DERS 15: Uygulama 1: Doğal Gaz ve Elektrik Emisyon Hesabı

Lesson 15: Application 1: Natural Gas and Electricity Emission Calculation

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	Doğal gaz (Kategori 1) ve satın alınan elektrik (Kategori 2) tüketim verisinden tCO_2e sonucuna adım adım hesap
Örnek yılı	2023 yöntem örneği (tüm sayılar eğitim verisidir, gerçek şirket verisi değildir)
İlgili dersler	Ders 13 (elektrikte konum ve piyasa temelli yöntem), 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:

- Doğal gaz ve elektrik tüketim verisini hesaba girmeden önce doğrular.
- Doğal gazı hacimden kütleye, kütleden enerjiye çevirir ve CO_2, CH_4, N_2O emisyonlarını ayrı ayrı hesaplar.
- Gaz bazlı sonuçları KIP ile CO_2e'ye dönüştürür ve doğal gaz toplamını bulur.
- Elektrik tüketimini kWh'den MWh'ye çevirir ve ISO 14064-1 Kategori 2 sınırına ve raporlama yılına uygun faktörü seçer.
- Her hesap satırında birim iptalini gösterir ve sonucu yalnızca iki kaynak için doğru yorumlar.
- Sık yapılan sekiz hatayı tanır ve düzeltir.

1. Fatura verisinden tCO_2e sonucuna

Önceki derslerde kaynakları sınıflandırdık ve faaliyet verisi ile emisyon faktörü mantığını kurduk. Bu derste Örnek Sanayi A.Ş. için doğal gaz ve satın alınan elektrik tüketimini tCO_2e sonucuna dönüştürüyoruz.

İki kaynak aynı fabrikanın enerji kullanımıyla ilgilidir, ancak aynı kategoride değildir.

Kaynak	Nerede oluşur	ISO 14064-1 kategorisi
Doğal gaz (kazan, fırın)	Kuruluş sınırı içinde, doğrudan sabit yanma	Kategori 1 (doğrudan emisyon)
Şebekeden satın alınan elektrik	Başka bir yerde üretilir	Kategori 2 (ithal enerjiden dolaylı emisyon)

Hesabın matematiği zor değildir. Zor olan, doğru veriyi doğru birim ve doğru faktörle eşleştirmektir. Temel formül iki kaynakta da aynıdır:

```
Emisyon = Faaliyet verisi × Emisyon faktörü
```

Doğal gazda hacimden kütleye, kütleden enerjiye ve gaz bazlı emisyonlara gideriz. Elektrikte tüketimi MWh'ye çevirir ve sistem sınırına uygun resmî faktörle eşleştiririz. Her adımda birimler görünür kalır, çünkü iyi bir karbon hesabı yalnızca sonuç sayısı değil, yeniden üretilebilir bir hesap zinciridir.

Hesap zinciri:

```
Doğal gaz: Nm³ → kg → Gg → TJ → kg gaz → kg CO₂e → tCO₂e
Elektrik:  kWh → MWh → tCO₂e
```

2. Örnek veri seti ve hesap sınırı

Aşağıdaki tüm değerler 2023 yöntem örneği içindir. Bunlar eğitim verisidir, gerçek şirket verisi ya da zorunlu değer değildir. Gerçek hesapta güncel ve uygun veri kontrol edilir.

Girdi	Değer	Birim	Kaynak ve not
Düzeltilmiş doğal gaz tüketimi	500.000	Nm^3	Eğitim verisi
Doğal gaz yoğunluğu	0,78	kg/Nm^3	Yalnızca eğitim varsayımı, evrensel sabit değildir
Net kalorifik değer (NKD)	48	TJ/Gg	IPCC 2006, Cilt 2, Tablo 1.2 varsayılanı
CO_2 emisyon faktörü	56.100	kg/TJ	IPCC 2006, Cilt 2, Tablo 2.3, imalat sanayii ve inşaat, doğal gaz
CH_4 emisyon faktörü	1	kg/TJ	IPCC 2006, Cilt 2, Tablo 2.3, aynı satır
N_2O emisyon faktörü	0,1	kg/TJ	IPCC 2006, Cilt 2, Tablo 2.3, aynı satır
KIP (AR6, 100 yıl)	CO_2 = 1, yanma kaynaklı CH_4 = 27,0, N_2O = 273	boyutsuz	IPCC AR6 WG1 Tablo 7.15, GHG Protocol KIP tablosu (Sürüm 2.0)
Satın alınan elektrik	1.250.000	kWh	Eğitim verisi
Elektrik faktörü (ISO Kategori 2)	0,434	tCO_2e/MWh	ETKB 2023 Türkiye geneli elektrik üretim faktörü

Bu derste şunlar hesaba katılmaz:

- Doğal gazın çıkarılması, işlenmesi ve taşınması gibi yukarı yönlü yakıt zinciri emisyonları. Kategori 1 hesabında yalnızca yanma emisyonu vardır.
- Motorin, benzin, LPG, araç, soğutucu ve yangın gazı (Ders 16) ile taşıma, hammadde ve atık (Ders 17).
- Piyasa temelli elektrik hesabı. Yalnızca sınır uyarısı verilir.

> **Dikkat: Yoğunluk 0,78 kg/Nm³ bir eğitim varsayımıdır.** Doğal gazın yoğunluğu gaz bileşimine, sıcaklık ve basınç referansına ve tedarikçi verisine göre değişir. Bu değeri her şirket ve her yıl için geçerli bir doğal gaz sabiti gibi kullanmayın.

> **Dikkat: 48 TJ/Gg de bir varsayılan değerdir.** Raporlama programı farklı bir değer istiyorsa ya da güvenilir tedarikçi veya ülke verisi varsa önce onu değerlendirin. Varsayılan değeri otomatik kullanmayın.

3. Doğal gaz tüketim verisini hazırlamak

Sayı çarpmadan önce faaliyet verisi doğrulanır.

- Yıllık toplam on iki aylık faturayı kapsıyor mu?
- Sayaç değişimi, tahmini okuma ya da sonradan yapılan düzeltme var mı?
- Veri yalnızca bu tesise mi ait? Başka tesis faturaları karışmış olabilir.
- Bir aylık fatura iki dönemi kapsıyor mu? Yıllık toplam yalnızca matematiksel olarak değil, dönem olarak da uzlaştırılmalıdır.

Hacim birimine dikkat. Sayaçta görülen metreküp (m^3) ile standart koşullara düzeltilmiş normal metreküp (Nm^3) aynı kavram değildir. Hangi hacmin kullanıldığını belgelemeden yoğunluk uygulamak görünmeyen bir birim hatası yaratır. Bu örnekte düzeltilmiş 500.000 Nm^3 doğrudan verilmiştir.

Hesap yolunu veriye göre seçin. Güvenilir fatura ya da enerji yönetim sistemi doğal gazı zaten enerji biriminde (kWh veya TJ) veriyorsa hacimden kütleye ve tekrar enerjiye dönmek gerekmez. Bu dersin hacim, kütle, enerji yolu yoğunluk ve alt ısıl değer adımlarını uygulamalı göstermek için seçilmiştir. Faturada hacim düzeltme katsayısı ya da enerjiye dönüşüm bilgisi varsa bu alanların neyi temsil ettiğini kaydedin.

> **İyi uygulama:** Veri hazırlama dosyasında ham fatura değeri ile hesapta kullanılan düzeltilmiş değeri ayrı sütunlarda tutun. Sonraki doğrulamada büyük kolaylık sağlar.

4. Adım 1: Nm^3'ten kütleye

Sonraki adımda kullanacağımız NKD, TJ/Gg biçiminde verilir. Bu nedenle önce hacmi kütleye çeviririz. Birimler hangi dönüşümün gerektiğini söyler.

