DERS 11: Faaliyet Verisi, Emisyon Faktörleri ve Hesaplama Metodolojisi

Lesson 11: Activity Data, Emission Factors and Calculation Methodology

Program: Sanayide Sürdürülebilirlik, İklim Değişikliği ve Karbon Ayak İzi Eğitimi

Künye	Açıklama
Hedef kitle	Üniversite öğrencileri ile sanayi kuruluşlarında çalışan teknik ve idari personel
Bu materyalin kapsamı	Faaliyet verisi, nicelendirme yöntemleri, emisyon faktörü seçimi ve kaynak pasaportu, birim eşleştirme, yoğunluk ve NKD, CO_2/CH_4/N_2O ve KIP, iki hesap yolu, kısa Türkiye elektrik uygulaması, veri kalitesi ve sık hatalar
Örnek yılı	2023 yöntem örneği (tüm sayılar eğitim verisidir, gerçek şirket verisi değildir)
İlgili dersler	Ders 10 (ISO 14064-1 giriş), Ders 12 ile 14 (kaynak sınıflandırması), Ders 13 (elektrikte konum ve piyasa temelli yöntem), Ders 15 (doğal gaz ve elektrik hesabı), Ders 16 (akaryakıt, araç, soğutucu ve yangın gazı), Ders 17 (taşıma, hammadde, atık), Ders 18 (ISO 14064-1 raporu ve doğrulama)
Bilgi güncelliği	Eylül 2026

Öğrenme çıktıları

Bu materyali tamamlayan katılımcı şunları yapabilir:

- Faaliyet verisini emisyon sonucundan ayırır ve bir veri kaydında bulunması gereken beş bilgiyi sıralar.
- Hesaplama, doğrudan ölçüm, kütle denkliği ve stokiyometri yaklaşımlarını ayırt eder ve yöntem seçimini gerekçelendirir.
- Bir emisyon faktörünü yedi kontrolden geçirir, kaynağını ve sürümünü faktör pasaportuna kaydeder.
- Program şartından başlayan faktör seçim mantığını uygular ve IPCC, DESNZ, US EPA, ADEME, ecoinvent, ETKB ve TÜİK kaynaklarının rolünü açıklar.
- Birim analiziyle faaliyet verisini faktörün beklediği birime getirir. Güç ile enerjiyi, hacim koşullarını ve net ile brüt ısıl değeri karıştırmaz.
- Yoğunluk ve NKD adımlarının yalnızca faktör enerji bazlı olduğunda gerektiğini bilir.
- Gaz bazlı faktörlerle CO_2e hesabı ile hazır CO_2e faktörü arasındaki farkı gösterir ve KIP'yi ikinci kez uygulamaz.
- Türkiye elektriğinde ETKB üretim faktörü, tüketim noktası faktörleri ve birleşik marj şebeke faktörü arasındaki farkı yıla ve sisteme uygun biçimde yorumlar.
- Veri izi, kalite kontrolü ve belirsizlik notu ile hesabı yeniden üretilebilir hale getirir.

1. Faturadan tCO_2e'ye: hesaplama dili

Bir önceki derste kurumsal sera gazı envanterinin sınırlarını ve mimarisini kurduk. Bu derste sayısal bölüme geçiyoruz. Bir emisyon hesabının en sık kullanılan biçimi şaşırtıcı derecede basittir: faaliyet verisini uygun emisyon faktörüyle çarparsınız. Gerekli olduğunda gaz bazındaki sonuçları küresel ısınma potansiyeli (KIP) ile karbondioksit eşdeğerine (CO_2e) dönüştürürsünüz.

```
Emisyon = Faaliyet verisi × Emisyon faktörü
CO₂e    = Σ (gaz miktarı × KIP)
```

İyi bir karbon hesabını zorlaştıran şey çarpma değildir. Asıl mesele şunlardır:

- Hangi verinin kullanılacağı ve hangi birimde olduğu.
- Seçilen faktörün hangi faaliyeti ve hangi coğrafyayı temsil ettiği.
- Faktörün hangi yılı, hangi sera gazlarını ve hangi sistem sınırını kapsadığı.

Doğru sayı yanlış faktörle eşleştirilirse sonuç matematiksel olarak kusursuz, metodolojik olarak yanlış olabilir.

Bu derste kurgusal Örnek Sanayi A.Ş. kullanılır. Şirketin elektrik faturaları, doğal gaz sayaçları, yakıt kartları, bakım kayıtları, üretim ve lojistik verileri olduğunu varsayın. Hedef bütün kaynakları tek tek hesaplamak değil, sonraki uygulama derslerinde kullanılacak hesaplama dilini kurmaktır.

> **Dersin ana cümlesi:** Formül basit olabilir, fakat doğru faaliyet verisini doğru birim ve doğru emisyon faktörüyle eşleştirmek profesyonel envanterin temelidir.

Bu dersin hesaplama zinciri:

```
Fatura, sayaç, kayıt → faaliyet verisi → nicelendirme yöntemi → emisyon faktörü
→ birim eşleştirme → gaz bazlı sonuç ve KIP → CO₂e → kayıt ve kanıt
```

Bu derste yer almayanlar. Kategori 1 ile 6 kaynaklarının ayrıntılı sınıflandırması Ders 12 ile 14'te, tam doğal gaz, motorin, araç, soğutucu ve yangın gazı hesapları Ders 15 ve 16'da, ton-km, hammadde ve atık hesapları Ders 17'de, konum ve piyasa temelli elektrik ayrıntısı Ders 13 ve 15'te, doğrulama Ders 18'dedir. Bu derste yalnızca bir kısa elektrik mini hesabı yapılır. Sayısal belirsizlik formülleri de kapsam dışındadır, yalnızca veri ve yöntem belirsizliği tanıtılır.

2. Faaliyet verisi: karbon sayısı değil, faaliyetin ölçüsü

Faaliyet verisi doğrudan bir karbon sonucu değildir. Emisyona yol açan ya da emisyonla ilişkili faaliyetin fiziksel ya da uygun olduğunda parasal ölçüsüdür.

Kaynak	Faaliyet verisi	Tipik birim	Tipik belge veya sistem
Satın alınan elektrik	Elektrik tüketimi	kWh, MWh	Fatura, ana sayaç
Doğal gaz	Gaz tüketimi	Sm³, Nm³ ya da kWh, TJ	Fatura, sayaç
Motorin	Yakıt tüketimi	litre	Yakıt kartı, tank hareketleri
Hammadde	Miktar	kg, ton	Satın alma ve üretim sistemleri
Ulaşım	Mesafe veya taşıma işi	km, ton-km, kişi-km	Lojistik kayıtları
Soğutucu gaz	Dolum miktarı	kg	Bakım servis kayıtları

Aynı bilgi farklı sistemlerde bulunabilir. Bu nedenle yalnızca rakamı değil, rakamın kaynağını da kaydetmek gerekir.

2.1 İyi bir veri kaydının beş bilgisi

Soru	Örnek kayıt (eğitim verisi)
Değer nedir?	1.250.000
Birimi nedir?	kWh
Hangi dönemi temsil eder?	1 Ocak 2023 ile 31 Aralık 2023
Hangi belgeden veya sistemden alınmıştır?	On iki aylık elektrik faturaları, ana sayaç
Kurum içindeki sorumlusu kimdir?	Enerji yönetimi sorumlusu

2.2 Fiziksel veri ve harcama verisi

Fiziksel faaliyet verisi (kWh, litre, kg, km) mevcutsa genellikle emisyonun gerçek operasyonla ilişkisini daha açık kurar. Bazı dolaylı emisyonlarda fiziksel veri bulunamazsa harcama temelli yöntemler tarama ya da yaklaşık hesap seçeneği olabilir. Bu evrensel ve zorunlu bir hiyerarşi değildir, veri durumuna ve raporlama amacına bağlı bir değerlendirmedir.

2.3 Veri hazırlama kuralları

- Aynı dönem için birden fazla veri kaynağı varsa farkları uzlaştırın.
- Tahmini ya da vekil veri kullanıyorsanız bunu işaretleyin ve iyileştirme notu bırakın.
- Satın alınan yakıt miktarını tüketilen miktar sanmayın. Stok hareketi farkı yaratır.

> **Dikkat:** Emisyon hesabı, karbon faktörünü aramadan önce faaliyet verisini doğru tanımlamakla başlar. Faaliyet verisini emisyon sonucu gibi adlandırmak ve kaydetmek, hatalı yöntem seçimine kapı açar.

3. Nicelendirme yöntemleri: faaliyet × faktör en yaygın yol, tek yol değil

Kurumsal sera gazı nicelendirmesinde iki yaklaşım ailesi vardır. Birincisi emisyonun doğrudan belirlenmesi, ikincisi hesaplamadır.

Yaklaşım	Nasıl çalışır	Uygun olduğu durum	Dikkat edilecek nokta
Doğrudan ölçüm	Bacada ya da kaynakta gaz derişimi ve debi ölçülür, emisyon kütlesine çevrilir	Ölçüm altyapısı olan, büyük ve sürekli nokta kaynaklar	Cihaz kalibrasyonu, veri kesintileri ve ölçüm belirsizliği kayıt altına alınmalıdır
Kütle denkliği	Prosese giren ve çıkan kütleler karşılaştırılır. Fark, atmosfere verilen miktarı verir	Girdi ve çıktı miktarları güvenilir izlenen prosesler	Küçük ölçüm hataları büyük farklara dönüşebilir
Stokiyometri	Kimyasal reaksiyon denkleminden emisyon hesaplanır	Reaksiyonu ve saflığı bilinen proses emisyonları	Saflık ve reaksiyon verimi varsayımı açık yazılmalıdır
Hesaplama (faaliyet verisi × emisyon faktörü)	Belgelenmiş faaliyet verisi uygun faktörle çarpılır	Yakıt, elektrik, ulaşım ve satın alınan birçok faaliyet	Faktörün temsil gücü ve birimi kontrol edilmelidir

İki kısa örnek yaklaşımları somutlaştırır:

```
Kütle denkliği (karbon): CO₂ (kg) = (giren karbon − çıkan karbon) (kg C) × 44/12
Stokiyometri: CaCO₃ → CaO + CO₂
1 ton saf CaCO₃ için CO₂ = 44,009 ÷ 100,086 = 0,4397 ton, yaklaşık 0,440 tCO₂/tCaCO₃
```

Stokiyometrik sonuç tam saf girdi ve tam reaksiyon varsayımıyla geçerlidir. Gerçek girdide saflık ve reaksiyon derecesi ayrıca belgelenir.

3.1 Yöntem seçimi bir teknik karardır

Bu eğitimde Ders 12'den itibaren sanayide en sık karşılaşılan kaynaklar ele alındığı için ağırlık faaliyet verisi ve emisyon faktörü üzerindedir. Yine de bir hesap dosyasına bakarken ilk soru hangi formülün kullanıldığı değil, bu kaynak için seçilen nicelendirme yönteminin uygun olup olmadığıdır. Seçim şunlara bağlıdır:

- Emisyon kaynağının fiziksel yapısı.
- Mevcut veri kalitesi.
- İstenen doğruluk düzeyi.
- Kullanılan raporlama programının kuralları.

ISO 14064-1 çerçevesinde de seçilen yaklaşımın gerekçelendirilmesi ve tutarlı biçimde uygulanması beklenir.

IPCC ulusal envanter dili bu mantığı kademelerle (Tier) anlatır. Tier 1 varsayılan faktörleri, Tier 2 ülkeye özgü faktörleri, Tier 3 tesis düzeyinde ölçüm ve ayrıntılı veriyi kullanır. Kurumsal hesapta da aynı fikir geçerlidir: veri ve kaynak önemi arttıkça daha özgül veri aranır.

3.2 Yöntem değişikliğini kaydedin

Aynı kaynak için yöntem değiştirilirse dönemler arası karşılaştırılabilirlik etkilenebilir. Bu nedenle şunlar kaydedilmelidir:

- Yöntem değişikliğinin nedeni.
- Eski ve yeni yaklaşım arasındaki fark.
- Mümkünse geçmiş dönemlere etkisi.

Hesaplama metodolojisi yalnızca sonuç üreten teknik bir araç değil, envanterin zaman içinde tutarlı kalmasını sağlayan bir yönetim kararıdır.

4. Emisyon faktörü: internetten bulunan her katsayı kullanılmaz

Emisyon faktörü, belirli bir faaliyeti sera gazı emisyonuna dönüştüren katsayıdır. Faktörler farklı birimlerde verilir:

Faktör örneği	Anlamı
kg CO_2/litre	Litre yakıt başına kilogram karbondioksit
tCO_2e/MWh	Megavatsaat elektrik başına ton CO_2e
kg CO_2e/kWh	Kilovatsaat başına kilogram CO_2e
kg CH_4/TJ	Terajul enerji başına kilogram metan

Aynı başlığa sahip iki faktörün aynı şeyi ölçtüğünü varsaymak hatadır.

