
Ürün Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) Raporu (ISO 14040/44) (Otomotiv Sektörü)

2025



UIB

ULUDAĞ İHRACATÇI BİRLİKLERİ

AR-GE ŞUBESİ

İÇİNDEKİLER

1. GENEL BİLGİLER	3
LCA TANIMI.....	3
LCA’NIN AVANTAJLARI.....	4
LCA STANDARTLARI	4
2. LCA’NIN AŞAMALARI	5
2.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	6
2.2. ENVANTER ANALİZİ (LCI).....	9
2.3. ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (LCIA)	11
2.4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ/YAŞAM DÖNGÜSÜ YORUMLAMASI	12
3. ÖRNEK UYGULAMA	13
3.1. Otomotiv Sektöründe Ürün Yaşam Döngüsü Karbon Ayak İzi Dağılımı	13
3.2. LCA Raporu Örneği: Ürün: Otomotiv Ön Tampon (Plastik – PP malzeme) .	14
4. LCA’NIN AB POLİTİKALARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ (SDG) ARASINDAKİ KARŞILIKLI İLİŞKİSİ	17
5. LCA RAPORU & ÜRÜN KARBON AYAK İZİ (PCF) & ÇEVRESEL ÜRÜN BEYANI (EPD) KARŞILAŞTIRMASI	19
KAYNAKÇA	26



1. GENEL BİLGİLER

LCA TANIMI

LCA (Life Cycle Assessment), Türkçesiyle Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, bir ürün, proses veya hizmetin tüm çevresel boyutlarını hammaddelerin elde edilmesinden başlayarak kullanım sonrası atıkların bertarafına (beşikten mezara) kadar olan tüm aşamaları kapsamlı ve bütünsel bir şekilde değerlendiren **ISO 14040/44** standardında tanımlanan bir yöntemdir.

Günümüzde sürdürülebilirlik, yalnızca bir niyet beyanı değil; ölçülmesi gereken bir sorumluluk haline gelmiştir. Özellikle karbon emisyonlarının düşürülmesi, enerji verimliliği sağlanması ve kaynak kullanımının optimize edilmesi gibi kritik hedefler, somut verilerle desteklenmediği sürece sadece “iyi niyet” olarak kalmaktadır. LCA çevresel maliyetleri verilerle ortaya koymaktadır, böylece firmalar sadece daha çevreci olmakla kalmamakta aynı zamanda stratejik kararlarını da bilimsel verilere dayandırmış olmaktadır. LCA sayesinde, firmalar sürdürülebilirlik, rekabetçilik, yasal uyumluluk ve marka itibarı gibi pek çok stratejik alanda avantaj elde etmektedir.

Ürün yaşam döngüsünün her aşamasında enerji tüketimi, emisyonlar, atık üretimi gibi çevresel faktörler değerlendirilir. Bu yöntem, sürdürülebilir üretim ve tüketim için yol gösterici bir araç olarak, işletmelerin çevre dostu stratejiler geliştirmesine olanak tanır.

LCA çalışmasında, beyan edilen/işlevsel birim (declared/functional unit) (kg, m², ton, birim, 1 m³ atık su arıtma süreci gibi) başına çevresel etkiler hesaplanır.

Başlıca çevresel etkiler;

- Küresel Isınma Potansiyeli Kaynak Tüketimi
- Ozon Tabakası İncelme Potansiyeli
- Asidifikasyon Potansiyeli
- Ötrofikasyon Potansiyeli
- Ekotoksisite (Kara, Deniz)
- Fotokimyasal Oksidasyon
- Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Tüketimi vb.

LCA'NIN AVANTAJLARI

- ❖ Uluslararası Standartlara Dayanmaktadır. ISO 14040/44 gibi küresel olarak tanınan çerçevelere bağlıdır.
- ❖ Bilimsel Temelli Yaklaşım: Ampirik verileri ve köklü metodolojileri kullanır.
- ❖ Kapsamlı Parametre Analizi: Çevresel performans göstergelerinin geniş bir yelpazesini değerlendirir.
- ❖ Sıcak Nokta Analizi: Önemli çevresel etkileri olan yaşam döngüsü aşamalarını belirler.
- ❖ Ar-Ge Çalışmalarına Destek: Ürün geliştirmede eko-tasarım ve inovasyon konusunda bilgilendirir.
- ❖ Tüm Yaşam Boyu Fırsat: Hammaddeden kullanım ömrünün sonuna kadar tüm yaşam döngüsünü değerlendirir.
- ❖ Ürün/Süreç Karşılaştırması: Benzer ürün veya süreçlerle kıyaslama yapılmasını sağlar.
- ❖ İnsan Sağlığı ve Ekosistem Değerlendirmesi: İnsan sağlığı ve ekosistemler üzerindeki potansiyel etkileri ölçer.
- ❖ Kritik Kararları Bilgilendirir: Stratejik planlama için politika yapıcılara ve sektör liderlerine veri sağlar.
- ❖ Çevresel ve Ekonomik Faydalar: Çevresel etkiyi azaltmayı amaçlar ve maliyet tasarrufu sağlayabilir.



LCA STANDARTLARI

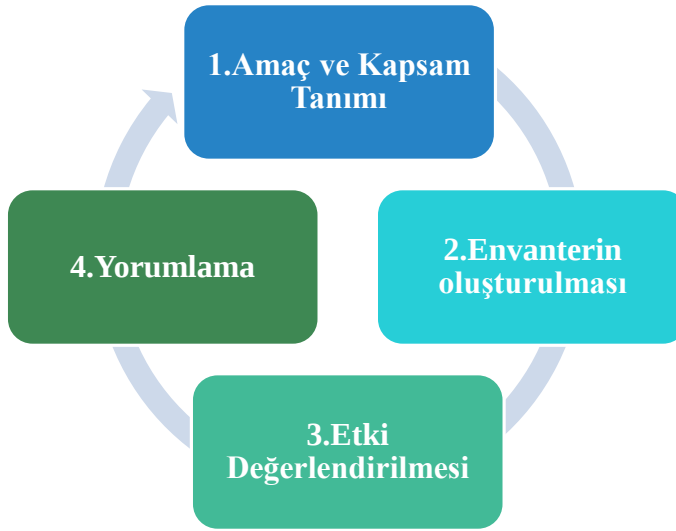
ISO 14040 -Environmentalmanagement-Life cycleassessment–Principle and Framework

TS EN ISO 14040 -Çevre yönetimi -Hayat boyu değerlendirme -Gerekler ve kılavuz

ISO 14044 -Environmentalmanagement—Life cycleassessment—Requirementsandguidelines

TS EN ISO 14044 -Çevre yönetimi -Hayat boyu değerlendirme -Gereksinimler ve kurallar

STANDARDININ AŞAMALARI



2. LCA’NIN AŞAMALARI

LCA süreci dört ana aşamadan oluşur:

1. Amaç ve Kapsam Belirleme (Goal and Scope)

İlk adımda, analiz edilecek ürün ya da sürecin amacı belirlenir ve analiz kapsamı tanımlanır. Örneğin, hangi çevresel etkilerin değerlendirileceği ve hangi aşamaların analiz edileceği bu aşamada kararlaştırılır.

2. Envanter Analizi (Inventory Analysis)

Bu aşamada, yaşam döngüsünün her aşamasındaki girdiler (enerji, malzeme) ve çıktılar (atık, emisyon) detaylı bir şekilde hesaplanır. Tüm veri toplama süreci, ürünün çevresel etkilerini anlamak için kritik öneme sahiptir.

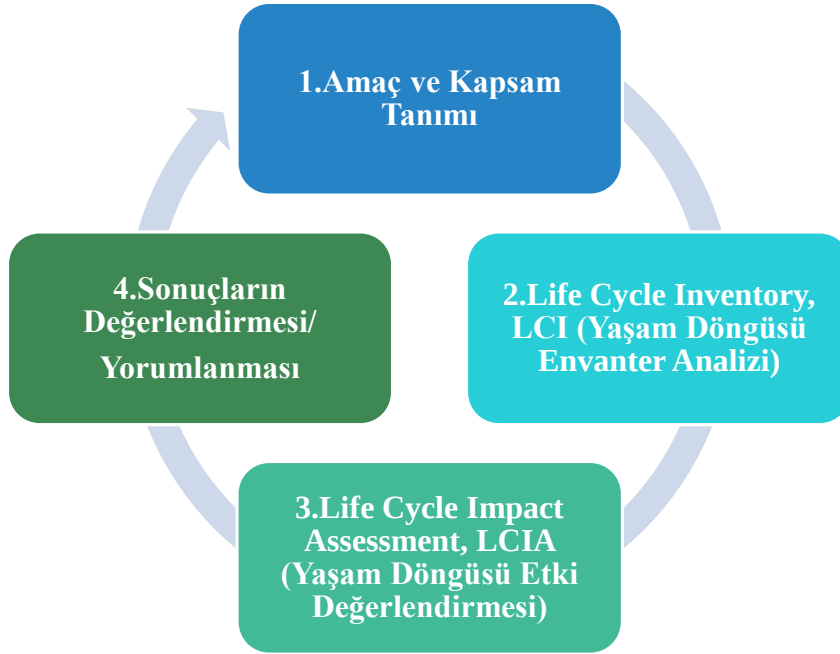
3. Etkilerin Değerlendirilmesi (Impact Assessment)

Toplanan veriler doğrultusunda, ürünün çevresel etkileri analiz edilir. Bu aşamada karbon ayak izi, su tüketimi, enerji tüketimi ve diğer çevresel etkiler hesaplanır. Amaç, bu etkileri azaltmaya yönelik fırsatları belirlemektir.

