giderimi karbon kredisine dönüştürülüyor. Dolayısıyla TR ETS'nin faaliyete geçmesi, bir RES, GES veya diğer düşük karbonlu projenin otomatik olarak karbon kredisi üreteceği anlamına gelmiyor. Projenin uygun metodoloji, ilavelik, ölçüm ve doğrulama koşullarını ayrıca karşılaması gerekiyor.

Sonuç: Karbon, Fiyatı Olan Bir Değişken

Karbonu ekonomik bir değişkene dönüştüren temel unsur fiziksel kıtlık değil; emisyonlara getirilen düzenleyici sınırlar ve doğrulanmış emisyon azaltımına yönelik talep. Bu yapı karbon ekonomisinde iki farklı değeri öne çıkarıyor: emisyon yapma hakkı ve doğrulanmış emisyon azaltımı.

Bu ayırım, enerji sektöründeki etkinin neden tek yönlü olmadığını da açıklıyor. Karbon yoğun üreticiler için karbon fiyatlaması yeni bir maliyet yaratırken, düşük karbonlu üreticiler görece rekabet avantajı kazanabiliyor. Gerekli kriterleri karşılayan projeler ise sağladıkları doğrulanmış emisyon azaltımını karbon kredisi aracılığıyla ilave bir gelir kanalına dönüştürebiliyor.

Dolayısıyla bir enerji şirketini değerlendirirken kurulu güç, üretim miktarı, kapasite faktörü ve elektrik fiyatı artık tek başına yeterli değil. Bunların yanına üretimin karbon yoğunluğu, karbon fiyatına maruziyet, referans senaryoya kıyasla önlenen emisyon ve uygun projelerde kredilendirilebilir azaltım kapasitesi gibi yeni değişkenler ekleniyor.

Bu dönüşüm, enerji şirketlerinin değerlendirme çerçevesini de değiştiriyor. Üretim miktarı, elektrik fiyatı, yakıt maliyeti ve kapasite faktörü önemini korurken, karbon da denklemin kalıcı değişkenlerinden biri haline geliyor. Artık yalnızca “Kaç MWh üretildi?” sorusu değil; “Bu üretim ne kadar karbon yükü taşıyor, bu yük nasıl fiyatlanıyor ve düşük karbonlu üretim ne ölçüde ekonomik avantaja dönüştürülebiliyor?” soruları da önem kazanıyor. **Dolayısıyla önümüzdeki süreçte rekabet gücünü yalnızca üretim miktarı değil, üretimin karbon yoğunluğu ve sağlanan emisyon azaltımının güvenilir biçimde ölçülüp doğrulanabilmesi de belirleyecek.**

Mustafa Gönül
Araştırma Uzmanı
mgonul@marbasmenkul.com.tr

YASAL UYARI

Burada yer alan bilgiler Marbaş Menkul Değerler tarafından bilgilendirme amacıyla hazırlanmıştır. Yatırım sinyal, bilgi, yorum ve tavsiyeleri yatırım danışmanlığı kapsamında değildir. Yatırım danışmanlığı hizmeti; aracı kurumlar, portföy yönetim şirketleri, mevduat kabul etmeyen bankalar ile müşteri arasında imzalanacak yatırım danışmanlığı sözleşmesi çerçevesinde sunulmaktadır. Burada yer alan sinyal, yorum ve tavsiyeler, herhangi bir yatırım aracının alım satım önerisi ya da getiri vaadi olarak yorumlanmamalıdır. Bu görüşler mali durumunuz ile risk ve getiri tercihlerinize uygun olmayabilir ve sadece burada yer alan bilgilere ve sinyallere dayanarak yatırım kararı verilmesi beklentilerinize uygun sonuçlar doğurmayabilir. Burada yer alan sinyaller, fiyatlar, veriler ve bilgilerin tam ve doğru olduğu garanti edilemez; içerik, haber verilmeksizin değiştirilebilir. Tüm sinyal ve veriler, Marbaş Menkul Değerler tarafından güvenilir olduğuna inanılan kaynaklardan alınmıştır. Bu sinyal ve kaynakların kullanılması nedeni ile ortaya çıkabilecek hatalardan ve zararlardan Marbaş Menkul Değerler sorumlu değildir.

ARAŞTIRMA BİRİMİ

İletişim Bilgileri:

✉ iletisim@marbasmenkul.com.tr

☎ +90 (212) 286 30 00 / 331

📠 +90 (212) 286 30 50

📍 Esentepe Mah. Ecza Sk. Safter İş Hanı No: 6,
İç Kapı: 7, Şişli/İstanbul