4.1 Faktör kullanmadan önce yedi kontrol

Kontrol	Sorulacak soru
1. Faaliyet ve teknoloji	Faktör bu kaynak ve bu teknoloji için mi verilmiş?
2. Coğrafya	Faktör Türkiye, ABD, Birleşik Krallık ya da başka bir bölge için mi?
3. Yıl ve sürüm	Hangi referans yıl ve hangi yayın sürümü?
4. Birim	Paydadaki birim faaliyet verisinin birimiyle eşleşiyor mu?
5. Kapsanan sera gazları	Yalnızca CO_2 mi, CO_2, CH_4 ve N_2O mu, yoksa hazır CO_2e mi?
6. Sistem sınırı	Yalnızca doğrudan yanma mı, yoksa üretim, tüketim noktası, yakıtın yukarı yönlü etkileri ya da taşıma da içinde mi?
7. Yaşam döngüsü aşamaları	Faktör hangi aşamaları temsil ediyor ve aynı etki başka bir hesap satırında zaten sayıldı mı?

Hazır CO_2e faktörü söz konusuysa ek olarak şunlar kontrol edilir: KIP temeli biliniyor mu ve kapsanan etki başka satırda tekrar ediyor mu?

4.2 Aynı başlık, farklı faktör

- Aynı yakıt için yalnızca yanma emisyonunu veren faktör ile üretim, rafinaj ve taşıma aşamalarını da içeren yaşam döngüsü faktörü farklı sonuç verir.
- Elektrik faktörü üretim noktasını, tüketim noktasını ya da bir proje sayesinde kaçınılan emisyonu temsil edebilir.
- Güvenilir bir kaynaktaki faktör yanlış coğrafyada kullanılırsa hesap yine yanlıştır. ABD elektrik faktörü Türkiye şebeke tüketimi için otomatik olarak uygun değildir.

Bu nedenle faktörün başlığından çok metodoloji notunu okuyun, sistem sınırını başka hesap satırlarıyla karşılaştırın ve çifte sayım riskini kontrol edin. Emisyon faktörü seçimi en yeni sayıyı bulma işi değil, doğru faktörü doğru faaliyete eşleştirme işidir.

5. Faktör kaynakları ve seçim mantığı

5.1 Karar sırası

Faktör seçimi için tek ve her durumda geçerli bir hiyerarşi yoktur. Yine de sağlam bir karar sırası kurulabilir:

1. **Program ya da mevzuat şartı var mı?** Kuruluşun tabi olduğu mevzuat, müşteri şartı ya da raporlama programı belirli bir faktör veya metodoloji zorunlu tutuyorsa kurumsal tercih değil, program kuralı önceliklidir.
2. **Faaliyeti en iyi temsil eden kaliteli veri hangisi?** Zorunlu kural yoksa ulusal faktör her zaman önce gelmez. Yöntemi, zaman kapsamı, sistem sınırı ve veri kalitesi iyi belgelenmiş güvenilir bir tesis ya da tedarikçiye özgü faktör genel bir varsayımdan daha temsil edici olabilir. Buna karşılık resmî ulusal ya da bölgesel bir faktör, zayıf dokümante edilmiş özel bir faktörden daha savunulabilir olabilir.
3. **Bunlar yoksa güvenilir uluslararası varsayılan ya da ikame veri.** IPCC, GHG Protocol araçları, Birleşik Krallık hükümeti, ABD EPA ya da ADEME gibi kaynaklar değerlendirilebilir. Coğrafi ve metodolojik sınırlar kontrol edilir.

> **Dikkat:** Tesis ya da tedarikçiye özgü veri otomatik olarak daha iyi değildir. Yöntem, zaman kapsamı, sınır, teknoloji ve doğrulama durumu açıklanabilmelidir.

5.2 Başlıca kaynaklar ve güncel durum (Eylül 2026)

Kaynak	Yayımlayan	Ne sunar	Güncel durum ve dikkat
IPCC 2006 Kılavuzu ve 2019 Refinement	IPCC Ulusal Sera Gazı Envanterleri Görev Grubu	Yakıt, proses ve diğer kaynaklar için varsayılan faktörler, NKD değerleri ve yöntemler	2006 Kılavuzu temel referanstır. 2019 Refinement onu ikame etmez, günceller ve tamamlar. İkisi birlikte kullanılır. Varsayılan değerler ülke ya da tesis verisi yoksa devreye girer
IPCC Emisyon Faktörü Veri Tabanı (EFDB)	IPCC Görev Grubu Bürosu, Editoryal Kurul ve Teknik	Yayımlanmış ölçüm ve çalışmalardan derlenen faktörler	2023'te 2019 Refinement kategorilerini içeren yükseltilmiş sürüm yayımlandı. Destek materyali resmî IPCC inceleme sürecinden geçmemiştir. Varsayılan değer değildir ve uygun kullanım sorumluluğu kullanıcıdadır

	Destek Birimi		
GHG Protocol yöntem rehberi, hesaplama araçları ve KIP tablosu	WRI ve WBCSD	Faaliyet verisi × faktör yaklaşımı, hesaplama araçları, KIP değerleri (Sürüm 2.0, 7 Ağustos 2024)	Araçlar yöntemi gösterir. Araçlardaki faktörlerin kaynağı ve sürümü ayrıca kontrol edilir. Kurumsal standartların revizyon çalışması sürmektedir, yayım durumu resmî siteden izlenmelidir
UK DESNZ şirket raporlama dönüşüm faktörleri	Birleşik Krallık Enerji Güvenliği ve Net Sıfır Bakanlığı	Yakıt, elektrik, mesafe gibi faaliyet verilerinden Kapsam 1, 2 ve 3 hesabına yönelik yıllık faktörler. Literatürde DEFRA faktörleri adıyla da anılır	2026 sürümü 11 Haziran 2026'da yayımlandı. Birleşik Krallık kuruluşları için tasarlanmıştır. Türkiye elektriğine otomatik uygulanmaz. Hazır CO_2e değerlerinde KIP temeli belgeden kontrol edilmelidir
US EPA Emission Factors Hub ve Simplified GHG Emissions Calculator	ABD Çevre Koruma Ajansı	ABD için yakıt, elektrik (eGRID), ulaşım, atık gibi varsayılan faktörler. Hub AR5 KIP değerlerine dayanır	Son yıllık güncelleme 2025 sürümüdür (Ocak 2025). Eylül 2026 kontrolünde 2026 sürümü bulunamadı. ABD bağlamı içindir, birimleri ABD birimleridir (kısa ton, galon, mmBtu)
ADEME Base Empreinte	Fransız Ekolojik Dönüşüm Ajansı (ADEME)	Kamuya açık faktör ve veri tabanı, eski adıyla Base Carbone	Veri güncellemeleri sürmektedir. Her faktörün sınırı, coğrafyası, statüsü ve sürümü okunmalıdır
ecoinvent	ecoinvent Association (İsviçre)	Ürün ve süreçlere ait yaşam döngüsü envanter veri tabanı (YDD, ürün karbon ayak izi, EPD çalışmaları)	Güncel sürüm 3.12 (Kasım 2025). Lisans gerektirir. Sistem sınırı geniştir. Kurumsal envanterde yakıt yanması faktörünün yerine değil, malzeme ve ürün zinciri için kullanılır (bkz. Ders 9)
ETKB Türkiye elektrik faktörleri	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Türkiye elektrik üretimi ve tüketim noktası emisyon faktörleri	Sayfada 2020 ile 2023 yılları listelenir, son güncelleme 31.12.2025. 2024 faktörü bu kontrolde bulunamadı. Ayrıntısı Bölüm 10'dadır
TÜİK ulusal sera gazı envanteri ve Ulusal Envanter Belgesi (NID)	TÜİK ve UNFCCC'ye sunulan envanter belgesi	Ulusal toplamlar, yöntem ve ülkeye özgü parametrelerin belgelenmesi	1990 ile 2024 dönemi envanteri 2026'da yayımlandı. 2024 toplamı LULUCF hariç 584,5 Mt CO_2e, LULUCF dahil 517,4 Mt CO_2e. NID 2026 yöntem olarak 2006 IPCC Kılavuzu'nu belirtir. Ulusal toplam kurumsal faktör değildir, faktör olarak kullanılacaksa belgedeki sınıra ve birime bakılır

5.3 Faktör pasaportu

Her faktör için küçük bir pasaport tutun. Hesap dosyasında yalnızca sayıyı yazmak yetersizdir.

Pasaport alanı	Örnek kayıt (Bölüm 10'daki faktör)
Yayımlayan kurum	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Veri seti	Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri
Referans yıl veya sürüm	2023
Erişim tarihi	30.09.2026 (örnek)
Birim	tCO_2e/MWh
Gaz kapsamı	Hazır CO_2e değeri. KIP temeli kaynak belgeden kontrol edilir, belirtilmiyorsa veri boşluğu olarak kaydedilir
Sistem sınırı	Dağıtım hattından bağlı tüketim noktası
Yaşam döngüsü aşamaları	Elektrik üretimi ve tüketim noktası. Yakıt zinciri kapsamı kaynaktan kontrol edilir
Aynı etkinin başka satırda bulunup bulunmadığı	Kontrol edildi, başka satırda yok
Seçim gerekçesi	Kısa metodoloji notu

Faktör pasaportu, sonuç sorgulandığında hesabı savunmanın en kısa yoludur.

6. Birim eşleştirme: hesabın görünmeyen kontrolü

Birçok karbon hesabındaki hata faktörden değil, birimlerden kaynaklanır. En güvenli yöntem boyut analizidir: faaliyet verisinin birimi ile faktörün paydasındaki birim birbirini götürüyor mu?

```
Tüketim (MWh) × Faktör (tCO₂e/MWh) = Emisyon (tCO₂e)    MWh birimi iptal olur
```

Tüketim kWh cinsindeyse ya faktörü kWh birimine çevirmeli ya da tüketimi MWh'ye dönüştürmelisiniz. Temel kural şudur: faktör hangi birimi bekliyorsa faaliyet verisini o birime getirin.

6.1 Sık kullanılan dönüşümler

Dönüşüm	Değer
Enerji (elektrik)	1 MWh = 1.000 kWh. 1 GWh = 1.000 MWh
Enerji (elektrik ve yakıt)	1 kWh = 3,6 MJ. 1 MWh = 3,6 GJ = 0,0036 TJ. 1 TJ = 1.000 GJ = yaklaşık 277,78 MWh
Kütle	1 ton = 1.000 kg. 1 Gg = 1.000 ton = 1.000.000 kg
Hacim	1 m³ = 1.000 litre
Isıl değer	1 TJ/Gg = 1 MJ/kg. Bu nedenle 48 TJ/Gg, 48 MJ/kg demektir
Emisyon sonucu	1 tCO_2e = 1.000 $kgCO_2e$. 1 $GgCO_2e$ = 1.000 tCO_2e

6.2 Güç ile enerjiyi karıştırmayın

MW bir güç birimidir. MWh ise enerji miktarıdır ve karbon hesabında faaliyet verisi olarak kullanılan büyüklüktür. Bir milyon kilovatsaat bir megavat etmez, bin megavatsaat eder. 2 MW sözleşme gücüne sahip bir tesisin yıllık tüketimi 2 × 8.760 = 17.520 MWh değildir. Bu değer yalnızca teorik üst sınırdır, gerçek tüketim sayaçtan alınır.

6.3 Hacim koşulları: Nm³ ve Sm³

Gaz yakıtlarında hacim verisinin hangi referans koşulunda verildiğini kontrol edin. Nm³ çoğunlukla 0 °C ve 1 atmosfer (normal koşul), Sm³ çoğunlukla 15 °C ve 1 atmosfer (standart koşul) için kullanılır. Ancak sembollerin tanımı veri sağlayıcısına göre değişebilir. Bu yüzden sağlayıcının tanımını kaydedin.

Fark küçük görünse de sonuca yansır. İdeal gaz yaklaşımıyla 15 °C'de ölçülen 100.000 Sm³ gaz 0 °C koşulunda şu hacme denk gelir:

```
100.000 Sm³ × 273,15 K ÷ 288,15 K = 94.794 Nm³
```

Sm³ değerini Nm³ sanıp Nm³ başına yoğunlukla çarparsanız kütle yaklaşık %5,5 fazla çıkar.

6.4 Sistem dışı birimler

ABD kaynaklarında kısa ton (1 kısa ton = 907,185 kg), ABD galonu (3,785 litre) ve mmBtu gibi birimler sık görülür. Metrik ton ile kısa tonu karıştırmak yaklaşık %10 hata yaratır.

6.5 Yuvarlama ve dönüşüm katsayıları

- Ara sonuçları erken yuvarlamayın. Litreden metreküpe, kilogramdan tona, gigajuldan terajula her adımda yuvarlama yapılırsa küçük farklar toplamda büyür.
- Dönüşüm katsayılarını hesap dosyasında ayrı hücrelerde ve kaynaklarıyla tutun.
- Sonucu raporlarken uygun anlamlı basamak kullanın, ham veriyi mümkün olduğunca koruyun.
- Birim kolonunu hiçbir zaman dekoratif bilgi gibi görmeyin. Birim formülün kendisinin parçasıdır.

> **Sık yapılan hata: kWh ile MWh'yi karıştırmak sonucu bin kat bozar.** Örneğin 120.000 kWh değerini doğrudan 0,469 ile çarpmak 56.280 verir. Doğru sonuç 56,28 tCO_2e'dir.

7. Yoğunluk ve net kalorifik değer: ne zaman gerekir, ne zaman gerekmez

Birçok teknik rehberde yakıt hesabı hacimden kütleye, oradan enerjiye dönüştürülür. Bunun nedeni kullanılan emisyon faktörünün enerji bazlı olmasıdır. Faktör kg gaz/TJ olarak verilmişse litre ya da metreküp tüketimi doğrudan bu faktörle çarpılamaz.