4. Sonuçların Yorumlanması (Interpretation)

Son aşamada elde edilen sonuçlar yorumlanır ve çevresel performans iyileştirme önerileri geliştirilir. Analiz sonuçları, işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkı sağlar.

ISO14040/44'e göre LCA'nın 4 Aşaması



2.1. AMAÇ VE KAPSAM

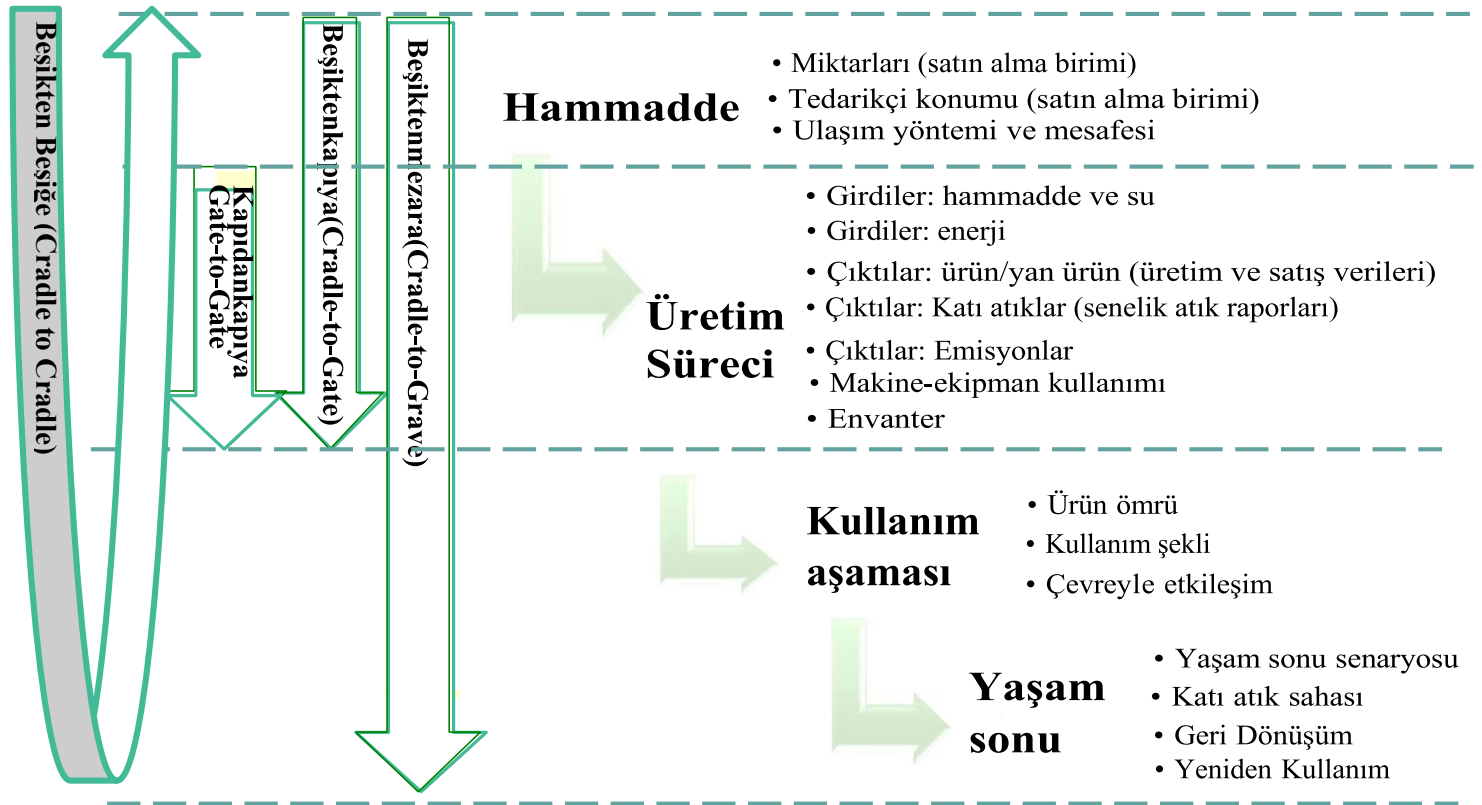
Amaç: LCA'nın yürütülme nedenini ifade eder ve amaçlanan uygulamayı, çalışmanın yürütülme nedenlerini ve hedeflenen kitleyi belirtir.

Kapsam: sistem sınırları, varsayımlar ve sınırlamalar dahil olmak üzere ürün sistemini, çalışmanın derinliğini ve genişliğini tanımlar. Ürün sistemi tarafından sağlanan hizmeti ölçen ve tüm verilerin normalleştirildiği bir referans sağlayan işlevsel birimi oluşturur.

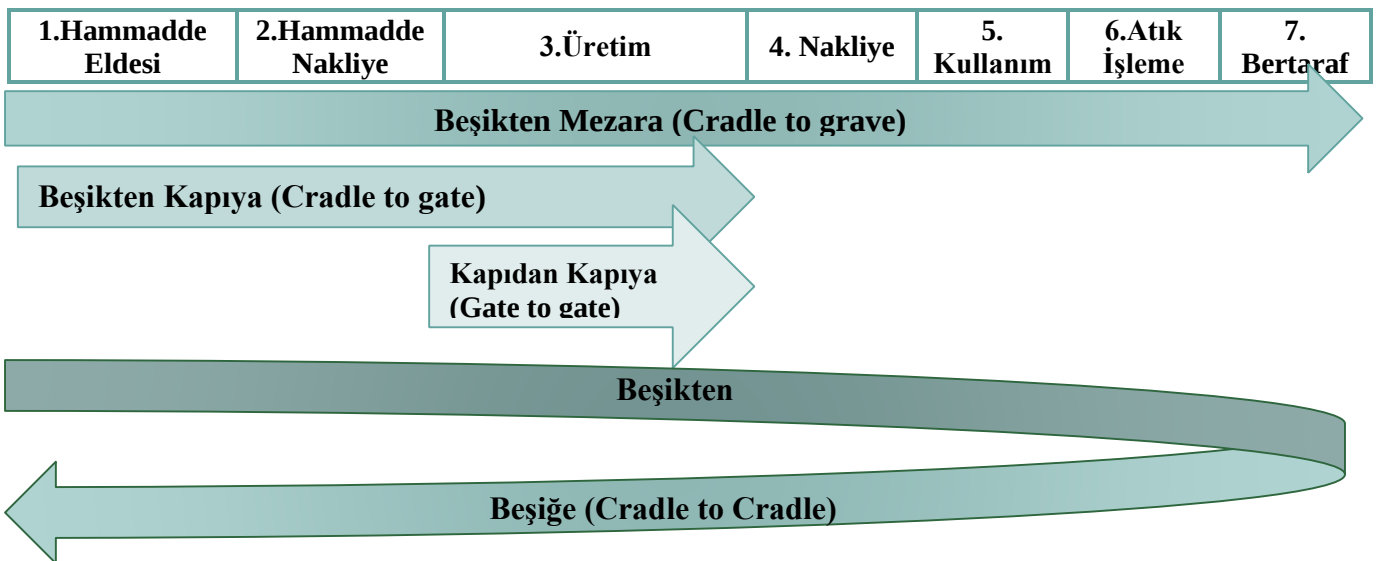
Açık bir Hedef ve Kapsam belirlemek, LCA'nın kalitesini ve uygunluğunu belirlediği için çok önemlidir. LCA'nın hedef kitlenin karar verme ihtiyaçlarıyla uyumlu anlamlı bilgiler sunmasını sağlar.

- LCA çalışmasını yapmaktaki amacımız nedir?
- Neleri karşılaştırmak istiyoruz?
- Bunu hangi kapsamda/çerçevede yapacağız? Sistem sınırı / System Boundary
- Değerlendirmeyi yaparken birimimiz ne olacak? Fonksiyonel Birim / Functional Unit

Sistem Sınırları



Yarı mamül ürünlerde genellikle beşikten kapıya yaklaşımı yapılır. Bu çerçevede ham madde eldesi, tesise nakliyesi ve üretim aşamaları değerlendirilir. Bu başlıkta en dikkat edilmesi gereken başlıklardan biri ambalajların dahil edilip edilmediğidir. Karton, palet ambalajlar negatif GWP etkisinden dolayı ürünün GWP değerini düşürebilir.