Değer	Birim	İşlem	Sonuç
500.000	Nm³	× 0,78 kg/Nm³ (Nm³ birimi iptal olur)	390.000 kg
390.000	kg	÷ 1.000 kg/t	390 t
390.000	kg	÷ 1.000.000 kg/Gg	0,390 Gg

```
500.000 Nm³ × 0,78 kg/Nm³ = 390.000 kg = 390 t = 0,390 Gg
```

Sonuca ulaşırken Nm³ birimi kaybolmuyorsa formülde sorun vardır. Yoğunluğun kaynağını da kayda alın.

5. Adım 2: Kütleden enerjiye, alt ısıl değeri uygulamak

Değer	Birim	İşlem	Sonuç
0,390	Gg	× 48 TJ/Gg (Gg birimi iptal olur)	18,72 TJ

```
0,390 Gg × 48 TJ/Gg = 18,72 TJ
```

Bu sayı artık emisyon faktörlerinin paydasındaki TJ birimiyle uyumludur. Fiziksel karşılığı yaklaşık 5,2 GWh yakıt enerjisidir (18,72 TJ ÷ 3,6 TJ/GWh).

> **Sık yapılan hatalar:**
>
> - Alt ısıl değeri her durumda zorunlu dönüşüm sanmak. Faaliyet verisi zaten enerji cinsindeyse bu dönüşüm tekrarlanmaz.
> - Üst ısıl değer ile alt ısıl değeri karıştırmak. Faktör net kalorifik esasla verilmişse faaliyet verisi de aynı enerji temelinde olmalıdır.

6. Adım 3: CO_2, CH_4 ve N_2O'yu ayrı hesaplamak

Her sera gazı kendi emisyon faktörüyle hesaplanır. Üç gaz aynı fiziksel madde değildir ve KIP dönüşümü bir sonraki adımda yapılır.

Gaz	Değer	Birim	İşlem	Sonuç
CO_2	18,72	TJ	× 56.100 kg CO_2/TJ (TJ iptal olur)	1.050.192 kg CO_2
CH_4	18,72	TJ	× 1 kg CH_4/TJ (TJ iptal olur)	18,72 kg CH_4
N_2O	18,72	TJ	× 0,1 kg N_2O/TJ (TJ iptal olur)	1,872 kg N_2O

Kalite kontrolü olarak birime bakın. TJ faaliyet verisi, kg/TJ faktörüyle çarpıldığında TJ iptal olmalı ve kg gaz kalmalıdır.

> **Dikkat: Faktör tablosunun kaynak kategorisi sonucu değiştirir.** IPCC 2006 Cilt 2 Bölüm 2'de doğal gaz için CH_4 varsayılanı tabloya göre farklıdır. Enerji endüstrileri (Tablo 2.2) ve imalat sanayii ve inşaat (Tablo 2.3) için 1 kg/TJ, ticari ve kurumsal (Tablo 2.4) için 5 kg/TJ'dir. Bu örnek imalat sanayii olduğundan 1 kg/TJ kullanılır. CO_2 ve N_2O değerleri bu tablolarda aynıdır (56.100 ve 0,1 kg/TJ). Tablolardaki r işareti, değerin 1996 Kılavuzu'na göre revize edildiğini gösterir.

7. Adım 4: KIP ile CO_2e'ye dönüşüm ve doğal gaz toplamı

Bu örnekte AR6 yüz yıllık KIP seti kullanılır. CO_2 için KIP = 1'dir.

Yanma metanı için 27,0 kullanılır. GHG Protocol KIP tablosu (Sürüm 2.0, 7 Ağustos 2024), 29,8 değerini fosil kaynaklı kaçak ve proses emisyonları için verir. Yanma emisyonlarında CH_4 için 27,0 kullanılır, çünkü metanın atmosferde CO_2'ye yükseltgenmesi yanma CO_2'sinde zaten hesaplanır. 29,8 uygulamak aynı etkiyi ikinci kez saymak olur.

Gaz	Değer	Birim	İşlem	Sonuç
CO_2	1.050.192	kg CO_2	× 1 kg CO_2e/kg CO_2	1.050.192 kg CO_2e

CH_4	18,72	kg CH_4	× 27,0 kg CO_2e/kg CH_4	505,44 kg CO_2e
N_2O	1,872	kg N_2O	× 273 kg CO_2e/kg N_2O	511,056 kg CO_2e
Toplam			1.050.192 + 505,44 + 511,056	1.051.208,496 kg CO_2e
Toplam (ton)	1.051.208,496	kg CO_2e	÷ 1.000 kg/t	**1.051,208 tCO_2e**

Doğal gaz (Kategori 1) sonucu: **1.051,208 tCO_2e**. Yuvarlama yalnızca son adımda yapılmıştır.

Sonucun yapısı öğreticidir. CO_2 payı yaklaşık %99,90, CH_4 payı yaklaşık %0,05, N_2O payı yaklaşık %0,05'tir. Bu yüzden CH_4 faktörü ya da KIP seçimi toplamı çok az değiştirir, ama doğru tablo ve doğru KIP disiplini yine de gereklidir.

> **Kural:** Önce gaz miktarını doğru faktörle hesaplayın, sonra seçilmiş KIP setini tutarlı uygulayın. Emisyon faktörü zaten CO_2e cinsindeyse KIP'yi ikinci kez uygulamayın. Raporlama programı farklı bir IPCC değerlendirme raporu ya da değer seti zorunlu tutuyorsa program şartı önceliklidir. Tek envanterde setleri karıştırmayın.

8. Doğal gaz hesabının kalite kontrolü

Zinciri geriye doğru izleyin:

```
500.000 Nm³ → 0,390 Gg → 18,72 TJ → CO₂, CH₄, N₂O → 1.051,208 tCO₂e
```

Dört kontrol yeterlidir:

1. **Faaliyet verisi:** Raporlama döneminin gerçek tüketimini mi temsil ediyor?
2. **Birim:** Hacim, kütle ve enerji dönüşümlerinde birimler birbirini götürüyor mu?
3. **Faktör:** Doğru yakıtın ve doğru kaynak kategorisinin faktörü mü kullanıldı?
4. **KIP:** Tek ve belgeli bir değerlendirme raporu seti mi uygulandı?

Uzun hesap yolu bir amaç değildir. Faaliyet verisi güvenilir biçimde enerji biriminde hazırsa yoğunluk ve NKD adımlarını tekrar etmek gereksizdir. Yalnızca hacim verisi varsa kullanılan yoğunluk ve enerji dönüşümünün kaynağı görünür olmalıdır. Profesyonel hesap, en uzun formül değil, veri yapısına uygun, sınırı açık ve başkası tarafından yeniden üretilebilen formüldür.

9. Elektrik tüketim verisini hazırlamak

Elektrikte de ilk iş faktör değil, faaliyet verisidir. Örnekte raporlama dönemindeki satın alınan elektrik 1.250.000 kWh'tir. Şunları kontrol edin:

- Toplam on iki aylık faturayı kapsıyor ve aynı tesisin sayaçlarıyla uzlaşıyor mu?
- Raporlama sınırındaki bütün ilgili sayaçlar dahil mi?
- Ana sayaç toplamı ile alt sayaç toplamı farklı amaçlara hizmet eder. Alt sayaçlar hangi prosesin ne kadar kullandığını gösterir. Aynı tüketimi hem ana sayaçtan hem alt sayaçlardan eklemeyin.
- Kendi elektrikli forkliftinizin, kompresörünüzün ya da elektrikli aracınızın şarjı bu sayaçtaysa, bu tüketim zaten Kategori 2 faaliyet verisinin parçasıdır. Ayrıca bir kez daha eklemek çifte sayım olur.

Elektrik veri dosyasında tesis, sayaç, dönem, miktar, birim ve bağlantı türünü birlikte tutun.

10. kWh'den MWh'ye dönüşüm

ETKB üretim faktörünün paydasında MWh vardır. Faaliyet verisi de MWh olursa birimler doğrudan birbirini götürür.