- **Yoğunluk** hacim ile kütle arasındaki köprüdür.
- **Net kalorifik değer (NKD)**, başka bir ifadeyle alt ısıl değer, yakıt kütlesini enerji içeriğine dönüştürür.

Faktörün birimi	Gerekli zincir	Yoğunluk ve NKD gerekir mi?
kg gaz/TJ gibi enerji bazlı	Hacim → yoğunluk → kütle → NKD → enerji → faktör	Evet, veri enerji biriminde değilse
kg CO_2e/litre gibi hacim bazlı	Hacim → faktör	Hayır
kg CO_2e/kg gibi kütle bazlı	Kütle → faktör	Hayır
tCO_2e/TJ ya da kg CO_2e/kWh, faaliyet verisi zaten enerji biriminde	Enerji → faktör	Hayır, yalnızca enerji tanımı (net ya da brüt) uyumlu olmalıdır

> **Dikkat: Yakıt hesabı mutlaka NKD ile yapılır ezberi yanlıştır.** Doğru yaklaşım önce emisyon faktörünün birimine ve metodolojik kapsamına bakmaktır. Amaç daha çok dönüşüm yapmak değil, veriyi seçilen faktörle tutarlı hale getirmektir. Güvenilir kaynak kg CO_2e/litre gibi doğrudan bir faktör veriyorsa litreyi tona ve terajula çevirmek yeni hata noktaları yaratır.

Uzun yolun genel şeması (her ok yalnızca gerekiyorsa uygulanır):

```
litre → m³ → kg → Gg → TJ → kg gaz (kg/TJ faktörleriyle)
```

7.1 Net ve brüt ısıl değer

Alt ısıl değer (NKD), yanma suyunun buharlaşma ısısını düşer. Üst (brüt) ısıl değer bunu içerir. IPCC 2006 Cilt 2 Bölüm 1'e göre kömür ve petrolde NKD brüt değerden yaklaşık %5, doğal ve üretilmiş gazların çoğunda yaklaşık %10 düşüktür. IPCC faktörleri net esaslıdır. Faktör net esaslıysa veri de net esaslı enerjiye getirilmelidir.

Referans olarak IPCC 2006 Cilt 2 Tablo 1.2 varsayılan NKD değerlerinden bazıları:

Yakıt	Varsayılan NKD (TJ/Gg)	Alt ve üst sınır
Doğal gaz	48,0	46,5 ile 50,4
Motorin (gaz/dizel yağı)	43,0	41,4 ile 43,3
Motor benzini	44,3	42,5 ile 44,8
Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG)	47,3	44,8 ile 52,2

Bunlar varsayılan değerlerdir. Raporlama programı farklı bir değer istiyorsa ya da güvenilir tedarikçi veya ülke verisi varsa önce onu değerlendirin.

7.2 Örnek: brüt esaslı kWh verisi

Bir doğal gaz faturası enerjiyi brüt (üst ısıl değer) esaslı 3.000.000 kWh olarak veriyor olsun (eğitim verisi, esası tedarikçiden öğrenilir). IPCC'nin yaklaşık %10 kuralıyla net değer brüt değerin yaklaşık 0,90 katıdır. Bu oran gerçek tedarikçi verisiyle değiştirilir.

Değer	Birim	İşlem	Sonuç
3.000.000	kWh	÷ 1.000 kWh/MWh	3.000 MWh
3.000	MWh	× 0,0036 TJ/MWh	10,8 TJ (brüt)
10,8	TJ (brüt)	× 0,90 (net ÷ brüt)	9,72 TJ (net)
9,72	TJ (net)	× 56.100 kg CO_2/TJ	545.292 kg CO_2

Brüt değeri doğrudan net esaslı faktörle çarpmak 10,8 × 56.100 = 605.880 kg CO_2 verirdi. Bu yaklaşık %11,1 fazla hesaptır. Bu yalnızca CO_2 adımıdır, tam doğal gaz hesabı Ders 15'tedir.

8. Sera gazları ve KIP: gaz bazından ortak CO_2e diline

Bazı faktör setleri doğrudan CO_2e verir, bazıları gazları ayrı ayrı hesaplatır. Gaz bazlı yöntemde önce faaliyet verisi her gazın emisyon faktörüyle çarpılır ve CO_2, CH_4, N_2O miktarları kendi fiziksel birimlerinde bulunur. Kurumsal envanter bu üç gazla sınırlı değildir. Faaliyete göre HFC'ler, PFC'ler, SF_6 ve NF_3 gibi diğer sera gazları da dikkate alınır.

Farklı gazların iklim etkisini ortak ölçeğe taşımak için küresel ısınma potansiyeli (KIP) kullanılır:

```
CO₂e = gaz miktarı × KIP    (gazlar ayrı ayrı hesaplanır ve toplanır)
```

8.1 KIP setleri

KIP değerlerini ezberlemek yerine kullanılan IPCC değerlendirme raporu setini kaydetmek ve envanter içinde tutarlı olmak önemlidir. Aşağıdaki tablo farkı göstermek içindir. Değerler 100 yıllık zaman ufkuna aittir ve GHG Protocol KIP tablosundan (Sürüm 2.0, 7 Ağustos 2024) alınmıştır.

Gaz	AR4	AR5	AR6
CO_2	1	1	1
CH_4 (fosil olmayan)	25	28	27,0
CH_4 (fosil)	Ayrım yok	30	29,8
N_2O	298	265	273

Ders 15 ile tutarlı olarak bu derste AR6 değerleri kullanılır. Yanma kaynaklı CH_4 için 27,0 uygulanır, çünkü metanın atmosferde CO_2'ye yükseltgenmesinden doğan etki yanma CO_2'sinde zaten sayılır. Fosil kaçak ve proses metanı için 29,8 kullanılır. Ayrıntı Ders 15'tedir.

8.2 KIP seti programa göre değişir: güncel durum (Eylül 2026)

Çerçeve	100 yıllık KIP seti	Not
GHG Protocol	En güncel IPCC değerleri (AR6) önerilir	Sürüm 2.0 tablosu AR4, AR5 ve AR6 değerlerini verir. Aynı envanterde ve baz yılda tek bir set ile tutarlılık beklenir
UNFCCC, Paris Anlaşması şeffaflık çerçevesi (karar 18/CMA.1, paragraf 37)	AR5 100 yıllık değerleri ya da CMA'nın kabul edeceği sonraki bir rapor	Başka metrikler ek bilgi olarak, kaynak değerlendirme raporu belirtilerek verilebilir. Sözleşme kapsamındaki envanter raporlamasında da AR5 esastır (karar 7/CP.27)
AB SKDM (CBAM)	AR5 100 yıllık değerleri	AB Komisyonu CBAM Kılavuz No. 3, AB ETS mevzuatıyla uyumlu olarak AR5 kullanıldığını belirtir. Mevzuat değişebilir, yürürlükteki metin kontrol edilmelidir
Türkiye ulusal envanteri (TÜİK, NID 2026)	Belgenin okunan bölümünde KIP seti açıkça belirtilmemiştir	NID yöntem olarak 2006 IPCC Kılavuzu'nu belirtir. Envanter sayılarıyla karşılaştırma yapılacaksa belgedeki KIP seti kontrol edilmelidir
Müşteri, sektör ya da gönüllü program	Program kuralı	Program belirli bir set şart koşuyorsa onu izleyin

Bu tablodan çıkan dürüst sonuç şudur: AR6 şirket envanteri rehberlerinde önerilen güncel setten biridir, fakat uluslararası raporlama ve AB düzenlemeleri bugün hâlâ AR5 kullanabilmektedir. Hangi setin geçerli olduğu, kuruluşun raporunu kime sunduğuna bağlıdır.

8.3 Tutarlılık kuralları

- Aynı envanterde farklı IPCC değerlendirme raporu setlerini gelişigüzel karıştırmayın.
- Hesap tablosunda yalnızca KIP yazmak yerine kullanılan IPCC setini ve sürümü açıkça belirtin.
- Baz yıl ile güncel yıl karşılaştırmalarında KIP seti değişikliğinin etkisini yönetin.
- Hazır CO_2e faktörü KIP dönüşümünü zaten içerir. Farklı kaynaklardaki hazır CO_2e faktörlerinin aynı KIP setine dayandığını varsaymayın.

9. İki hesap yolu: doğrudan CO_2e faktörü mü, gaz bazlı faktör mü

	Yol A: doğrudan CO_2e faktörü	Yol B: gaz bazlı faktör ve KIP
Faktör	kg CO_2e/birim faaliyet. Tüm ilgili gazların etkisi faktörün içindedir	Her gaz için ayrı faktör (kg CO_2/TJ, kg CH_4/TJ, kg N_2O/TJ)
Hesap	Faaliyet verisi × faktör = CO_2e	Faaliyet verisi × her gazın faktörü = gaz miktarları. Sonra her gaz × KIP, sonuçların toplamı = CO_2e
KIP	Tekrar uygulanmaz	Hesapta bir kez uygulanır
Ne zaman	Veri seti ya da program hazır CO_2e veriyorsa	Veri seti gazları ayrı veriyorsa ya da program gaz bazlı rapor istiyorsa

Hangi yolun kullanılacağı veri setine, raporlama programına ve kaynağın metodolojisine bağlıdır. Hesap yolunu faktörün veri yapısı belirler, Excel'deki kolon başlıkları değil.

9.1 Aynı faktörün iki yüzü

Doğal gazın imalat sanayiinde yanması için IPCC 2006 Cilt 2 Tablo 2.3 değerleri CO_2 56.100, CH_4 1 ve N_2O 0,1 kg/TJ'dir. Yol B ile 1 TJ enerji için gazlar ayrı hesaplanır:

Gaz	Faktör (kg/TJ)	KIP (AR6)	Sonuç (kg CO_2e/TJ)
CO_2	56.100	1	56.100
CH_4	1	27,0	27
N_2O	0,1	273	27,3
Toplam			**56.154,3**

Bu toplam, Yol A'da kullanılabilecek hazır bir CO_2e faktörünün eşdeğeridir: 56.154,3 kg CO_2e/TJ. Enerji birimi kWh'ye çevrilirse net esaslı yaklaşık 0,2022 kg CO_2e/kWh olur (56.154,3 ÷ 277.777,8 kWh/TJ). Ders 15, aynı faktörleri 18,72 TJ'ye uygular ve 1.051,208 tCO_2e bulur. İki yol doğru kullanıldığında aynı sonucu verir.

9.2 İki büyük tuzak

> **Dikkat: Zaten CO_2e olan faktöre tekrar KIP uygulamayın.** Yukarıdaki 56.154,3 kg CO_2e/TJ değerini bir gazmış gibi CH_4 KIP'si ile çarparsanız 1.516.166 kg CO_2e/TJ çıkar. Sonuç yirmi yedi kat şişer ve envanter ciddi biçimde bozulur.

> **Dikkat: Yanma faktörü ile yukarı yönlü emisyonları içeren faktör aynı şey değildir.** Doğrudan yanma faktörü ile yakıt üretimi, rafinajı ve taşınması gibi yukarı yönlü emisyonları içeren yaşam döngüsü faktörünü iki ayrı satırda toplamak ya da biri diğerini içerirken tekrar eklemek çifte sayım yaratır. Her faktörün birimini ve kapsam açıklamasını okumadan hesap formülü kurmayın.

10. Mini uygulama: Türkiye elektrik tüketiminde doğru faktörü eşleştirmek

Bu bölüm yalnızca yöntem göstermek için seçilmiş **2023 raporlama yılı** örneğidir. Konum ve piyasa temelli yöntem ayrıntısı Ders 13 ve 15'tedir. Burada yalnızca Türkiye elektriğinde faktör seçimindeki kaynak farkı öğretilir.

10.1 Veri

Örnek Sanayi A.Ş. şirketinin dağıtım hattına bağlı tesisi 2023 yılında 120.000 kWh elektrik tüketmiştir (eğitim verisi). Önce faaliyet verisi faktörün birimine getirilir:

```
120.000 kWh ÷ 1.000 kWh/MWh = 120 MWh
```

10.2 ETKB 2023 faktörleri

ETKB, *Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri* sayfasında üç ayrı faktör verir:

Faktör	Değer (tCO_2e/MWh)	Sistem sınırı
Türkiye geneli elektrik üretimi	0,434	Üretim
İletim hattından bağlı tüketim noktası	0,436	Tüketim noktası
Dağıtım hattından bağlı tüketim noktası	0,469	Tüketim noktası

ETKB sayfası faktörlerin Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) veri tabanı dokümantasyonundaki metodolojiye dayanılarak hesaplandığını belirtir. Tüketim noktası faktörlerinin iletim ve dağıtım kayıplarını içerip içermediği sayfada açıkça yazılmamıştır. Bu nedenle faktör seçiminden önce ilgili belgenin sistem sınırı notu okunmalıdır.

10.3 Hesap

Faktör	Değer	İşlem	Sonuç

Üretim	120 MWh	× 0,434 tCO_2e/MWh (MWh iptal olur)	52,08 tCO_2e
İletim tüketim noktası	120 MWh	× 0,436 tCO_2e/MWh (MWh iptal olur)	52,32 tCO_2e
Dağıtım tüketim noktası	120 MWh	× 0,469 tCO_2e/MWh (MWh iptal olur)	56,28 tCO_2e

Dağıtım tüketim noktası sonucu, üretim faktörüyle bulunan sonuçtan 4,20 tCO_2e (yaklaşık %8,1) fazladır. Hesabın matematiği basittir, kritik olan faktörün raporlama yılına, bağlantı türüne ve sistem sınırına uygun seçilmesidir.