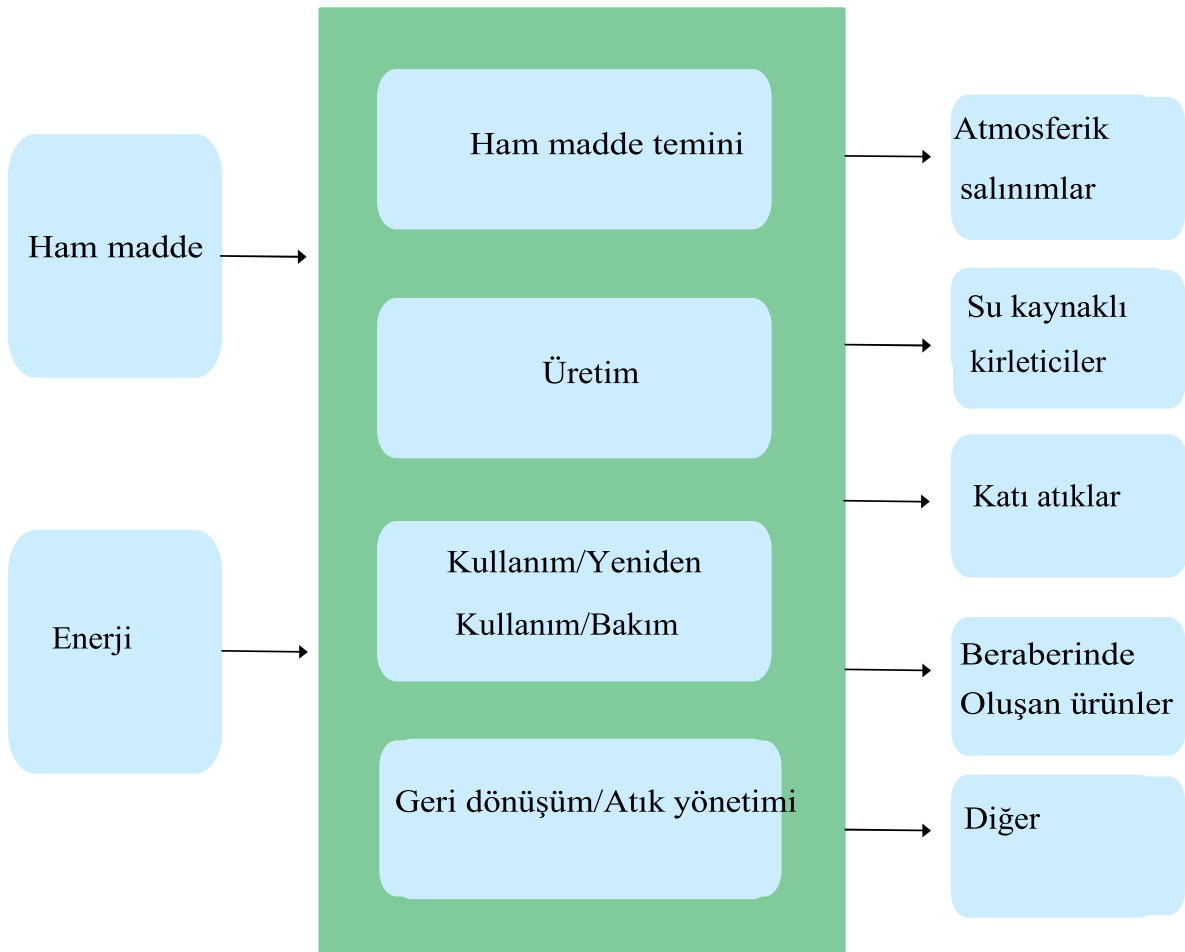
Şekil 1. LCA'nın Sistem Sınırları

Fonksiyonel Birim

Fonksiyonel Birim: Bir sistem birden fazla fonksiyon içerebilir ve bu fonksiyonların seçimi çalışmanın amaç ve kapsamıyla ilişkilidir. Fonksiyonel birim, ürünün sisteminde seçilen fonksiyonların miktarını ifade eder. Fonksiyonel birimin birincil amacı girdi ve çıktılarla ilgili referans sağlamaktır. Bu referans yaşam döngüsü değerlendirmesi sonuçlarının karşılaştırabilmesi için gereklidir. Yapılan bu karşılaştırma özellikle farklı sistemler arasında yapıldığında fonksiyonel birimin önemi daha fazla ortaya çıkmaktadır.

İki ürünün değeri karşılaştırılırken fonksiyonel birimler mutlaka aynı olmalıdır. Aynı amaca hitap edemeyen birimlerin sonuçları yanıltıcı olabilir. Bu değerlerin aynı fonksiyonelliğe gelmesi için belirli katsayılar gerekebilir.

Fonksiyonel Birim Başına Girdi ve Çıktılar



Şekil 2. LCA'nın aşamaları (USEPA, 2006)

2.2.ENVANTER ANALİZİ (LCI)

Envanter Analizi İle İlgili Terimler

Veri Kalitesi: Veri kalitesi çalışma için gereken verilerin özellikleriyle belirlenir. Veri kalitesinin sonuçların güvenilirliği ve çalışmanın doğruluğu açısından çok önemlidir. Bu nedenle, veri toplama aşamasında gerekli hassasiyetin gösterilmesi çıkan sonuçların da o kadar gerçeğe yakın olmasına yardım edecektir.

Birincil Veri: Doğrudan şirket ve çalışmanın sahibi tarafından toplanan hesaplanmış veya ölçülmüş verilerdir. Spesifik verilerdir.

İkincil Veri: Yayınlardan, literatürden veya LCA veri tabanlarından alınmış verilerdir.

LCI Analiz Süreci

ISO standartlarına göre LCI analiz süreci birkaç temel adımdan oluşmaktadır:

1. Veri Toplamanın Hazırlanması

- Veri toplama çabalarına rehberlik etmek için çalışmanın amacını ve kapsamını tanımlayın.

2. Veri Toplama

- Sistem sınırları içindeki girdiler, çıktılar ve süreçler hakkında bilgi toplayın.

3. Veri Doğrulaması

- Toplanan verilerin, başka kaynaklardan elde edilmiş olsa bile, doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlayın.

4. Veri Dağıtımı

- Önceden tanımlanmış prosedürlere göre, birden fazla girdisi veya çıktısı olan süreçler için akışları tahsis edin.

5. Verilerin Fonksiyonel Birime İlişkilendirilmesi

- Her bir süreci çalışmanın işlevsel birimine göre nicel olarak temsil edin.

6. Veri Toplama

- Toplanan tüm verileri temel akışların yapılandırılmış bir envanterine derleyin.

LCI analizi için veri toplamak özellikle tescilli veya gizli bilgilerden ötürü çok zor olabilir. Bu gibi durumlarda, LCA veri tabanları veya literatür kaynakları gibi ikincil veri kaynakları kullanılabilir. Ancak, ikincil verilerle ilişkili herhangi bir tutarsızlığı veya sınırlamayı belgelemek çok önemlidir. Bu, şeffaflığı ve güvenilirliği sağlayacaktır.

Tedarikçilerden LCA Verisi Toplanması

Firma için gerek LCA gerekse kurumsal karbon ayak izi çalışmaları yapılması için tedarikçilerden alınan ürünün FU(fonksiyonel unit) birim başına küresel ısınma potansiyeli (GWP) değeri bilinmesi gereklidir. Bunun için tedarikçilerden bu veriler talep edilmelidir. Bu talep 4 aşamada yapılabilir:

1. Doğrulanmış ve firma kriterleri uyumu ve ISO14040/44 uyumlu LCA raporu
2. Firma kriterleri uyumu ve ISO14040/44 uyumlu LCA raporu
3. Ürün karbon ayak izi raporu/değeri
4. Envanter verilerinin sağlanması

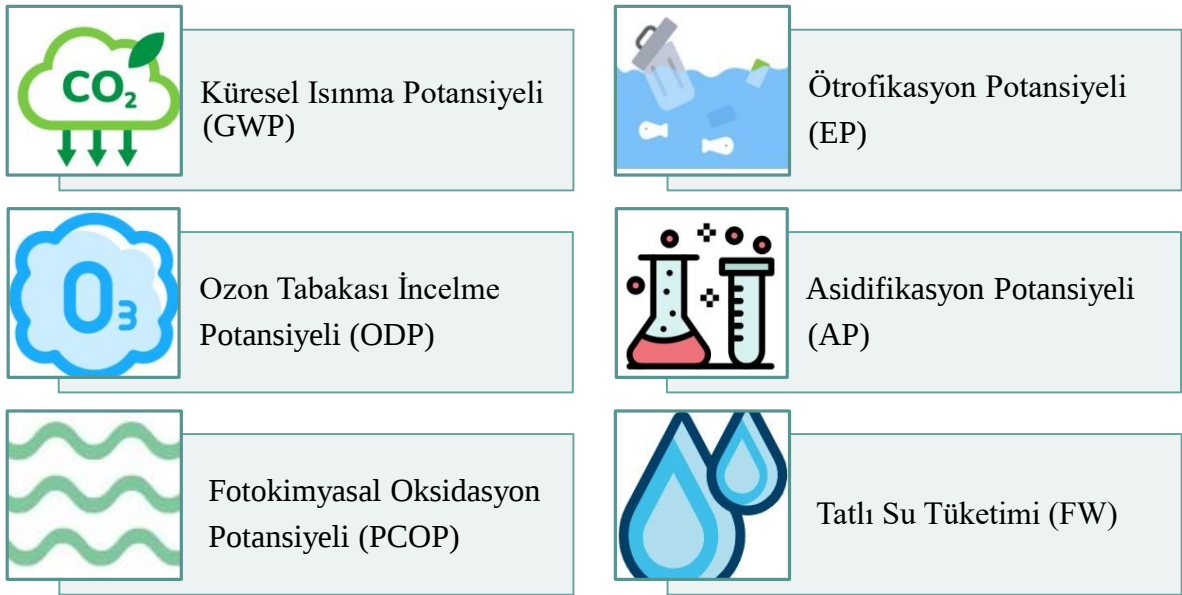
Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmalar, ürünlerinin yaşam döngüsü analizini (LCA) yaparken, firmalarından toplayabilecekleri verilerin yanı sıra, tedarikçilerinden de önemli veriler toplamalıdır. Bu veriler, hammaddelerin kaynağı, üretim süreçleri ve lojistik gibi kritik verileri içerir ve ürünlerin genel çevresel ayak izini doğru bir şekilde değerlendirmek için önemlidir.