Değer	Birim	İşlem	Sonuç
1.250.000	kWh	÷ 1.000 kWh/MWh (kWh iptal olur)	1.250 MWh

```
1 MWh = 1.000 kWh
1.250.000 kWh ÷ 1.000 kWh/MWh = 1.250 MWh
```

> **Sık yapılan hata: kWh ile MWh'yi karıştırmak sonucu bin kat bozar.** Örneğin 1.250.000 sayısını doğrudan 0,434 ile çarpmak 542.500 verir. Doğru sonuç 542,50'dir.

> **Dikkat: MW güçtür, MWh enerjidir.** MW belirli bir anda ya da kapasite düzeyinde gücü ifade eder. MWh enerji miktarıdır ve karbon hesabında faaliyet verisi olarak kullanılan büyüklüktür. Sözleşme gücünü ya da kurulu gücü yıllık tüketim sanmak ciddi bir hatadır.

11. Elektrik emisyon faktörünü seçmek

Burada yalnızca resmî bir sayı bulmak yetmez. Faktör hem yıla hem sistem sınırına uygun olmalıdır.

11.1 ETKB 2023 faktörleri

ETKB, Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri sayfasında 2023 için şu değerleri verir:

Faktör	Değer (tCO_2e/MWh)	Sistem sınırı	Bu derste kullanım
Türkiye geneli brüt elektrik üretimi (ortalama)	0,434	Üretim	**ISO Kategori 2 hesabında kullanılır**
İletim hattından bağlı tüketim noktası	0,436	Tüketim noktası	Kullanılmaz, yalnızca sınır farkını göstermek için
Dağıtım hattından bağlı tüketim noktası	0,469	Tüketim noktası	Kullanılmaz, yalnızca sınır farkını göstermek için

TSE'nin ISO 14064-1 eğitim materyaline göre Kategori 2, ithal edilen elektriğin üretiminden kaynaklanan emisyonları kapsar. İletim ve dağıtımla ilişkili emisyonlar bu kategorinin dışındadır. ISO 14064-1:2018 Ek B.3.1 de aynı sınırı koyar: üretim santralinin kapısına kadar yakıtın yukarı yönlü emisyonları, santral inşaatı ve iletim ve dağıtım kayıplarına ayrılan emisyonlar Kategori 2'ye dahil değildir. Bu nedenle bu derste üretim faktörü 0,434 kullanılır.

> **Dikkat: Aynı sayı ailesi, farklı sistem sınırları.** 0,436 ve 0,469 tüketim noktası faktörleridir. Bunları ISO Kategori 2 üretim faktörüyle aynı şey gibi sunmayın. Tüketim noktası faktörü seçilirse iletim ve dağıtım etkilerini ayrıca ekleyerek çift sayım yapmayın.

Birleşik marj şebeke faktörü ayrı bir kavramdır. ETKB'nin Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü formundaki bu değer, yenilenebilir enerji projelerinin kaçınılan emisyon hesabına yöneliktir ve şebekeden elektrik tüketen bir kuruluşun hesabında kullanılmaz.

Faktör seçim kartında kaynak kurum, yıl, faktör türü, birim ve sistem sınırı birlikte tutulmalıdır. Hesap dosyasına yalnızca elektrik faktörü yazmak yetersizdir.

11.2 ISO 14064-1 Kategori 2 ile GHG Protocol Kapsam 2 farkı

İki çerçeve çoğu zaman eş anlamlı kullanılır, ancak tam olarak aynı değildir.

Konu	ISO 14064-1:2018 Kategori 2	GHG Protocol Kapsam 2
Kapsam	İthal enerjinin (elektrik, buhar, ısıtma, soğutma, basınçlı hava) üretiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlar	Satın alınan ve tüketilen elektrik, buhar, ısıtma ve soğutmanın üretiminden kaynaklanan emisyonlar
İletim ve dağıtım kayıpları	Kategori 2'nin dışında (Ek B.3.1)	Kapsam 2'nin dışında, son kullanıcı için Kapsam 3 Kategori 3 içinde raporlanır
Yöntem	Konum temelli sonuç esas alınır. Piyasa temelli sonuç isteğe bağlı ek bilgidir (ISO 14064-1 madde 6.3 ve 9.3.3)	2015 Kapsam 2 Rehberi, konum temelli ve piyasa temelli sonuçların ikisinin de raporlanmasını ister
Yapı	Altı kategori	Üç kapsam
Kuruluş sınırı	Kuruluşun belgelediği ve gerekçelendirdiği yaklaşım	Sermaye payı, finansal kontrol ya da operasyonel kontrol

İki çerçevenin kavramsal sınırı iletim ve dağıtım kayıpları açısından büyük ölçüde örtüşür. Asıl fark raporlama kurallarındadır. Bu yüzden ETKB tüketim noktası faktörlerinin hangi çerçevede kullanılabileceği, faktörün iletim ve dağıtım etkilerini içerip içermediğine ve raporlama programının kuralına bağlıdır. Bu sınır sorusunu hesabı yapmadan önce yanıtlayın ve seçimi belgeleyin. Bu derste ISO Kategori 2 çerçevesi korunur ve 0,434 kullanılır.

> **Piyasa temelli yöntem uyarısı:** YEK-G gibi sözleşmesel bir araç varsa bu dersteki konum temelli sonucu silmeyin. Piyasa temelli sonuç ayrıca hesaplanacaksa Ders 13'teki sözleşmesel araç, itfa, dönem ve eşleşmeyen tüketim kurallarını uygulayın. Otomatik sıfır emisyon varsaymayın.

11.3 Güncel durum (Eylül 2026): yıla bağlı faktör

> **Elektrik faktörü raporlama yılına bağlı bir veridir.** 0,434 değeri 2023 örneğidir. Gelecek yıllara sabit faktör gibi taşınmaz.
>
> ETKB sayfasında bu materyalin hazırlandığı tarihte 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılları için faktörler listelenmiştir. Sayfanın son güncelleme tarihi 31.12.2025'tir. Bu kontrolde 2024 yılına ait yayımlanmış bir faktör bulunamamıştır. ETKB daha yeni bir yıl yayımlamış olabilir ya da yayımlayacaktır. Gerçek hesap 2024 ya da sonraki bir yıla aitse güncel resmî faktörü ETKB sayfasından kontrol edin ve bu materyaldeki sayıyı kullanmayın.
>
> Faktörün yılla değiştiğini gösteren örnek: ETKB bilgi formlarında Türkiye geneli üretim faktörü 2020 için 0,440, 2021 için 0,439 tCO_2e/MWh olarak yer alır. Formlarda yalnızca CO_2 cinsinden değerler de verilebilir. Hesapta CO_2e değerini seçin.

12. Elektrik emisyonunu hesaplamak

Değer	Birim	İşlem	Sonuç
1.250	MWh	× 0,434 tCO_2e/MWh (MWh iptal olur)	**542,50 tCO_2e**

```
1.250 MWh × 0,434 tCO₂e/MWh = 542,50 tCO₂e
```

Elektrik (Kategori 2, konum temelli, 2023 yöntem örneği) sonucu: **542,50 tCO_2e**.

Bilgi amaçlı karşılaştırma, bu dersin sonucu değildir: tüketim noktası faktörleriyle aynı tüketim 1.250 × 0,436 = 545,00 ve 1.250 × 0,469 = 586,25 tCO_2e verirdi. Fark, sistem sınırı farkından gelir. Bu değerler Kategori 2 hesabına karıştırılmaz.

13. Sonuçları birlikte yorumlamak

Kaynak	Kategori	Faaliyet verisi	Faktör	Sonuç (tCO_2e)	Pay
Doğal gaz	1	500.000 Nm^3 (18,72 TJ)	IPCC Tablo 2.3, AR6 KIP	1.051,208	%66,0
Satın alınan elektrik	2	1.250 MWh	ETKB 2023 üretim 0,434	542,500	%34,0
İki kaynak toplamı				**1.593,708**	%100

```
1.051,208496 + 542,500 = 1.593,708496 tCO₂e ≈ 1.593,708 tCO₂e
Doğal gaz payı = 1.051,208496 ÷ 1.593,708496 = %65,96
Elektrik payı  = 542,500 ÷ 1.593,708496 = %34,04
```

Bu karşılaştırma yalnızca bu iki enerji kalemi içinde hangi kaynağın daha büyük etki yarattığını gösterir. Doğal gaz verimliliği ya da yakıt dönüşümü Kategori 1'i, elektrik verimliliği Kategori 2'yi doğrudan etkiler.