10.4 Hangi sonuç hangi amaçla

- **Program ya da müşteri şartı tüketim noktası faktörü istiyorsa** dağıtım hattına bağlı bu tesis için 0,469 ve 56,28 tCO_2e kullanılır. İletim ve dağıtım etkilerini ayrıca eklemeyin.
- **ISO 14064-1 Kategori 2 sınırı izleniyorsa ve başka şart yoksa** Ders 15 ile tutarlı olarak üretim faktörü 0,434 ve 52,08 tCO_2e kullanılır. Kategori 2 sınırı, iletim ve dağıtım kayıplarını kapsam dışında bırakır.
- Seçimi, gerekçesini ve faktör pasaportunu hesap dosyasına kaydedin. Sonucu, kullanılan faktörün hangisi olduğunu yazmadan raporlamayın.

10.5 Birleşik marj şebeke faktörü ayrı bir kavramdır

ETKB'nin *Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü* başlıklı birleşik marj değerleri, yenilenebilir elektrik projeleriyle sağlanacak kaçınılan emisyon hesabına yöneliktir. Bakanlık bu amacı açıkça belirtir. Bu değerler şebekeden elektrik tüketen kuruluşun tüketim faktörü olarak kullanılmaz. Aynı kurumdan gelen iki güvenilir sayı bile farklı amaçlar içindir. Aynı ETKB sayfasında iletim ve dağıtım hatlarına bağlı tüketiciler için farklı faktörlerin bulunması da tek bir Türkiye elektrik faktörü ezberinin yetersiz olduğunu gösterir.

10.6 Güncel durum (Eylül 2026): yıla bağlı faktör

> **Bu sayılar 2023 yöntem örneğidir.** 2026 ya da başka bir yıl için kalıcı faktör gibi kullanmayın. ETKB sayfasında bu materyalin hazırlandığı tarihte 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılları listelenmiştir ve sayfanın son güncelleme tarihi 31.12.2025'tir. Bu kontrolde 2024 yılına ait yayımlanmış bir faktör bulunamamıştır. Gerçek hesap 2024 ya da daha sonraki bir yıla aitse güncel resmî faktörü ETKB sayfasından ve uygulanabilir program şartlarından kontrol edin. Bağlantı türü ve raporlama yılı değiştiğinde kullanılacak faktör değişebilir, bu iki bilgiyi hesap dosyasına mutlaka kaydedin.

11. Veri kalitesi, izlenebilirlik ve belirsizlik: sonuçtan önce kanıt zinciri

İyi hesap yalnızca doğru görünen sonuç değildir. Aynı sonucu başka bir uzman makul biçimde yeniden üretebilmelidir. Bunun için her hesap satırının bir veri izi olmalıdır.

11.1 Veri izi

Soru	Kayıt
Faaliyet verisi nereden geldi?	Fatura ya da sayaç numarası
Hangi ayları kapsıyor?	Dönem başı ve sonu
Kim sağladı, kim kontrol etti?	Veri sahibi ve onaylayan
Faktör nereden geldi?	Kurum, yıl, sürüm (faktör pasaportu)
Formül ve dönüşümler neler?	Formül, katsayılar ve kaynakları
Değişiklik oldu mu?	Değişiklik kaydı

Yeniden üretilebilir hesap şunlardan oluşur: veri, formül, kaynak, sürüm ve kanıt.

11.2 Basit kalite kontrolleri

Basit kontroller çoğu zaman karmaşık model hatalarından daha sık görülen sorunları yakalar:

- On iki aylık dönem tam mı?
- Aynı fatura iki kez girilmiş mi?
- Kilovatsaat ile megavatsaat karışmış mı?
- Yakıt stoğu ya da satın alma miktarı tüketim sanılmış mı?

- Faktörün birimi ve kapsamı doğru mu?
- Ara hesaplarda gereğinden erken yuvarlama yapılmış mı?

11.3 Belirsizlik gizlenmemelidir

Bu derste sayısal belirsizlik formülüne girilmez. Yine de iki belirsizlik kaynağı tanınmalıdır:

Kaynak	Örnek
Faaliyet verisi belirsizliği	Ölçüm cihazı hassasiyeti, tahmin yöntemi, eksik veri
Faktör ve yöntem belirsizliği	Genel bir faktörün gerçek tesisi tam temsil etmemesi

Faktör belirsizliğinin büyüklüğünü görmek için IPCC Tablo 2.3 doğal gaz satırı yol göstericidir. CO_2 varsayılanı 56.100 kg/TJ iken alt ve üst sınırlar 54.300 ile 58.300 kg/TJ'dir (yaklaşık %3,2 aşağı ve %3,9 yukarı). CH_4 için varsayılan 1, sınırlar 0,3 ile 3 kg/TJ'dir. Varsayılan değer tek ve kesin bir sayı değil, bir aralığın merkezidir. Hangi veri ve yöntemlerin daha zayıf olduğunu belirlemek iyileştirme planı için önemlidir. ISO 14064-1 belirsizliğin değerlendirilmesini ister.

11.4 Eksik veri

Veri eksikliğinde kullanılan varsayım ya da temsili veri açıkça işaretlenmelidir. Üç aylık veri eksikse kalan dokuz ayın ortalamasını otomatik uzatmak yerine şunları not edin:

- Bu yöntemin neden seçildiği.
- Mevsimsellik riski.
- Sonuca olası etkisi.

Böylece sonraki yıl gerçek veri geldiğinde hangi satırların güncellenmesi gerektiği hemen görülür. Hesap dosyanızın amacı yalnızca toplam üretmek değil, toplamın nasıl üretildiğini gösterebilmektir.

12. Sık yapılan hatalar ve hesap öncesi kontrol

Doğru sayıyı yanlış yerde kullanmak en sık görülen hata biçimidir.

Hata	Neden sorun	Doğrusu
1. Birim hatası: kWh ile MWh, kg ile ton, litre ile m^3 karışır	Sonuç bin kat ya da daha fazla bozulabilir	Boyut analizi yapın, birimler iptal olsun
2. Yanlış yıl ya da coğrafyadan faktör seçmek	Faktör faaliyeti temsil etmez. UK faktörleri Türkiye elektriğine, ABD EPA faktörleri ABD dışına otomatik uygulanmaz	Faaliyetin yılı ve coğrafyasıyla eşleşen kaynağı kullanın
3. Kapsam karışıklığı: doğrudan yanma ile yukarı yönlü etkiler karışır	İkisini fark etmeden toplamak ya da biri diğerini içerirken tekrar eklemek çifte sayım yaratır	Faktörün sistem sınırını okuyun
4. Zaten CO_2e veren faktöre tekrar KIP uygulamak	Aynı etki ikinci kez çarpılır	Hazır CO_2e faktörüne KIP uygulamayın
5. Aynı envanterde farklı IPCC KIP setlerini karıştırmak	Tutarsızlık, karşılaştırılamaz sonuç	Tek ve belgeli set kullanın, program şartını izleyin
6. Güç ile enerjiyi karıştırmak	MW ile MWh aynı şey değildir	Faaliyet verisi olarak MWh kullanın
7. Kaynağı, yılı ve kapsamı kayıtsız sahipsiz faktör kullanmak	Sonuç savunulamaz, yeniden üretilemez	Faktör pasaportu tutun
8. Faktörü envanterin amacı ve program kurallarından bağımsız seçmek	Yanlış sistem sınırı, yanlış kullanım	Önce program şartına bakın

> **Üç kritik örnek:** UK elektrik faktörünü Türkiye tüketimine uygulamak. Birleşik marj şebeke faktörünü tüketim faktörü sanmak. CO_2e faktörüne yeniden KIP uygulamak.

12.1 Hesaplamaya başlamadan önce yedi kontrol

1. Kaynak
2. Birim
3. Yıl
4. Coğrafya

5. Kapsam (sistem sınırı ve gazlar)
6. KIP seti
7. Olası çifte sayım

Bu kontrol birkaç dakika sürer. Yanlış bir envanteri düzeltmek günler sürebilir.

12.2 Çapraz kontroller

- Yakıt tüketimini satın alma ve stok hareketleriyle karşılaştırın.
- Elektriği faturalar ve sayaçlarla karşılaştırın.
- Araç yakıtını filo kayıtlarıyla karşılaştırın.

13. Python ile doğrulama

Aşağıdaki kod bu materyaldeki sayısal örnekleri yeniden hesaplar.

```
        from decimal import Decimal as D

        # Bölüm 10: elektrik mini uygulaması
        mwh = D(120000) / D(1000)
        for faktor in (D(434), D(436), D(469)):
            print(mwh * faktor / D(1000))          # 52,08  52,32  56,28

        # Bölüm 9.1: gaz bazlı yoldan hazır CO2e faktörü (kg CO2e/TJ)
        co2e_tj = D(56100) * 1 + D(1) * D(27) + D(1) / D(10) * D(273)
        print(co2e_tj)                             # 56154,3
        print(co2e_tj / (D(10) ** 12 / D(3600000))) # kg CO2e/kWh, net esaslı
        print(D(1872) / D(100) * co2e_tj / D(1000)) # Ders 15 ile kontrol, tCO2e

        # Bölüm 7.2: brüt esaslı kWh verisi
        tj_brut = D(3000000) / D(1000) * D(36) / D(10000)
        tj_net = tj_brut * D(90) / D(100)
        print(tj_brut, tj_net, tj_net * D(56100))   # 10,8  9,72  545292

        # Bölüm 6.3: Sm3 ile Nm3
        print(D(100000) * D(27315) / D(28815))      # yaklaşık 94794

        # Bölüm 3: stokiyometri
        print((D(12011) + 2 * D(15999)) / (D(40078) + D(12011) + 3 * D(15999)))
```

Alıştırmalar (cevaplarıyla)

Alıştırma 1: Hata avcısı

Aşağıdaki hesap satırlarındaki hataları bulun.

Satır	Hata nedir?	Doğrusu
120.000 kWh × 0,469 = 56.280 tCO_2e	Faaliyet verisi kWh, faktör MWh başına. Birim iptal olmaz, sonuç bin kat büyük	120 MWh × 0,469 = 56,28 tCO_2e
56.154,3 kg CO_2e/TJ × 27,0 (CH_4 KIP'si)	Hazır CO_2e faktörüne tekrar KIP uygulanmış	Faktör kendi başına CO_2e sonucunu verir. KIP uygulanmaz
Sözleşme gücü 2 MW × 8.760 saat = 17.520 MWh yıllık tüketim	Güç, enerji yerine kullanılmış. Bu değer yalnızca teorik üst sınırdır	Yıllık tüketim sayaçtan ve faturadan alınır
Türkiye tesisi için DESNZ 2026 elektrik faktörü	Birleşik Krallık faaliyetleri için tasarlanmış faktör	ETKB Türkiye faktörü, yıl ve bağlantı türüne uygun seçilir
Şebekeden elektrik tüketen tesis için birleşik marj şebeke faktörü	Faktör kaçınılan emisyon hesabı içindir	Üretim ya da tüketim noktası faktörü, program kuralına göre
2023 faktörü (0,469) 2025 hesabında kullanılmış	Faktör yıla bağlıdır	2025 için güncel resmî faktör kontrol edilir

Alıştırma 2: Faktör seçimi

Dağıtım hattına bağlı bir tesisin müşterisi, tedarik zinciri raporunda ETKB tüketim noktası faktörünün kullanılmasını şart koşuyor. Hangi 2023 faktörü uygulanır?

Cevap: Program şartı önceliklidir. Dağıtım hattına bağlı tesis için 0,469 tCO_2e/MWh uygulanır. İletim ve dağıtım etkileri ayrıca eklenmez. Seçim ve gerekçe faktör pasaportuna yazılır.

Alıştırma 3: Hacim koşulu

Bir tedarikçi 200.000 Sm^3 (15 °C) gaz tüketimi bildiriyor. Yoğunluk verisi 0 °C koşulundaki Nm^3 için verilmiş. Hesapta hangi hacim kullanılmalı?

Cevap: Hacmi aynı koşula getirin: 200.000 × 273,15 ÷ 288,15 = 189.589 Nm^3. Sm^3 sayısını doğrudan Nm^3 gibi kullanmak kütleyi yaklaşık %5,5 fazla verirdi. Sağlayıcının Sm^3 tanımı kayda alınmalıdır.

Alıştırma 4: Doğru tablo

Doğal gazı ticari bir binada yakan bir kuruluş, CH_4 için imalat sanayii satırındaki 1 kg/TJ yerine ticari ve kurumsal satırındaki 5 kg/TJ'yi kullanmalıdır. 1 TJ için toplam CO_2e kaç olur ve fark nedir?

Cevap: 56.100 + 5 × 27,0 + 0,1 × 273 = 56.262,3 kg CO_2e/TJ. İmalat sanayii değeri 56.154,3 olduğundan fark 108 kg CO_2e/TJ, yaklaşık %0,19'dur. Fark küçüktür ama doğru tablo disiplini gereklidir.

