



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## Türkiye'nin Döngüsel Ekonomiye Geçiş Potansiyelinin Değerlendirilmesi için Teknik Destek Projesi

Sözleşme No EuropeAid/140562/IH/SER/TR

Faaliyet 2.4 – Döngüsel ekonomide izlemeyi desteklemek için yaşam döngüsü değerlendirmesi eğitimi

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) Rehberi

Aralık 2023

## PROJE ÖZETİ

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Proje Adı:                           | Türkiye'nin Döngüsel Ekonomiye Geçiş Potansiyelinin Değerlendirilmesi için Teknik Destek Projesi                                      |
| Sözleşme Numarası:                   | EuropeAid/140562/IH/SER/TR  |
| Proje Değeri:                        | Euro 3,198,250.00   |
| Başlangıç Tarihi:                    | 07.02.2022  |
| Bitiş Tarihi:                        | 06.02.2025  |
| Süresi:                              | 36 ay   |
| Sözleşme Makamı:                     | Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, Avrupa Birliği Yatırımları Dairesi |
| Daire Başkanı:                       | Dr. İsmail Raci BAYER   |
| Adres:                               | Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu 9.km No: 278, Ankara, Türkiye  |
| Telefon:                             | + 90 312 474 03 50-51   |
| Fax:                                 | + 90 312 474 03 52-53   |
| E-mail:                              | <a href="mailto:iraci.bayer@csb.gov.tr">iraci.bayer@csb.gov.tr</a>  |
| Sözleşme Yöneticisi:                 | Sn. Nurnisa ELÇİN   |
| E-mail:                              | <a href="mailto:nurnisa.elcin@csb.gov.tr">nurnisa.elcin@csb.gov.tr</a>  |
| Faydalanıcı:                         | Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü  |
| Adres:                               | Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu 9.km No: 278, Ankara, Türkiye  |
| Nihai Faydalanıcı :                  | Döngüsel Ekonomi ve Atık Yönetimi Dairesi   |
| Proje Yöneticisi / OKB Koordinatörü: | Sn. Sabriye AYHAN   |
| E-mail:                              | <a href="mailto:sabriye.ayhan@csb.gov.tr">sabriye.ayhan@csb.gov.tr</a>  |
| Yüklenici:                           | DAI Global Austria GmbH & Co KG   |
| Proje Direktörü:                     | Sn. Gönül Ertürer   |
| Adres:                               | Lothringer Strasse 16, A-1030 Wien, Austria   |
| Telefon:                             | +43 1 402 50 20 133   |
| E-mail:                              | <a href="mailto:gonul_erturer@dai.com">gonul_erturer@dai.com</a>  |
| Proje Ofis Adresi:                   | Mustafa Kemal Mahallesi, 2138 Sokak No 5/3, 06520, Çankaya, Ankara, Türkiye   |
| Proje Takım Lideri:                  | Sn. Mihail Dimovski   |
| E-mail:                              | <a href="mailto:dimovski.mihail@gmail.com">dimovski.mihail@gmail.com</a>  |
| Raporlama dönemi:                    | 1 Aralık 2023 - 8 Aralık 2023   |
| Raporu Hazırlayanlar:                | Dr. Özge Yılmaz, Kıdemli Kilit Olmayan Uzman  |
| Raporu Kontrol Edenler:              | Mihail Dimovski, Takım Lideri<br>Onur Akpulat, Teknik Bileşen Lideri  |
| Taslak Rapor sunuş tarihi:           | 8 Aralık 2023   |
| Nihai Rapor sunuş tarihi:            | 21 Aralık 2023  |

# İÇİNDEKİLER

|  |    |
|--|----|
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....  | 3  |
| TABLolar LİSTESİ .....   | 4  |
| KISALTMALARIN LİSTESİ.....                                       | 5  |
| 1 YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ (YDA).....                               | 6  |
| 2 YDA VE DÖNGÜSEL EKONOMİ.....                                   | 9  |
| 3 YDA İLE BAĞLANTILI STANDARTLAR .....                           | 11 |
| 3.1 ISO 14040 ve 14044 Standartları .....                        | 11 |
| 3.2 YDA ile Bağlantılı Diğer Standartlar .....                   | 12 |
| 4 YDA METODOLOJİSİ.....  | 16 |
| 4.1 Amaç ve Kapsam Belirlenmesi .....                            | 16 |
| 4.1.1 Ürün Sistemleri .....                                      | 17 |
| 4.1.2 Ürün Sistemlerinin İşlevleri ve İşlevsel Birim.....        | 18 |
| 4.1.3 Sistem Sınırları.....                                      | 20 |
| 4.1.4 Tahsis .....   | 22 |
| 4.1.5 Etki Kategorileri ve Etki Değerlendirme Metodolojisi ..... | 26 |
| 4.2 Yaşam Döngüsü Envanteri.....                                 | 26 |
| 4.3 Yaşam Döngüsü Etki Analizi.....                              | 30 |
| 4.4 Değerlendirme .....  | 44 |
| 5 YDA ARAÇLARI .....   | 47 |
| 6 POLİTİKA GELİŞTİRME ARACI OLARAK YDA.....                      | 55 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1 Gezegen sınırlarının yıllar içerisinde aşımı <sup>1</sup> .....                                   | 6  |
| Şekil 2 Ürün yaşam döngüsü <sup>2</sup> .....   | 7  |
| Şekil 3 Döngüsel ekonomi stratejilerinin değerlendirilmesi için senaryo karşılaştırması temelli YDA ..... | 10 |
| Şekil 4 YDA metodolojisi .....  | 16 |
| Şekil 5 Temsili bir ürün sistemi .....  | 18 |
| Şekil 6 Sistem sınırları .....  | 20 |
| Şekil 7 Alt süreçlere bölerek tahsis .....  | 23 |
| Şekil 8 (a) Çevresel krediler ve (b) sistem sınırlarının genişletilmesi ile tahsis .....                  | 24 |
| Şekil 9 Kütlesel ve ekonomik ilişkiler üzerinden tahsis .....   | 25 |
| Şekil 10 YDA envanterleri kapsamında incelenecek çeşitli girdi ve çıktılar .....                          | 27 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 11 YDA sistem sınırları içerisinde ön plan ve arka plan sistemleri <sup>35</sup> .....                       | 28 |
| Şekil 12 YDA envanteri oluşturma prosedürü .....   | 29 |
| Şekil 13 Atıfsal ve katkısız YDA .....   | 32 |
| Şekil 14 Yaşam döngüsü etki analizi aşamaları .....  | 32 |
| Şekil 15 YDA etki analizi sınıflandırma ve karakterizasyon .....   | 33 |
| Şekil 16 Çevresel karbon modeli .....  | 33 |
| Şekil 17 Beşeri faaliyetlerin çevre ile etkileşimi .....   | 35 |
| Şekil 18 ReCiPe etki değerlendirme yöntemi orta ve son nokta göstergeleri .....                                    | 36 |
| Şekil 19 Karşılaştırmalı bir YDA için farklı yaşam döngüsü analizinin paylarını gösteren örnek katkı analizi ..... | 45 |
| Şekil 20 Hassasiyet analizi örneği .....   | 46 |
| Şekil 21 Monte Carlo analizi örneği .....  | 46 |
| Şekil 22 Yaşam döngüsü envanter örneği – Atıksız Yaşam Döngüsü Envanteri Aracı .....                               | 47 |
| Şekil 23 Yaşam döngüsü anlayışı çerçevesinde şekillenen AB mevzuatı <sup>66</sup> .....                            | 56 |

## TABLolar LİSTESİ

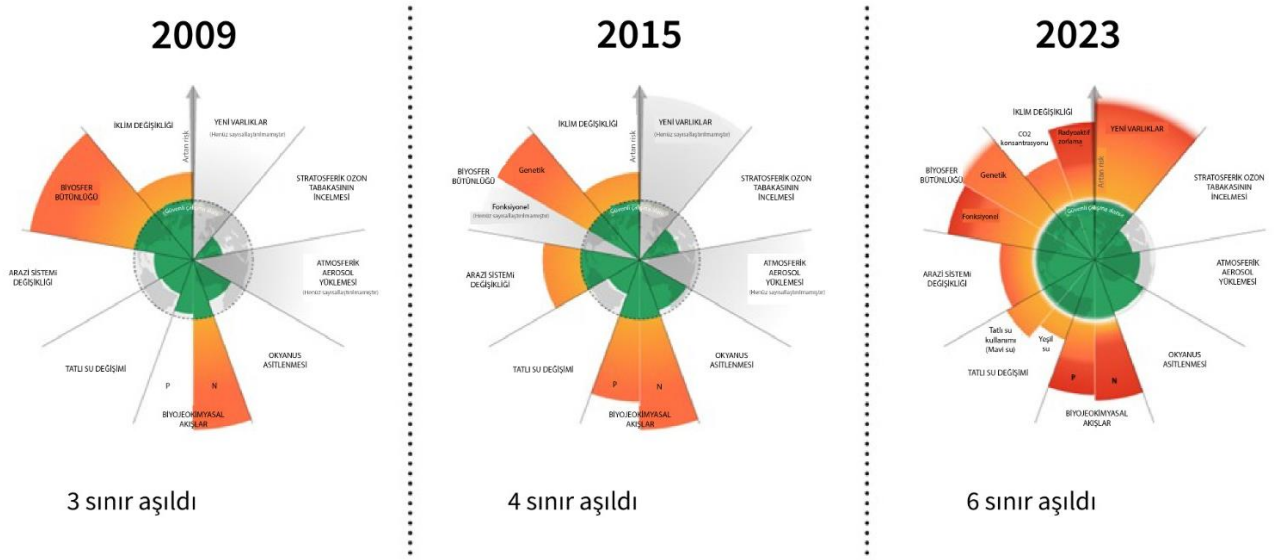
|   |    |
|---|----|
| Tablo 1 YDA ile bağlantılı standartlar .....  | 12 |
| Tablo 2 IPCC 2021 GWP 100 etki değerlendirme modelinde kullanılan seçili karakterizasyon faktörleri ..... | 34 |
| Tablo 3 Etki değerlendirme yöntemleri .....   | 37 |
| Tablo 4 Seçili orta nokta etki değerlendirme kategorileri .....   | 43 |
| Tablo 5 YDA araçları .....  | 48 |
| Tablo 6 Yaşam döngüsü envanteri veri tabanları.....   | 50 |
| Tablo 7 Politika gelişiminin farklı seviyelerinde YDA'nın faydaları .....                                 | 58 |

## KISALTMALARIN LİSTESİ

|        |  |
|--------|--|
| ADR    | Ortalama dağılıma oranı (İngilizce Average Distribution Ratio)                   |
| AP     | Asidifikasyon Potansiyeli  |
| BMİDÇS | Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi                         |
| CCS    | Karbon yakalama ve depolama (İngilizce Carbon Capture and Storage)               |
| CTI    | Döngüsel Geçiş Göstergeleri (İngilizce Circularity Transition Indicators)        |
| CTU    | Karşılaştırmalı Toksik Birim (İngilizce Comparative Toxicity Unit)               |
| ELU    | Çevresel yük birimi (İngilizce Environmental Load Unit)                          |
| EP     | Ötrofikasyon Potansiyeli   |
| EPD    | Çevresel Ürün Beyanı (İngilizce Environmental Product Declaration)               |
| ETV    | Çevresel Teknoloji Doğrulaması (İngilizce Environmental Technology Verification) |
| GHG    | Sera gazı  |
| GWP    | Küresel Isınma Potansiyeli (İngilizce Global Warming Potential)                  |
| ILCD   | Uluslararası Referans Yaşam Döngüsü Veri Sistemi                                 |
| LPST   | Kayıp potansiyel hizmet süresi (İngilizce Loss Potential Service Time)           |
| MCI    | Malzeme Döngüsellik Göstergesi (İngilizce Material Circularity Indicator)        |
| ODP    | Ozon Tükenme Potansiyeli (İngilizce Ozone Depletion Potential)                   |
| OEF    | Organizasyon Çevresel Ayak İzi (İngilizce Organizational Environment Footprint)  |
| PCR    | Ürün Kategori Kuralları (İngilizce Product Category Rules)                       |
| PEF    | Ürün çevresel ayak izi (İngilizce Product Environmental Footprint)               |
| PSL    | Potansiyel Yük Kaybı (İngilizce Potantial Species Loss)                          |
| YDA    | Yaşam Döngüsü Analizi  |

# 1 YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ (YDA)

Beşeri faaliyetler, küresel ölçekte ekosistemlerin yenileyebileceğinden daha hızlı kaynak kullanımı ve ekosistemlerin kaldırma kapasitelerinin üzerinde kirlilik salımına sebep olmaktadır. İklim değişikliği, sucul ve karasal ortamlara nitrojen ve fosfor yüklemesi, arazi kullanımı ve biyoçeşitlilik gibi başlıklar altında küresel limitlerin hızla aşıldığı bilinmektedir (Şekil 1) <sup>1</sup>. Ürünlerin ve hizmetlerin gerçekten sürdürülebilir olup olmadığının anlaşılması için bunların mevcut kaynaklar, insanlar ve ekolojik sistemler üzerindeki farklı etkilerinin anlaşılmasını gerektirmektedir. **Yaşam döngüsü analizi (YDA)** risk analizi, maruziyet değerlendirmesi, yaşam döngüsü maliyetlendirmesi ve tekno-ekonomik değerlendirme de dahil olmak üzere sürdürülebilirliği değerlendirmek için kullanılan bir dizi tekniğin parçasıdır.



Şekil 1 Gezegen sınırlarının yıllar içerisinde aşımı <sup>1</sup>

**Yaşam döngüsü yaklaşımı**, ürün ve hizmetlerin **beşikten mezara**, bir yaşam döngüsüne sahip olmaları analogisine dayanmaktadır. **YDA ise, bir ürün, hizmet ya da sürecin yaşam döngüsü boyunca girdilerinin, çıktılarının ve potansiyel çevresel etkilerinin derlenmesi ve değerlendirilmesi** olarak tanımlanmaktadır. Bu yaşam döngüsü vurgusu ve farklı etkilerin bütünsel olarak değerlendirilebilmesi YDA'yı diğer sürdürülebilirlik araçlarından ayıran en temel özelliğdir.

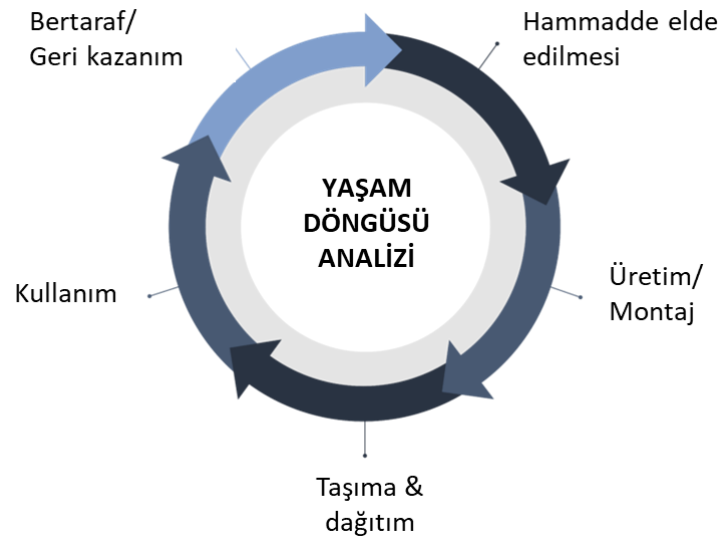
Bir ürünün yaşam döngüsü, aralarında • kaynakların elde edilmesi, • üretim/işleme, • dağıtım, kullanım ve • ömür sonu (end-of-life) bulunan ve Şekil 2'de görülen çeşitli aşamalardan oluşur. İlk aşama, kaynakların, madencilik, sondaj veya hasat yoluyla doğadan elde edildiği **hammadde çıkarma** aşamasıdır. Daha sonra, hammaddeler **malzeme üretimi** sırasında rafine edilir. Devamında, malzemeler farklı malzemelerin birleştirildiği ve paklendiği **montaj veya ürün imalatına** girer. Ürün daha sonra, dayanıklı ürünler için onlarca yıl sürebilecek veya sarf malzemeleri için sadece birkaç dakika sürebilecek **kullanım aşamasına** girer. Son olarak ürün, geri

<sup>1</sup> Stockholm Resilience Center, 2023. Planetary boundaries. URL: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

dönüştürülebileceği, yeniden kullanılabilirliği veya işlenip bertaraf edilebileceği **kullanım ömrünün sonuna** gelir. Ürün teknolojik yaşam döngüsü boyunca hareket ederken, tipik olarak her bir aşama arasında **nakliye** gereklidir <sup>2</sup>.