> **Dikkat: Bu toplam kuruluşun toplam karbon ayak izi değildir.** Araçlar, proses emisyonları, soğutucu gazlar, ulaşım, iletim ve dağıtım gibi diğer dolaylı etkiler, satın alınan malzemeler, atıklar ve başka kaynaklar bu iki hesabın dışında olabilir. 1.593,708 tCO_2e yalnızca bu doğal gaz ve Kategori 2 elektrik uygulamasının toplamıdır. Tüm ISO 14064-1 envanteri gibi sunulmamalıdır.

Yıllar arası yorumda faaliyet verisi ile faktör etkisini ayırın. Doğal gaz emisyonundaki değişim tüketimden, yakıt özelliğinden ya da faktör ve KIP güncellemesinden gelebilir. Elektrik emisyonundaki değişim tüketimden ve yıllık üretim faktöründen gelebilir. Yönetim özetinde yalnızca tCO_2e değil, temel faaliyet verisi ve kullanılan faktör de görünür olmalıdır.

14. Python ile doğrulama

Aşağıdaki kod bu materyaldeki tüm sayıları yeniden hesaplar.

```python
from decimal import Decimal as D

hacim = D(500000)            # Nm3
yogunluk = D(78) / D(100)         # kg/Nm3, egitim varsayimi
nkd = D(48)                  # TJ/Gg

kg = hacim * yogunluk        # 390000 kg
gg = kg / D(10**6)           # 0,390 Gg
tj = gg * nkd                # 18,72 TJ

co2 = tj * D(56100)          # 1050192 kg
ch4 = tj * D(1)              # 18,72 kg
n2o = tj * D(1) / D(10)          # 1,872 kg

co2e_kg = co2 * 1 + ch4 * D(27) + n2o * D(273)
gaz_t = co2e_kg / D(1000)    # 1051,208496 t

mwh = D(1250000) / D(1000)   # 1250 MWh
elektrik_t = mwh * D(434) / D(1000)  # 542,5 t

toplam = gaz_t + elektrik_t  # 1593,708496 t
print(tj, co2, ch4, n2o, co2e_kg, gaz_t, elektrik_t, toplam)
```

Alıştırmalar (cevaplarıyla)

Alıştırma 1: Hata avcısı

Aşağıdaki sekiz hatayı bulun ve düzeltin. Cevaplar tabloda verilmiştir.

Hata	Neden sorun	Doğrusu
1. Eksik fatura aylarıyla yıllık toplam oluşturmak	Faaliyet verisi dönemi eksik temsil eder, emisyon düşük çıkar	On iki ayı tamamlayın, eksik ayı belgeli yöntemle uzlaştırın
2. m³ ile Nm³'ü aynı kabul etmek	Yoğunluk referans koşullarına bağlıdır, görünmeyen birim hatası oluşur	Düzeltilmiş hacmi kullanın ve hangi hacim olduğunu belgeleyin
3. Yoğunluğu her kaynak için değişmez sabit sanmak	Yoğunluk bileşime ve referans koşullara göre değişir	Tedarikçi verisini kullanın, eğitim değeri 0,78 yalnızca örnektir
4. NKD ile emisyon faktörünün enerji temelini uyumsuz kullanmak	Alt ve üst ısıl değer karışırsa TJ yanlış çıkar	Faktörle aynı enerji temelini (net kalorifik) kullanın
5. IPCC'de yanlış kaynak kategorisinin CH_4 ya da N_2O faktörünü seçmek	Tablo 2.3 için CH_4 1 kg/TJ, Tablo 2.4 için 5 kg/TJ'dir	Kaynağa uygun tabloyu seçin, imalat sanayii için 1 kg/TJ
6. Yanma metanına 29,8 KIP uygulamak	29,8 fosil kaçak ve proses metanı içindir, yanmada CO_2 çift sayımı yaratır	Yanma CH_4 için 27,0 kullanın
7. kWh ile MWh'yi karıştırmak	Sonuç bin kat bozulur	1.250.000 kWh = 1.250 MWh
8. Elektrik faktöründe üretim ile tüketim noktası sınırını karıştırmak	ISO Kategori 2 iletim ve dağıtım etkilerini kapsamaz, çift sayım riski doğar	Kategori 2 için üretim faktörü 0,434

Alıştırma 2: Enerji biriminde veri

Bir işletmenin doğal gaz faturası tüketimi doğrudan 18,72 TJ olarak veriyor. NKD 48 TJ/Gg olarak bilinse de yoğunluk ve NKD adımlarını uygular mısınız?

Cevap: Hayır. Faaliyet verisi güvenilir biçimde enerji cinsinden olduğu için doğrudan faktörlerle çarpılır: 18,72 TJ × 56.100 kg/TJ = 1.050.192 kg CO_2. Yoğunluk ve NKD dönüşümünü tekrar uygulamak gereksizdir.

Alıştırma 3: KIP seçimi

Aynı 18,72 kg CH_4 için KIP 29,8 uygulanırsa sonuç ne olur, neden doğru değildir?

Cevap: 18,72 × 29,8 = 557,856 kg CO_2e olurdu (doğru değer 505,44 kg CO_2e). Doğal gaz toplamı 1.051,261 tCO_2e çıkardı. 29,8 fosil kaçak ve proses metanı içindir, yanma CO_2'si ayrıca hesaplandığında çift sayım yaratır.

Özet

- Doğal gaz yanması Kategori 1, satın alınan elektrik Kategori 2'dir.
- Doğal gaz zinciri: 500.000 Nm^3 → 390.000 kg (0,390 Gg) → 18,72 TJ → CO_2 1.050.192 kg, CH_4 18,72 kg, N_2O 1,872 kg → 1.051,208 tCO_2e.
- Elektrik zinciri: 1.250.000 kWh → 1.250 MWh → 542,50 tCO_2e (ETKB 2023 üretim faktörü 0,434).
- Yoğunluk 0,78 kg/Nm^3 bir eğitim varsayımıdır. NKD 48 TJ/Gg IPCC varsayılanıdır.
- Yanma metanı için KIP 27,0 kullanılır. 29,8 fosil kaçak ve proses metanı içindir.
- ISO Kategori 2 iletim ve dağıtım etkilerini kapsamaz. Tüketim noktası faktörleri (0,436 ve 0,469) ayrı bir sınırdır.
- Elektrik faktörü yıla bağlıdır. Hesap yılı için güncel resmî faktör kontrol edilir.
- 1.593,708 tCO_2e yalnızca bu iki kaynağın toplamıdır, kuruluşun toplam ayak izi değildir.
- Kanıt zinciri: doğal gaz için fatura ya da sayaç, yoğunluk ve NKD kaynağı, IPCC faktör tablosu ve KIP seti. Elektrik için fatura ya da sayaç, ETKB faktör belgesi ve sistem sınırı.

Bilgi kontrolü (cevaplarıyla)

1. 1.250.000 kWh kaç MWh'tir? Cevap: 1.250 MWh (1 MWh = 1.000 kWh).

2. 2023 ISO Kategori 2 üretim örneğinde hangi ETKB faktörü kullanıldı? Cevap: 0,434 tCO_2e/MWh (Türkiye geneli brüt elektrik üretimi).

3. Doğal gazın çıkarılması ve boru hattıyla taşınması gibi yukarı yönlü emisyonlar bu Kategori 1 hesabına eklendi mi? Cevap: Hayır. Yalnızca yanma emisyonu hesaplanır.

4. 500.000 Nm^3 doğal gaz kaç TJ enerjiye karşılık gelir (eğitim varsayımlarıyla)? Cevap: 500.000 × 0,78 = 390.000 kg = 0,390 Gg. 0,390 × 48 = 18,72 TJ.