Bu kapsamda, tedarikçilerden doğru ve kapsamlı veriler alabilmek için, bu verileri toplayıp iletebilecek kapasiteye sahip tedarikçilerle çalışmak önemlidir. Bu sayede, firmalar LCA'yı daha doğru ve etkin bir şekilde gerçekleştirebilir ve ürünlerinin çevresel etkisini azaltmak için daha bilinçli kararlar alabilir. Tedarikçilerden LCA verileri toplanamaması durumunda, firmalar ürünlerinin gerçek çevresel ayak izini tam olarak tespit edemeyecekleri için hatalı kararlar alabilirler. Bu durum, firmaların sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını zorlaştırabilir ve tüketiciler arasında güven kaybına yol açabilir. Dolayısıyla, firmaların LCA'yı başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmeleri için, fason işlemler için tedarikçilerle yakın iş birliği yapmaları ve bu tedarikçilerden gerekli tüm verileri toplamaları son derece önemlidir. Firmalar, ürünlerinin yaşam döngüsü analizini (LCA) yaparken çeşitli departmanlardan kapsamlı veri toplamalıdır.

2.3.ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (LCIA)

Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi olarak da tanımlanan bu aşamada olası çevresel ve insan sağlığı etkileri değerlendirilmektedir. ISO 14040/44 standartlarına göre, LCIA'da yer alan temel adımları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

1. **Etki Kategorileri Seçimi:** LCIA, ilgili etki kategorilerini seçerek başlar. Bu kategoriler, çalışmanın coğrafi bölgesine göre uyarlanmalıdır. Genellikle uygulayıcılar bu adımı kolaylaştırmak için mevcut LCIA yöntemlerini seçerler.
2. **Envanter Sonuçlarının Sınıflandırılması:** Daha sonra, LCI'dan elde edilen sonuçlar seçilen etki kategorilerine göre sınıflandırılır. Bu, bilinen çevresel etkilerine dayanır. Bu adım genellikle LCI veri tabanları veya özel yazılımlar tarafından kolaylaştırılır.
3. **Karakterizasyon:** Bu adımda, her etki kategorisindeki LCI sonuçları nicel olarak dönüştürülür. Bu süreç, tüm sınıflandırılmış akışları ortak birimlere dönüştürerek karşılaştırmaya olanak tanır. Örneğin, Küresel Isınma Potansiyeli genellikle CO₂ eşdeğerleri olarak ifade edilir.

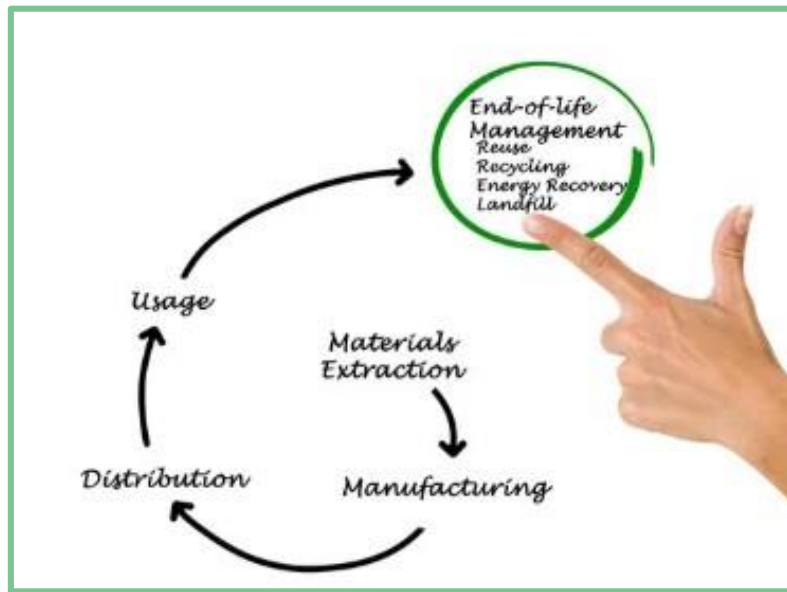


Şekil 3. Çevresel Etki Parametreleri, <https://www.environdec.com/pcr/env-perf-indic/gpi5/indic-env-impact>

- Etki değerlendirme LCA yazılımları aracılığı ile, incelenecek birime göre farklı metotlar seçilerek yapılır.
- Belirlenen fonksiyonel birim bazında ve sistem sınırı çerçevesinde toplanmış veriler yazılım üzerinden bir modelleme yapılarak yazılıma girilir.

2.4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ/YAŞAM DÖNGÜSÜ YORUMLAMASI

Sonuçların değerlendirilmesi/yaşam döngüsü yorumlaması, yaşam döngüsü envanteri (LCI) ve/veya yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (LCIA) sonuçlarından elde edilen bilgileri belirlemek, ölçmek, kontrol etmek ve değerlendirmek için kullanılan sistematik bir tekniktir. Bu kapsamda, 2.ve 3.aşamada elde edilen sonuçlar **tutarlılık, bütünlük, hassasiyet ve anlamlılık** açısından analiz edilerek, çalışmanın amacına uygun yorumlanmalıdır. Bu aşama, karar vericiler için anlamlı sonuçlar üretmek ve stratejik öneriler sunmak için kritik öneme sahiptir.



LCA Sonuçlarına Yönelik Nihai Genel Değerlendirme ve Öneriler

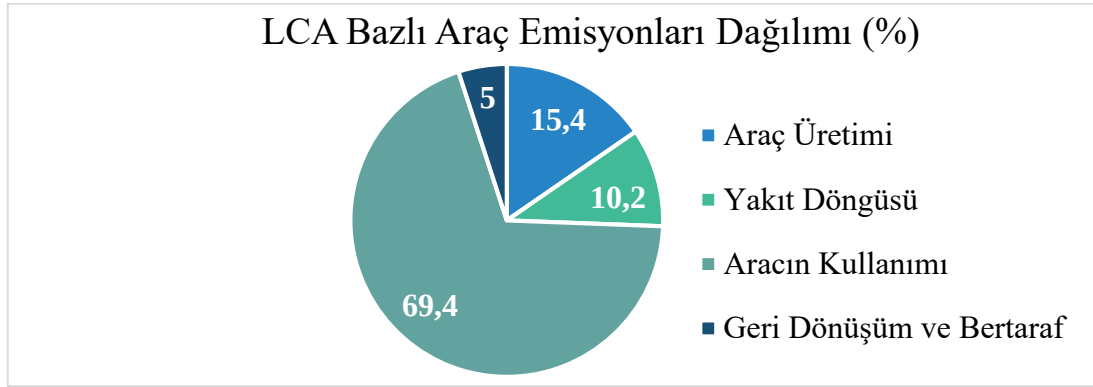
Sonuçların değerlendirilmesi, yaşam döngüsü analizinin karar destek sistemi olarak işlev görmesini sağlamaktadır. ISO 14044'e uygun yapılan bir değerlendirme, çevresel iyileştirme önerilerinin geçerliliğini artırmakta ve politika ya da ürün geliştirme süreçlerinde güvenilir bir temel oluşturmaktadır.

Örnek Genel Değerlendirme: Çalışma kapsamında en yüksek çevresel etki, iklim değişikliği (global warming potential) kategorisinde gözlemlenmiştir. Bu etkinin %65'i üretim ve ham madde temini süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Alternatif enerji kullanımı, yerel tedarik ve ürün tasarımında sadeleşme gibi stratejiler, genel çevresel yükü %30'a kadar azaltma potansiyeli taşımaktadır. Ürün sisteminde 'beşikten mezara' yaklaşımla yapılan analiz, çevresel etkilerin çoğunun ürünün ömrü boyunca değil, üretim öncesi ve üretim aşamasında gerçekleştiğini göstermektedir. Bu bulgu, kaynak verimliliği ve tedarik zinciri sürdürülebilirliği açısından kritik önemdedir.