### **YDA'nın temel özellikleri**

- YDA, **çevre odaklı** bir değerlendirme yöntemidir. Ekonomik ve sosyal etkiler tipik olarak YDA'nın kapsamı dışındadır.
- YDA, işlevsel bir birim etrafında yapılandırılmış **göreceli** bir yaklaşımdır.
- YDA **iteratif** bir tekniktir. Bir YDA'nın münferit aşamaları diğer aşamaların sonuçlarını kullanır. Aşamalar içindeki ve arasındaki iteratif yaklaşım, çalışmanın ve raporlanan sonuçların kapsayıcılığına ve tutarlılığına katkıda bulunur.
- YDA'nın doğasında var olan karmaşıklık nedeniyle, sonuçların doğru bir şekilde yorumlanmasını sağlamak için **şeffaflık** YDA'ların yürütülmesinde önemli bir yol gösterici ilkedir.
- YDA, doğal çevre, insan sağlığı ve kaynakların tüm niteliklerini veya yönlerini dikkate alır ve potansiyel **ödünlerin** anlaşılmasına yardımcı olur.
- YDA çevresel etkileri **bilimsel yaklaşımı önceliklendiren** bir alt yapı ile değerlendirir.



Şekil 2 Ürün yaşam döngüsü <sup>2</sup>

3

İş dünyasına uygulanan anketlerde YDA'nın da aralarında olduğu sürdürülebilirlik araçlarının kullanımının özellikle **marka itibarı, rekabetçilik ve piyasaya erişim** noktalarında firmalara fayda sağladığı belirlenmiştir. Bu araçları erken benimseyen şirketler geç benimseyenlere rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Erken ya da geç benimsemiş olsun pek çok firma sürdürülebilirlik performansının artışına ek olarak enerji ve kaynak verimliliğinin iyileşmesine bağlı olarak maliyetlerde de düşüş gözlemlemektedir <sup>4</sup>.

YDA'nın en önemli uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

<sup>2</sup> FAIC. Life Cycle Assessment Explained. URL: <https://stich.culturalheritage.org/life-cycle-assessment-explained/>

<sup>3</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

<sup>4</sup> Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., Meijer, E., 2016. Introduction to LCA with SimaPro URL: <https://pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>



- Bir ürünün yaşam döngüsündeki çevresel sıcak noktaların belirlenmesi yoluyla **iyileştirme fırsatlarının** tanımlanması.
- Ürün veya süreçlerdeki iyileştirmelere öncelik vermek amacıyla, yaşam döngüsü aşamalarının **genel çevresel yüke katkısının analizi**.
- Dahili veya harici iletişim ve **çevresel ürün beyanları** için bir temel olarak ürünler arasında karşılaştırma.
- Şirketlerde kullanılan **Temel Performans Göstergelerinin** tanımlanması üzerinden yönetim ve karar desteği.

YDA, farklı kullanıcılar için izleme amaçlı bir bu **muhasebe aracı** ya da karar destek amaçlı **operasyonel bir araç** olarak kullanılabilir. Yukarıda sıralanan hedeflerle gerçekleştirilen YDA çalışmaları şu alanlarda katma değer yaratma potansiyeline sahiptir <sup>5</sup>:

- YDA'lar kullanıcıların **iki veya daha fazla ürün arasındaki** çevresel performansı **karşılaştırmasına** olanak tanır. Örneğin, inşaatta normal Portland çimentosuna karşı Portland cürüflü çimento kullanımı; ulaşımda elektrikli araçlara karşı içten yanmalı motorlu araçların kullanımı; imalatta hammadde kullanılarak üretilen çeliğe karşı geri dönüştürülmüş malzeme kullanılarak üretilen Elektrik Ark Ocağı çeliğinin kullanımı örnek olarak verilebilir.
- YDA, hammadde eldesi, nakliye, üretim ve kullanım aşaması gibi ürün yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarındaki çevresel etkiler hakkında bilgi sağlayabilir. Bu, kullanıcının belirlenen sıcak noktalara karşı odaklanmış ve **bilinçli kararlar almasını** ve **karbon azaltma hedeflerine** giden stratejileri daha iyi belirlemesini sağlar.
- YDA, ürün tasarımını ve pazarlamasını geliştirebilir. Tasarım aşamasından üretim sürecine kadar iyileştirme yaparak çevresel etkiyi azaltan "**Çevre için Tasarım** " ve **eko-tasarımı** teşvik eder. Ayrıca, iletişim amaçlı kullanılacak veriler ve eğilimler üreterek ürün ve hizmetlerin pazarlanmasını da destekleyebilir. Yaşam döngüsü temelli **Tip I Eko-etiket kriterlerinin** geliştirilebilir. YDA ayrıca belirli bir mal veya hizmet için yaşam döngüsü temelli **Tip III çevre beyanının** (örn. Çevresel Ürün Beyanı (EPD)) geliştirilmesinin temelini teşkil etmektedir. Ek olarak EPD'ler için kullanılacak **Ürün Kategori Kuralları (PCR)** veya bir ürün için benzer özel kılavuzlar YDA çerçevesinde geliştirilmektedir.
- YDA'lar, daha sürdürülebilir ürün geliştirmeyi kolaylaştırdıkları ve yeni malzemelerin ve üretim süreçlerinin çevre üzerindeki etkisinin araştırılmasını sağladıkları için **inovasyonu** geliştirebilir. Sürdürülebilir ürün tasarımına ek olarak YDA Çevresel Teknoloji Doğrulaması (ETV) gibi uygulamaların parçası olarak sürdürülebilir teknoloji gelişimini de destekler.
- Yaşam döngüsü boyunca yeniden kullanım ve geri kazanım gibi süreçlerin bütünsel olarak değerlendirilmesi YDA'yı **döngüsel ekonomi** uygulamalarının hayat geçmesine yardımcı olan bir araç olarak konumlandırmaktadır.
- Tedarik ve satın alma departmanları, **yeşil kamu ya da özel satın alma** programları kapsamında hangi tedarikçilerin en sürdürülebilir ürün ve yöntemlere sahip olduğunu öğrenmek için YDA'yı kullanabilir.

<sup>5</sup> KPMG, 2023. Life Cycle Assessment Guide. URL: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html>



## 2 YDA VE DÖNGÜSEL EKONOMİ

### *Döngüsel Ekonomi*

*Döngüsel ekonominin temeli, bir ürünün yaşam döngüsünün sonundaki malzemenin başka bir ürünün yaşam döngüsü için girdi görevi görmesi ve bileşenlerin ve malzemelerin mümkün olduğunca uzun süre, mümkün olan en yüksek kalitede piyasada kalmasıdır.*

Döngüsel ekonomi kavramı, toplum, ekonomi ve işletmeler için değer yaratırken kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve çevresel etkilerin en aza indirilmesini teşvik eder. Döngüsel ekonominin ana hedefi, kaynak kullanımını hammadde eldesinden bertarafa kadar uzanan doğrusal rotadan, kaynakların tekrar tekrar kullanılabilirdiği döngüsel bir yapıya dönüştürmektir. Buna **döngüyü 'kapatmak'** denir. Üretim ve tüketim döngülerinin kapatılması, uzun vadede işlenmemiş malzemelere olan bağımlılığın azalmasına yol açar. Kaynak döngüsünü kapatmanın yanı sıra döngüsel iş modelleri süreçlerin verimliliğini artırarak ya da ürünlerin kullanım ömürlerini uzatarak kaynak döngülerini **'daraltmaya'** veya **'yavaşlatmaya'** da odaklanabilir <sup>6</sup>.

Döngüsel ekonominin geniş ölçekte başarıya ulaşmasının önündeki en büyük zorluklardan bir tanesi döngüsellliği sağlayacak stratejiler arasında en fazla katma değeri sağlayacak olanın seçilmesi için bilinçli bir karar verilmesidir. Döngüsel ekonomi uygulamaları, bazı stratejilerin şimdiye kadar iş dünyasında ve işletmelerde geniş ölçekte benimsenmesini engelleyen zorluklara sahiptir. Döngüsel ekonomi stratejilerinin önündeki bazı dar boğazlar şu şekilde sıralanabilir:

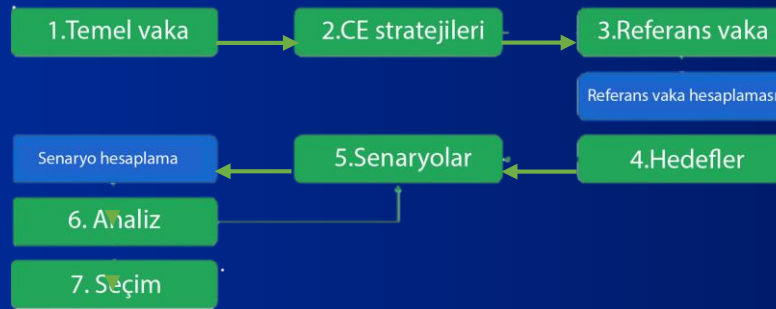
- Bir çevresel bileşen üzerinde oluşan etkinin başka bir bileşene kayması sonucu çevresel ödümler oluşması (burden shifting)
- Geri dönüştürülmüş içeriğin yeni ürünlerde kalite kaybına sebep olması
- Geri dönüşüm ve geri kazanım uygulamalarının ek nakliye, enerji ve kimyasal ihtiyacı nedeniyle çevresel fayda yerine çevresel yük getirmesi
- Malzeme döngülerinin kalıcı organik kimyasallar gibi istenmeyen maddeleri ürünler içinde tutması <sup>6</sup>.

Çeşitli etki kategorileri arasındaki potansiyel yük kaymalarını ve ödümleri dikkatle değerlendirmek önemlidir. Ayrıca kullanıcıların ürün veya hizmeti gerçekte nasıl kullanacaklarına ilişkin varsayımları test etmek de önemlidir. Burada **senaryo analizi** kritik hale gelmektedir. Ürün geliştiriciler, döngüsel ekonomi ilkelerini YDA metodolojileriyle birleştirerek çeşitli ürün ve tedarik zinciri konfigürasyonlarının çevresel performansını ölçebilir, döngüsel stratejileri karşılaştırabilir ve yeni döngüsel ürün veya hizmetlerin tasarımından pozitif bir çevresel denge sağlayabilir.

<sup>6</sup> Pre Sustainability, 2022. Why the circular economy and LCA make each other stronger URL: <https://pre-sustainability.com/articles/the-circular-economy-and-lca-make-each-other-stronger/>

Buna ek olarak, zaman içinde döngüsellik ölçmek ve teşvik etmek için hedef ve göstergelerin tanımlanmasına yardımcı olabilir <sup>6</sup>. YDA, malzeme ve enerji akışları üzerine kurulu olduğu için Ellen MacArthur Vakfı tarafından geliştirilen Malzeme Döngüsellik Göstergesi (Material Circularity Indicator – MCI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi tarafından geliştirilen Döngüsel Geçiş Göstergeleri (Circularity Transition Indicators – CTI) gibi iş dünyası tarafından kabul gören “göstergelerin hesaplanmasına kolaylıkla adapte edilebilir” <sup>7</sup>.

### Uygulama Önerisi



Şekil 3 Döngüsel ekonomi stratejilerinin değerlendirilmesi için senaryo karşılaştırması temelli YDA

#### Temel senaryonun oluşturulması

Değerlendirmenin amacını ve kapsamını belirleyin, ilgili döngü aşamalarını dahil edin ve uygun sınırları belirleyin. İdeal olarak, veri girişi değerlendirilen ürün hakkında doğrudan bilgiye dayanmalıdır. Eğer bu mümkün değilse, ürünün durumunu yakından temsil eden uygun bir veri tabanı seçin.

#### Döngüsel ekonomi stratejileri

Ürün düzeyinde en uygun döngüsel stratejileri seçin. Örneğin: yenilenebilir kaynakların kullanımı, geri dönüştürülmüş malzemelerin entegrasyonu, bakım ve onarım yoluyla kullanım ömrünün uzatılması, bileşenlerin yeniden kullanımı, yenileme, yeniden imalat ve geri dönüşüm. En iyi stratejiler seçildikten sonra, biyolojik veya teknolojik döngülerdeki malzeme akışlarını ve enerji kaynaklarını belirleyin ve modelde bulunan kullanım ömrü ve kullanım faktörlerini ayarlayın.

#### Referans koşullar ve hedefleri

Temel senaryo için YDA ve döngüsel ekonomi göstergelerini malzeme akışları üzerinden hesaplayın. Temel durumda elde edilen sonuçlardan, sıcak noktaları ve olumlu sonuçları belirleyin ve hedefleri belirleyin. Örneğin, MCI'yı %10 iyileştirmek, iklim değişikliğinde çevresel etkiyi azaltmak vb.

#### Senaryolar ve analiz

Hedeflere ulaşmak için gerekli akışları hesaplayın ve senaryoları oluşturun. Döngüsellik hedeflerini karşılayacak senaryoların yaşam döngüsü etkilerini hesaplayın. Sonuçları çevresel ödümler açısından inceleyerek en sürdürülebilir stratejileri önceliklendirin.