5. Yanma kaynaklı CH_4 için hangi KIP kullanıldı ve neden? Cevap: 27,0. 29,8 fosil kaçak ve proses metanı içindir, yanma CO_2'si ayrıca hesaplandığında çift sayım yaratır.

6. Bu örnekte imalat sanayii doğal gazı için CH_4 faktörü nedir? Cevap: 1 kg/TJ (IPCC 2006, Tablo 2.3). Ticari ve kurumsal tablosundaki 5 kg/TJ bu örneğe uygulanmaz.

7. MW ile MWh arasındaki fark nedir? Cevap: MW güçtür, MWh enerjidir. Tüketim faaliyet verisi MWh cinsindendir.

8. Doğal gaz 1.051,208 tCO_2e ile elektrik 542,50 tCO_2e toplamı olan 1.593,708 tCO_2e kuruluşun toplam karbon ayak izi midir? Cevap: Hayır. Yalnızca bu iki kaynağın toplamıdır. Diğer kaynaklar bu hesabın dışındadır.

9. 0,436 ve 0,469 tCO_2e/MWh faktörleri neden Kategori 2 hesabında kullanılmadı? Cevap: Bunlar tüketim noktası faktörleridir ve ISO Kategori 2'nin dışında kalan iletim ve dağıtım etkilerini içeren farklı bir sistem sınırını temsil eder. Kullanılırsa aynı etkiler ayrıca eklenerek çift sayım yapılmamalıdır.

10. 0,434 değeri 2025 yılı bir hesap için kullanılabilir mi? Cevap: Hayır. Elektrik faktörü yıla bağlıdır. İlgili yıl için güncel resmî faktör kontrol edilmelidir.

Anahtar kavramlar sözlüğü (TR – EN)

Türkçe	English
faaliyet verisi	activity data
emisyon faktörü	emission factor
net kalorifik değer (NKD), alt ısıl değer	net calorific value (NCV), lower heating value
küresel ısınma potansiyeli (KIP)	global warming potential (GWP)
karbondioksit eşdeğeri (CO_2e)	carbon dioxide equivalent (CO_2e)
doğrudan emisyon	direct emission
dolaylı emisyon	indirect emission
Kategori 1 (doğrudan sera gazı emisyonları ve uzaklaştırmaları)	Category 1 (direct GHG emissions and removals)
Kategori 2 (ithal enerjiden kaynaklanan dolaylı emisyonlar)	Category 2 (indirect GHG emissions from imported energy)

normal metreküp (Nm³)	normal cubic metre (Nm³)
yoğunluk	density
üretim faktörü	generation factor
tüketim noktası faktörü	consumption point factor
konum temelli / piyasa temelli yöntem	location-based / market-based method
sera gazı envanteri	GHG inventory
kuruluş sınırı	organizational boundary
yukarı yönlü emisyonlar	upstream emissions
birim iptali	unit cancellation
çift sayım	double counting

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 (Kategori 2 tanımı madde 5.2.4, sınır Ek B.3.1). ISO sayfasına göre 2024'te teyit edilmiştir.
- ISO/TS 14064-4:2025, Greenhouse gases, Part 4: Guidance for the application of ISO 14064-1.
- IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Cilt 2 Enerji, Bölüm 1 Tablo 1.2 (doğal gaz NKD 48,0 TJ/Gg) ve Bölüm 2 Tablo 2.3 (imalat sanayii ve inşaat, doğal gaz: CO_2 56.100, CH_4 1, N_2O 0,1 kg/TJ). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/
- IPCC, *AR6 WG1*, Bölüm 7, Tablo 7.15 (100 yıllık KIP).
- GHG Protocol, *IPCC Global Warming Potential Values*, Sürüm 2.0, 7 Ağustos 2024 (CH_4 fosil 29,8, CH_4 fosil olmayan 27,0, N_2O 273, yanmada 27,0 kullanım gerekçesi).
- GHG Protocol, *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*, Bölüm 3 (iletim ve dağıtım kayıplarının Kapsam 3 Kategori 3'te raporlanması).
- GHG Protocol, *Scope 2 Guidance* (2015) (konum ve piyasa temelli çift raporlama).
- 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).
- SATSO-SUBÜ Eğitim Programı, Ders 15 amaç ve içerik tanımı, ve TSE TS EN ISO 14064-1 eğitim sunumu (Kategori 2 sistem sınırı).

Güncellik notu: Bilgiler Eylül 2026 itibarıyladır. Elektrik faktörleri yıllık yayımlanır. ETKB sayfasında 2020 ile 2023 arası yıllar listelenmiştir ve 2024 faktörü bu kontrolde bulunamamıştır. KIP seti ve faktörler raporlama programının şartına göre değişebilir. Gerçek envanter çalışmasında resmî kaynaklar yeniden kontrol edilmelidir.

ENGLISH VERSION

LESSON 15: Application 1: Natural Gas and Electricity Emission Calculation

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	Step-by-step calculation from natural gas (Category 1) and purchased electricity (Category 2) consumption data to tCO_2e
Example year	2023 method example (all numbers are training data, not real company data)
Related lessons	Lesson 13 (location-based and market-based methods for electricity), 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:

- Validate natural gas and electricity consumption data before using it in a calculation.
- Convert natural gas from volume to mass and from mass to energy, and calculate CO_2, CH_4 and N_2O emissions separately.
- Convert gas-level results to CO_2e with GWP and obtain the natural gas total.
- Convert electricity consumption from kWh to MWh and select the factor that fits the ISO 14064-1 Category 2 boundary and the reporting year.
- Show unit cancellation in every calculation line and interpret the result correctly for these two sources only.
- Recognize and correct eight common mistakes.

1. From invoice data to a tCO_2e result

In earlier lessons we classified sources and set up the logic of activity data and emission factors. In this lesson we convert the natural gas and purchased electricity consumption of Example Industry Inc. into tCO_2e.

Both sources relate to the energy use of the same factory, but they are not in the same category.

Source	Where it occurs	ISO 14064-1 category
Natural gas (boiler, furnace)	Inside the organizational boundary, direct stationary combustion	Category 1 (direct emission)
Electricity purchased from the grid	Generated elsewhere	Category 2 (indirect emission from imported energy)

The mathematics is not hard. The hard part is matching the right data with the right unit and the right factor. The basic formula is the same for both sources:

```
Emission = Activity data × Emission factor
```

For natural gas we go from volume to mass, from mass to energy, and then to gas-level emissions. For electricity we convert consumption to MWh and match it with an official factor that fits the system boundary. Units stay visible at every step, because a good carbon calculation is not only a result but a reproducible calculation chain.

Calculation chain:

```
Natural gas: Nm³ → kg → Gg → TJ → kg gas → kg CO₂e → tCO₂e
Electricity: kWh → MWh → tCO₂e
```

2. Example data set and calculation boundary

All values below belong to the 2023 method example. They are training data, not real company data or mandatory values. In a real calculation, current and appropriate data are checked.

Input	Value	Unit	Source and note
Corrected natural gas consumption	500,000	Nm³	Training data
Natural gas density	0.78	kg/Nm³	Training assumption only, not a universal constant
Net calorific value (NCV)	48	TJ/Gg	IPCC 2006, Vol. 2, Table 1.2 default
CO_2 emission factor	56,100	kg/TJ	IPCC 2006, Vol. 2, Table 2.3, manufacturing industries and construction, natural gas
CH_4 emission factor	1	kg/TJ	IPCC 2006, Vol. 2, Table 2.3, same row
N_2O emission factor	0.1	kg/TJ	IPCC 2006, Vol. 2, Table 2.3, same row
GWP (AR6, 100 years)	CO_2 = 1, combustion CH_4 = 27.0, N_2O = 273	dimensionless	IPCC AR6 WG1 Table 7.15, GHG Protocol GWP table (Version 2.0)
Purchased electricity	1,250,000	kWh	Training data
Electricity factor (ISO Category 2)	0.434	tCO_2e/MWh	ETKB 2023 Türkiye-wide electricity generation factor

The following are not included in this lesson:

- Upstream fuel chain emissions such as extraction, processing and transport of natural gas. The Category 1 calculation contains combustion emissions only.
- Diesel, gasoline, LPG, vehicles, refrigerants and fire suppression gases (Lesson 16), and transport, raw materials and waste (Lesson 17).
- Market-based electricity calculation. Only a boundary warning is given.