Özet

- Faaliyet verisi karbon sonucu değil, faaliyetin ölçüsüdür. Değer, birim, dönem, kaynak ve veri sorumlusu birlikte kaydedilir.
- Faaliyet verisi × emisyon faktörü en yaygın nicelendirme yoludur. Doğrudan ölçüm, kütle denkliği ve stokiyometri de alternatiftir. Yöntem değişikliği kayda alınır.
- Emisyon faktörü evrensel bir sayı değildir. Faaliyet, coğrafya, yıl, birim, gaz kapsamı, sistem sınırı ve yaşam döngüsü aşamaları yedi kontrolle denetlenir.
- Faktör seçiminde önce program ya da mevzuat şartı, sonra en iyi temsil eden kaliteli özgül ya da resmî veri, en son güvenilir uluslararası varsayılan veri gelir. Her faktör için kaynak pasaportu tutulur.
- Birim eşleştirme görünmeyen kalite kontrolüdür. MW güçtür, MWh enerjidir. Nm^3 ile Sm^3, net ile brüt ısıl değer karıştırılmaz.
- Yoğunluk ve NKD yalnızca faktör enerji bazlıysa ve veri enerji biriminde değilse gerekir.
- Gaz bazlı hesapta gazlar ayrı hesaplanıp KIP ile CO_2e'ye çevrilir. Hazır CO_2e faktörüne KIP ikinci kez uygulanmaz. Aynı envanterde KIP seti tutarlı olur.
- AR6, GHG Protocol'ün önerdiği güncel settir. UNFCCC ve AB SKDM ise AR5 kullanır. Program şartı önceliklidir.
- Türkiye elektriğinde ETKB üretim faktörü (0,434), iletim (0,436) ve dağıtım (0,469) tüketim noktası faktörleri farklı sistem sınırlarıdır. 120 MWh için sonuçlar 52,08, 52,32 ve 56,28 tCO_2e'dir. Birleşik marj faktörü tüketim faktörü değildir. Faktör yıla bağlıdır.
- Hesap kanıt zinciriyle birlikte düşünülür: veri, formül, kaynak, sürüm ve kanıt.

Bilgi kontrolü (cevaplarıyla)

1. Faaliyet verisi nedir ve bir veri kaydı hangi beş soruya cevap vermelidir? Cevap: Emisyonla ilişkili faaliyetin ölçüsüdür, karbon sonucu değildir. Değer, birim, dönem, kaynak belge ve veri sorumlusu kaydedilir.

2. Faaliyet verisi × faktör tek nicelendirme yöntemi midir? Cevap: Hayır. En yaygın yoldur, ancak doğrudan ölçüm, kütle denkliği ve stokiyometri gibi alternatifler vardır. Seçim kaynağa, veri kalitesine ve program kurallarına bağlıdır.

3. Faktör kullanmadan önce hangi yedi şey kontrol edilir? Cevap: Faaliyet ve teknoloji, coğrafya, yıl ve sürüm, birim, kapsanan sera gazları, sistem sınırı, yaşam döngüsü aşamaları.

4. Faktör seçiminde karar sırası nasıldır? Cevap: Önce program ya da mevzuat şartı. Sonra faaliyeti en iyi temsil eden kaliteli özgül ya da resmî veri. Bunlar yoksa güvenilir uluslararası varsayılan ya da ikame veri.

5. 2 MW sözleşme gücü yıllık elektrik tüketimini verir mi? Cevap: Hayır. MW güçtür, MWh enerjidir. Tüketim sayaçtan alınır.

6. Yoğunluk ve NKD adımları ne zaman gereksizdir? Cevap: Faktör hacim ya da kütle bazlı doğrudan CO_2e veriyorsa ya da faaliyet verisi zaten faktörle uyumlu enerji biriminde geliyorsa gereksizdir. Faktör kg/TJ gibi enerji bazlı ve veri hacim ya da kütle ise gerekir.

7. Hazır CO_2e faktörüne KIP uygulanır mı? Cevap: Hayır. KIP dönüşümü faktörün içinde yapılmıştır. Tekrar uygulamak aynı etkiyi ikinci kez çarpar.

8. GHG Protocol, UNFCCC ve AB SKDM hangi KIP setini kullanır? Cevap: GHG Protocol en güncel IPCC değerlerini (AR6) önerir. UNFCCC Paris Anlaşması şeffaflık çerçevesi AR5 100 yıllık değerlerini kullanır. AB SKDM kılavuzu AR5 kullanıldığını belirtir. Program kuralı önceliklidir.

9. Dağıtım hattına bağlı 120 MWh için 2023 ETKB üretim ve tüketim noktası faktörleriyle sonuçlar nedir? Cevap: Üretim 0,434 ile 52,08 tCO_2e. İletim tüketim noktası 0,436 ile 52,32 tCO_2e. Dağıtım tüketim noktası 0,469 ile 56,28 tCO_2e. Hangisinin kullanılacağı program şartına ve sistem sınırına bağlıdır.

10. ETKB birleşik marj şebeke faktörü neden tüketim faktörü olarak kullanılmaz? Cevap: Yenilenebilir elektrik projeleriyle sağlanacak kaçınılan emisyon hesabı içindir, şebeke tüketicisinin faktörü değildir.

Anahtar kavramlar sözlüğü (TR – EN)

Türkçe	English
faaliyet verisi	activity data
emisyon faktörü	emission factor
karbondioksit eşdeğeri (CO_2e)	carbon dioxide equivalent (CO_2e)
küresel ısınma potansiyeli (KIP)	global warming potential (GWP)
net kalorifik değer (NKD), alt ısıl değer	net calorific value (NCV), lower heating value
brüt kalorifik değer, üst ısıl değer	gross calorific value (GCV), higher heating value
yoğunluk	density
doğrudan ölçüm	direct measurement
kütle denkliği	mass balance
stokiyometri	stoichiometry
hesaplama tabanlı yöntem	calculation-based method
faktör pasaportu	factor passport (factor record card)
hazır CO_2e faktörü	ready-made CO_2e factor
boyut analizi, birim iptali	dimensional analysis, unit cancellation
normal metreküp (Nm^3), standart metreküp (Sm^3)	normal cubic metre (Nm^3), standard cubic metre (Sm^3)
üretim faktörü	generation factor
tüketim noktası faktörü	consumption point factor
birleşik marj şebeke faktörü	combined margin grid factor
kaçınılan emisyon	avoided emissions
yukarı yönlü emisyonlar	upstream emissions
çift sayım	double counting
izlenebilirlik, veri izi	traceability, audit trail
belirsizlik	uncertainty
konum temelli / piyasa temelli yöntem	location-based / market-based method
sera gazı envanteri	GHG inventory

Kaynaklar ve güncellik notu

- ISO 14064-1:2018, *Greenhouse gases, Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. ISO sayfasına göre 2024'te teyit edilmiştir ve revizyon çalışması (ISO/WD 14064-1.2) sürmektedir. https://www.iso.org/standard/66453.html
- ISO/TS 14064-4:2025, *Greenhouse gases, Part 4: Guidance for the application of ISO 14064-1*. Standartlardaki örnek ve vaka faktörleri yalnızca açıklayıcıdır.
- IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Cilt 2 Enerji: Bölüm 1 Tablo 1.2 (varsayılan NKD, NKD ile brüt değer farkı) ve Bölüm 2 Tablo 2.2, 2.3, 2.4 (sabit yanma varsayılan faktörleri). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

- IPCC, *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 2006 Kılavuzu'nu günceller ve tamamlar. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/
- IPCC, *Emission Factor Database (EFDB)*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php
- GHG Protocol, *IPCC Global Warming Potential Values*, Sürüm 2.0, 7 Ağustos 2024. https://ghgprotocol.org
- GHG Protocol, *Corporate Accounting and Reporting Standard* ve hesaplama araçları. https://ghgprotocol.org
- UNFCCC, karar 18/CMA.1 (Paris Anlaşması şeffaflık çerçevesi, paragraf 37) ve karar 7/CP.27. https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/methods-for-climate-change-transparency/common-metrics
- Avrupa Komisyonu, *CBAM Guidance Document 3: CBAM methods for the calculation of emissions embedded in goods*. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- UK DESNZ, *Greenhouse gas reporting: conversion factors 2026* (11 Haziran 2026). https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2026
- US EPA, *GHG Emission Factors Hub* (2025 sürümü) ve *Simplified GHG Emissions Calculator*. https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-emission-factors-hub
- ADEME, *Base Empreinte* (eski adıyla Base Carbone). Fransız kamu faktör veri tabanı.
- ecoinvent Association, *ecoinvent database version 3.12* (Kasım 2025). https://support.ecoinvent.org/ecoinvent-version-3.12
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri* (2023: üretim 0,434, iletim 0,436, dağıtım 0,469 tCO_2e/MWh). https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü* bilgi formu (birleşik marj değerleri yenilenebilir projelerin kaçınılan emisyon hesabına yöneliktir).
- TÜİK, *Greenhouse Gas Inventory of Türkiye 1990-2024, National Inventory Document 2026*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/TUR_NID_2026.pdf
- SATSO-SUBÜ Eğitim Programı, Ders 11 amaç ve içerik tanımı.

Güncellik notu: Bilgiler Eylül 2026 itibarıyladır. Faktörler, KIP seti ve program şartları yıllık ya da dönemsel olarak değişir. ETKB sayfasında 2020 ile 2023 arası yıllar listelenmiştir ve 2024 faktörü Eylül 2026 itibarıyla listede yer almamaktadır. Türkiye ulusal envanterinde kullanılan KIP seti için ulusal envanter belgesine bakılmalıdır. Gerçek envanter çalışmasında resmî kaynaklar ve program kuralları yeniden kontrol edilmelidir. Bu materyaldeki tüm sayısal örnekler eğitim verisidir.

ENGLISH VERSION

LESSON 11: Activity Data, Emission Factors and Calculation Methodology

Program: Sustainability in Industry, Climate Change and Carbon Footprint Training (SATSO)

Overview	Description
Target audience	University students and technical and administrative staff in industrial organizations
Scope of this material	Activity data, quantification methods, emission factor selection and factor passport, unit matching, density and NCV, CO_2/CH_4/N_2O and GWP, two calculation paths, a short Turkish electricity application, data quality and common mistakes
Example year	2023 method example (all numbers are training data, not real company data)
Related lessons	Lesson 10 (introduction to ISO 14064-1), Lessons 12 to 14 (source classification), Lesson 13 (location-based and market-based methods for electricity), Lesson 15 (natural gas and electricity calculation), Lesson 16 (fuels, vehicles, refrigerants and fire suppression gases), Lesson 17 (transport, raw materials, waste), Lesson 18 (ISO 14064-1 report and verification)
Information current as of	September 2026

Learning outcomes

After completing this material, participants can:

- Separate activity data from the emission result and list the five pieces of information a data record needs.
- Distinguish calculation, direct measurement, mass balance and stoichiometry, and justify the choice of method.
- Run an emission factor through seven checks and record its source and version in a factor passport.
- Apply a factor selection logic that starts with the program requirement, and explain the role of IPCC, DESNZ, US EPA, ADEME, ecoinvent, ETKB and TurkStat sources.
- Use dimensional analysis to bring activity data to the unit the factor expects, without confusing power with energy, volume reference conditions, or net with gross calorific value.
- Know that density and NCV steps are needed only when the factor is energy based.
- Show the difference between gas-level calculation and a ready-made CO_2e factor, and avoid applying GWP a second time.
- Interpret the ETKB generation factor, the consumption point factors and the combined margin grid factor for Turkish electricity according to year and system boundary.
- Make a calculation reproducible with a data trail, quality checks and an uncertainty note.

1. From an invoice to tCO_2e: the language of calculation

In the previous lesson we set up the boundaries and architecture of a corporate GHG inventory. In this lesson we move to the numerical part. The most common form of an emission calculation is surprisingly simple: multiply the activity data by the appropriate emission factor. When needed, convert gas-level results to carbon dioxide equivalent (CO_2e) with global warming potential (GWP).

```
Emission = Activity data × Emission factor
CO₂e     = Σ (gas quantity × GWP)
```

Multiplication is not what makes a good carbon calculation difficult. The real questions are these:

- Which data to use and in which unit it is given.
- Which activity and which geography the selected factor represents.
- Which year, which greenhouse gases and which system boundary the factor covers.

If a correct number is matched with the wrong factor, the result can be mathematically perfect and methodologically wrong.

This lesson uses the fictional Example Industry Inc. Assume the company has electricity invoices, natural gas meters, fuel cards, maintenance records, and production and logistics data. The goal is not to calculate every source one by one. It is to build the calculation language used in the later application lessons.

> **The main sentence of the lesson:** The formula can be simple, but matching the right activity data with the right unit and the right emission factor is the foundation of a professional inventory.

The calculation chain of this lesson:

```
Invoice, meter, record → activity data → quantification method → emission factor
→ unit matching → gas-level result and GWP → CO₂e → record and evidence
```

What this lesson does not cover. Detailed classification of Category 1 to 6 sources is in Lessons 12 to 14. Full calculations for natural gas, diesel, vehicles, refrigerants and fire suppression gases are in Lessons 15 and 16. Tonne-km, raw material and waste calculations are in Lesson 17. Location-based and market-based electricity detail is in Lessons 13 and 15. Verification is in Lesson 18. This lesson includes only one short electricity mini calculation. Numerical uncertainty formulas are also out of scope, only data and method uncertainty are introduced.

2. Activity data: a measure of the activity, not a carbon number

Activity data is not a carbon result. It is the physical measure, or where appropriate the monetary measure, of the activity that causes or is associated with emissions.