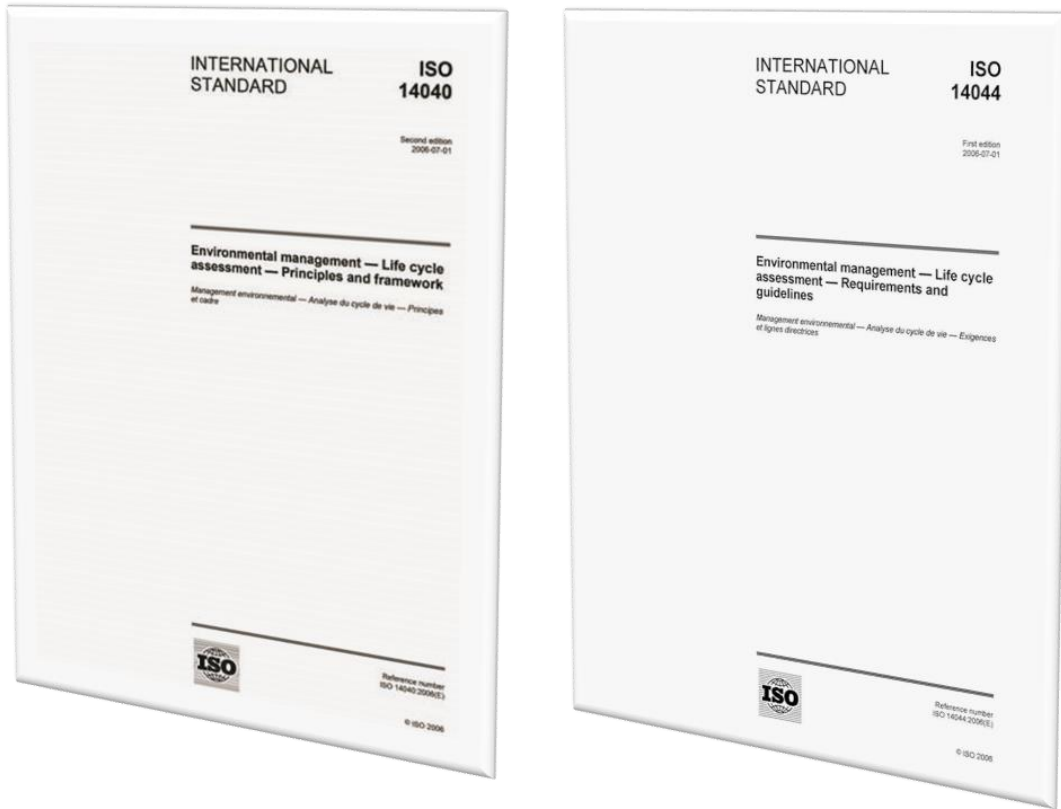
<sup>7</sup> Pre Sustainability, 2022. Why the circular economy and LCA make each other stronger URL: <https://pre-sustainability.com/articles/the-circular-economy-and-lca-make-each-other-stronger/>

### 3 YDA İLE BAĞLANTILI STANDARTLAR

#### 3.1 ISO 14040 ve 14044 Standartları

Bir standardın rolü, tipik olarak maliyetleri düşürmek amacıyla, performansındaki gereksiz değişiklikleri en aza indirecek veya ortadan kaldıracak şekilde bir prosedür için tek tip kurallar sağlamaktır. ISO YDA ile bağlantılı iki temel standart oluşturmuştur.

**ISO 14040:2006 Çevre Yönetimi – Yaşam Döngüsü Analizi – Prensipler ve Çerçeve**, YDA'nın amaç ve kapsamının tanımlanması, yaşam döngüsü envanter analizi aşaması, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi aşaması, yaşam döngüsü yorumlama aşaması, YDA'nın raporlanması ve eleştirel incelemesi, YDA'nın sınırlamaları, YDA aşamaları arasındaki ilişki ve değer seçenekleri ile isteğe bağlı unsurların kullanım koşulları dahil olmak üzere yaşam döngüsü analizi ilkelerini ve çerçevesini açıklar. YDA tekniğini ayrıntılı olarak tanımlamaz ve YDA'nın münferit aşamaları için metodolojileri belirtmez. **ISO 14044:2006 Çevre Yönetimi Yaşam Döngüsü Analizi – Gereksinimler ve Kılavuzlar** ise ISO 14040 standardına benzer bir kapsamda metodolojik unsurları ele alır. Standartların 2017 ve 2020 düzeltmeleri mevcuttur.



ISO 14040 ve 14044 Standartları 2007 yılında Türk Standartları Enstitüsü tarafından **TS EN ISO 14040: Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve** ve **TS EN ISO 14044: Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Gereksinimler ve kılavuz** olarak Türkçe'ye çevrilmiş ve ulusal standart olarak yayınlanmıştır.

### 3.2 YDA ile Bağlantılı Diğer Standartlar

YDA'ya ait çerçeve ve metodolojiyi belirleyen ISO 14040 ve 14044 standartları çevresel yönetim sistemleri, çevre denetimleri ve çevre etiketleri gibi çeşitli konuları ele alan ISO 14000 standart ailesine mensuptur. ISO 14000 kapsamında YDA ile bağlantılı standartlar Tablo 1'de sunulmaktadır.

**Tablo 1 YDA ile bağlantılı standartlar <sup>8 9</sup>**

| Standart   | Açıklama   |
|--|--|
| <b>Ürün bazında standartlar - Uluslararası</b>   |  |
| <b>ISO 14020 – Çevre etiketleri ve beyanlar – Genel prensipler</b><br><b>ISO 14021/14022/14023 - Çevre etiketleri ve beyanlar- Çevre ile ilgili iddiaların öz beyanı (Tip II çevre etiketleri)</b> | ISO 14020 çevre etiketleri ile ilgili genel ilkeleri sıralamaktadır.<br>ISO 14021, ürün ve hizmetlerle ilgili olarak kendi kendine beyan edilen çevresel iddialar için standartları tanımlar. Tip II çevre beyanı veya etiketi olarak bilinen bu beyanlar gönüllü olduğu için üçüncü taraf doğrulaması gerekmez. Ancak bu standart yasal olarak gerekli çevresel bilgilerin tanımlanması ile karıştırılmamalıdır.<br>14021 terimleri ve tanımları tanımlarken, 14022 geri dönüşüm sembolü olan Mobius Döngü İşaretleri gibi kullanılabilir terim ve sembolleri tanımlar. ISO 14021'in amacı doğru olan, yanıltıcı olmayan, kontrol edilebilir ve yanlış yorumlanmayacak çevresel beyanlar ve/veya eko-etiketler oluşturmaktır. Çevre dostu gibi muğlak ifadelerin kullanımından kaçınılması gereklidir.<br>ISO 14023 bu çevresel iddiaların nasıl test edileceğini ve değerlendirileceğini tanımlar. |
| <b>ISO 14024: Çevresel Etiketleme için Prensipler ve Prosedürler (Tip I)</b>   | ISO 14024, Tip I çevre etiketleri olarak bilinen çevre etiketleme programları için yol gösterici ilkeler ve prosedürler sağlar. Bunlar ürün kategorilerini, çevresel kriterleri ve ürün fonksiyon özelliklerini içerir.<br>Bu, verilerin karşılaştırılabilir olması açısından önemlidir ve çevre etiketlerinin uygunluk değerlendirmesine yönelik belgelendirme prosedürlerinin oluşturulabilmesini sağlar.  |
| <b>ISO 14025: Çevresel Ürün Beyanları (Tip III)</b>  | ISO 14025, bir işletmenin diğeriyle paylaştığı çevresel bilgilerin Çevresel Ürün Beyanları (EPD) aracılığıyla standartlaştırılmasını sağlar. Bir EPD, bağımsız bir taraf aracılığıyla doğrulanır ve ISO 14040'ta tanımlanan YDA'nın standartlaştırılmış ilkelerini takip eder.   |
| <b>ISO 14026:2017 - Çevre etiketleri ve beyanları - Ayak izi bilgilerinin iletilmesi için ilkeler, gereklilikler</b>   | ISO 14026:2017, çevreyle ilgili endişe alanlarını ele alan ürünler için ayak izi iletişimine yönelik ilkeler, gereksinimleri ortaya koyar. ISO 14026:2017 ayrıca ayak izi iletişimi, programları ve doğrulama prosedürleri için gereklilikleri sağlar.   |
| <b>ISO 14046 - Çevre yönetimi - su ayak izi - ilkeler, şartlar ve yönergeler</b>   | Su Ayak İzi Değerlendirme Kılavuzundaki küresel su ayak izi standardı, bireysel süreçlerin ve ürünlerin su ayak izinin belirlenmesi, su ayak izi sürdürülebilirlik değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesi ve sonuçların yerel, ulusal, bölgesel ve küresel düzeylerde atılacak stratejik adımlara öncelik vermek için kullanılması konusunda kılavuz ilkeler sunmaktadır.   |
| <b>ISO 14048 – Yaşam döngüsü analizi veri dokümantasyon formatı</b>  | Bu standart, YDA ve yaşam döngüsü envanteri verilerinin toplanması, hesaplanması ve kayıt altına alınması sırasında şeffaf ve açık bir şekilde dokümantasyon ve paylaşım yapılabilmesi için kullanılacak bir veri dokümantasyon formatı gereksinimlerini sağlar.   |
| <b>ISO 14067 - Ürün karbon ayak izi</b>  | ISO 14067, bir ürünün karbon ayak izinin, yani iklim değişikliği üzerindeki etkisinin ölçülmesi ve raporlanması için ilkeleri ve gereksinimleri belirler. Karbon dengeleme ve karbon ayak izinin iletişimi standardın kapsamı dışındadır. Standart, ISO 14040 ve ISO 14044 ile tutarlıdır. Bununla birlikte, arazi kullanım değişikliği, karbon alımı, biyojenik karbon emisyonları ve toprak karbon değişikliği dahil olmak üzere karbon ayak izi ile ilgili belirli konulara ilişkin gereklilikleri de içermektedir.   |

<sup>8</sup> Pre Sustainability, 2021. Life cycle-based sustainability standards and guidelines. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/lca-standards-and-guidelines/>

<sup>9</sup> Ecochain. ISO 14001 Explained: The standards that define environmental management URL: <https://ecochain.com/blog/iso-14000-iso-14001-standards/>

|  |   |
|--|---|
| <p><b>ISO 14071 - Kritik inceleme süreçleri ve inceleme yetkinlikleri: ISO 14044:2006'ya ek gereksinimler ve yönergeler</b></p>          | <p>ISO/TS 14071:2014, ISO 14040:2006 ve ISO 14044:2006'ya ek özellikler sağlar. Her türlü YDA çalışmasının eleştirel bir incelemesini yürütmek için gereklilikleri ve kılavuzları ve inceleme için gerekli yetkinlikleri sağlar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ISO 14044:2006 ile ilgili açıklamalar da dahil olmak üzere kritik gözden geçirme sürecinin ayrıntıları;</li> <li>- YDA'nın amacı ve kullanım amacı ile bağlantılı olarak gerekli kritik inceleme sürecini sunmak için kılavuzlar; kritik inceleme sürecinin içeriği ve çıktıları;</li> <li>- Kritik inceleme sürecinin tutarlılığını, şeffaflığını, verimliliğini ve güvenilirliğini geliştirmeye yönelik kılavuz ilkeler;</li> <li>- Gözden geçiren(ler) için gerekli yetkinlikler (dahili, harici ve panel üyesi); ,</li> <li>- Panel tarafından bir bütün olarak temsil edilmesi gereken gerekli yetkinlikler.</li> </ul>                            |
| <p><b>ISO 14074 - çevre yönetimi - yaşam döngüsü analizi - normalleşme, ağırlıklandırma ve yorumlama için ilkeler, gereksinimler</b></p> | <p>Bu belge, ISO 14040 ve ISO 14044'te verilenlere ek olarak normalizasyon, ağırlıklandırma ve yaşam döngüsü yorumlaması için ilkeleri, gereksinimleri ve kılavuzları belirtir. Belge, tüm YDA ve ayak izi ölçümü çalışmalarına uygulanabilir. Bu belge özellikle şunları ele almaktadır:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- normalleştirme kullanımı ve sınırlamaları; - ağırlıklandırma kullanımı ve sınırlamaları;</li> <li>- ağırlıklandırma faktörlerinin seçimi veya geliştirilmesi; - tek puanların oluşturulması;</li> <li>- dokümantasyon ve raporlama ile ilgili gereklilikler.</li> </ul> <p>Yorumlama aşaması için, ISO 14044'e ek olarak, aşağıdakiler için prosedürler ve rehberlik sağlar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bütünlük, duyarlılık ve tutarlılık kontrollerinin yapılması - belirsizliklerin ve sınırlamaların ele alınması; - sonuçların ve tavsiyelerin belgelenmesi.</li> </ul> |
| <p><b>ISO 20915 - Çelik ürünler için yaşam döngüsü envanteri:</b></p>  | <p>ISO 20915, kapalı döngü geri dönüşüm de dahil olmak üzere çelik ürünler için yaşam döngüsü envanteri çalışmalarının yürütülmesine yönelik gereklilikleri ve kılavuzları belirler. ISO 20915, uluslararası YDA standartları ISO 14040 ve ISO 14044'ün ilkeleriyle tutarlıdır ve bu ilkelerin çelik ürünlerin üretimine ve geri dönüşümüne nasıl uygulanabileceğini gösterir.</p>  |
| <p><b>ISO 21053:2019 - Su uygulamaları için düktil demir boruların yaşam döngüsü analizi ve geri dönüşümü</b></p>                        | <p>Bu belge, ISO 2531 ve ISO 16631'de belirtildiği gibi su uygulamaları için kullanılan düktil demir boruların yaşam döngüsü analizinin değerlendirme yöntemini belirtir.</p>   |
| <p><b>ISO 22526 Bölüm 1, 2, 3 ve 4 - Biyo-bazlı plastikler için karbon ayak izi ve karbon uzaklaştırma</b></p>                           | <p>ISO 22526 serisi, bölüm 1, 2 ve 3 (bölüm 4 geliştirme aşamasındadır), kısmen veya tamamen biyo-bazlı plastiklerin yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izinin ölçülmesi ve raporlanmasına yönelik ilkeleri, gereklilikleri ve kılavuzları ortaya koymaktadır. Biyo-bazlı plastiklerin proses karbon ayak izi (bölüm 3), karbon ayak izine ilişkin ISO 14067 kılavuzuna uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Bu seri aynı zamanda havadan uzaklaştırılan ve belirli bir plastik ürüne dahil edilen karbondioksit için malzeme karbon ayak izini belirleme standardını da ortaya koymaktadır.</p>   |
| <p><b>ISO/TR 27915:2017 Karbondioksit yakalama, taşıma ve jeolojik depolama (CCS) Miktar belirleme ve doğrulama</b></p>                  | <p>ISO/TR 27915:2017, proje düzeyinde sera gazı emisyonlarının ve azaltımlarının ölçülmesi ve doğrulanması için "iyi uygulamalar" ile ilgili önemli konuları ve seçenekleri tanımlayan kamuya açık literatürün bir incelemesini sunmaktadır. Kapsamı CCS zincirinin tüm bileşenlerini (örn. yakalama, taşıma, depolama) kapsar ve proje değerlendirmesi, inşaat ve operasyonlardan tamamlama ve kapatma sonrası faaliyetlere kadar proje düzeyinde emisyonları ve emisyon azaltımlarını tahmin etmek için bir yaşam döngüsü değerlendirme yaklaşımı içerir. Ayrıca CCS projelerinin YDA'sını da içerir.</p>   |
| <p><b>ISO 59000 Serisi</b></p>   | <p>ISO 59000 belge serisi, döngüsel ekonomi anlayışını uyumlu hale getirmek ve uygulama ve ölçümünü desteklemek için tasarlanmıştır. Bu standartlar daha resmi olarak yayınlamamıştır<sup>10</sup>.</p> <p>ISO 59004 – Döngüsel ekonomi – Terminoloji Prensipler ve Uygulama için Rehberlik</p> <p>ISO 59010 – Döngüsel ekonomi – İş modelleri ve değer ağları için yönlendirme</p>   |