> **Attention: The density of 0.78 kg/Nm³ is a training assumption.** The density of natural gas changes with gas composition, the temperature and pressure reference, and supplier data. Do not use this value as a natural gas constant valid for every company and every year.

> **Attention: 48 TJ/Gg is also a default value.** If the reporting program requires a different value, or reliable supplier or country data exists, evaluate that first. Do not use the default automatically.

3. Preparing natural gas consumption data

Activity data is validated before any multiplication.

- Does the annual total cover twelve monthly invoices?
- Is there a meter replacement, an estimated reading or a later correction?
- Does the data belong only to this facility? Invoices of other facilities may be mixed in.
- Does one monthly invoice cover two periods? The annual total must be reconciled not only mathematically but also by period.

Watch the volume unit. The cubic metre (m³) shown on a meter and the normal cubic metre (Nm³) corrected to standard conditions are not the same concept. Applying a density without documenting which volume is used creates an invisible unit error. In this example the corrected 500,000 Nm³ is given directly.

Choose the calculation path according to the data. If a reliable invoice or energy management system already gives natural gas in an energy unit (kWh or TJ), there is no need to go from volume to mass and back to energy. The volume, mass, energy path of this lesson is chosen to demonstrate the density and lower heating value steps in practice. If the invoice has a volume correction coefficient or energy conversion information, record what these fields represent.

> **Good practice:** In the data preparation file, keep the raw invoice value and the corrected value used in the calculation in separate columns. This makes later verification much easier.

4. Step 1: From Nm³ to mass

The NCV we use in the next step is given as TJ/Gg. For this reason we first convert volume to mass. The units tell us which conversion is needed.

Value	Unit	Operation	Result
500,000	Nm³	× 0.78 kg/Nm³ (Nm³ cancels)	390,000 kg
390,000	kg	÷ 1,000 kg/t	390 t
390,000	kg	÷ 1,000,000 kg/Gg	0.390 Gg

```
500,000 Nm³ × 0.78 kg/Nm³ = 390,000 kg = 390 t = 0.390 Gg
```

If the Nm³ unit does not disappear on the way to the result, there is a problem in the formula. Also record the source of the density.

5. Step 2: From mass to energy, applying the lower heating value

Value	Unit	Operation	Result
0.390	Gg	× 48 TJ/Gg (Gg cancels)	18.72 TJ

```
0.390 Gg × 48 TJ/Gg = 18.72 TJ
```

This number now matches the TJ unit in the denominator of the emission factors. Its physical equivalent is about 5.2 GWh of fuel energy (18.72 TJ ÷ 3.6 TJ/GWh).

> **Common mistakes:**
>
> - Treating the lower heating value as a mandatory conversion in every case. If the activity data is already in energy terms, this conversion is not repeated.
> - Confusing higher and lower heating value. If the factor is given on a net calorific basis, the activity data must be on the same energy basis.

6. Step 3: Calculating CO_2, CH_4 and N_2O separately

Each greenhouse gas is calculated with its own emission factor. The three gases are not the same physical substance, and GWP conversion is done in the next step.

Gas	Value	Unit	Operation	Result
CO_2	18.72	TJ	× 56,100 kg CO_2/TJ (TJ cancels)	1,050,192 kg CO_2
CH_4	18.72	TJ	× 1 kg CH_4/TJ (TJ cancels)	18.72 kg CH_4
N_2O	18.72	TJ	× 0.1 kg N_2O/TJ (TJ cancels)	1.872 kg N_2O

As a quality check, look at the units. When TJ activity data is multiplied by a kg/TJ factor, TJ must cancel and kg of gas must remain.

> **Attention: The source category of the factor table changes the result.** In IPCC 2006 Volume 2 Chapter 2, the default CH_4 value for natural gas differs by table. It is 1 kg/TJ for energy industries (Table 2.2) and for manufacturing industries and construction (Table 2.3), and 5 kg/TJ for commercial and institutional (Table 2.4). This example is manufacturing industry, so 1 kg/TJ is used. The CO_2 and N_2O values are the same in these tables (56,100 and 0.1 kg/TJ). The r mark in the tables shows that the value was revised since the 1996 Guidelines.

7. Step 4: Converting to CO_2e with GWP and the natural gas total

This example uses the AR6 100-year GWP set. The GWP of CO_2 is 1.

27.0 is used for combustion methane. The GHG Protocol GWP table (Version 2.0, 7 August 2024) gives 29.8 for fugitive and process emissions of fossil origin. For combustion emissions, 27.0 is used for CH_4, because the oxidation of methane to CO_2 in the atmosphere is already accounted for in the combustion CO_2. Applying 29.8 would count the same effect twice.

Gas	Value	Unit	Operation	Result
CO_2	1,050,192	kg CO_2	× 1 kg CO_2e/kg CO_2	1,050,192 kg CO_2e
CH_4	18.72	kg CH_4	× 27.0 kg CO_2e/kg CH_4	505.44 kg CO_2e
N_2O	1.872	kg N_2O	× 273 kg CO_2e/kg N_2O	511.056 kg CO_2e
Total			1,050,192 + 505.44 + 511.056	1,051,208.496 kg CO_2e
Total (tonnes)	1,051,208.496	kg CO_2e	÷ 1,000 kg/t	**1,051.208 tCO_2e**

Natural gas (Category 1) result: **1,051.208 tCO_2e**. Rounding is done only in the last step.

The structure of the result is instructive. CO_2 contributes about 99.90%, CH_4 about 0.05% and N_2O about 0.05%. For this reason the CH_4 factor or the GWP choice changes the total very little, but the discipline of using the right table and the right GWP is still required.

> **Rule:** First calculate the gas quantity with the right factor, then apply the chosen GWP set consistently. If an emission factor is already expressed in CO_2e, do not apply GWP a second time. If a reporting program requires a different IPCC assessment report or value set, the program requirement takes priority. Do not mix sets within one inventory.

8. Quality control of the natural gas calculation

Trace the chain backwards:

```
500,000 Nm³ → 0.390 Gg → 18.72 TJ → CO₂, CH₄, N₂O → 1,051.208 tCO₂e
```

Four checks are enough:

1. **Activity data:** Does it represent actual consumption in the reporting period?
2. **Unit:** Do the units cancel in the volume, mass and energy conversions?
3. **Factor:** Was the factor of the right fuel and the right source category used?
4. **GWP:** Was a single, documented assessment report set applied?

The long calculation path is not a goal. If activity data is reliably available in an energy unit, repeating the density and NCV steps is unnecessary. If only volume data exists, the source of the density and the energy conversion used must be visible. A professional calculation is not the longest formula. It is the formula that fits the data structure, has a clear boundary and can be reproduced by someone else.

9. Preparing electricity consumption data

For electricity too, the first task is activity data, not the factor. In the example, purchased electricity in the reporting period is 1,250,000 kWh. Check the following:

- Does the total cover twelve monthly invoices and reconcile with the meters of the same facility?
- Are all relevant meters within the reporting boundary included?
- The main meter total and the sub-meter total serve different purposes. Sub-meters show how much each process uses. Do not add the same consumption from both the main meter and the sub-meters.
- If the charging of your own electric forklift, compressor or electric vehicle is on this meter, that consumption is already part of the Category 2 activity data. Adding it again is double counting.

Keep facility, meter, period, quantity, unit and connection type together in the electricity data file.

10. Converting kWh to MWh

The denominator of the ETKB generation factor is MWh. If the activity data is also in MWh, the units cancel directly.