3. ÖRNEK UYGULAMA

3.1.Otomotiv Sektöründe Ürün Yaşam Döngüsü Karbon Ayak İzi Dağılımı

World Auto Steel’de yayınlanan “Life Cycle Assessment: Why is it Important?” başlıklı çalışmaya göre, Otomobil Ürün Yaşam Döngüsü Karbon Ayak İzi Dağılımında araç üretiminden kaynaklı emisyonlar %15,4 iken kullanım aşamasından kaynaklı emisyonlar ise %69,4 olarak gerçekleşmektedir. Çalışmadaki değerlendirmede araç üretimi; hammaddenin çıkarımı, işlenmesi, işlenen parçaların nakliyesi ve otomotiv ana sanayisindeki üretim süreçlerini kapsamaktadır. Düşük etkilere rağmen üretici firmaların mevcut etkilerini azaltmak için üretim aşamasında kaynak ve enerji verimliliğinin öneminin bilincinde faaliyetlerini sürdürmeleri önem arz etmektedir.



Otomotiv Sanayi Derneği (OSD) tarafından gerçekleştirilen Türkiye Otomotiv Ana Sanayii Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Raporu’nda otomotiv sanayi üretiminin yaklaşık %75’ini oluşturan hafif araçlar grubundaki ürünler için ISO 14040/44 standartlarına uygun olarak üretim aşamalarını içerecek bir LCA çalışması gerçekleştirilmiştir.



3.2.LCA Raporu Örneği: Ürün: Otomotiv Ön Tampon (Plastik – PP malzeme)

ISO 14040/44 standartları uyarınca LCA çalışmalarında, verilerin güncelliği, temsiliyeti ve güvenilirliği mutlaka belirtilmelidir. Aşağıdaki örnekte sunulan değerler literatür ve sektör verilerine dayalı örnek değerlerdir.



3.2.1. Hedef ve Kapsam

Hedef: Bir binek aracın ön tamponunun çevresel etkilerinin beşikten mezara kadar değerlendirilmesi. Alternatif malzemeler ve geri dönüşüm stratejileri ile karşılaştırmalı analiz için temel oluşturulması

Fonksiyonel Birim: 1 adet ön tampon – 6 kg, 10 yıl kullanım ömrü.

Sistem Sınırları: Beşikten mezara (Hammadde çıkarımı → Üretim → Montaj → Kullanım → Bertaraf/Geri dönüşüm)

Çevresel Etki kategorileri: Küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli, su tüketimi, enerji tüketimi

3.2.2. Envanter Analizi (LCI) Tablosu

Hesaplama, aşağıdaki varsayımlar altında ISO 14040/44 standartlarına uygun hazırlanmıştır:

- Üretim Almanya’da, kullanım Türkiye’de
- Taşıma: %80 karayolu, %20 deniz yolu
- Ömrü sonunda atığın %60’ı geri dönüştürülüyor, %40’ı yakılarak bertaraf ediliyor.

Yaşam Döngüsü Aşaması	Girdi / Tüketim	Miktar	Birim	Çıktı / Emisyon	Miktar	Birim
1. Hammadde çıkarımı	Ham petrol	6.5	kg	CO ₂ emisyonu	1.8	kg
	Su	0.2	m ³	SO _x emisyonu	0.01	kg
	Elektrik (çıkartım ve taşıma)	3.0	kWh	Katı atık	0.03	kg
2. Üretim (enjeksiyon)	Elektrik (kalıplama)	2.4	kWh	CO ₂ emisyonu	0.7	kg
	Su (soğutma dâhil)	0.5	m ³	Üretim atığı	0.02	kg
	Yardımcı malzeme (boya vs.)	0.1	kg	Uçucu organik bileşikler (VOC)	0.005	kg
3. Taşıma	Dizel	1.2	litre	CO ₂ emisyonu	3.1	kg
	Karayolu mesafesi	800	km	NO _x emisyonu	0.005	kg
4. Kullanım	(pasif ürün)	-	-	-	-	-
5. Bertaraf / Geri dönüşüm	Geri dönüştürülen malzeme	2.4	kg	CO ₂ emisyonu	1.5	kg
	Yakılan atık	1.6	kg	Kül atığı	0.3	kg
	Enerji geri kazanımı	2.0	MJ			

Tablo 1. Örnek Uygulama - Envanter Analizi Tablosu



3.2.3. Etki Değerlendirmesi (LCIA)

(LCIA) Verileri

Etki Kategorisi	Birim	Toplam Etki	Aşamaya Göre Dağılım	Açıklama
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)	kg CO ₂ -eşd.	8.1	- Hammadde çıkarımı: 2.5 kg - Üretim: 0.7 kg - Taşıma: 3.1 kg - Bertaraf: 1.8 kg	En büyük etki taşıma ve hammadde süreçlerinde. Fosil yakıt kullanımı ve enerji tüketimi kaynaklı.
Asidifikasyon Potansiyeli	kg SO ₂ -eşd.	0.03	- Hammadde çıkarımı: 0.01 - Taşıma: 0.015 - Bertaraf (yakma): 0.005	Fosil yakıt yanması sonucu oluşan SO _x ve NO _x emisyonlarıyla ilişkilidir. Taşıma öne çıkıyor.
Ötrofikasyon Potansiyeli	kg PO ₄ ³⁻ -eşd.	0.01	- Hammadde çıkarımı: 0.004 - Üretim: 0.003 - Bertaraf: 0.003	Su ve toprak kirliliğine neden olan fosforlu bileşiklerin salımı; üretim ve bertarafa etkili.
Su Tüketimi	m ³	0.7	- Hammadde çıkarımı: 0.2 - Üretim: 0.5	Polimer işleme ve soğutma işlemleri yüksek su tüketimine neden olur.
Enerji Tüketimi	MJ	65	- Hammadde çıkarımı: 30 MJ - Üretim: 20 MJ - Taşıma: 10 MJ - Bertaraf: 5 MJ	Petrokimya ve kalıplama işlemleri enerji yoğundur. Taşıma ise dizel kullanımı nedeniyle önemli katkı sağlar.

Tablo 2. Örnek Uygulama – Etki Değerlendirmesi Tablosu

3.2.4. Sonuçların Değerlendirmesi

Başlıca Bulgular: En yüksek GWP etkisi taşıma ve hammadde çıkarımı aşamalarından kaynaklanmaktadır. Bu durum, plastik üretimi ve taşımacılıktaki fosil yakıt tüketimi ile ilgilidir. Geri dönüşüm oranı %60 olarak alındığında, CO₂ emisyonu yaklaşık %20 azaltılabilmektedir. Su ve enerji tüketimi üretim aşamasında daha yüksektir; özellikle enjeksiyon kalıplama süreçleri etkili olmuştur. Ötrofikasyon ve asidifikasyon etkileri daha düşük seviyede olup, çoğunlukla enerji üretimi ve yakıt yanmasından kaynaklanmaktadır.

İyileştirme Önerileri:

- Malzeme ikamesi (örneğin: geri dönüştürülmüş PP) ile çevresel etkiler azaltılabilir.
- Tasarım optimizasyonu ile daha az malzeme kullanımı ve montaj kolaylığı sağlanabilir.
- Tedarik zinciri boyunca düşük karbon ayak izi taşıyan üretim sistemleri tercih edilmelidir.

Sınırlamalar:

- Gerçek kullanım koşulları (hava şartları, sürüş alışkanlıkları) analiz dışında tutulmuştur.
- Tüm tedarik zincirinden sağlanan veriler doğrudan değil ikincil veri kaynaklarına dayanmaktadır.

4. LCA’NIN AB POLİTİKALARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ (SDG) ARASINDAKİ KARŞILIKLI İLİŞKİSİ

AB Politika belgeleri, LCA'nın AB sürdürülebilirlik stratejilerini desteklemek için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir.

İlk olarak, ürünlerin tüm yaşam döngüsünün dikkate alınması tüm ilgili strateji ve eylem planlarında vurgulanmaktadır. Örneğin, yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, bireysel ürünlere odaklanmak yerine değer zincirlerini ele almakta ve tüm yaşam döngüsünü vurgulamaktadır.

İkinci olarak, değerlendirilen iletişimlerde tüm değer zincirinin ve küresel ticaretin rolü de vurgulanmaktadır. Politikalar, ithalattaki gömülü etkileri daha iyi ele almayı amaçlamaktadır ve ithal hammaddelerin ve ürünlerin çevresel etkilerini dikkate alan potansiyel yeni politika araçları, örneğin çevre vergileri de dikkate alınmaktadır. AB tüketiminin çevresel etkilerini değerlendiren son çalışmalar, ticarete gömülü etkilerin önemini ortaya koymuştur. Dolayısıyla, AB tüketimi, ithal malların üretildiği diğer dünya bölgelerindeki çevresel etkilerden sorumludur. AB ithalatının diğer dünya bölgelerinde yarattığı ekonomik faydalar, olumsuz çevresel ve sosyal etkilere, takaslar olarak yol açmaktadır. Dolayısıyla LCA gibi yöntemlerle ürünlerin tüm yaşam döngüsünün dikkate alınması, ürün ve hizmetlerin farklı tedarik zincirlerinin değerlendirilmesine sistematik olarak dahil edilmesi açısından önemlidir.