<sup>10</sup> Aralık 2023 itibarıyla



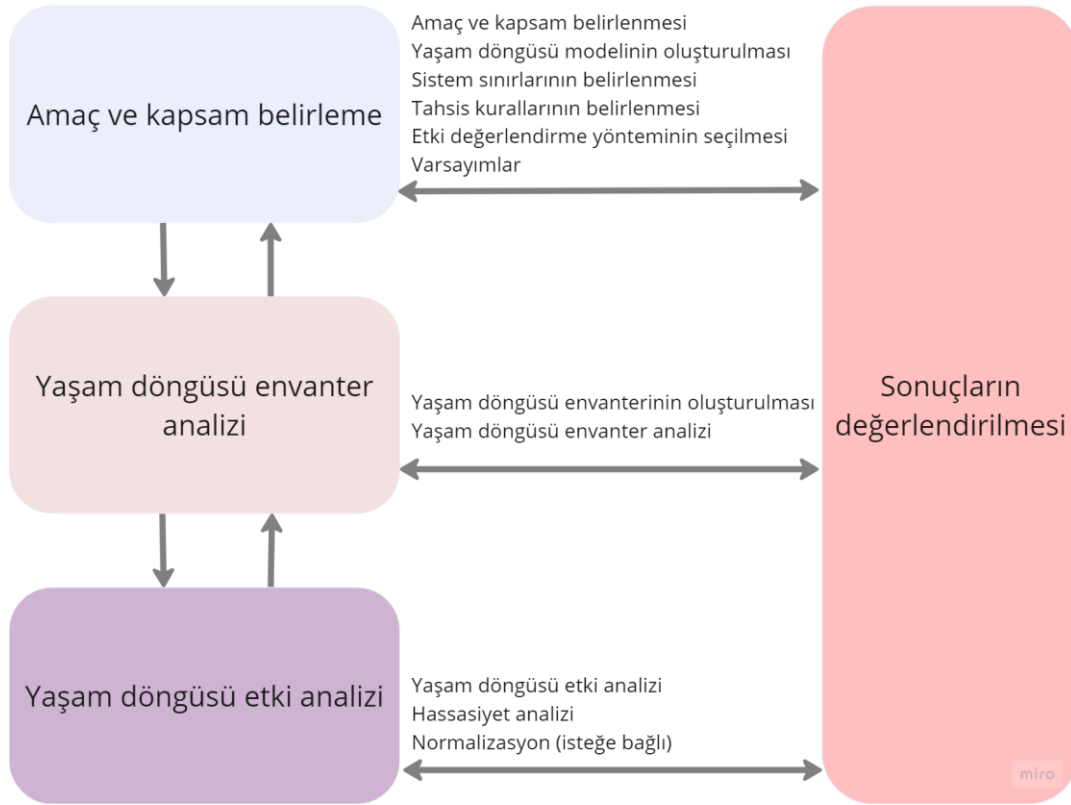
|  |  |
|--|--|
|  | ISO 59020 – Döngüsel ekonomi – Döngüsellik ölçülmesi ve değerlendirilmesi<br>ISO 59040 – Döngüsel ekonomi – Ürün döngüsellik veri sayfası<br>ISO 59 014 – Çevre yönetimi ve döngüsel ekonomi – Prensipler, sürdürülebilirlik ve ikincil hammaddelerin takip edilebilirliği için gereksinimler  |
| <b>Ürün bazında standartlar – Ulusal / Bölgesel</b>  |  |
| <b>Yaşam döngüsü değerlendirmesine ilişkin ILCD (AB):</b>  | Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Uluslararası Referans Yaşam Döngüsü Veri Sistemi (ILCD) el kitabı, ayrıntılı YDA çalışmalarının yürütülmesine ilişkin teknik kılavuzlar sunmaktadır. Seçimlerdeki esnekliği azaltmak ve YDA sonuçlarının tutarlılığını ve bunlarla ilgili kalite güvencesini desteklemek için ayrıntılı açıklamalar ve gereklilikler içerir. ISO 14040 ve 14044 YDA standartları ile uyumludur.   |
| <b>Sera gazı emisyonları hakkında PAS 2050 (Birleşik Krallık):</b>                                 | PAS 2050, "mal ve hizmetlerin yaşam döngüsü içinde" sera gazı emisyonlarının hesaplanması için bir yöntem ve kılavuz sağlar. Karbon ayak izlerinin hesaplanmasına yönelik ilk standartlardan biridir ve dünya çapında birçok ülkede uygulanmaktadır.   |
| <b>Çevresel ayak izi konusunda BP X30-323 (Fransa):</b>  | BPX 30-323 serisi, çeşitli ürünlerin yaşam döngüsü çevresel etkilerini değerlendirme yöntemini açıklamaktadır. Ayrıca ürüne özel iletişim ve çevresel etiketleme için kılavuz ilkeler de içermektedir.   |
| <b>EcoLeaf Çevresel Etiketleme Programı (Japonya):</b>   | EcoLeaf çevre etiketlemesi, ürünlerin yaşam döngüleri boyunca çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik metodolojiyi tanımlamaktadır. Bu çerçeve, EcoLeaf ve Ürünlerin Karbon Ayak İzi olmak üzere iki farklı Japon çerçevesinin entegrasyonunun bir sonucudur. Çerçeve, YDA ISO 14040 serisi ile tutarlıdır.   |
| <b>Ürünlerin Karbon Ayak İzi ve Çevresel Ürün Beyanı (Kore):</b>                                   | Ürünlerin karbon ayak izi (CFP), ürünlerin yaşam döngüsü karbon ayak izinin değerlendirilmesine yönelik kılavuz ilkeler sunmaktadır. Karbon ayak izi etiketlemesinin üç "aşaması" bulunmaktadır: "Karbon Emisyonlarının Belgelendirilmesi (Aşama 1), Düşük Karbonlu Ürünlerin Belgelendirilmesi (Aşama 2) ve Karbon Nötr Ürünlerin Belgelendirilmesi (Aşama 3)." Çevresel ürün beyanı, Kore'deki ürünlerin yaşam döngüsü çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik kılavuz ilkeler sunmaktadır.   |
| <b>Kurumsal Standartlar – Uluslararası</b>   |  |
| <b>ISO 14001, 14006, 14007, 14008 ve 14009 çevre yönetim sistemleri</b>                            | ISO 14000 serisi (14001, 14006, 14007, 14008, 14009) kuruluşlar için çevre yönetim sistemlerine yönelik gereklilikleri ve kılavuz ilkeleri belirler. Kuruluşun çevre politikası ile tutarlı olarak, bir çevre yönetim sisteminin amaçlanan sonuçları şunları içerir: (i) çevresel performansın artırılması; (ii) uyum yükümlülüklerinin yerine getirilmesi; (iii) çevresel hedeflere ulaşılması.<br>Standartlar ayrıca eko-tasarım, çevresel maliyetlerin ve faydaların ölçülmesi, çevresel etkilerin parasal olarak değerlendirilmesi ve malzeme dolaşımının ürünlerin tasarımına ve geliştirilmesine dahil edilmesi için kılavuz ilkeler ve prensipler ortaya koymaktadır. |
| <b>ISO 14063 – Çevre iletişimi</b>   | ISO 14063 kuruluşlara hem iç hem de dış çevre iletişimi ile ilgili genel ilkeler, politika, strateji ve faaliyetler için kılavuzluk eder. Büyüklüklerine, türlerine, konumlarına, yapılarına, faaliyetlerine, ürünlerine ve hizmetlerine bakılmaksızın tüm kuruluşlar için geçerlidir. ISO 14000 standart ailesinden herhangi biriyle birlikte veya tek başına kullanılabilir.   |
| <b>ISO 14064 Bölüm 1, 2 ve 3 - Sera gazları ve uzaklaştırmalar hakkında</b>                        | ISO 14064 serisi, sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik faaliyetlerin veya uzaklaştırmayı artırma yollarının kuruluş ve proje düzeyinde ölçülmesi, izlenmesi, raporlanması, doğrulanması ve onaylanması için ilkeleri ve gereklilikleri belirtir. Bu standartlar, diğer hususların yanı sıra, sera gazı proje planlaması için gereklilikleri ve sera gazı kaynaklarının, yutaklarının ve rezervuarlarının belirlenmesine yönelik kılavuz ilkeleri ortaya koymaktadır. Bölüm 1 kuruluş düzeyine, Bölüm 2 proje düzeyine odaklanırken, Bölüm 3 sera gazı (GHG) beyanlarının doğrulanması ve onaylanması için rehberlik sağlar.   |
| <b>ISO 14068-1:2023 - İklim değişikliği yönetimi - Net sıfıra geçiş - Bölüm 1: Karbon nötrlüğü</b> | Bu belge, karbon ayak izinin ölçülmesi, azaltılması ve dengelenmesi yoluyla karbon nötrlüğünün elde edilmesi ve gösterilmesine yönelik ilkeleri, gereklilikleri ve rehberliği belirler. Bu belge, karbon nötrlüğü ile ilgili olarak kullanılan terimleri tanımlar ve karbon nötrlüğüne ulaşmak ve bunu göstermek için gerekli eylemler hakkında rehberlik sağlar. Yaygın uygulamaya uygun olarak, "karbon nötrlüğü" gibi bileşik ifadelerde tüm sera gazlarına atıfta bulunmak için "karbon" kelimesini kullanır. Kuruluşlar (şirketler, yerel   |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>yönetimler ve finans kurumları dahil) ve ürünler (binalar ve etkinlikler dahil olmak üzere mallar veya hizmetler) gibi çok çeşitli konulara uygulanabilir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzacıları da dahil olmak üzere bölgeler (bölgeler, ülkeler, eyaletler veya şehirler gibi) için, bu Sözleşmenin amaçları doğrultusunda ulusal sonuçları raporlarken kullanılması amaçlanmamıştır. Bu belge, sera gazı emisyon azaltımlarının (doğrudan ve dolaylı) ve değer zincirindeki sera gazı giderim iyileştirmelerinin denkleştirmeye göre öncelikli olduğu karbon nötrlüğü için bir hiyerarşi oluşturmaktadır. Karbon nötrlük taahhütleri ve karbon nötrlük iddiaları için gereklilikleri içerir.</p>   |
| <b>ISO 14069 - ISO 14064-1'in uygulanmasına yönelik rehberlik</b>   | <p>ISO 14069, bir kuruluş için doğrudan ve dolaylı sera gazı emisyonlarının ölçülmesi ve raporlanması ile ilgili ilkeleri, kavramları ve yöntemleri ortaya koymaktadır. Ayrıca doğrudan emisyonların, enerji dolaylı emisyonlarının ve diğer dolaylı emisyonların ölçülmesi ve raporlanması için rehberlik sağlar.</p>  |
| <b>ISO 14072 - ISO 14040/44'ün kuruluşlara etkin bir şekilde uygulanması – kurumsal YDA</b>   | <p>ISO 14072, ISO 14040 ve ISO 14044'ün kuruluşlara etkili bir şekilde uygulanması için ek gereklilikleri ortaya koyan teknik bir spesifikasyondur. Diğer hususların yanı sıra, YDA ilkelerinin ve metodolojisinin kuruluşlara uygulanmasını detaylandırmaktadır,</p>   |
| <b>ISO 14080 - Sera gazı yönetimi ve iklim eylemleri</b>  | <p>ISO 14080, etkilerine uyum ve sera gazı azaltımı dahil olmak üzere iklim değişikliğini ele alan eylemler için metodolojilerin belirlenmesi, değerlendirilmesi, gözden geçirilmesi, geliştirilmesi ve yönetilmesi için kılavuz ve ilkeleri ortaya koymaktadır.</p>  |
| <b>ISO 14097:2021 - Sera gazı yönetimi ve ilgili faaliyetler - İklim değişikliği ile ilgili yatırım ve finansman faaliyetlerinin değerlendirilmesi ve raporlanması için ilke ve gereklilikleri içeren çerçeve</b> | <p>Bu belge, iklim değişikliği ve düşük karbon ekonomisine geçişle ilgili yatırım ve finansman faaliyetlerinin değerlendirilmesi, ölçülmesi, izlenmesi ve raporlanması için ilkeler, gereklilikler ve rehberlik de dahil olmak üzere genel bir çerçeve belirler. Değerlendirme aşağıdaki maddeleri içerir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- finansör tarafından alınan yatırım ve finansman kararlarının düşük karbonlu geçiş yolları, uyum yolları ve iklim hedefleri ile uyumu (veya uyumsuzluğu);</li> <li>- Finansörün yatırım ve kredilendirme kararları yoluyla eylemlerin reel ekonomide iklim hedeflerine, yani azaltım (sera gazı emisyonları) ve uyum (esneklik) hedeflerine ulaşılmasına yönelik etkisi;</li> <li>- İklim değişikliğinden kaynaklanan finansal varlık sahiplerine (örneğin özel hisse senetleri, borsada işlem gören hisse senetleri, tahviller, krediler) yönelik riskler.</li> </ul> |
| <b>Kurumsal Standartlar – Ulusal / Bölgesel</b>   |   |
| <b>Çevresel Ayak İzi (AB):</b>  | <p>Avrupa Komisyonu, ürünlerin ve kuruluşların çevresel performansını ölçmek ve iletmek için uyumlaştırılmış bir Çevresel Ayak İzi metodolojisi geliştirmiştir. Ortaya çıkan yöntemler Ürün Çevresel Ayak İzi (PEF) ve Organizasyon Çevresel Ayak İzi'dir (OEF). Bu iki yöntem birbiriyle bağlantılıdır ve birçok ortak unsura sahiptir. PEF ve OEF testlerinin yürütülmesine ilişkin kılavuzlar, Ürün Çevresel Ayak İzi Kategori Kuralları ve Organizasyon Çevresel Ayak İzi Sektör Kuralları kapsamındadır.</p>   |
| <b>Sera gazı emisyonları hakkında DEFRA (Birleşik Krallık):</b>   | <p>Birleşik Krallık Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı, her büyüklükteki kuruluşun kapsam 1, 2 ve 3 sera gazı emisyonlarını raporlamasına ve şirketlerin karbon emisyonlarını azaltmasına yardımcı olmak için sera gazı emisyonlarınızı nasıl ölçeceğinizi ve raporlayacağınızı konusunda Kılavuz yayınlamıştır. Sera gazı protokolünü temel alan kılavuz, PAS 2050 ve ISO 14040'ı da tamamlamaktadır. Kılavuz, raporlama tavsiyelerinin ötesinde, azaltım hedeflerinin belirlenmesine ilişkin bilgiler de içermekte ve azaltımlara ilişkin ek bilgilerin nasıl iletileceğini göstermektedir.</p>  |
| <b>Sera gazı emisyonları hakkında Bilans GES (Fransa)</b>   | <p>Fransa'da ADEME tarafından geliştirilen Bilans GES, kuruluşlara sera gazı emisyonlarını (kapsam 1, 2 ve 3) belirleme ve raporlama konusunda kılavuz ilkeler ve tavsiyeler sunmaktadır. İlke, bu emisyonlarla ilgili ISO 14064 standardı ile tutarlıdır.</p>  |



## 4 YDA METODOLOJİSİ

ISO 14040 ve 14044 Standartlarına göre YDA metodolojisi birbiriyle bağlantılı 4 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar iteratif olup, çalışmanın herhangi bir aşamasında adımlar arasında giderek çalışmanın kapsamında ya da envanterinde değişiklikler yapmak mümkündür.



Şekil 4 YDA metodolojisi

### 4.1 Amaç ve Kapsam Belirlenmesi

Amaç ve kapsam belirlenmesi YDA için pek çok kararın verildiği kritik aşamalardan biridir.

İlk olarak, projenin amacı ve sonuçların nasıl kullanılacağı da dahil olmak üzere bir çalışma hedefi belirlenir. Bir YDA'nın amacı • amaçlanan uygulama, • çalışmanın gerçekleştirilme nedenleri, • hedef kitle, yani çalışmanın sonuçlarının kime iletilmesinin amaçlandığı ve • sonuçları kamuya duyurulacak karşılaştırmalı beyanlarda kullanılmasının amaçlanıp amaçlanmadığı gibi konulara göre belirlenir <sup>11</sup>.