Value	Unit	Operation	Result
1,250,000	kWh	÷ 1,000 kWh/MWh (kWh cancels)	1,250 MWh

```
1 MWh = 1,000 kWh
1,250,000 kWh ÷ 1,000 kWh/MWh = 1,250 MWh
```

> **Common mistake: Confusing kWh and MWh distorts the result by a factor of one thousand.** For example, multiplying 1,250,000 directly by 0.434 gives 542,500. The correct result is 542.50.

> **Attention: MW is power, MWh is energy.** MW expresses power at a given moment or capacity level. MWh is an amount of energy and is the quantity used as activity data in carbon accounting. Mistaking contract power or installed capacity for annual consumption is a serious error.

11. Selecting the electricity emission factor

Finding an official number is not enough here. The factor must fit both the year and the system boundary.

11.1 ETKB 2023 factors

On its page Türkiye Electricity Generation and Electricity Consumption Point Emission Factors, ETKB gives the following values for 2023:

Factor	Value (tCO_2e/MWh)	System boundary	Use in this lesson
Türkiye-wide gross electricity generation (average)	0.434	Generation	**Used in the ISO Category 2 calculation**
Consumption point connected to the transmission line	0.436	Consumption point	Not used, shown only to illustrate the boundary difference
Consumption point connected to the distribution line	0.469	Consumption point	Not used, shown only to illustrate the boundary difference

According to the TSE training material on ISO 14064-1, Category 2 covers emissions from the generation of imported electricity. Emissions associated with transmission and distribution are outside this category. Annex B.3.1 of ISO 14064-1:2018 sets the same boundary: upstream fuel emissions up to the power plant gate, emissions from power plant construction and emissions allocated to transmission and distribution losses are not included in Category 2. For this reason the generation factor 0.434 is used in this lesson.

> **Attention: Same family of numbers, different system boundaries.** 0.436 and 0.469 are consumption point factors. Do not present them as the same thing as the ISO Category 2 generation factor. If a consumption point factor is selected, do not add transmission and distribution effects separately, which would double count.

The **combined margin grid factor** is a separate concept. This value in the ETKB National Electricity Grid Emission Factor form is intended for avoided emission calculations of renewable energy projects and is not used in the calculation of an organization that consumes grid electricity.

In the factor selection card, keep the source institution, year, factor type, unit and system boundary together. Writing only electricity factor in the calculation file is not sufficient.

11.2 ISO 14064-1 Category 2 versus GHG Protocol Scope 2

The two frameworks are often used as synonyms, but they are not exactly the same.

Topic	ISO 14064-1:2018 Category 2	GHG Protocol Scope 2

Coverage	Indirect emissions from the generation of imported energy (electricity, steam, heating, cooling, compressed air)	Emissions from the generation of purchased and consumed electricity, steam, heating and cooling
Transmission and distribution losses	Outside Category 2 (Annex B.3.1)	Outside Scope 2, reported by the end user under Scope 3 Category 3
Method	The location-based result is the main result. The market-based result is optional additional information (ISO 14064-1 clauses 6.3 and 9.3.3)	The 2015 Scope 2 Guidance requires reporting both location-based and market-based results
Structure	Six categories	Three scopes
Organizational boundary	Approach documented and justified by the organization	Equity share, financial control or operational control

The conceptual boundary of the two frameworks largely overlaps with respect to transmission and distribution losses. The real difference lies in the reporting rules. For this reason, which framework can use the ETKB consumption point factors depends on whether the factor includes transmission and distribution effects and on the rule of the reporting program. Answer this boundary question before doing the calculation and document the choice. This lesson keeps the ISO Category 2 framework and uses 0.434.

> **Market-based method warning:** If a contractual instrument such as YEK-G exists, do not delete the location-based result of this lesson. If a market-based result will be calculated separately, apply the rules of Lesson 13 on the contractual instrument, retirement, period and unmatched consumption. Do not assume zero emissions automatically.

11.3 Current status (September 2026): year-dependent factor

> **The electricity factor is data that depends on the reporting year.** The value 0.434 is a 2023 example. It is not carried forward to future years as a fixed factor.
>
> At the time this material was prepared, the ETKB page listed factors for 2020, 2021, 2022 and 2023. The last update date of the page is 31.12.2025. No published factor for 2024 was found in this check. ETKB may have published or may publish a newer year. If a real calculation belongs to 2024 or a later year, check the current official factor on the ETKB page and do not use the number in this material.
>
> An example showing that the factor changes with the year: in ETKB information forms, the Türkiye-wide generation factor appears as 0.440 for 2020 and 0.439 tCO_2e/MWh for 2021. Forms may also give CO_2-only values. Select the CO_2e value in the calculation.

12. Calculating the electricity emission

Value	Unit	Operation	Result
1,250	MWh	× 0.434 tCO_2e/MWh (MWh cancels)	**542.50 tCO_2e**

```
1,250 MWh × 0.434 tCO₂e/MWh = 542.50 tCO₂e
```

Electricity (Category 2, location-based, 2023 method example) result: **542.50 tCO_2e**.

For information only, not a result of this lesson: with the consumption point factors the same consumption would give 1,250 × 0.436 = 545.00 and 1,250 × 0.469 = 586.25 tCO_2e. The difference comes from the difference in system boundary. These values are not mixed into the Category 2 calculation.

13. Interpreting the results together

Source	Category	Activity data	Factor	Result (tCO_2e)	Share
Natural gas	1	500,000 Nm^3 (18.72 TJ)	IPCC Table 2.3, AR6 GWP	1,051.208	66.0%
Purchased electricity	2	1,250 MWh	ETKB 2023 generation 0.434	542.500	34.0%
Total of the two sources				**1,593.708**	100%

```
1,051.208496 + 542.500 = 1,593.708496 tCO₂e ≈ 1,593.708 tCO₂e
Natural gas share = 1,051.208496 ÷ 1,593.708496 = 65.96%
Electricity share = 542.500 ÷ 1,593.708496 = 34.04%
```

This comparison shows only which source has the larger impact within these two energy items. Natural gas efficiency or fuel switching directly affects Category 1, and electricity efficiency directly affects Category 2.

> **Attention: This total is not the organization's total carbon footprint.** Vehicles, process emissions, refrigerants, transport, other indirect effects such as transmission and distribution, purchased materials, waste and other sources may lie outside these two calculations. 1,593.708 tCO₂e is only the sum of this natural gas and Category 2 electricity application. It must not be presented as a full ISO 14064-1 inventory.

In year-on-year interpretation, separate the activity data effect from the factor effect. A change in natural gas emissions may come from consumption, fuel properties, or a factor and GWP update. A change in electricity emissions may come from consumption and the annual generation factor. A management summary should show not only tCO₂e but also the underlying activity data and the factor used.

14. Verification with Python

The code below recalculates all numbers in this material.

```python
from decimal import Decimal as D

volume = D(500000)           # Nm3
density = D(78) / D(100)          # kg/Nm3, training assumption
ncv = D(48)                  # TJ/Gg

kg = volume * density        # 390000 kg
gg = kg / D(10**6)           # 0.390 Gg
tj = gg * ncv                # 18.72 TJ

co2 = tj * D(56100)          # 1050192 kg
ch4 = tj * D(1)              # 18.72 kg
n2o = tj * D(1) / D(10)          # 1.872 kg

co2e_kg = co2 * 1 + ch4 * D(27) + n2o * D(273)
gas_t = co2e_kg / D(1000)    # 1051.208496 t

mwh = D(1250000) / D(1000)   # 1250 MWh
electricity_t = mwh * D(434) / D(1000)  # 542.5 t

total = gas_t + electricity_t     # 1593.708496 t
print(tj, co2, ch4, n2o, co2e_kg, gas_t, electricity_t, total)
```

Exercises (with answers)

Exercise 1: Error hunter

Find and correct the following eight mistakes. The answers are given in the table.