Üçüncü olarak, birçok politika hedefi, ele alınan sistemlerin (örneğin, AB gıda sistemi) ve ürünlerin (örneğin, kimyasal üretim) çevresel etkilerini azaltmayı hedefler. Bu amaçla, baz değerlerinin hesaplanmasına ve zaman içindeki ilerlemenin değerlendirilmesine olanak sağlamak için nicel bir yöntem esastır. Baz değerlerin tanımlanması, belirli nicel hedefler belirlemeyi ve uygulanan politikaların etkinliğini izlemeyi destekleyebilir. Bu anlamda, sistematik ve nicel bir yöntem olarak LCA, farklı politika seçeneklerini test etmek için baz değerleri belirlemek de dahil olmak üzere AB politika gelişimini desteklemek için kullanılabilir (örneğin, ortaya çıkan sorunların tanımlanması, politika seçeneklerinin belirlenmesi).

AB Eko-Tasarım Yönetmeliğinde yer almamakla birlikte; ülkemizin de büyük ölçüde uyum sağladığı ve yürürlükte olan AB'nin Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlaması (Corporate Sustainability Reporting Directive) düzenlemeleri ile Özen Yükümlülüğü Direktifi'nde (Directive on Corporate Sustainability Due Diligence) kültürel ve sosyal uygunluk ilkelerinin de ürün yaşam döngüsü açısından etkilerinden söz edilebilir.

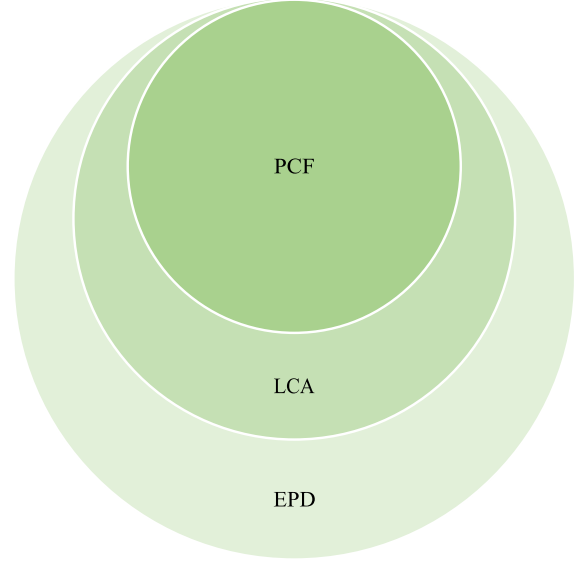
AB Politikası	SDG Kapsamı	LCA'nın Önemi
Çiftlikten Sofraya Stratejisi	SDG2: sürdürülebilir gıda üretimi	Küresel ticaret de dahil olmak üzere AB gıda sisteminin çevresel ve iklim ayak izinin azaltılması
	SDG3: Sağlıklı beslenme	Tüketicilere gıda ürünlerinin çevresel ayak izi bilgilerinin sağlanması
	SDG12: Gıda israfının azaltılması	Gezegensel sınırlar içinde sürdürülebilir gıda sistemlerine geçiş
	SDG6: tatlı su ekosistemleri	
	SDG14: deniz ekosistemleri	
	SDG15: Kara ekosistemleri	
	SDG13: İklim eylemi	
Biyçeşitlilik Stratejisi	SDG2: sürdürülebilir gıda üretimi	Gıda üretiminin çevresel ayak izinin azaltılması
	SDG6: tatlı su ekosistemleri	Gezegen sınırlarını aşmayan sürdürülebilir tedarik zincirlerine ve tüketim kalıplarına ihtiyaç
	SDG14: deniz ekosistemleri	Ürünlerin yaşam döngüsü boyunca azot ve fosforun daha iyi yönetimi
		Gıda ürünlerinin çevresel ayak izini ölçme yöntemleri
Döngüsel Ekonomi Eylem Planı	SDG6: Suyun yeniden kullanımı ve verimliliği	Üreticilerin ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca sorumluluğu
	SDG7: enerji verimliliği	Tüketicilere ürünlerin çevresel ayak izi bilgilerinin sağlanması
	SDG8: kaynak ayrıştırma	AB tüketiminin ve maddi ayak izinin gezegen sınırları içindeki kaynak tüketimine doğru azaltılması
	SDG9: sürdürülebilir sanayileşme	Temel değer zincirlerinin çevresel ayak izinin iyileştirilmesi
	SDG12: sürdürülebilir üretim	
	SDG13: İklim eylemi	
Sürdürülebilirlik için Kimyasal Stratejisi	SDG2: sürdürülebilir gıda üretimi	Tüm yaşam döngüsü perspektifinden bakıldığında genel olarak olumlu çevresel ve iklimsel performansı garanti eden teknolojilerin teşvik edilmesi
	SDG3: Toksik kimyasallara maruziyetin azaltılması	Endişe duyulan maddeler, malzemelerin ve ürünlerin yaşam döngüsü boyunca geçerlidir
	SDG6: İyileştirilmiş su kalitesi	Kimyasal risk değerlendirmesi maddelerin, malzemelerin ve ürünlerin tüm yaşam döngüsünü dikkate almalıdır
	SDG9: sürdürülebilir sanayileşme	Kimyasal üretimin çevresel ayak izinin azaltılması
	SDG12: Kimyasalların çevreye duyarlı yönetimi	
	SDG14, 15: toksisite içermeyen ortamlar	

Tablo 3. Çevreyle ilgili Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (SKH) kapsamı ve Avrupa Birliği (AB) politikalarında Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin (LCA) önemi.

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124302>

5. LCA RAPORU & ÜRÜN KARBON AYAK İZİ (PCF) & ÇEVRESEL ÜRÜN BEYANI (EPD) KARŞILAŞTIRMASI

Çevresel Ürün Beyanı (EPD), yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) verilerine dayalı olarak bir ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel performansını iletmenin standartlaştırılmış bir yoludur. PCR'ler (Ürün Kategorisi Kuralları), belirli bir ürün kategorisi için bir LCA yürütmek ve sonuçları bir EPD'de raporlamak için daha spesifik yönergelerdir. ISO 14067, bir ürünün karbon ayak izinin geliştirilmesine yönelik uluslararası standarttır ve tüm tedarik zinciri de dahil olmak üzere, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izinin ölçülmesi ve iletilmesi için kılavuzluk sağlamaktadır. Özetle, EPD belgeleri, bir ürünün çevresel etkilerini bilimsel verilerle sunan beyanlardır. PCR, bu beyanların hazırlanması için gereken kuralları belirler.



EPD, bir ürünün karbon ayak izi de dahil olmak üzere çevresel performansına ilişkin kapsamlı bir rapor sunarken, ISO 14067 karbon ayak izi çalışması yalnızca ürünün karbon ayak izini niceliksel olarak belirlemekte ve raporlamaktadır.

EPD'ler ve ISO 14067 karbon ayak izi çalışmaları, LCA'nın aynı dört ana aşaması olan LCA ISO 14040 ve ISO 14044'ün temel standartlarına dayanmaktadır. Temel farklar, bu LCA aşamalarının nasıl yürütüldüğüdür. EPD'ler ile ISO 14067 karbon ayak izi çalışmaları arasındaki en belirgin fark, EPD'lerin yalnızca karbon ayak izinden (veya GWP - küresel ısınma potansiyeli) çok daha fazla çevresel performans göstergesi içermesidir. EPD'ler, aynı ürün kategorisindeki ürünler için sonuçların karşılaştırılabilir olmasını sağlamak için daha tanımlayıcı bir dizi kural izlemektedir. Bu PCR'ler, arka plan LCA çalışmasının nasıl yürütülmesi gerektiği ve EPD'ye nelerin dahil edilmesi gerektiği konusunda daha fazla ayrıntı sağlamaktadır.

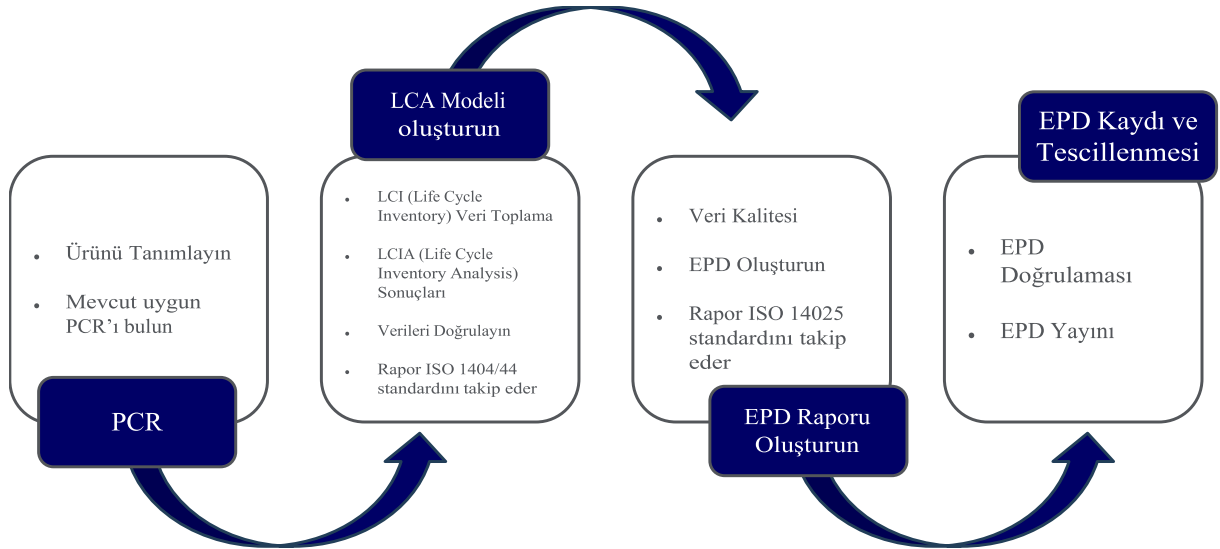
PCR (Ürün Kategorisi Kuralları)

PCR, belirli bir ürün kategorisi için LCA ve EPD süreçlerinde izlenecek kuralları ve metodolojiyi belirleyen bir standarttır. PCR, ürünlerin çevresel performanslarını şeffaf ve karşılaştırılabilir bir şekilde değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir.