Çalışma kapsamı ise aşağıdaki konuları kapsamaktadır:

- incelenecek ürün sistemi;
- ürün sisteminin işlevleri veya karşılaştırmalı çalışmalar söz konusu olduğunda sistemler;

<sup>11</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

- işlevsel birim;
- sistem sınırı;
- tahsis prosedürleri;
- seçilen etki kategorileri ve etki değerlendirme metodolojisi;
- veri gereksinimleri;
- varsayımlar;
- sınırlamalar;
- ilk veri kalitesi gereklilikleri;
- varsa kritik inceleme türü;
- çalışma için gerekli raporun türü ve formatı <sup>12</sup>.

#### 4.1.1 Ürün Sistemleri

YDA çalışmasına konu olan ürüne ait yaşam döngüsü aşamalarını temsil eden **ürün sistemleri** bir dizi **birim süreç** üzerinden ne tür girdilerin, çıktıların ve emisyonların çalışmaya dahil edilmesi gerektiğini anlamak için ilk adımdır (Şekil 5). Birim süreçler **ara ürün** ve/veya artılacak **atık akışları**yla birbirlerine, ürün akışlarıyla diğer ürün sistemlerine ve **temel akışlarla** çevreye bağlanır. İdeal olarak, ürün sistemi, sınırındaki girdi ve çıktılar temel akışlar olacak şekilde modellenmelidir.

##### **Ürün sistemleri ile ilgili önemli tanımlar:**

**Ekosfer (Ecosphere):** Ekosfer, gezegensel kapalı bir ekolojik sistemdir. Bu küresel ekosistemde, gezegeni oluşturan çeşitli enerji ve madde akışları sürekli olarak etkileşim halindedir.

**Teknosfer (Technosphere):** Teknosfer sistemi, tüm insan faaliyetlerini bütünleştiren küresel teknoloji sistemlerini ifade eder.

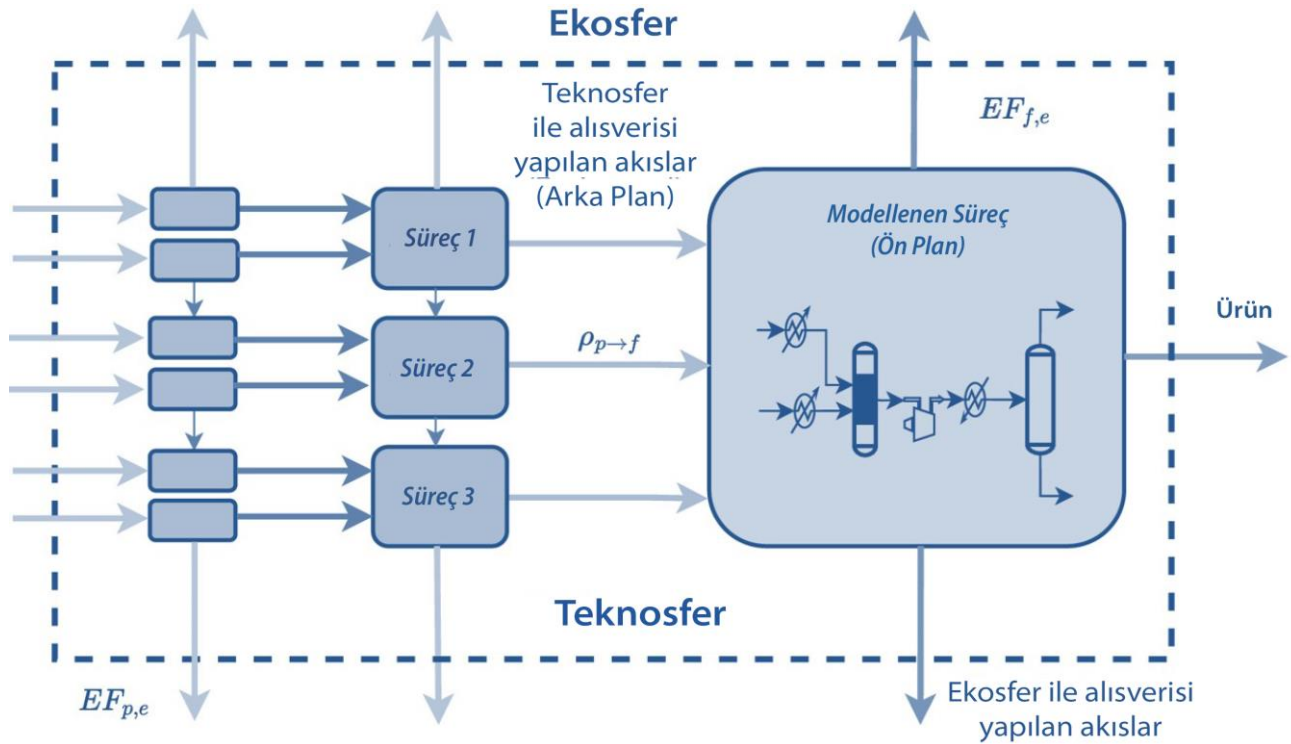
**Temel akış (elementary flow):** incelenen sisteme giren ve daha önce insan tarafından dönüştürülmeden çevreden alınan malzeme veya enerji ya da incelenen sistemden çıkan ve daha sonra insan tarafından dönüştürülmeden çevreye salınan malzeme veya enerjiyi temsil eder. Temel akışlar, kaynakların kullanımını ve sistemle ilişkili hava, su ve toprağa salınımları içerir. Ekosfer ile teknosfere dahil birim süreçler temel akışlar üzerinden birbirleriyle etkileşir.

**Ara akış (intermediate flow):** incelenen ürün sisteminin birim süreçleri arasında meydana gelen ürün, malzeme veya enerji akışı. Teknosfer sınırları içerisindeki birim süreçler birbirleriyle ara akışlar üzerinden etkileşir.

Bir ürün sisteminin bileşen birim süreçlerine bölünmesi, ürün sisteminin girdi ve çıktılarının tanımlanmasını kolaylaştırır. Birçok durumda, girdilerin bazıları son ürünün bir bileşeni olarak

<sup>12</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

kullanılırken, diğerleri (yardımcı girdiler) birim süreç içerisinde kullanılır ancak son ürünün bir parçası değildir. Bir birim süreç, faaliyetleri sonucunda başka çıktılar da (temel akışlar ve/veya yan ürünler) üretir. Çalışmanın amacını karşılamak için gerekli olan modelleme detay seviyesi, bir birim sürecin sınırını belirler.



Şekil 5 Temsili bir ürün sistemi <sup>13</sup>

#### 4.1.2 Ürün Sistemlerinin İşlevleri ve İşlevsel Birim

Bir sistemin çok sayıda olası işlevi olabilir ve bir çalışma için **seçilen işlev(ler)** YDA'nın amacına ve kapsamına bağlıdır. **İşlevsel birim**, ürünün tanımlanan işlevlerinin (performans özellikleri) niceliğini tanımlar. İşlevsel bir birimin temel amaçlarından biri, **girdi ve çıktı verilerinin normalleştirildiği bir referans** sağlamaktır <sup>14</sup>. Bu referans, YDA sonuçlarının karşılaştırılabilirliğini sağlamak için gereklidir.

YDA'nın temel hedefleri arasında ürünler ve süreçler arasında karşılaştırma yapmak yer almaktadır. **YDA sonuçlarının karşılaştırılabilirliği**, farklı sistemler değerlendirilirken, bu tür karşılaştırmaların ortak bir temelde yapılmasını sağlamak için özellikle kritiktir <sup>15</sup>. Bunun için sağlanan hizmeti tanımlayan ve tüm çalışma için nicel bir karşılaştırma temeli oluşturan **ortak**

<sup>13</sup> Baaqel, H.A., et al. ,2023. Global Sensitivity Analysis in Life-Cycle Assessment of Early-Stage Technology using Detailed Process Simulation: Application to Dialkylimidazolium Ionic Liquid Production. ACS Sustainable Chemistry, 11, 18, 7157–7169. Doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c00547>

<sup>14</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>15</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

**bir işlev tanımlanır.** Karşılaştırılan her seçenek daha sonra bu ortak işlevi sağlayan bir referans akışa göre ölçeklendirilir <sup>16</sup>. Diğer bir deyişle, sistemler arasındaki karşılaştırmalar, **referans akışları şeklinde, işlevsel birim(ler) tarafından ölçülen aynı işlev(ler) temelinde** yapılmalıdır <sup>17</sup>.

Aynı işleve sahip iki ürün sisteminin el kurutma işlevi bazında karşılaştırıldığı örnek bir YDA aşağıda sunulmaktadır.

### Örnek YDA <sup>18</sup>

**Amaç:** Kağıt havlu ya da sıcak havalı el kurutma makinesi kullanmanın yaşam döngüsü üzerindeki çevresel etkilerini değerlendirmek ve karşılaştırmak

**Sistem sınırları:** Beşikten mezara

**Ürün işlevi:** Burada incelenen her iki el kurutma sisteminin de birincil amacı, tuvalet kullanıcılarının tuvaletten çıkmadan önce bir çift kuru el elde etmelerine yardımcı olmaktır.

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda, her iki ürün sisteminin de tipik kullanım yoğunluklarına bağlı olarak tuvalet kullanıcılarına tatmin edici ve karşılaştırılabilir bir kuruluk seviyesi sağladığı varsayılmaktadır.

**İşlevsel birim:** 1 el kurutuma döngüsü

**Ürün sistemler:**



%100 geri dönüştürülmüş kağıt havlu sağlayan bir dispenser.  
Dispenser ömrü: 5 yıl



Ellerin alttan kurutulduğu 1800 watt gücünde sıcak havalı el kurutma makinesi.  
Kurutucu ömrü: 5 yıl

**Referans akış:** Kurutma başına 2 kağıt havlu

**Referans akış:** Kurutma başına 30 saniyelik hava akışı

**Notlar:** El kurutma işlevinde, hem kağıt havlu hem de havalı kurutucu sistemi incelenmiştir. Seçilen fonksiyonel birim, her iki sistem için de kurutulan el çiftlerinin aynı sayısı cinsinden ifade edilebilir. Her sistem için referans akışı, örneğin bir çift el kurutma için gereken ortalama kağıt kütlesini veya ortalama sıcak hava hacmini belirlemek mümkündür. Buna göre her iki sistem için de referans akışlar temelinde girdi ve çıktılarının bir envanteri derlenir. En basit düzeyde, kağıt havlu söz konusu olduğunda, bu tüketilen kağıtla ilgili olacaktır. Havalı kurutucu söz konusu olduğunda bu, elleri kurutmak için gereken sıcak hava kütlesiyle ilgili olacaktır <sup>19</sup>.

<sup>16</sup> FAIC. Life Cycle Assessment Explained. URL: <https://stich.culturalheritage.org/life-cycle-assessment-explained/>

<sup>17</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>18</sup> Joseph, T., Baah, K., Jahanfar, A., Dubey, B., 2015. A comparative life cycle assessment of conventional hand dryer and roll paper towel as hand drying methods. Science of the Total Environment, 515 – 516, 109 – 117. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.112>

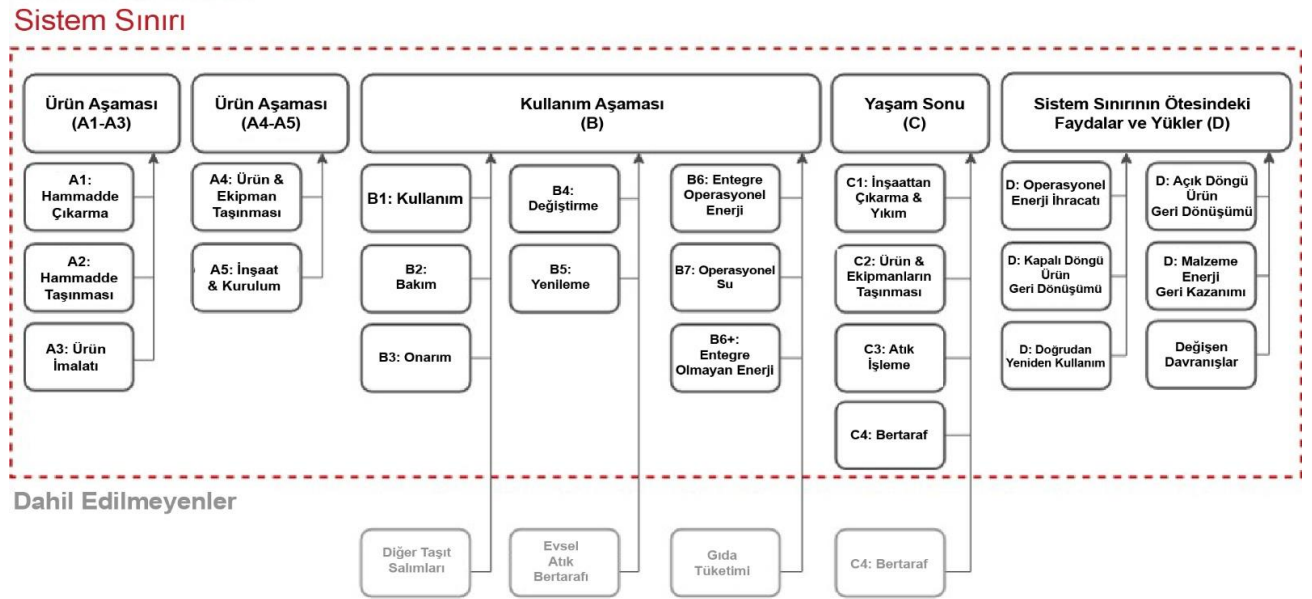
<sup>19</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

### 4.1.3 Sistem Sınırları

**Sistem sınırları**, sistem kapsamındaki birim süreçleri tanımlar ve bu birim süreçlerden hangilerinin YDA'ya dahil edileceğini belirler. Modellenecek fiziksel sistemin unsurlarının seçimi, çalışmanın amaç ve kapsam tanımına, amaçlanan uygulama ve hedef kitesine, yapılan varsayımlara, veri ve maliyet kısıtlarına ve kesim kriterlerine bağlıdır.

Sistem sınırını belirlerken, örneğin Şekil 6'da görüldüğü gibi çeşitli yaşam döngüsü aşamaları, birim süreçleri ve akışları dikkate alınmalıdır:

- hammaddelerin elde edilmesi;
- ana üretim/işleme sırasındaki girdiler ve çıktılar;
- dağıtım/taşıma;
- yakıt, elektrik ve ısı üretimi ve kullanımı
- ürünlerin kullanımı ve bakımı;
- proses atıklarının ve ürünlerin bertarafı;
- kullanılmış ürünlerin geri kazanımı (yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı dahil);
- yardımcı malzemelerin üretimi;
- sermaye ekipmanlarının üretimi, bakımı ve hizmetten çıkarılması;
- aydınlatma ve ısıtma gibi ek işlemler <sup>20</sup>.