Source	Activity data	Typical unit	Typical document or system
Purchased electricity	Electricity consumption	kWh, MWh	Invoice, main meter
Natural gas	Gas consumption	Sm³, Nm³ or kWh, TJ	Invoice, meter
Diesel	Fuel consumption	litre	Fuel card, tank movements
Raw material	Quantity	kg, tonne	Purchasing and production systems
Transport	Distance or transport work	km, tonne-km, passenger-km	Logistics records
Refrigerant	Refill quantity	kg	Maintenance service records

The same information can exist in different systems. So record not only the number, but also where it came from.

2.1 The five pieces of a good data record

Question	Example record (training data)
What is the value?	1,250,000
What is the unit?	kWh
Which period does it represent?	1 January 2023 to 31 December 2023
Which document or system is it taken from?	Twelve monthly electricity invoices, main meter
Who is responsible inside the organization?	Energy management officer

2.2 Physical data and spend data

When physical activity data (kWh, litre, kg, km) is available, it usually links emissions to real operations more clearly. For some indirect emissions where physical data cannot be found, spend-based methods can be a screening or approximate option. This is not a universal mandatory hierarchy. It is a judgement that depends on data availability and reporting purpose.

2.3 Data preparation rules

- If there is more than one data source for the same period, reconcile the differences.
- If you use estimated or proxy data, flag it and leave an improvement note.
- Do not treat purchased fuel quantity as consumed quantity. Stock movement makes a difference.

> **Caution:** An emission calculation starts with defining the activity data correctly, before searching for a carbon factor. Naming and recording activity data as if it were an emission result opens the door to a wrong choice of method.

3. Quantification methods: activity × factor is the most common path, not the only one

There are two families of approaches in corporate GHG quantification. The first is direct determination of emissions. The second is calculation.

Approach	How it works	Suitable when	Point to watch
Direct measurement	Gas concentration and flow are measured at the stack or source and converted to an emission mass	Large, continuous point sources with measurement infrastructure	Instrument calibration, data gaps and measurement uncertainty must be recorded
Mass balance	Masses entering and leaving the process are compared. The difference gives the amount released to the atmosphere	Processes whose inputs and outputs are reliably tracked	Small measurement errors can turn into large differences
Stoichiometry	Emissions are calculated from the chemical reaction equation	Process emissions with known reaction and purity	Purity and reaction efficiency assumptions must be stated
Calculation (activity data × emission factor)	Documented activity data is multiplied by an appropriate factor	Fuel, electricity, transport and many purchased activities	The representativeness and unit of the factor must be checked

Two short examples make the approaches concrete:

```
Mass balance (carbon): CO₂ (kg) = (carbon in − carbon out) (kg C) × 44/12
Stoichiometry: CaCO₃ → CaO + CO₂
For 1 tonne of pure CaCO₃, CO₂ = 44.009 ÷ 100.086 = 0.4397 tonne, about 0.440 tCO₂/tCaCO₃
```

The stoichiometric result holds for fully pure input and full reaction. For real input, purity and degree of reaction are documented separately.

3.1 Method selection is a technical decision

Because this training covers the most common industrial sources from Lesson 12 onward, the emphasis is on activity data and emission factors. Even so, when you look at a calculation file the first question is not which formula was used. It is whether the quantification method selected for this source is really appropriate. The choice depends on:

- The physical nature of the emission source.
- The available data quality.
- The required level of accuracy.
- The rules of the reporting program used.

Under ISO 14064-1 as well, the selected approach is expected to be justified and applied consistently.

The IPCC national inventory language describes this logic with tiers. Tier 1 uses default factors, Tier 2 uses country-specific factors, and Tier 3 uses plant-level measurement and detailed data. The same idea holds in corporate calculation: as the importance of a source grows, more specific data is sought.

3.2 Record method changes

If the method for the same source is changed, comparability between periods may be affected. So the following should be recorded:

- The reason for the method change.
- The difference between the old and new approach.
- If possible, the effect on past periods.

Calculation methodology is not only a technical tool that produces results. It is a management decision that keeps the inventory consistent over time.

4. Emission factor: not every coefficient found online can be used

An emission factor is a coefficient that converts an activity into a greenhouse gas emission. Factors are given in different units:

Factor example	Meaning
kg CO_2/litre	Kilograms of carbon dioxide per litre of fuel
tCO_2e/MWh	Tonnes of CO_2e per megawatt-hour of electricity
kg CO_2e/kWh	Kilograms of CO_2e per kilowatt-hour
kg CH_4/TJ	Kilograms of methane per terajoule of energy

It is a mistake to assume that two factors with the same title measure the same thing.

4.1 Seven checks before using a factor

Check	Question to ask
1. Activity and technology	Is the factor given for this source and this technology?
2. Geography	Is the factor for Türkiye, the USA, the United Kingdom or another region?
3. Year and version	Which reference year and which publication version?
4. Unit	Does the unit in the denominator match the unit of the activity data?
5. Greenhouse gases covered	CO_2 only, CO_2, CH_4 and N_2O, or a ready-made CO_2e?
6. System boundary	Only direct combustion, or also generation, consumption point, upstream fuel effects or transport?
7. Life cycle stages	Which stages does the factor represent, and is the same effect already counted in another calculation line?

For a ready-made CO_2e factor, two more things are checked: is the GWP basis known, and does the covered effect repeat in another line?

4.2 Same title, different factor

- For the same fuel, a factor that gives only combustion emissions and a life cycle factor that also includes production, refining and transport give different results.
- An electricity factor can represent the generation point, the consumption point, or emissions avoided thanks to a project.
- A factor from a reliable source is still wrong if used in the wrong geography. A US electricity factor is not automatically suitable for Turkish grid consumption.

So read the methodology note rather than the factor title, compare the system boundary with other calculation lines, and check the risk of double counting. Selecting an emission factor is not a job of finding the newest number. It is a job of matching the right factor to the right activity.

5. Factor sources and selection logic

5.1 Decision order

There is no single hierarchy that holds in every case. Still, a sound decision order can be set up:

1. **Is there a program or regulatory requirement?** If the legislation the organization is subject to, a customer requirement or a reporting program makes a specific factor or methodology mandatory, the program rule takes priority over organizational preference.
2. **Which high-quality data best represents the activity?** Without a mandatory rule, a national factor does not always come first. A reliable facility-specific or supplier-specific factor with well documented method, time coverage, system boundary and data quality can be more representative than a general assumption. On the other hand, an official national or regional factor can be more defensible than a poorly documented specific factor.
3. **If neither exists, a reliable international default or proxy data.** Sources such as IPCC, GHG Protocol tools, the UK government, US EPA or ADEME can be considered. Geographic and methodological limits are checked.

> **Caution:** Facility-specific or supplier-specific data is not automatically better. The method, time coverage, boundary, technology and verification status must be explainable.

5.2 Main sources and current status (September 2026)

Source	Publisher	What it offers	Current status and caution
IPCC 2006 Guidelines and 2019 Refinement	IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories	Default factors, NCV values and methods for fuels, processes and other sources	The 2006 Guidelines remain the basic reference. The 2019 Refinement does not replace them, it updates and complements them. The two are used together. Defaults apply when country or facility data is not available
IPCC Emission Factor Database (EFDB)	IPCC Task Force Bureau, Editorial Board and Technical Support Unit	Factors compiled from published measurements and studies	An upgraded version including 2019 Refinement categories was released in 2023. The supporting material has not gone through the formal IPCC review process. It is not a default value and responsibility for appropriate use remains with the user
GHG Protocol method guidance, calculation tools and GWP table	WRI and WBCSD	Activity data × factor approach, calculation tools, GWP values (Version 2.0, 7 August 2024)	Tools show the method. The source and version of factors inside tools are checked separately. A revision of the corporate standards is under way, so publication status should be followed on the official site
UK DESNZ conversion factors for company reporting	UK Department for Energy Security and Net Zero	Annual factors to help calculate Scope 1, 2 and 3 from activity data such as fuel, electricity and distance. Also known in the literature as DEFRA factors	The 2026 edition was published on 11 June 2026. It is designed for UK organizations. It is not automatically applied to Turkish electricity. For ready-made CO_2e values the GWP basis should be checked in the documentation
US EPA Emission Factors Hub and Simplified GHG Emissions Calculator	US Environmental Protection Agency	Default factors for the USA such as fuels, electricity (eGRID), transport and waste. The Hub is based on AR5 GWP values	The latest annual update is the 2025 edition (January 2025). No 2026 edition was found in the September 2026 check. It is for a US context and uses US units (short ton, gallon, mmBtu)
ADEME Base Empreinte	French Agency for Ecological Transition (ADEME)	Public factor and data base, formerly Base Carbone	Data updates continue. The boundary, geography, status and version of each factor should be read
ecoinvent	ecoinvent Association (Switzerland)	Life cycle inventory database of products and processes (LCA, product carbon footprint, EPD studies)	Current version is 3.12 (November 2025). It requires a licence. Its system boundary is wide. In a corporate inventory it is used for material and product chains, not in place of a fuel combustion factor (see Lesson 9)
ETKB Turkish electricity factors	Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources	Turkish electricity generation and consumption point emission factors	The page lists the years 2020 to 2023, last updated 31.12.2025. No 2024 factor was found in this check. Detail is in Section 10
TurkStat national GHG inventory and National Inventory Document (NID)	TurkStat and the inventory document submitted to UNFCCC	National totals, documentation of methods and country-specific parameters	The 1990 to 2024 inventory was published in 2026. The 2024 total is 584.5 Mt CO_2e excluding LULUCF and 517.4 Mt CO_2e including LULUCF. NID 2026 states the 2006 IPCC Guidelines as its method. A national total is not a corporate factor. If it is to be used as a factor, the boundary and unit in the document are checked

5.3 Factor passport

Keep a small passport for every factor. Writing only the number in the calculation file is not enough.

Passport field	Example record (the factor in Section 10)
Publishing institution	Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources
Data set	Türkiye Electricity Generation and Electricity Consumption Point Emission Factors
Reference year or version	2023
Access date	30.09.2026 (example)
Unit	tCO_2e/MWh
Gas coverage	Ready-made CO_2e value. The GWP basis is checked in the source document and recorded as a data gap if it is not stated
System boundary	Consumption point of a consumer connected to the distribution line
Life cycle stages	Electricity generation and consumption point. The coverage of the fuel chain is checked in the source
Whether the same effect appears in another line	Checked, not in another line
Reason for selection	Short methodology note

A factor passport is the shortest way to defend a calculation when the result is questioned.

6. Unit matching: the invisible check of a calculation

Many errors in carbon calculations come from units, not from the factor. The safest method is dimensional analysis: does the unit of the activity data cancel with the unit in the denominator of the factor?

```
Consumption (MWh) × Factor (tCO₂e/MWh) = Emission (tCO₂e)    the MWh unit cancels
```

If consumption is in kWh, either convert the factor to a per kWh basis or convert consumption to MWh. The basic rule is: bring the activity data to the unit the factor expects.

6.1 Frequently used conversions

Conversion	Value
Energy (electricity)	1 MWh = 1,000 kWh. 1 GWh = 1,000 MWh
Energy (electricity and fuel)	1 kWh = 3.6 MJ. 1 MWh = 3.6 GJ = 0.0036 TJ. 1 TJ = 1,000 GJ = about 277.78 MWh
Mass	1 tonne = 1,000 kg. 1 Gg = 1,000 tonnes = 1,000,000 kg
Volume	1 m^3 = 1,000 litres
Calorific value	1 TJ/Gg = 1 MJ/kg. So 48 TJ/Gg means 48 MJ/kg
Emission result	1 tCO_2e = 1,000 $kgCO_2e$. 1 $GgCO_2e$ = 1,000 tCO_2e

6.2 Do not confuse power with energy

MW is a unit of power. MWh is a quantity of energy and is the quantity used as activity data in carbon calculations. One million kilowatt-hours is not one megawatt, it is one thousand megawatt-hours. The annual consumption of a facility with a 2 MW contracted capacity is not 2 × 8,760 = 17,520 MWh. That value is only a theoretical upper limit. Actual consumption is taken from the meter.

6.3 Volume conditions: Nm^3 and Sm^3

For gaseous fuels, check under which reference condition the volume is given. Nm^3 is mostly used for 0 °C and 1 atmosphere (normal conditions), and Sm^3 mostly for 15 °C and 1 atmosphere (standard conditions). However, the definition of the symbols can vary by data provider. So record the provider's definition.

The difference looks small but it reaches the result. With the ideal gas approach, 100,000 Sm^3 of gas measured at 15 °C corresponds to the following volume at 0 °C:

```
100,000 Sm³ × 273.15 K ÷ 288.15 K = 94,794 Nm³
```

If you treat an Sm^3 value as Nm^3 and multiply by the density per Nm^3, the mass comes out about 5.5% too high.

6.4 Non-metric units

US sources often use short tons (1 short ton = 907.185 kg), US gallons (3.785 litres) and mmBtu. Confusing a metric tonne with a short ton creates an error of about 10%.

6.5 Rounding and conversion coefficients

- Do not round intermediate results early. If you round at every step when converting litres to cubic metres, kilograms to tonnes or gigajoules to terajoules, small differences add up.
- Keep conversion coefficients in separate cells of the calculation file, with their sources.
- When reporting the result, use an appropriate number of significant digits and preserve the raw data as much as possible.
- Never treat the unit column as decoration. The unit is part of the formula itself.

> **Common mistake: confusing kWh with MWh distorts the result a thousand times.** For example, multiplying 120,000 kWh directly by 0.469 gives 56,280. The correct result is 56.28 tCO_2e.