Mistake	Why it is a problem	Correct approach
1. Building an annual total with missing invoice months	Activity data under-represents the period and emissions come out low	Complete the twelve months and reconcile the missing month with a documented method
2. Treating m³ and Nm³ as the same	Density depends on reference conditions, creating an invisible unit error	Use the corrected volume and document which volume it is
3. Assuming density is an unchangeable constant for every source	Density changes with composition and reference conditions	Use supplier data, the training value 0.78 is only an example
4. Using NCV and the emission factor on inconsistent energy bases	If lower and higher heating value are mixed, TJ is wrong	Use the same energy basis as the factor (net calorific)

5. Selecting the CH_4 or N_2O factor of the wrong IPCC source category	CH_4 is 1 kg/TJ in Table 2.3 and 5 kg/TJ in Table 2.4	Select the table that fits the source, 1 kg/TJ for manufacturing industry
6. Applying GWP 29.8 to combustion methane	29.8 is for fossil fugitive and process methane, and double counts CO_2 in combustion	Use 27.0 for combustion CH_4
7. Confusing kWh and MWh	The result is distorted a thousandfold	1,250,000 kWh = 1,250 MWh
8. Confusing generation and consumption point boundaries in the electricity factor	ISO Category 2 does not cover transmission and distribution effects, creating double counting risk	Generation factor 0.434 for Category 2

Exercise 2: Data already in energy units

An enterprise's natural gas invoice gives consumption directly as 18.72 TJ. Even though the NCV is known as 48 TJ/Gg, do you apply the density and NCV steps?

Answer: No. Because the activity data is reliably in energy terms, it is multiplied directly by the factors: 18.72 TJ × 56,100 kg/TJ = 1,050,192 kg CO_2. Repeating the density and NCV conversion is unnecessary.

Exercise 3: GWP selection

If GWP 29.8 is applied to the same 18.72 kg of CH_4, what is the result and why is it not correct?

Answer: 18.72 × 29.8 = 557.856 kg CO_2e (the correct value is 505.44 kg CO_2e). The natural gas total would be 1,051.261 tCO_2e. 29.8 is for fossil fugitive and process methane, and it double counts when combustion CO_2 is calculated separately.

Summary

- Natural gas combustion is Category 1, purchased electricity is Category 2.
- Natural gas chain: 500,000 Nm^3 → 390,000 kg (0.390 Gg) → 18.72 TJ → CO_2 1,050,192 kg, CH_4 18.72 kg, N_2O 1.872 kg → 1,051.208 tCO_2e.
- Electricity chain: 1,250,000 kWh → 1,250 MWh → 542.50 tCO_2e (ETKB 2023 generation factor 0.434).
- The density of 0.78 kg/Nm^3 is a training assumption. The NCV of 48 TJ/Gg is the IPCC default.
- GWP 27.0 is used for combustion methane. 29.8 is for fossil fugitive and process methane.
- ISO Category 2 does not cover transmission and distribution effects. Consumption point factors (0.436 and 0.469) are a separate boundary.
- The electricity factor depends on the year. The current official factor for the calculation year is checked.
- 1,593.708 tCO_2e is only the total of these two sources, not the organization's total footprint.
- Evidence chain: for natural gas, the invoice or meter record, the density and NCV source, the IPCC factor table and the GWP set. For electricity, the invoice or meter, the ETKB factor document and the system boundary.

Knowledge check (with answers)

1. How many MWh is 1,250,000 kWh? Answer: 1,250 MWh (1 MWh = 1,000 kWh).

2. Which ETKB factor was used in the 2023 ISO Category 2 generation example? Answer: 0.434 tCO_2e/MWh (Türkiye-wide gross electricity generation).

3. Were upstream emissions such as extraction and pipeline transport of natural gas added to this Category 1 calculation? Answer: No. Only combustion emissions are calculated.

4. How many TJ of energy does 500,000 Nm^3 of natural gas correspond to (with the training assumptions)? Answer: 500,000 × 0.78 = 390,000 kg = 0.390 Gg. 0.390 × 48 = 18.72 TJ.

5. Which GWP was used for combustion CH_4 and why? Answer: 27.0. 29.8 is for fossil fugitive and process methane, and it double counts when combustion CO_2 is calculated separately.

6. What is the CH_4 factor for manufacturing industry natural gas in this example? Answer: 1 kg/TJ (IPCC 2006, Table 2.3). The 5 kg/TJ of the commercial and institutional table does not apply to this example.

7. What is the difference between MW and MWh? Answer: MW is power, MWh is energy. Consumption activity data is in MWh.

8. Is 1,593.708 tCO_2e, the sum of natural gas 1,051.208 tCO_2e and electricity 542.50 tCO_2e, the organization's total carbon footprint? Answer: No. It is only the sum of these two sources. Other sources are outside this calculation.

9. Why were the factors 0.436 and 0.469 tCO_2e/MWh not used in the Category 2 calculation? Answer: They are consumption point factors and represent a different system boundary that includes transmission and distribution effects, which fall outside ISO Category 2. If they are used, the same effects must not be added again, which would double count.

10. Can the value 0.434 be used for a calculation of the year 2025? Answer: No. The electricity factor depends on the year. The current official factor for the relevant year must be checked.

Key concepts glossary (TR – EN)

Türkçe	English
faaliyet verisi	activity data
emisyon faktörü	emission factor
net kalorifik değer (NKD), alt ısıl değer	net calorific value (NCV), lower heating value
küresel ısınma potansiyeli (KIP)	global warming potential (GWP)
karbondioksit eşdeğeri (CO_2e)	carbon dioxide equivalent (CO_2e)
doğrudan emisyon	direct emission
dolaylı emisyon	indirect emission
Kategori 1 (doğrudan sera gazı emisyonları ve uzaklaştırmaları)	Category 1 (direct GHG emissions and removals)
Kategori 2 (ithal enerjiden kaynaklanan dolaylı emisyonlar)	Category 2 (indirect GHG emissions from imported energy)
normal metreküp (Nm^3)	normal cubic metre (Nm^3)
yoğunluk	density
üretim faktörü	generation factor
tüketim noktası faktörü	consumption point factor
konum temelli / piyasa temelli yöntem	location-based / market-based method
sera gazı envanteri	GHG inventory
kuruluş sınırı	organizational boundary
yukarı yönlü emisyonlar	upstream emissions
birim iptali	unit cancellation
çift sayım	double counting

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 (Category 2 definition clause 5.2.4, boundary Annex B.3.1). Confirmed in 2024 according to the ISO page.
- ISO/TS 14064-4:2025, Greenhouse gases, Part 4: Guidance for the application of ISO 14064-1.
- IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol. 2 Energy, Chapter 1 Table 1.2 (natural gas NCV 48.0 TJ/Gg) and Chapter 2 Table 2.3 (manufacturing industries and construction, natural gas: CO_2 56,100, CH_4 1, N_2O 0.1 kg/TJ). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/
- IPCC, *AR6 WG1*, Chapter 7, Table 7.15 (100-year GWP).
- GHG Protocol, *IPCC Global Warming Potential Values*, Version 2.0, 7 August 2024 (CH_4 fossil 29.8, CH_4 non-fossil 27.0, N_2O 273, rationale for using 27.0 in combustion).
- GHG Protocol, *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*, Chapter 3 (reporting of transmission and distribution losses under Scope 3 Category 3).
- GHG Protocol, *Scope 2 Guidance* (2015) (dual reporting of location-based and market-based results).
- Republic of Türkiye Ministry of Energy and Natural Resources (ETKB), *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 (ETKB), *Türkiye National Electricity Grid Emission Factor Information Form* (combined margin values are intended for avoided emission calculations of renewable projects).

- SATSO-SUBÜ Training Program, Lesson 15 objectives and content description, and the TSE TS EN ISO 14064-1 training presentation (Category 2 system boundary).

Currency note: Information is current as of September 2026. Electricity factors are published annually. The ETKB page lists years 2020 to 2023, and no 2024 factor was found in this check. The GWP set and factors may change according to the requirement of the reporting program. In a real inventory study, official sources must be checked again.