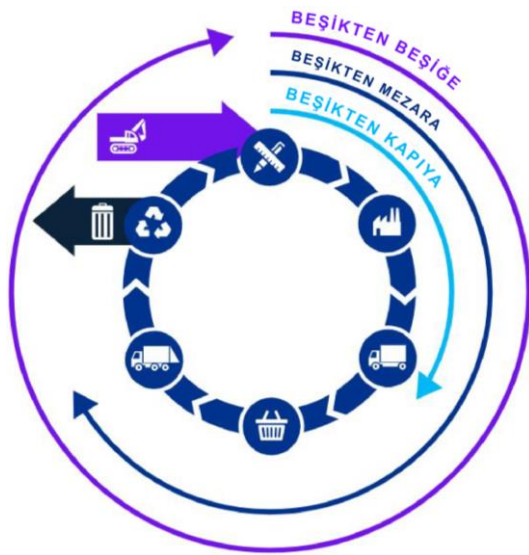
Şekil 6 Sistem sınırları <sup>21</sup>

<sup>20</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

<sup>21</sup> eTool. Choosing Your System Boundary and Scope. URL: <https://support.etoolcd.com/index.php/knowledgebase/choosing-your-system-boundary-and-scope/>

Sistem sınırları, çalışmanın amacına hizmet edecek şekilde tanımlanmalı ve **sonuçlar üzerinde büyük bir etkisi olması muhtemel hiçbir yaşam döngüsü aşamasının dışarıda bırakılmadığından emin olunmalıdır**. Ancak, çalışmanın genel sonuçlarını önemli ölçüde değiştirmeyecek bazı girdi ve çıktılarının sayısallaştırılması için kaynak harcanmasına gerek olmayabilir. Veri elde edilmesi zor olan ve ihmal edilebilir bir etkiye sahip olması muhtemel bazı süreçler, bu varsayımlar belgelendirildiği sürece hariç tutulabilir <sup>20 22</sup>. Kritik nokta, **ISO 14044 standardına göre yaşam döngüsü aşamalarının, süreçlerinin, girdilerinin veya çıktılarının silinmesine yalnızca çalışmanın genel sonuçlarını önemli ölçüde değiştirmedeği takdirde izin verilmesidir** <sup>23</sup>.

### **YDA çalışmalarında kullanılacak sistem sınırları:**



**Beşikten mezara:** Beşikten mezara: ölçümlerinize 5 yaşam döngüsü aşamasının tamamını yani "beşik" olarak da adlandırılan hammadde çıkarma, üretim ve işleme, nakliye, kullanım ve perakende ve son olarak "mezar" olarak da adlandırılan atık bertarafını dahil eder. Bu sistem sınırı size baştan sona çevresel ayak izinin tamamını verir.

**Beşikten kapıya:** bir ürünü tüketiciye ulaştırılmadan önce fabrika kapılarından çıkana kadar değerlendirir.

**Beşikten beşiğe:** Beşikten mezara sınırların bir varyasyonudur, ancak atık aşamasını, malzemeleri veya bileşenleri başka bir ürün için yeniden kullanılabilir hale getiren, esasen "döngüyü kapatan" bir geri dönüşüm / ileri dönüşüm süreci ile değiştirir.

*Döngüsel ekonomi modellerinin değerlendirilmesi için beşikten mezara ve beşikten beşiğe sınırlar daha uygundur. Beşikten beşiğe sistem sınırları daha çok kapalı döngü sistemlere uygulanırken beşikten mezara sınırlar yine geri kazanım işlemlerini içeren açık döngü sistemler için uygulanabilir.*

24

<sup>22</sup> FAIC. Life Cycle Assessment Explained. URL: <https://stich.culturalheritage.org/life-cycle-assessment-explained/>

<sup>23</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>24</sup> KPMG, 2023. Life Cycle Assessment Guide. URL: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html>

Ecochain. Cradle-to-Grave in LCA: What is it & How does it work? URL: <https://ecochain.com/blog/cradle-to-grave-in-lca/>

Circular Ecology. Environmental Glossary of Terms and Definitions. URL: <https://circularecology.com/glossary-of-terms-and-definitions.html>



Genel yaşam döngüsü aşamalarının sistem sınırları içerisindeki durumunun yanı sıra uygun koşulların sağlandığı durumlarda Şekil 6'da görülen birim süreçlerin sistem sınırlarından çıkarılması mümkündür. Örneğin, bir fincan kahvenin YDA'sı kahve çekirdeklerinin taşınmasının etkileri de kapsama alınabilir ancak yolların yapımı ile ilgili etkiler göz ardı edilebilir. Bunun arkasında yatan sebep, aynı yolu kahve taşıyan araçlara ek olarak çok farklı araçların da kullanılması ve yol yapımının kahve taşınmasının işlevsel birimi başına etkisinin oldukça düşük kalmasıdır. Bu gibi durumlarda, YDA süresince büyük zaman alan veri toplama işleminin hızlandırmak ve basitleştirmek için "kesme kriterleri (cut-off criteria)" kullanılabilir. **Kesme kriterleri**, çalışmanın dikkate almayacağı bir ürün içeriği seviyesini veya başka bir parametreyi tanımlar. Örneğin: toplam ürün kütlelerinin %1'inden daha az malzeme içeriği dikkate alınmayabilir. Bu, YDA uygulayıcısının sistemin ana akışlarından elde edilen verilere odaklanmasını ve sonuçları etkilemeyebilecek akışları sistematik olarak elimine etmesini sağlar

<sup>25</sup>.

Aşağıdaki kriterler bu süreçte kesme kriterleri olarak kullanılabilir:

- a) Kütle: Kütle bir kriter olarak kullanıldığında uygun bir karar, modellenmekte olan ürün sisteminin kütle girdisine kümülatif olarak belirli bir yüzdeden daha fazla katkıda bulunan tüm girdilerin çalışmaya dahil edilmesini gerektirecektir.
- b) Enerji: Benzer şekilde, enerji bir kriter olarak kullanıldığında uygun bir karar, kümülatif olarak ürün sisteminin enerji girdilerinin tanımlanmış bir yüzdesinden daha fazla katkıda bulunan girdilerin çalışmaya dahil edilmesini gerektirecektir.
- c) Çevresel önem: Çevresel önem nedeniyle özel olarak seçilen ürün sisteminin bireysel verilerinin tahmini miktarının tanımlanmış ek bir miktarından daha fazla katkıda bulunan girdileri dahil etmek için kesme kriterlerine ilişkin kararlar verilmelidir <sup>26</sup>.

#### 4.1.4 Tahsis

Birden fazla ürün üretildiği başka bir deyişle ortak ürünlerin, yan ürünlerin ve ikincil hammaddelerin ortaya çıktığı birim süreçlerde, bu süreçten kaynaklanan **çevresel etkileri ürünler arasında paylaşmak** gerekir. Bunun sebebi, ortak ürün/yan ürün/ikincil hammaddelerin ortaya çıktığı süreçlerin **birden çok işleve sahip olması** ve çevresel etkilerin tüm bu işlevlerin gerçekleşmesi sonucu ortaya çıkmasıdır. ISO Standartları **tahsisi (allocation)** bir sürecin veya bir ürün sisteminin girdi veya çıktı akışlarının incelenen ürün sistemi ile bir veya daha fazla diğer ürün sistemi arasında paylaşılması olarak tanımlamaktadır.

Çevresel etkileri ürün ve ortak ürün arasında bölmek kolay değildir, ancak ISO Standartları tahsis ile ilgili olarak hiyerarşik bir yapı ortaya koymaktadır <sup>26</sup>.

<sup>25</sup> Lucia, L. LCA/LCIA Concepts. URL:

[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Environmental\\_Chemistry/Key\\_Elements\\_of\\_Green\\_Chemistry\\_\(Lucia\)/02%3A\\_Life-Cycle\\_Analysis/2.02%3A\\_LCA\\_LCIA\\_Concepts](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Environmental_Chemistry/Key_Elements_of_Green_Chemistry_(Lucia)/02%3A_Life-Cycle_Analysis/2.02%3A_LCA_LCIA_Concepts)

<sup>26</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines



1. Adım: Mümkün olan her yerde, aşağıdaki yöntemlerle tahsisten kaçınılmalıdır

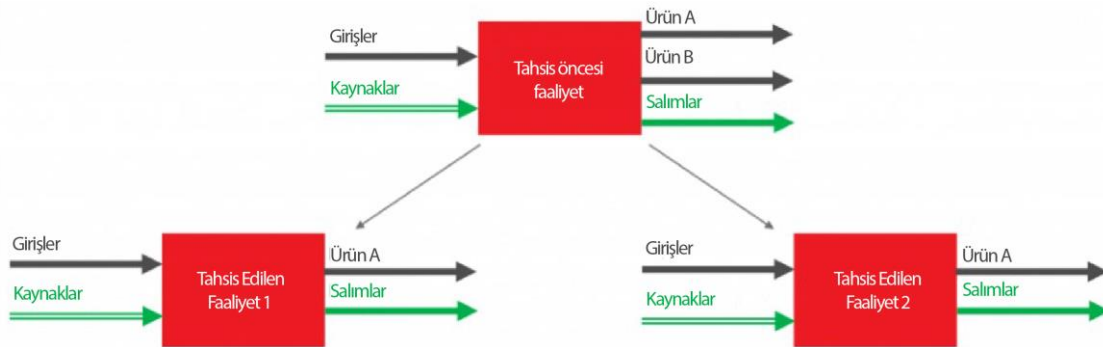
1) Tahsis edilecek birim sürecin iki veya daha fazla alt sürece bölünmesi ve bu alt süreçlere ilişkin girdi ve çıktı verilerinin toplanması veya

2) ürün sisteminin yan ürünlerle ilgili ek fonksiyonları içerecek şekilde genişletilmesi.

2. Adım: Tahsisten kaçınılamadığı durumlarda, sistemin girdileri ve çıktıları, farklı ürünleri veya işlevleri arasında, aralarındaki temel fiziksel ilişkileri yansıtacak şekilde bölünmelidir; yani, girdilerin ve çıktıların, sistem tarafından sağlanan ürünlerdeki veya işlevlerdeki nicel değişikliklerle değiştirilme şeklini yansıtmalıdır.

3. Adım: Fiziksel ilişkinin tek başına tahsis için temel olarak belirlenemediği veya kullanılmadığı durumlarda, girdiler, aralarındaki diğer ilişkileri yansıtacak şekilde ürünler ve işlevler arasında tahsis edilmelidir. Örneğin, girdi ve çıktı verileri, ürünlerin ekonomik değeri ile orantılı olarak yan ürünler arasında tahsis edilebilir.

ISO 14040 ve 14044 standartlarına göre en öncelikli tahsis yaklaşımı Şekil 7’de görüldüğü gibi süreçlerin birden fazla çıktıyı temsil edecek şekilde bölünmesi ve girdi ve çıktıların da bu şekilde paylaşılarak YDA sonuçlarının tüm çıktılar için ayrı ayrı elde edilmesidir.



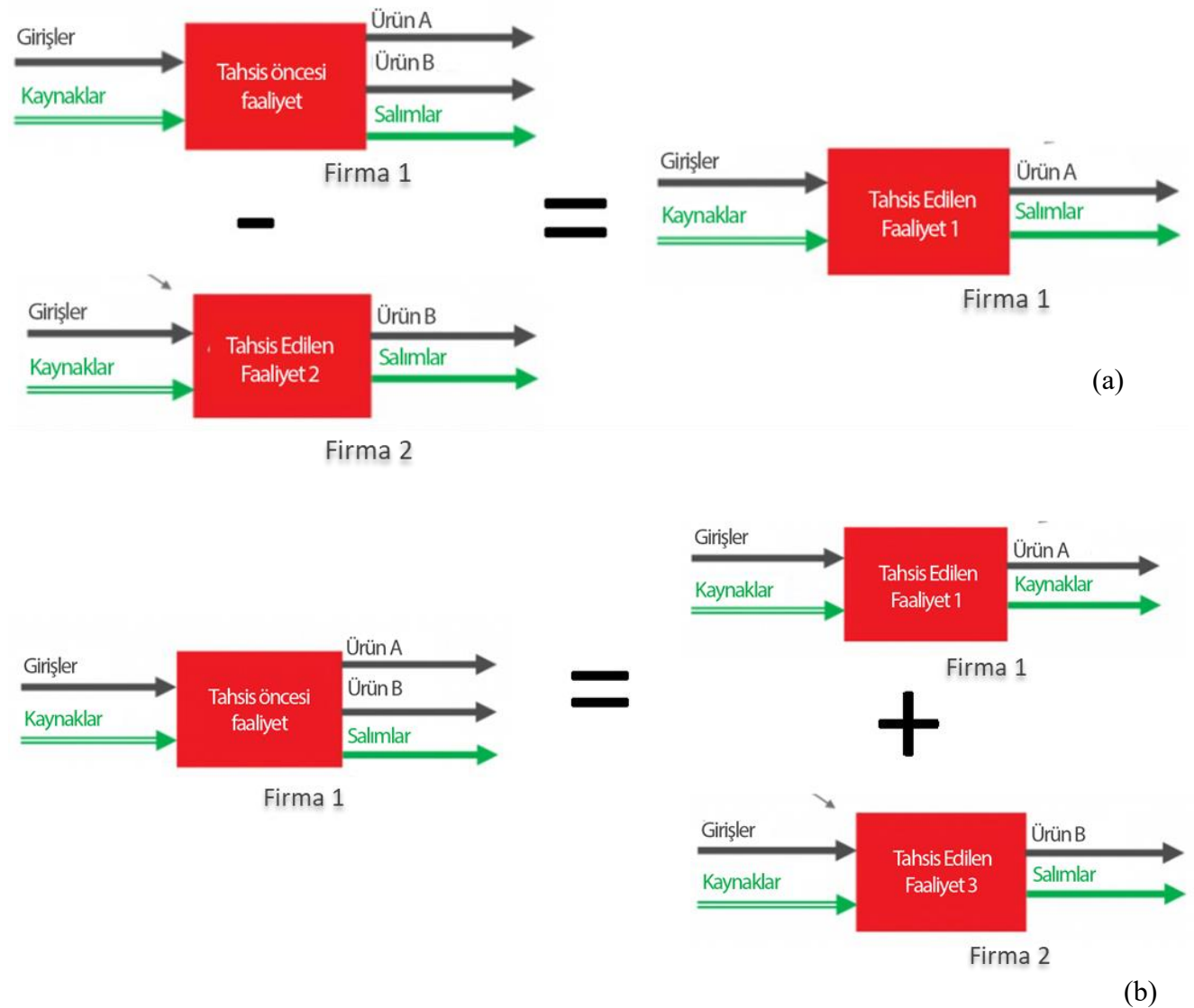
Şekil 7 Alt süreçlere bölerek tahsis <sup>27</sup>

Eğer süreçler ve bunlara bağlı envanterler birden fazla çıktıyı temsil edecek şekilde bölünemiyorsa, ürün sisteminin ek işlevini temsil edecek şekilde çevresel krediler kullanılabilir ya da sistem sınırları genişletilebilir. Şekil 8 (a) A ve B ürünlerini çıkaran bir sistemi temsil etmektedir. YDA'nın amacı Ürün A için çevresel etkileri ortaya koymaktır. Ancak üretim sistemi Ürün A ve Ürün B için doğrudan bölünmemektedir. Bu durumda izlenecek yollardan bir tanesi sistemin ek bir işlevi olan Ürün B üretimi için ayrıca YDA sonuçlarını hesaplamak ve bu etkileri Ürün A ve Ürün B'yi ortak olarak üreten sistemin toplam etkilerinden çıkarmaktır. Bu yaklaşım ile sistemin ana işlevi olan Ürün A'yı üretirken ek bir fayda olarak Ürün B üretildiği ve

<sup>27</sup> Ecoinvent. System Models. URL: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/>

bu ürünün başka bir firma tarafından üretilmesinden (dolayısıyla Ürün B üretiminden kaynaklanan etkilerden) kaçınılacağı varsayılmaktadır. Bu şekilde kaçınılan etkilerin YDA ürün sistemlerinden çıkarılması **çevresel krediler ya da kaçınılan etkiler** olarak tanımlanmaktadır.