7. Density and net calorific value: when needed, when not

In many technical guides a fuel calculation converts volume to mass and then to energy. The reason is that the emission factor used is energy based. If a factor is given as kg gas/TJ, litre or cubic metre consumption cannot be multiplied by it directly.

- **Density** is the bridge between volume and mass.
- **Net calorific value (NCV)**, in other words lower heating value, converts fuel mass to energy content.

Unit of the factor	Required chain	Are density and NCV needed?
Energy based, such as kg gas/TJ	Volume → density → mass → NCV → energy → factor	Yes, if the data is not already in an energy unit
Volume based, such as kg CO_2e/litre	Volume → factor	No
Mass based, such as kg CO_2e/kg	Mass → factor	No
tCO_2e/TJ or kg CO_2e/kWh, with activity data already in an energy unit	Energy → factor	No, only the energy definition (net or gross) must match

> **Caution: the belief that a fuel calculation must always use NCV is wrong.** The right approach is to look first at the unit and methodological scope of the emission factor. The aim is not to make more conversions but to make the data consistent with the selected factor. If a reliable source gives a direct factor such as kg CO_2e/litre, converting litres to tonnes and terajoules creates new points of error.

The general scheme of the long path (each arrow is applied only if needed):

```
litre → m³ → kg → Gg → TJ → kg gas (with kg/TJ factors)
```

7.1 Net and gross calorific value

Lower heating value (NCV) subtracts the heat of vaporization of the water formed in combustion. Higher (gross) heating value includes it. According to IPCC 2006 Volume 2 Chapter 1, NCV is about 5% lower than the gross value for coal and oil, and about 10% lower for most natural and manufactured gases. IPCC factors are on a net basis. If the factor is net based, the data must also be brought to net-based energy.

For reference, some default NCV values from IPCC 2006 Volume 2 Table 1.2:

Fuel	Default NCV (TJ/Gg)	Lower and upper bound
Natural gas	48.0	46.5 to 50.4
Gas/diesel oil	43.0	41.4 to 43.3
Motor gasoline	44.3	42.5 to 44.8
Liquefied petroleum gases (LPG)	47.3	44.8 to 52.2

These are default values. If the reporting program requires a different value, or reliable supplier or country data exists, consider that first.

7.2 Example: kWh data on a gross basis

Assume a natural gas invoice gives energy as 3,000,000 kWh on a gross (higher heating value) basis (training data, the basis is learned from the supplier). By the IPCC rule of about 10%, the net value is about 0.90 times the gross value. This ratio is replaced with real supplier data.

Value	Unit	Operation	Result
3,000,000	kWh	÷ 1,000 kWh/MWh	3,000 MWh
3,000	MWh	× 0.0036 TJ/MWh	10.8 TJ (gross)
10.8	TJ (gross)	× 0.90 (net ÷ gross)	9.72 TJ (net)
9.72	TJ (net)	× 56,100 kg CO_2/TJ	545,292 kg CO_2

Multiplying the gross value directly by the net-based factor would give 10.8 × 56,100 = 605,880 kg CO_2. That is about 11.1% too high. This is only the CO_2 step. The full natural gas calculation is in Lesson 15.

8. Greenhouse gases and GWP: from gas level to the common CO_2e language

Some factor sets give CO_2e directly, others make you calculate gases separately. In the gas-level method, activity data is first multiplied by the emission factor of each gas, and CO_2, CH_4 and N_2O quantities are obtained in their own physical units. A corporate inventory is not limited to these three gases. Depending on the activity, other greenhouse gases such as HFCs, PFCs, SF_6 and NF_3 are also considered.

To bring the climate effect of different gases to a common scale, global warming potential (GWP) is used:

```
CO₂e = gas quantity × GWP    (gases are calculated separately and summed)
```

8.1 GWP sets

Instead of memorizing GWP values, what matters is to record which IPCC assessment report set is used and to stay consistent within the inventory. The table below is to show the difference. Values are for the 100-year time horizon and are taken from the GHG Protocol GWP table (Version 2.0, 7 August 2024).

Gas	AR4	AR5	AR6
CO_2	1	1	1
CH_4 (non-fossil)	25	28	27.0
CH_4 (fossil)	No distinction	30	29.8
N_2O	298	265	273

Consistent with Lesson 15, this lesson uses AR6 values. For combustion CH_4, 27.0 is applied, because the effect from the oxidation of methane to CO_2 in the atmosphere is already counted in the combustion CO_2. For fossil fugitive and process methane, 29.8 is used. Detail is in Lesson 15.

8.2 The GWP set depends on the program: current status (September 2026)

Framework	100-year GWP set	Note
GHG Protocol	The latest IPCC values (AR6) are recommended	The Version 2.0 table gives AR4, AR5 and AR6 values. Consistency with a single set within the same inventory and base year is expected
UNFCCC, Paris Agreement transparency framework (decision 18/CMA.1, paragraph 37)	AR5 100-year values, or a later report agreed by the CMA	Other metrics can be given as supplementary information, with the source assessment report stated. AR5 is also the basis for inventory reporting under the Convention (decision 7/CP.27)
EU CBAM	AR5 100-year values	The European Commission CBAM Guidance Document 3 states that AR5 is used, in line with EU ETS legislation. Legislation may change, so the text in force should be checked
Turkish national inventory (TurkStat, NID 2026)	The GWP set is not explicitly stated in the parts of the	The NID states the 2006 IPCC Guidelines as its method. We could not verify the GWP set for this material. If a comparison with inventory figures is

	document that were read	planned, the GWP set in the document should be checked
Customer, sector or voluntary program	Program rule	If the program requires a specific set, follow it

The honest conclusion from this table is: AR6 is the current set recommended in corporate inventory guidance, but international reporting and EU regulation can still use AR5 today. Which set applies depends on whom the organization reports to.

8.3 Consistency rules

- Do not mix different IPCC assessment report sets at random within the same inventory.
- In the calculation sheet, instead of writing only GWP, state the IPCC set and version used.
- In base year and current year comparisons, manage the effect of a change in the GWP set.
- A ready-made CO_2e factor already includes the GWP conversion. Do not assume that ready-made CO_2e factors from different sources rest on the same GWP set.

9. Two calculation paths: a direct CO_2e factor or gas-level factors

	Path A: direct CO_2e factor	Path B: gas-level factors and GWP
Factor	kg CO_2e per unit of activity. The effect of all relevant gases is inside the factor	A separate factor for each gas (kg CO_2/TJ, kg CH_4/TJ, kg N_2O/TJ)
Calculation	Activity data × factor = CO_2e	Activity data × factor of each gas = gas quantities. Then each gas × GWP, sum of results = CO_2e
GWP	Not applied again	Applied once within the calculation
When	The data set or program gives ready-made CO_2e	The data set gives gases separately or the program asks for gas-level reporting

Which path is used depends on the data set, the reporting program and the methodology of the source. The data structure of the factor determines the calculation path, not the column headers in Excel.

9.1 Two faces of the same factor

For natural gas combustion in manufacturing industries, the IPCC 2006 Volume 2 Table 2.3 values are CO_2 56,100, CH_4 1 and N_2O 0.1 kg/TJ. With Path B, the gases are calculated separately for 1 TJ of energy:

Gas	Factor (kg/TJ)	GWP (AR6)	Result (kg CO_2e/TJ)
CO_2	56,100	1	56,100
CH_4	1	27.0	27
N_2O	0.1	273	27.3
Total			**56,154.3**

This total is equivalent to a ready-made CO_2e factor that could be used in Path A: 56,154.3 kg CO_2e/TJ. Converted to kWh, it is about 0.2022 kg CO_2e/kWh on a net basis (56,154.3 ÷ 277,777.8 kWh/TJ). Lesson 15 applies the same factors to 18.72 TJ and finds 1,051.208 tCO_2e. When used correctly, the two paths give the same result.

9.2 Two big traps

> **Caution: do not apply GWP again to a factor that is already CO_2e.** If you multiply the 56,154.3 kg CO_2e/TJ value above by the CH_4 GWP as if it were a gas, you get 1,516,166 kg CO_2e/TJ. The result is inflated twenty-seven times and the inventory is seriously distorted.

> **Caution: a combustion factor and a factor that includes upstream emissions are not the same thing.** Adding a direct combustion factor and a life cycle factor that includes fuel production, refining and transport as two separate lines, or adding one again while the other already includes it, creates double counting. Do not build a calculation formula without reading the unit and the scope description of each factor.

10. Mini application: matching the right factor for Turkish electricity consumption

This section is a **2023 reporting year** example chosen only to show the method. Location-based and market-based method detail is in Lessons 13 and 15. Here only the source difference in selecting a Turkish electricity factor is taught.

10.1 Data

The facility of Example Industry Inc. connected to the distribution line consumed 120,000 kWh of electricity in 2023 (training data). First the activity data is brought to the unit of the factor:

```
120,000 kWh ÷ 1,000 kWh/MWh = 120 MWh
```

10.2 ETKB 2023 factors

On its page *Türkiye Electricity Generation and Electricity Consumption Point Emission Factors*, ETKB gives three separate factors:

Factor	Value (tCO_2e/MWh)	System boundary
Türkiye electricity generation	0.434	Generation
Consumption point connected to the transmission line	0.436	Consumption point
Consumption point connected to the distribution line	0.469	Consumption point

The ETKB page states that the factors are calculated based on the methodology in the database documentation of the International Energy Agency (IEA). Whether the consumption point factors include transmission and distribution losses is not explicitly written on the page. So the system boundary note of the relevant document should be read before selecting a factor.

10.3 Calculation

Factor	Value	Operation	Result
Generation	120 MWh	× 0.434 tCO_2e/MWh (MWh cancels)	52.08 tCO_2e
Transmission consumption point	120 MWh	× 0.436 tCO_2e/MWh (MWh cancels)	52.32 tCO_2e
Distribution consumption point	120 MWh	× 0.469 tCO_2e/MWh (MWh cancels)	56.28 tCO_2e

The distribution consumption point result is 4.20 tCO_2e (about 8.1%) higher than the result with the generation factor. The mathematics of the calculation is simple. What is critical is that the factor is selected to fit the reporting year, the connection type and the system boundary.

10.4 Which result for which purpose

- **If a program or customer requirement asks for a consumption point factor**, use 0.469 and 56.28 tCO_2e for this facility connected to the distribution line. Do not add transmission and distribution effects separately.
- **If the ISO 14064-1 Category 2 boundary is followed and there is no other requirement**, use the generation factor 0.434 and 52.08 tCO_2e, consistent with Lesson 15. The Category 2 boundary leaves transmission and distribution losses out of scope.
- Record the choice, its reason and the factor passport in the calculation file. Do not report a result without stating which factor was used.

10.5 The combined margin grid factor is a separate concept

The combined margin values of ETKB titled *Türkiye National Electricity Grid Emission Factor* are intended for avoided emission calculations of renewable electricity projects. The Ministry states this purpose explicitly. These values are not used as the consumption factor of an organization that consumes electricity from the grid. Even two reliable numbers from the same institution can serve different purposes. The fact that the same ETKB page has different factors for consumers connected to transmission and distribution lines also shows why a single Türkiye electricity factor by heart is not enough.

10.6 Current status (September 2026): a year-dependent factor

> **These numbers are a 2023 method example.** Do not use them as a permanent factor for 2026 or any other year. On the ETKB page, at the time this material was prepared, the years 2020, 2021, 2022 and 2023 are listed and the last update date of the page is 31.12.2025. In this check no published factor for 2024 was found. If the real calculation belongs to 2024 or a later year, check the current official factor on the ETKB page and the applicable program requirements. When the connection type and reporting year change, the factor to be used can change. Always record these two pieces of information in the calculation file.

11. Data quality, traceability and uncertainty: the evidence chain before the result

A good calculation is not only a result that looks right. Another expert must be able to reproduce the same result reasonably. For this, every calculation line needs a data trail.

11.1 Data trail

Question	Record
Where did the activity data come from?	Invoice or meter number
Which months does it cover?	Start and end of the period
Who provided it, who checked it?	Data owner and approver
Where did the factor come from?	Institution, year, version (factor passport)
What are the formula and conversions?	Formula, coefficients and their sources
Was there a change?	Change log

A reproducible calculation consists of: data, formula, source, version and evidence.

11.2 Simple quality checks

Simple checks often catch problems more common than complex model errors:

- Is the twelve-month period complete?
- Has the same invoice been entered twice?
- Have kilowatt-hours and megawatt-hours been mixed up?
- Has fuel stock or purchased quantity been taken as consumption?
- Are the unit and scope of the factor correct?
- Has rounding been done too early in intermediate calculations?

11.3 Uncertainty should not be hidden

This lesson does not go into numerical uncertainty formulas. Still, two sources of uncertainty should be recognized:

Source	Example
Activity data uncertainty	Instrument accuracy, estimation method, missing data
Factor and method uncertainty	A general factor not fully representing the real facility

The IPCC Table 2.3 natural gas row is a guide to the size of factor uncertainty. The CO_2 default is 56,100 kg/TJ while the lower and upper bounds are 54,300 and 58,300 kg/TJ (about 3.2% down and 3.9% up). For CH_4 the default is 1 and the bounds are 0.3 and 3 kg/TJ. A default value is not a single exact number, it is the centre of a range. Identifying which data and methods are weaker is important for an improvement plan. ISO 14064-1 requires the assessment of uncertainty.