PCR belirli bir ürün kategorisinin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin nasıl değerlendirileceğini tanımlayan uluslararası bir standarttır. EPD belgelerinin oluşturulmasına temel teşkil ederek, ürünlerin çevresel performanslarını şeffaf bir şekilde karşılaştırılabilir hale getirir

Bu kurallar, ISO 14025 standardına uygun olarak oluşturulur ve bir ürünün tüm yaşam döngüsünü (hammadde temini, üretim, dağıtım, kullanım ve bertaraf) ele alarak çevresel etkilerini analiz etmeyi amaçlar. PCR, farklı üreticilerin aynı ürün kategorisinde ortak bir metodoloji kullanmasını sağlayarak çevresel karşılaştırmaların doğruluğunu artırır.

PCR'ın temel kullanım amacı, EPD belgelerinin oluşturulması için bir çerçeve sağlamak ve farklı üreticilerin çevresel verilerini karşılaştırılabilir hale getirmektir.



ISO 14025

ISO 14025, ürünlerin çevresel performansını şeffaf ve ölçülebilir bir şekilde sunmayı hedefleyen uluslararası bir standarttır. Bu standart, özellikle EPD gibi belgelerin oluşturulması için bir çerçeve sunar. ISO 14025'e uygun olarak hazırlanan EPD'ler, bir ürünün yaşam

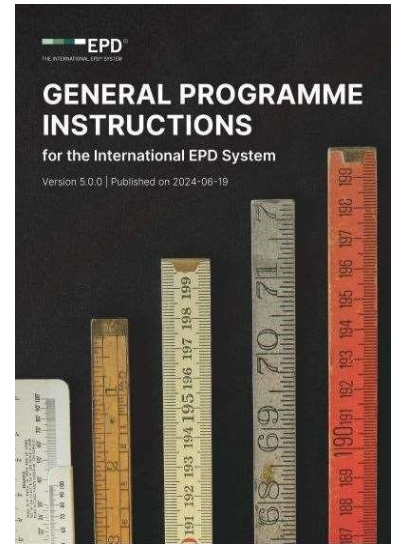
döngüsü boyunca çevresel etkilerini bilimsel bir temele dayalı olarak değerlendirme ve raporlama imkanı sağlar.

İklim değişikliği, çağın en büyük çevresel sorunlarından biridir. Atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun artışı, küresel ısınma, deniz seviyelerinin yükselmesi, aşırı hava olayları ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Bu küresel krizle mücadele için her sektörde çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak adına somut adımlar atılması bir zorunluluk haline gelmiştir. İnşaat sektörü, küresel karbon emisyonlarının %41'ini oluşturan yapısıyla bu mücadelenin en kritik oyuncularından biridir. ISO 14025 Standardı, bu mücadelede çevresel etkilerin şeffaf bir şekilde raporlanması ve değerlendirilmesi için önemli bir çerçeve sunar.



GPI (General Programme Instructions)

GPI; Ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini analiz etmek ve ölçmek için kullanılan uluslararası bir çerçevedir. Bu standart, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) yöntemlerine dayanarak ürünlerin sürdürülebilirliğini değerlendirir ve farklı sektörlerde çevresel etkilerin azaltılması için yol gösterici bir rehber sunar.



GPI standardı, ürünlerin çevresel performansını nesnel bir şekilde ölçerek, şirketlerin sürdürülebilirlik stratejilerini geliştirmelerine, çevresel etkilerini azaltmalarına ve regülasyonlara uyum sağlamalarına yardımcı olur. Karbon ayak izi, su tüketimi, enerji kullanımı, atık yönetimi, toksik emisyonlar, biyoçeşitlilik üzerindeki etkiler ve kaynak verimliliği gibi unsurları değerlendirir. Ayrıca, Avrupa Birliği EPD, ISO 14040/44 gibi yaşam döngüsü standartları ve karbon ayak izi hesaplamaları ile uyumludur. Bu sayede, GPI standardı, firmaların çevresel verilerini raporlamalarını, yatırımcılar ve tüketicilerle şeffaf bir şekilde paylaşmalarını sağlar.

EPD Sertifikaları

Küresel firmaların EPD sertifikalarına aşağıdaki link üzerinden ulaşılabilir.

EPD Library → Ürün adı, sektör veya şirket adına göre arama yapılır.

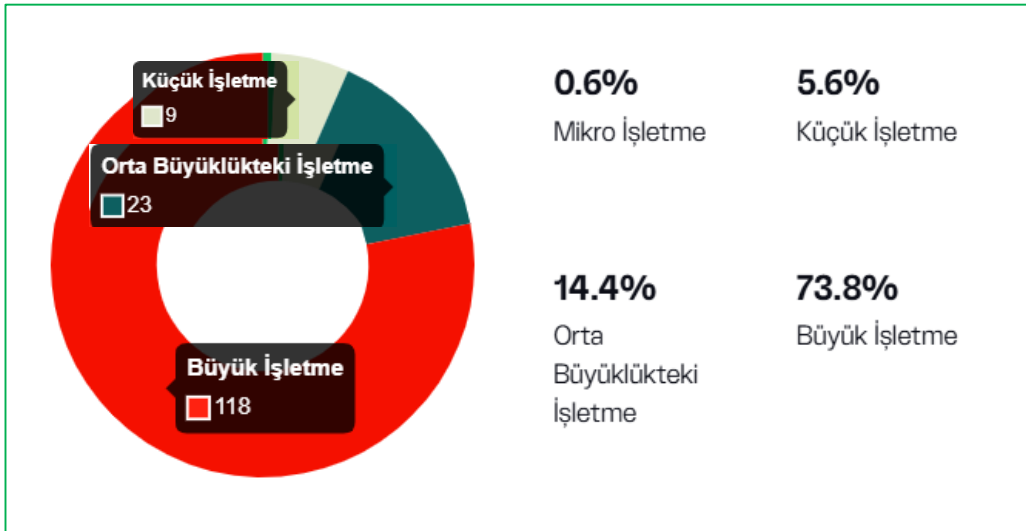
<https://environdec.com/library/epd9474>

EPD Türkiye İstatistikleri

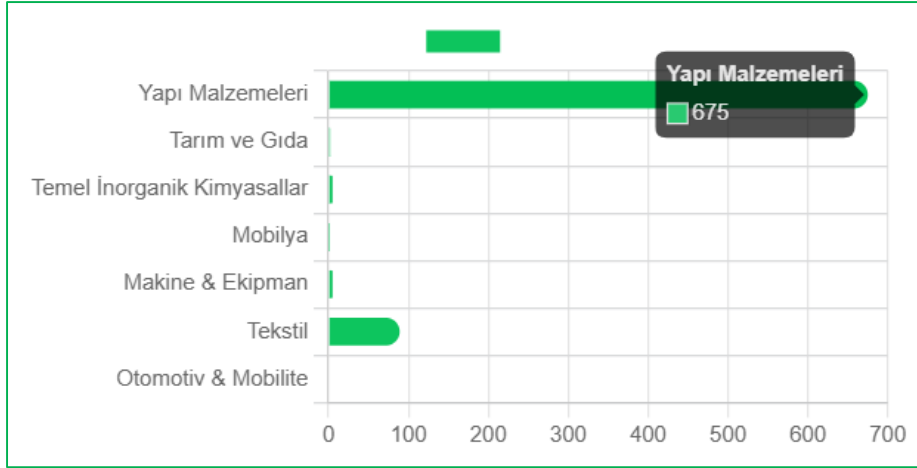
Günümüz iş dünyasında EPD'nin önemi giderek artmaktadır. Tüketicilerin çevre bilinci ve sürdürülebilir ürünlere olan talebi, işletmeleri daha şeffaf olmaya teşvik etmektedir.

Türkiye'de 7 farklı sektörde 160 firma tarafından 791 EPD bulunmaktadır. 160 firmanın ölçek olarak dağılımı aşağıdaki grafikte görülmektedir.