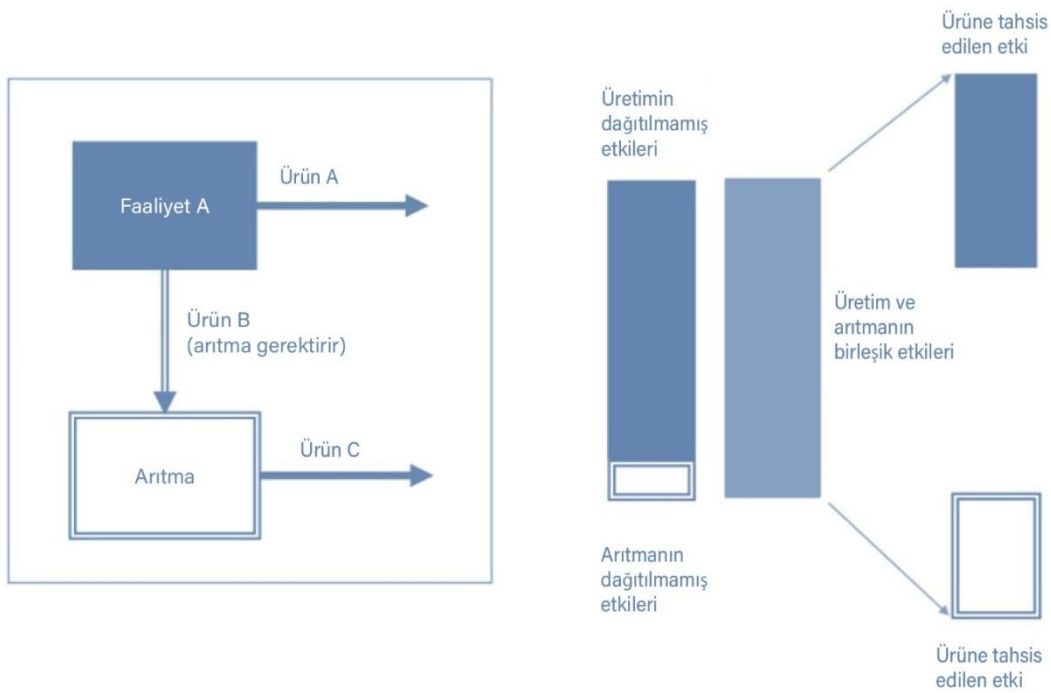
Bir diğer durumda ise kaçınılan etkilerin çıkarılması yerine sistemin işlev tanımı dolayısıyla sistem sınırları genişletilmektedir. Bu durumda Şekil 8 (b)'de görüldüğü gibi Ürün A ve B'yi üreten sistem ile Ürün A'yı ve Ürün B'yi üreten firmaların toplamı eşdeğer hale gelmektedir. Bu yaklaşım **sistem sınırlarının genişletilmesi** olarak tanımlanmaktadır. Çevresel krediler ve sistem sınırlarının genişletilmesi arasındaki en önemli fark ilkinde işlevsel birim değiştirilmezken ikincide işlevsel birimin yeniden tanımlanması gerekmesidir.



Şekil 8 (a) Çevresel krediler ve (b) sistem sınırlarının genişletilmesi ile tahsis<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Ecoinvent. System Models. URL: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/>

Eğer doğrudan paylaşırma, çevresel krediler ya da sistem sınırlarının genişletilmesi kullanılmıyorsa, ISO 14040 ve 14044 Standartları YDA sonuçlarının esas ürün ile ortak ürün/yan ürün ya da ikincil hammaddeler arasında **kütlesel ve ekonomik ilişkilere göre paylaşılmasına** izin vermektedir. Bu yaklaşıma bir örnek Şekil 9'da verilmektedir. Bu durumda ürün sistemleri bir kapalı kutu olarak kalmakta ve YDA sonuçlarının ürünler arasındaki dağılımı ancak çıktılarının miktar ve değerleri oranında tahsis edilmektedir. Burada önemli olan husus YDA değerlerinin, ürünlerin kütleli oranları veya ekonomik değerleri üzerinden tahsis edilmeleri durumunda fiziksel sistemlerin ürünler bazında yarattığı gerçek etkileri yansıtan sonuçlar elde edilememeye ihtimalidir. Bu nedenle ISO Standartları bu yaklaşımından mümkün olduğu kadar kaçınılmasını tavsiye etmektedir.



| Tomruk Ürünleri | Kütle   | Ekonomik  |
|-----------------|---|---|
| Kalas           | $\frac{\text{Kalas kütlesi}}{\text{Kalas kütlesi} + \text{Talaş kütlesi} + \text{Ağaç kabuğu kütlesi}}$       | $\frac{\text{Kalasın Değeri}}{\text{Kalasın Değeri} + \text{Talaşın Değeri} + \text{Ağaç kabuğu değeri}}$     |
| Talaş           | $\frac{\text{Talaş kütlesi}}{\text{Kalas kütlesi} + \text{Talaş kütlesi} + \text{Ağaç kabuğu kütlesi}}$       | $\frac{\text{Talaşların Değeri}}{\text{Kalasın Değeri} + \text{Talaşın Değeri} + \text{Ağaç kabuğu değeri}}$  |
| Ağaç Kabuğu     | $\frac{\text{Ağaç kabuğu kütlesi}}{\text{Kalas kütlesi} + \text{Talaş kütlesi} + \text{Ağaç kabuğu kütlesi}}$ | $\frac{\text{Ağaç kabuğu değeri}}{\text{Kalasın Değeri} + \text{Talaşın Değeri} + \text{Ağaç kabuğu değeri}}$ |

Şekil 9 Kütlesel ve ekonomik ilişkiler üzerinden tahsis <sup>29</sup>

<sup>29</sup> : Ecoinvent. System Models. URL: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/system-models/>

#### 4.1.5 Etki Kategorileri ve Etki Değerlendirme Metodolojisi

ISO Standartlarına göre etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve karakterizasyon modellerinin seçimi hem gerekçelendirilmeli hem de YDA'nın amacı ve kapsamı ile tutarlı olmalıdır. Etki kategorilerinin seçimi, hedef ve kapsam dikkate alınarak, incelenen ürün sistemiyle ilgili kapsamlı bir dizi çevresel sorunu yansıtmalıdır <sup>30</sup>. Sıklıkla kullanılan etki değerlendirme yöntemleri ve etki kategorilerine ait bilgiler rehberin ilerleyen bölümlerinde verilecektir.

#### 4.2 Yaşam Döngüsü Envanteri

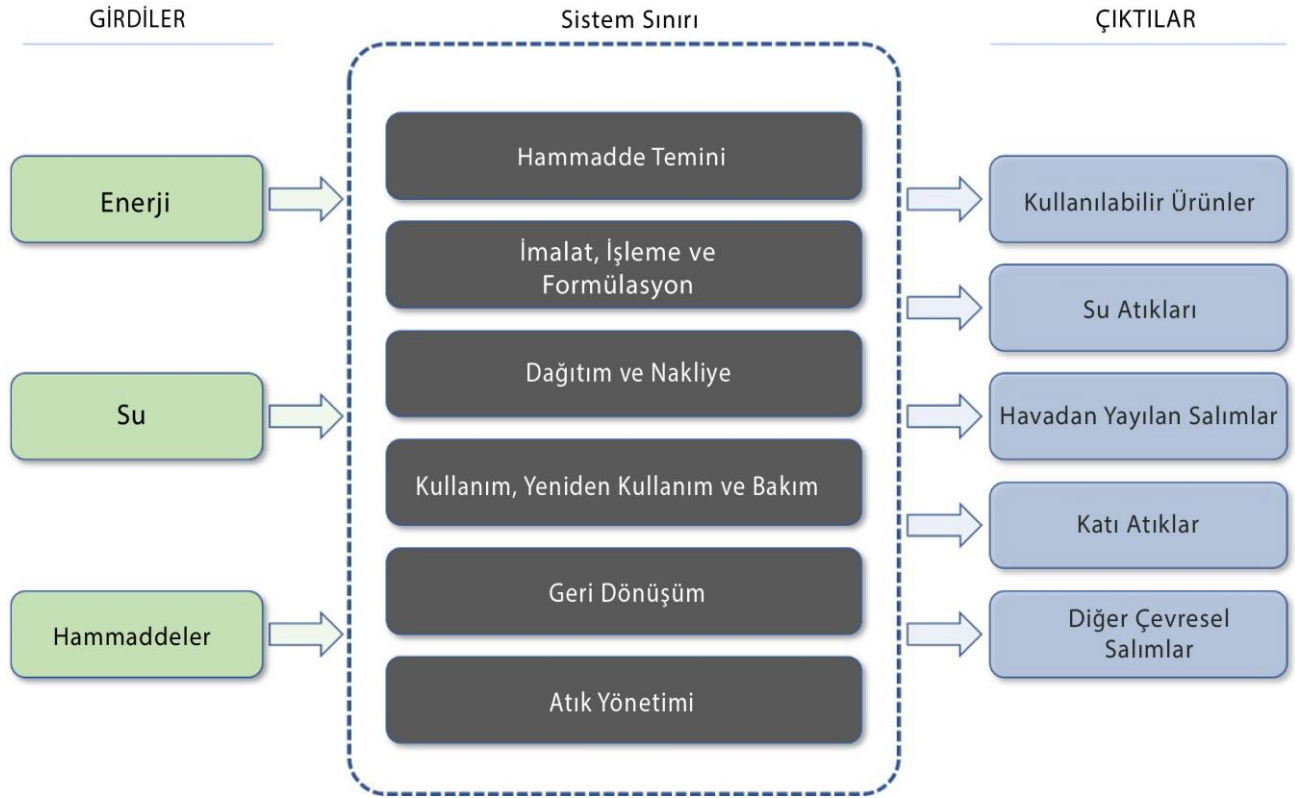
**Yaşam döngüsü envanteri**, her bir ürün seçeneğinin referans akışını üretirken ortaya çıkan kaynak girdileri ve emisyon çıktılarının tüm akışlarının bir listesidir <sup>31</sup>. Sistem sınırları içindeki her bir birim sürece ilişkin veriler, aşağıdakiler de dahil olmak üzere ana başlıklar altında sınıflandırılabilir:

- enerji girdileri, hammadde girdileri, yardımcı girdiler, diğer fiziksel girdiler,
- ürünler, yan ürünler ve atıklar,
- havaya emisyonlar, suya ve toprağa deşarjlar ve
- diğer çevresel hususlar (Şekil 10).

---

<sup>30</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>31</sup> KPMG, 2023. Life Cycle Assessment Guide. URL: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html>



Şekil 10 YDA envanterleri kapsamında incelenecek çeşitli girdi ve çıktılar <sup>32</sup>

**Envanter analizi**, bir ürün sisteminin ilgili girdi ve çıktılarını ölçmek için veri toplama ve hesaplama prosedürlerini içerir. YDA verileri sistem sınırı içindeki birim süreçlerle ilişkili üretim sahalarından toplanabileceği gibi başka kaynaklardan da elde edilebilir veya hesaplanabilir. Uygulamada, tüm veriler ölçülen, hesaplanan veya tahmin edilen verilerin bir karışımını içerebilir <sup>33</sup>. Bununla beraber, YDA envanteri içerisindeki bazı süreçlere ait veri setlerinden diğerlerinden daha önemli olabilir. Örneğin bir ürün için yapılan YDA çalışmalarında üretimle ilgili temel akışlar belirlenirken, tüketilen çeşitli kaynak türlerini yansıtmak için mümkün olduğunca gerçek üretim karışımı kullanılmalıdır. Örnek olarak, elektrik üretimi ve dağıtım için, şebeke elektrik karışımı, yakıt yakma verimliliği, dönüşüm, iletim ve dağıtım kayıpları dikkate alınmalıdır <sup>34</sup>.

Yaşam döngüsü envanter analizi süreci iteratiftir. Veriler toplandıkça ve sistem hakkında daha fazla şey öğrenildikçe, çalışmanın hedeflerine ulaşılabilmesi için veri toplama prosedürlerinde değişiklik yapılmasını gerektiren yeni veri gereksinimleri veya sınırlamalar tespit edilebilir <sup>35</sup>.

Envanter verilerinin derlenmesi bağlamında **ön plan sistemleri ile arka plan sistemleri** arasında ayırım yapmak önemlidir (Şekil 11). **Ön plan sistemleri**, incelenmekte olan ve sistem

<sup>32</sup> Sustainable Facilities Tool. Life Cycle Assessment. URL: <https://sftool.gov/plan/400/life-cycle-assessment>

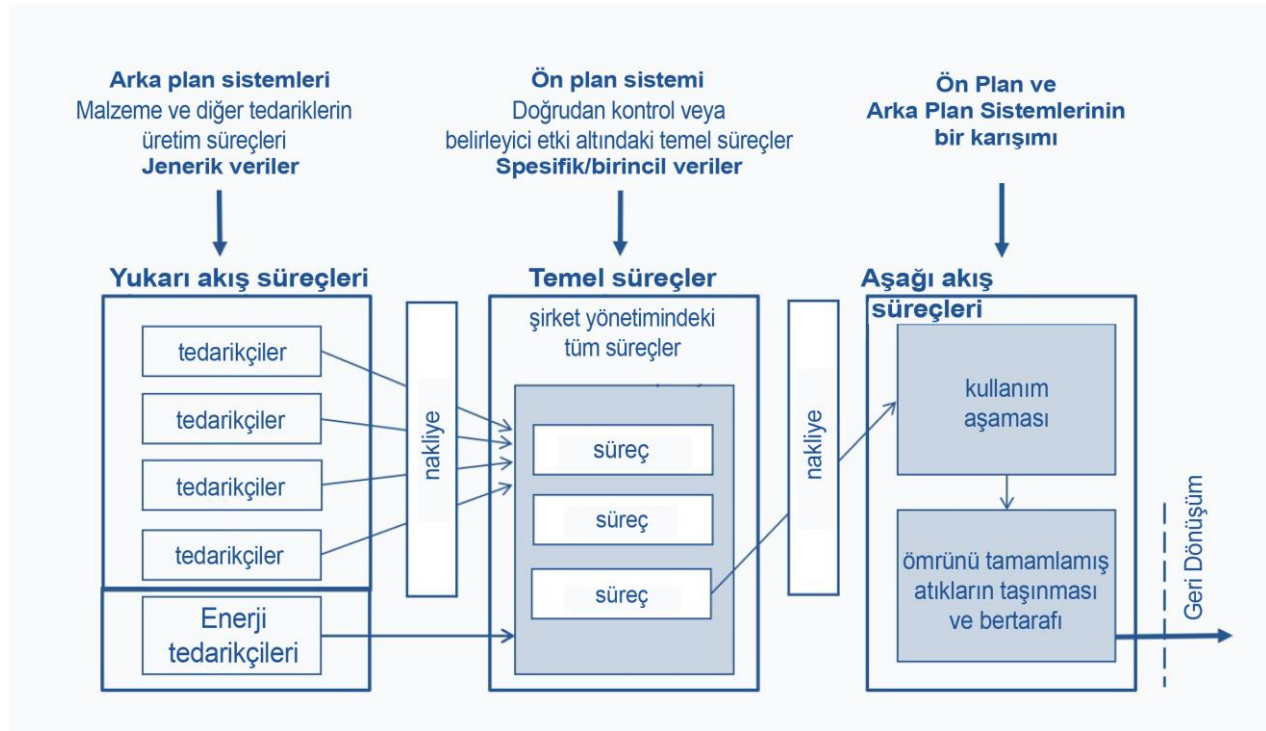
<sup>33</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>34</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>35</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

sınırlarından çıkan emisyon akışlarının bilindiği sistemlerdir <sup>36</sup>. Ön plan sistemler için YDA çalışması sırasında mümkün olduğu kadar çalışma özelinde veri toplama çalışmaları yapılmalıdır. **Arka plan sistemleri**, elektrik, malzeme, ulaşım gibi ön plan sistemlerine işlevler sağlayan sistemlerdir. Arka plan verileri, hem öncül (upstream) hem de ön plan sürecinin sınır limitleri dışındaki ardıl (downstream) süreçleri için toplanır <sup>36</sup>. Arka plan verileri, binlerce malzeme ve ürünün tedarik zincirlerini araştırarak ve bunlar genelinde tüm girdileri ve emisyonları derleyen çalışmalara dayanmaktadır. Bu araştırmalar son derece zaman alıcıdır ve her YDA çalışmasında uygulayıcıların arka plan süreçlerini derinlemesine çalışması zordur. Bu nedenle arka plan süreçler için sıklıkla yaşam döngüsü envanteri veri tabanları kullanılmaktadır

<sup>37</sup>.