11.4 Missing data

When data is missing, the assumption or proxy data used must be clearly flagged. If three months of data are missing, instead of automatically extending the average of the remaining nine months, note the following:

- Why this method was chosen.
- The seasonality risk.
- The possible effect on the result.

This way, when real data arrives next year, it is immediately clear which lines need updating. The purpose of your calculation file is not only to produce a total but to show how the total was produced.

12. Common mistakes and the pre-calculation check

Using a correct number in the wrong place is the most common form of error.

Mistake	Why it is a problem	Correct approach
1. Unit error: kWh and MWh, kg and tonne, litre and m³ are mixed	The result can be distorted a thousand times or more	Do dimensional analysis, let units cancel
2. Selecting a factor from the wrong year or geography	The factor does not represent the activity. UK factors are not automatically applied to Turkish electricity, nor US EPA factors outside the USA	Use the source that matches the year and geography of the activity
3. Scope confusion: direct combustion and upstream effects are mixed	Adding both without noticing, or adding one again while the other includes it, creates double counting	Read the system boundary of the factor
4. Applying GWP again to a factor that already gives CO_2e	The same effect is multiplied a second time	Do not apply GWP to a ready-made CO_2e factor
5. Mixing different IPCC GWP sets in the same inventory	Inconsistency, non-comparable results	Use a single documented set, follow the program requirement
6. Confusing power with energy	MW and MWh are not the same	Use MWh as activity data
7. Using an orphan factor with no recorded source, year and scope	The result cannot be defended or reproduced	Keep a factor passport
8. Selecting a factor independent of the purpose of the inventory and program rules	Wrong system boundary, wrong use	Look at the program requirement first

> **Three critical examples:** Applying a UK electricity factor to Turkish consumption. Taking the combined margin grid factor as a consumption factor. Applying GWP again to a CO_2e factor.

12.1 Seven checks before starting a calculation

1. Source
2. Unit
3. Year
4. Geography
5. Scope (system boundary and gases)
6. GWP set
7. Possible double counting

This check takes a few minutes. Fixing a wrong inventory can take days.

12.2 Cross-checks

- Compare fuel consumption with purchase and stock movements.
- Compare electricity with invoices and meters.
- Compare vehicle fuel with fleet records.

13. Verification with Python

The following code recalculates the numerical examples in this material.

```
from decimal import Decimal as D

# Section 10: electricity mini application
mwh = D(120000) / D(1000)
for factor in (D(434), D(436), D(469)):
    print(mwh * factor / D(1000))          # 52.08  52.32  56.28

# Section 9.1: ready-made CO2e factor from the gas-level path (kg CO2e/TJ)
co2e_tj = D(56100) * 1 + D(1) * D(27) + D(1) / D(10) * D(273)
print(co2e_tj)                             # 56154.3
print(co2e_tj / (D(10) ** 12 / D(3600000))) # kg CO2e/kWh, net basis
print(D(1872) / D(100) * co2e_tj / D(1000)) # cross-check with Lesson 15, tCO2e

# Section 7.2: kWh data on a gross basis
tj_gross = D(3000000) / D(1000) * D(36) / D(10000)
tj_net = tj_gross * D(90) / D(100)
print(tj_gross, tj_net, tj_net * D(56100))  # 10.8  9.72  545292

# Section 6.3: Sm3 versus Nm3
print(D(100000) * D(27315) / D(28815))      # about 94794

# Section 3: stoichiometry
print((D(12011) + 2 * D(15999)) / (D(40078) + D(12011) + 3 * D(15999)))
```

Exercises (with answers)

Exercise 1: Error hunt

Find the errors in the following calculation lines.

Line	What is the error?	Correct version
120,000 kWh × 0.469 = 56,280 tCO_2e	Activity data is in kWh and the factor is per MWh. The unit does not cancel and the result is a thousand times too large	120 MWh × 0.469 = 56.28 tCO_2e
56,154.3 kg CO_2e/TJ × 27.0 (CH_4 GWP)	GWP applied again to a ready-made CO_2e factor	The factor already gives a CO_2e result. GWP is not applied
Contracted capacity 2 MW × 8,760 hours = 17,520 MWh annual consumption	Power used in place of energy. This value is only a theoretical upper limit	Annual consumption is taken from the meter and invoice
DESNZ 2026 electricity factor for a facility in Türkiye	A factor designed for UK activities	The ETKB Türkiye factor is selected to fit the year and connection type
Combined margin grid factor for a facility that consumes grid electricity	The factor is for avoided emission calculations	Generation or consumption point factor, according to the program rule
The 2023 factor (0.469) used in a 2025 calculation	The factor depends on the year	The current official factor for 2025 is checked

Exercise 2: Factor selection

The customer of a facility connected to the distribution line requires the ETKB consumption point factor in its supply chain report. Which 2023 factor applies?

Answer: The program requirement takes priority. For a facility connected to the distribution line, 0.469 tCO_2e/MWh applies. Transmission and distribution effects are not added separately. The choice and its reason are written in the factor passport.

Exercise 3: Volume condition

A supplier reports gas consumption of 200,000 Sm^3 (15 °C). The density data is given for Nm^3 at 0 °C. Which volume should be used in the calculation?

Answer: Bring the volume to the same condition: 200,000 × 273.15 ÷ 288.15 = 189,589 Nm^3. Using the Sm^3 number directly as Nm^3 would give a mass about 5.5% too high. The supplier's Sm^3 definition should be recorded.

Exercise 4: The right table

An organization burning natural gas in a commercial building should use 5 kg/TJ from the commercial and institutional row for CH_4, instead of the 1 kg/TJ from the manufacturing industries row. What is the total CO_2e for 1 TJ and what is the difference?

Answer: 56,100 + 5 × 27.0 + 0.1 × 273 = 56,262.3 kg CO_2e/TJ. Since the manufacturing industries value is 56,154.3, the difference is 108 kg CO_2e/TJ, about 0.19%. The difference is small, but the discipline of using the right table is still necessary.

Summary

- Activity data is not a carbon result, it is the measure of the activity. Value, unit, period, source and data owner are recorded together.
- Activity data × emission factor is the most common quantification path. Direct measurement, mass balance and stoichiometry are also alternatives. A method change is recorded.
- An emission factor is not a universal number. Activity, geography, year, unit, gas coverage, system boundary and life cycle stages are checked with seven checks.
- In factor selection, first comes the program or regulatory requirement, then the best representing high-quality specific or official data, and lastly reliable international default data. A source passport is kept for every factor.
- Unit matching is an invisible quality check. MW is power, MWh is energy. Nm^3 and Sm^3, net and gross calorific value are not mixed.
- Density and NCV are needed only if the factor is energy based and the data is not in an energy unit.
- In gas-level calculation, gases are calculated separately and converted to CO_2e with GWP. GWP is not applied a second time to a ready-made CO_2e factor. The GWP set stays consistent within an inventory.
- AR6 is the current set recommended by the GHG Protocol. UNFCCC and EU CBAM use AR5. The program requirement takes priority.
- For Turkish electricity, the ETKB generation factor (0.434) and the transmission (0.436) and distribution (0.469) consumption point factors are different system boundaries. For 120 MWh the results are 52.08, 52.32 and 56.28 tCO_2e. The combined margin factor is not a consumption factor. The factor depends on the year.
- A calculation is considered together with its evidence chain: data, formula, source, version and evidence.

Knowledge check (with answers)

1. What is activity data and which five questions should a data record answer? Answer: It is the measure of an activity associated with emissions, not a carbon result. Value, unit, period, source document and data owner are recorded.

2. Is activity data × factor the only quantification method? Answer: No. It is the most common path, but alternatives such as direct measurement, mass balance and stoichiometry exist. The choice depends on the source, data quality and program rules.

3. Which seven things are checked before using a factor? Answer: Activity and technology, geography, year and version, unit, greenhouse gases covered, system boundary, life cycle stages.

4. What is the decision order in factor selection? Answer: First the program or regulatory requirement. Then the high-quality specific or official data that best represents the activity. If neither exists, reliable international default or proxy data.

5. Does a 2 MW contracted capacity give annual electricity consumption? Answer: No. MW is power and MWh is energy. Consumption is taken from the meter.

6. When are the density and NCV steps unnecessary? Answer: When the factor gives CO_2e directly on a volume or mass basis, or when the activity data already comes in an energy unit consistent with the factor. They are needed when the factor is energy based, such as kg/TJ, and the data is volume or mass.

7. Is GWP applied to a ready-made CO_2e factor? Answer: No. The GWP conversion is already done inside the factor. Applying it again multiplies the same effect a second time.

8. Which GWP set do the GHG Protocol, UNFCCC and EU CBAM use? Answer: The GHG Protocol recommends the latest IPCC values (AR6). The UNFCCC Paris Agreement transparency framework uses AR5 100-year values. The EU CBAM guidance states that AR5 is used. The program requirement takes priority.

9. For 120 MWh, what are the results with the 2023 ETKB generation and consumption point factors? Answer: Generation, 0.434 gives 52.08 tCO_2e. Transmission consumption point, 0.436 gives 52.32 tCO_2e. Distribution consumption point, 0.469 gives 56.28 tCO_2e. Which one is used depends on the program requirement and the system boundary.

10. Why is the ETKB combined margin grid factor not used as a consumption factor? Answer: It is for avoided emission calculations of renewable electricity projects, not the factor of a grid consumer.

Glossary of key concepts (TR – EN)

Türkçe	English
faaliyet verisi	activity data
emisyon faktörü	emission factor
karbondioksit eşdeğeri (CO_2e)	carbon dioxide equivalent (CO_2e)
küresel ısınma potansiyeli (KIP)	global warming potential (GWP)
net kalorifik değer (NKD), alt ısıl değer	net calorific value (NCV), lower heating value
brüt kalorifik değer, üst ısıl değer	gross calorific value (GCV), higher heating value
yoğunluk	density
doğrudan ölçüm	direct measurement
kütle denkliği	mass balance
stokiyometri	stoichiometry
hesaplama tabanlı yöntem	calculation-based method
faktör pasaportu	factor passport (factor record card)
hazır CO_2e faktörü	ready-made CO_2e factor
boyut analizi, birim iptali	dimensional analysis, unit cancellation
normal metreküp (Nm^3), standart metreküp (Sm^3)	normal cubic metre (Nm^3), standard cubic metre (Sm^3)
üretim faktörü	generation factor
tüketim noktası faktörü	consumption point factor
birleşik marj şebeke faktörü	combined margin grid factor
kaçınılan emisyon	avoided emissions
yukarı yönlü emisyonlar	upstream emissions
çift sayım	double counting
izlenebilirlik, veri izi	traceability, audit trail
belirsizlik	uncertainty
konum temelli / piyasa temelli yöntem	location-based / market-based method
sera gazı envanteri	GHG inventory

Sources and currency note

- ISO 14064-1:2018, *Greenhouse gases, Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. According to the ISO page it was confirmed in 2024 and a revision (ISO/WD 14064-1.2) is under development. https://www.iso.org/standard/66453.html
- ISO/TS 14064-4:2025, *Greenhouse gases, Part 4: Guidance for the application of ISO 14064-1*. Example and case factors in such documents are illustrative only.
- IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 2 Energy: Chapter 1 Table 1.2 (default NCV, difference between NCV and gross value) and Chapter 2 Tables 2.2, 2.3, 2.4 (stationary combustion default factors). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/
- IPCC, *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. It updates and complements the 2006 Guidelines. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/
- IPCC, *Emission Factor Database (EFDB)*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php
- GHG Protocol, *IPCC Global Warming Potential Values*, Version 2.0, 7 August 2024. https://ghgprotocol.org
- GHG Protocol, *Corporate Accounting and Reporting Standard* and calculation tools. https://ghgprotocol.org

- UNFCCC, decision 18/CMA.1 (Paris Agreement transparency framework, paragraph 37) and decision 7/CP.27. https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review/methods-for-climate-change-transparency/common-metrics
- European Commission, *CBAM Guidance Document 3: CBAM methods for the calculation of emissions embedded in goods*. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- UK DESNZ, *Greenhouse gas reporting: conversion factors 2026* (11 June 2026). https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2026
- US EPA, *GHG Emission Factors Hub* (2025 edition) and *Simplified GHG Emissions Calculator*. https://www.epa.gov/climateleadership/ghg-emission-factors-hub
- ADEME, *Base Empreinte* (formerly Base Carbone). French public factor database.
- ecoinvent Association, *ecoinvent database version 3.12* (November 2025). https://support.ecoinvent.org/ecoinvent-version-3.12
- Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources, *Türkiye Electricity Generation and Electricity Consumption Point Emission Factors* (2023: generation 0.434, transmission 0.436, distribution 0.469 tCO_2e/MWh). https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri
- Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources, *Türkiye National Electricity Grid Emission Factor* information form (combined margin values are intended for avoided emission calculations of renewable projects).
- TurkStat, *Greenhouse Gas Inventory of Türkiye 1990-2024, National Inventory Document 2026*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/TUR_NID_2026.pdf
- SATSO-SUBÜ Training Program, definition of the aim and content of Lesson 11.

Currency note: Information is current as of September 2026. Factors, the GWP set and program requirements change annually or periodically. The ETKB page lists the years 2020 to 2023 and no 2024 factor appears there as of September 2026. For the GWP set used in the Turkish national inventory, the national inventory document should be consulted. In a real inventory study, official sources and program rules should be checked again. All numerical examples in this material are training data.