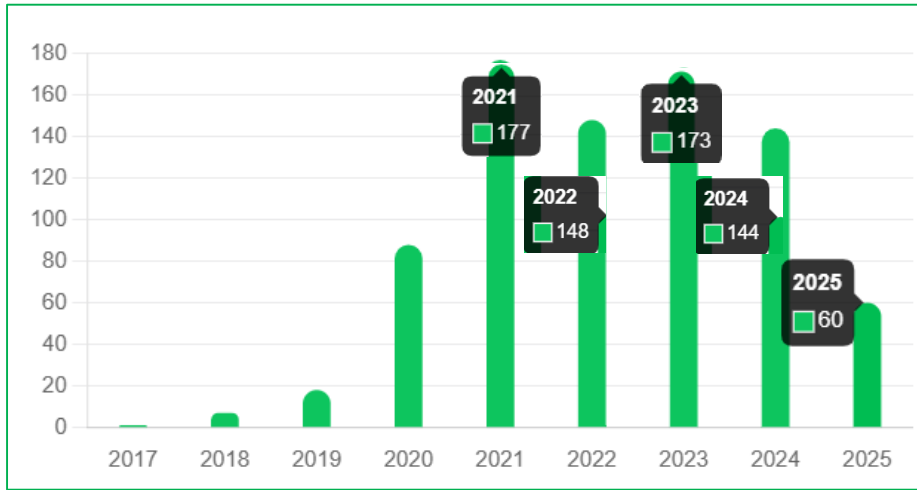
Ülkemizde EPD belgelerinin sektörel dağılım incelendiğinde yapı malzemeleri ve tekstil sektörünün öne çıktığı görülmektedir. 2025 yılı Haziran verilerine göre, güncel EPD Sayısı 65'tir. Yıllar itibariyle EPD sayıları Grafik 3'te sunulmaktadır.



Grafik 1. EPD Türkiye Toplam Firma Sayısı, Ölçek Dağılımı, <https://epdturkey.org/statistics>



Grafik 2. EPD Türkiye Toplam Firma Sayısı, Sektör Dağılımı, <https://epdturkey.org/statistics>



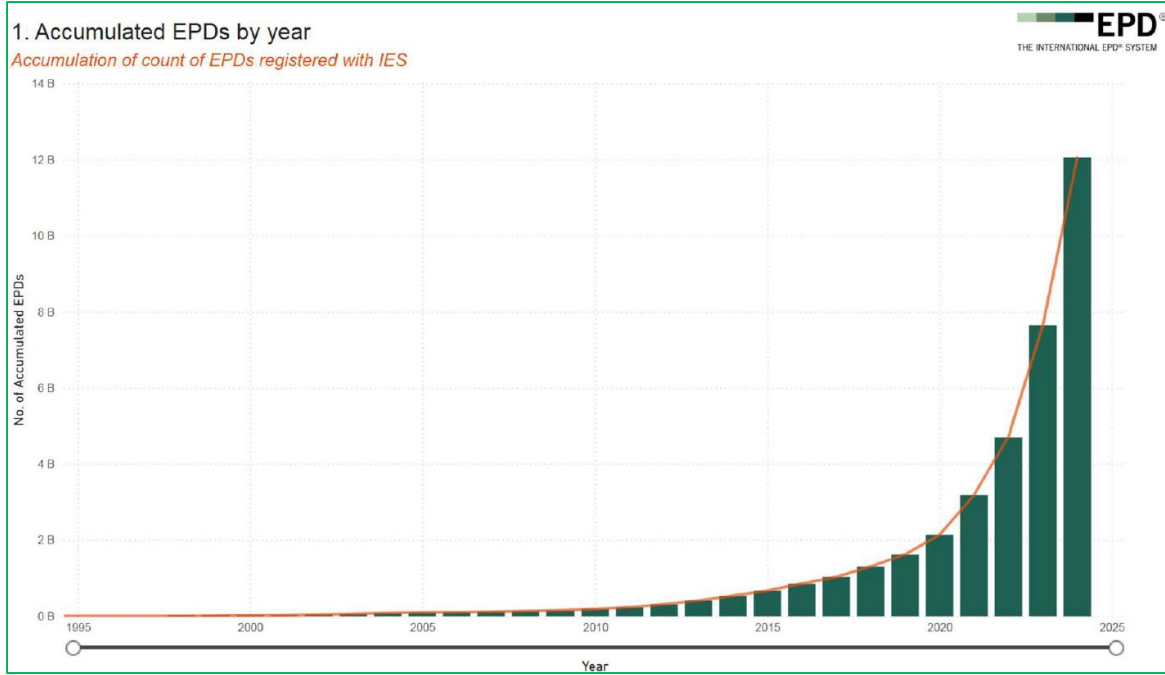
Grafik 3. EPD Türkiye Yıllara Göre Toplam Firma Sayısı, <https://epdturkey.org/statistics>

Dünyada EPD İstatistikleri

Dünyada 12 bini aşkın EPD bulunmaktadır, bunun yüzde 86'sını inşaat-yapı ürünleri oluşturmaktadır.

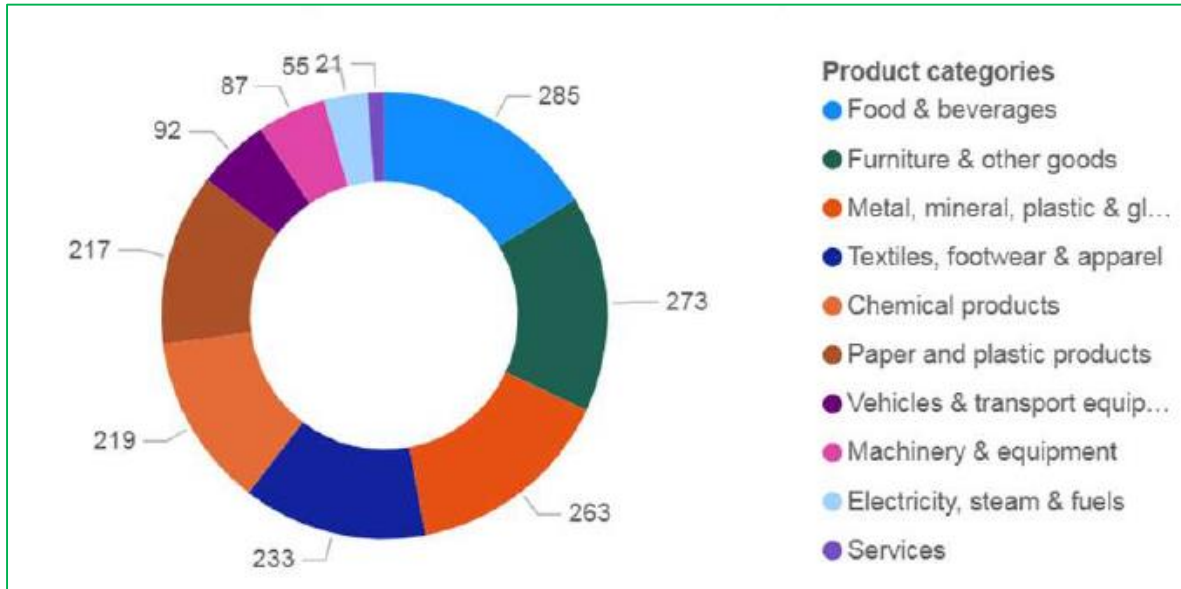
Yüzde 14'lük kısmın sektörel dağılımı ise aşağıdaki grafikte yer almaktadır.





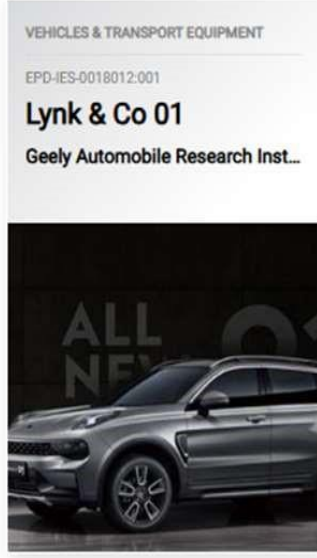
Grafik 4. Dünyada Yıllara Göre Toplam EPD Sayısı

Dünyada EPD verilerine baktığımızda, yıllar itibariyle önemli oranda artışlar gözlemlenmektedir. Grafik 4'te görüleceği üzere, 2021 yılında 962 olan EPD sayısı 2023 yılında 2.852'ye çıkmış, 2024 yılında ise yine 2 kata yakın artış kaydederek 4.362'e ulaşmıştır.



Grafik 5. İnşaat-yapı ürünleri dışındaki ürünlerin sektörel dağılımı (sayı)

Örnek EPD Belgeleri - Otomotiv Sektörü



KAYNAKÇA

AB Ortak Araştırma Merkezi (JRC)

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124302>

International Standards Organization. 1997. Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework ISO 14040.

International EPD System

<https://enviromdec.com/library/epd9474>

<https://epdturkey.org/statistics>

Metsims Danışmanlık Hizmetleri

<https://metsims.com/tr/>

Otomotiv Sanayii Derneği (OSD)

https://www.osd.org.tr/pdf/OSD_URUN_YASAM_DONGUSU.pdf

Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – 1, Yaşam Döngüsü Analizi

<https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2017/02/yda.pdf>

U.S. Environmental Protection Agency, 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice, EPA/600/R-06/060, May 2006, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, USA.

World Auto Steel Life Cycle Assessment: Why is it Important?

<https://ahssinsights.org/blog/life-cycle-assessment-why-is-it-important/>