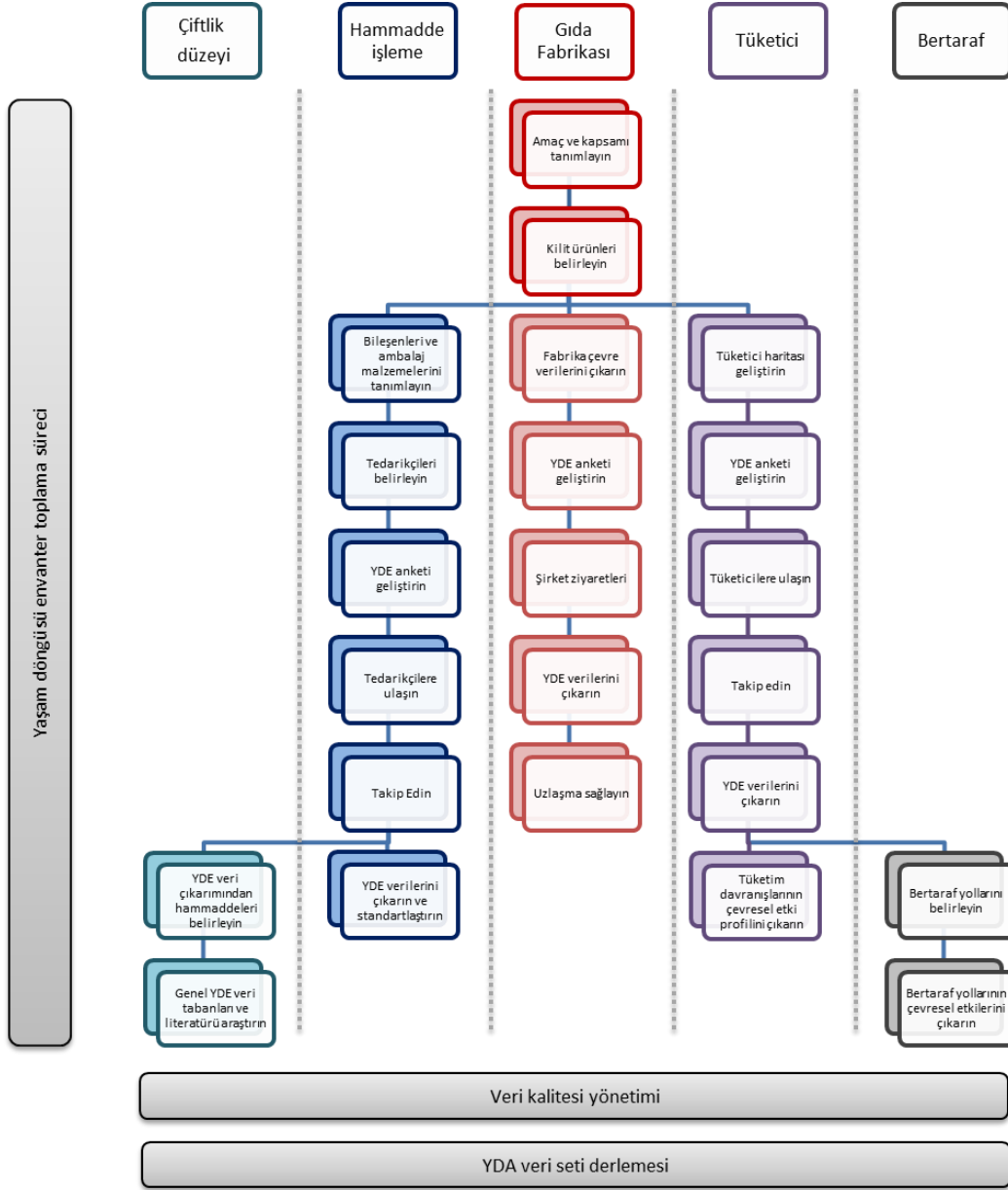


Şekil 11 YDA sistem sınırları içerisinde ön plan ve arka plan sistemleri <sup>36</sup>

Şekil 12 ideal bir YDA envanter oluşturma prosedürünü göstermektedir. Bir gıda YDA'sını örnek olan bu prosedür, **değer zincirinin detaylı bir analizini** ve veri toplanması için öncül ve ardıl süreçler de dahil olmak üzere **tedarik zinciri paydaşları** ile birebir etkileşime geçilmesini içermektedir. Ancak tedarik zinciri paydaşları ile doğrudan iletişime geçilse de ticari gizlilik ya da veri eksikliği gibi sebeplerle verilerin elde edilemeyebilir. Bu durumda YDA çalışmasının yararlanıcısı/müşterisi ve YDA uzmanları için son derece **yoğun kaynak gerektiren bu prosedür** veri kalitesine istenilen seviyede katkıda bulunamayabilir. YDA çalışmalarında pragmatik bir bakış açısı ile ürün sistemlerine kritik gözle bakılmalı, çalışma için önem teşkil eden **ön plan süreçler belirlenmeli** ve arka plan süreçlerinin olası katkıları göz önünde bulundurularak kesme kriterleri uygulanmalıdır.

<sup>36</sup> Sustainability Impact Metrics. Rigorous LCA. URL: <https://www.ecocostsvalue.com/lca/rigorous-lca/>

<sup>37</sup> KPMG, 2023. Life Cycle Assessment Guide. URL: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html>



Şekil 12 YDA envanteri oluşturma prosedürü <sup>38</sup>

YDA çalışmalarında sıkça yapılan bir hata, bir coğrafyayı temsil eden verilerin doğrudan başka bir coğrafi bölge için kullanılması ya da sadece sınırlı veri modifikasyonu yapılmasıdır (örneğin sadece elektrik arka plan verilerinin değiştirilmesi). Farklı coğrafi temsiliyete sahip envanter verileri sadece kullanılan enerji taşıyıcılarının karışımında (örneğin taş kömürü, doğal gaz, nükleer enerji vb. payı) değil, aynı zamanda bu enerji taşıyıcılarının örneğin elektriğe nasıl dönüştürüldüğü, bu teknolojilerin nasıl işletildiği, azaltım teknolojilerinin (varsa) kurulumu ve işletilmesi, örneğin enerji taşıyıcılarının kaynakları / güzergahları ve diğer birçok konuda da

<sup>38</sup> Miah, J., et.al., 2018. A framework for increasing the availability of life cycle inventory data based on the role of multinational companies. The International Journal of Life Cycle Assessment 23(5). DOI:10.1007/s11367-017-1391-y



farklılık göstermektedir. Yeterince temsil edici olmayan verilerin kullanılmasının tüm YDA çalışmasını geçersiz ve yanıltıcı hale getirdiği vurgulanmalıdır <sup>39</sup>.

YDA envanteri için hangi detayda çalışma yapılırsa yapılsın veri kalitesine yönelik bazı gereksinimlerin karşılanması beklenmektedir. Bunlar aşağıdaki gibi kriterlere göre belirlenebilir:

- a) zamanla ilgili kapsam: verilerin yaşı ve verilerin toplanması gereken minimum süre;
- b) coğrafi kapsam: çalışmanın amacına ulaşması için birim süreçlere ilişkin verilerin toplanması gereken coğrafi alan;
- c) teknoloji kapsamı: belirli bir teknoloji veya teknoloji karışımı;
- d) kesinlik: ifade edilen her bir veri için veri değerlerinin değişkenliğinin ölçüsü (örn. varyans);
- e) tamlık: ölçülen veya tahmin edilen akış yüzdesi;
- f) temsil edilebilirlik: veri setinin ilgilenilen gerçek popülasyonu yansıtmaya derecesinin nitel değerlendirilmesi (yani coğrafi kapsam, zaman dilimi ve teknoloji kapsamı);
- g) tutarlılık: çalışma metodolojisinin analiz için çeşitli bileşenlerine aynı şekilde uygulanıp uygulanmadığına ilişkin nitel değerlendirme;
- h) yeniden üretilebilirlik: metodoloji ve veri değerleri hakkındaki bilgilerin bağımsız bir uygulayıcının çalışmada rapor edilen sonuçları yeniden üretmesine ne ölçüde izin vereceğine dair nitel değerlendirme;
- i) veri kaynakları;
- j) bilgilerin belirsizliği (örneğin veriler, modeller ve varsayımlar).

Bir çalışmanın kamuya açıklanması amaçlanan karşılaştırmalı beyanlarda kullanılmasının amaçlandığı durumlarda, yukarıda a) ile j) arasında belirtilen veri kalitesi gereklilikleri ele alınmalıdır <sup>40</sup>.

### 4.3 Yaşam Döngüsü Etki Analizi

Yaşam döngüsü etki değerlendirme aşaması, envanter sonuçlarını kullanarak potansiyel çevresel etkilerin önemini değerlendirmeyi amaçlamaktadır <sup>41</sup>. Bu süreç, envanter verilerinin belirli çevresel etki kategorileri ve kategori göstergeleri ile ilişkilendirilmesini ve böylece bu etkilerin anlaşılmasına çalışılmasını içerir. Yaşam döngüsü etki analizi, aynı zamanda yaşam döngüsü yorumlama aşaması için de bilgi sağlar <sup>42</sup>. Etki analizi, Şekil 14'de görüldüğü üzere bazı aşamalardan oluşmaktadır. Bunlardan **sınıflandırma ve karakterizasyon** ISO Standartlarına

<sup>39</sup> JRC, 2010. General Guide for Life Cycle Assessment – Detailed Guidance. URL: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>

<sup>40</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>41</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

<sup>42</sup> KPMG, 2023. Life Cycle Assessment Guide. URL: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html>

göre zorunlu tutulmakta olup, **normalizasyon ve ağırlıklandırma** ise isteğe bağlı olarak bırakılmıştır.

Etki analizi, öncelikle envanter verilerinin belirli çevresel etki kategorileri ve kategori göstergeleri ile ilişkilendirilmesini (sınıflandırılmasını) içerir. Her akış, belirli bir etkiye neden olup olmadığına göre sınıflandırılır. Örneğin, azot oksit (N<sub>2</sub>O) hem küresel ısınmaya hem de ozon tabakasının incelmeye neden olur (Şekil 15).

Karakterizasyon ise, belirli bir yerdeki emisyonu tüm dünyada neden olduğu fiziksel değişikliklere ve zararlara bağlayan nedensel bir zincir oluşturmak için çevre bilimi, kimya, fizik, ekoloji, toksikoloji ve diğer alanlardan modellerin entegre edilmesine dayanır.

### **Atıfsal ve Katkısal YDA**

**Atıfsal yaşam döngüsü envanteri modelleme ilkesi** "muhasabe", "defter tutma", "geriye dönük" veya "tanımlayıcı" (veya bazen ve potansiyel olarak kafa karıştırıcı: "ortalama" veya "marjinal olmayan") olarak da adlandırılır. Bir sisteme (örneğin bir ürüne) yaşam döngüsü boyunca atfedilebilecek potansiyel çevresel etkileri, yani tedarik zinciri boyunca yukarı yönde ve sistemin kullanımı ve kullanım ömrü sonu değer zincirini takiben aşağı yönde tasvir eder.

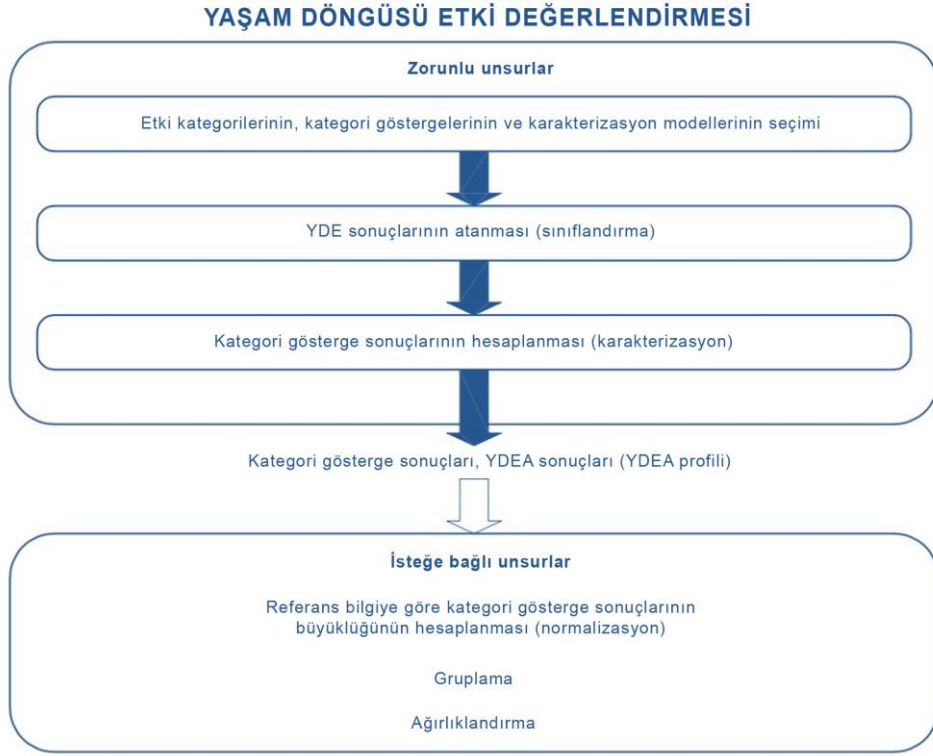
**Katkısal yaşam döngüsü envanteri modelleme ilkesi** aynı zamanda "değişim odaklı", "etki odaklı", "karara dayalı", "pazara dayalı" ve (daha eski ve konuyu eksik/yanıltıcı bir şekilde ele alan "marjinal" veya "ileriye dönük"). Ön plandaki sistemde alınan bir kararın, hem analiz edilen sistemin arka plan sisteminde hem de diğer sistemlerde ekonominin diğer süreçleri ve sistemleri için doğurduğu sonuçları belirlemeyi amaçlar. Analiz edilen sistemi bu sonuçlar etrafında modeller. Dolayısıyla, sonuçsal yaşam döngüsü modeli gerçek (veya tahmin edilen) spesifik veya ortalama tedarik zincirini yansıtmaz, ancak piyasa mekanizmaları boyunca tahmin edilen ve potansiyel olarak politik etkileşimleri ve tüketici davranış değişikliklerini içeren hipotetik bir genel tedarik zinciri modellenir.

Bu modelleme anlayışları Şekil 13'de görselleştirilmiştir.



<sup>43</sup> JRC, 2010. General Guide for Life Cycle Assessment – Detailed Guidance. URL: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>

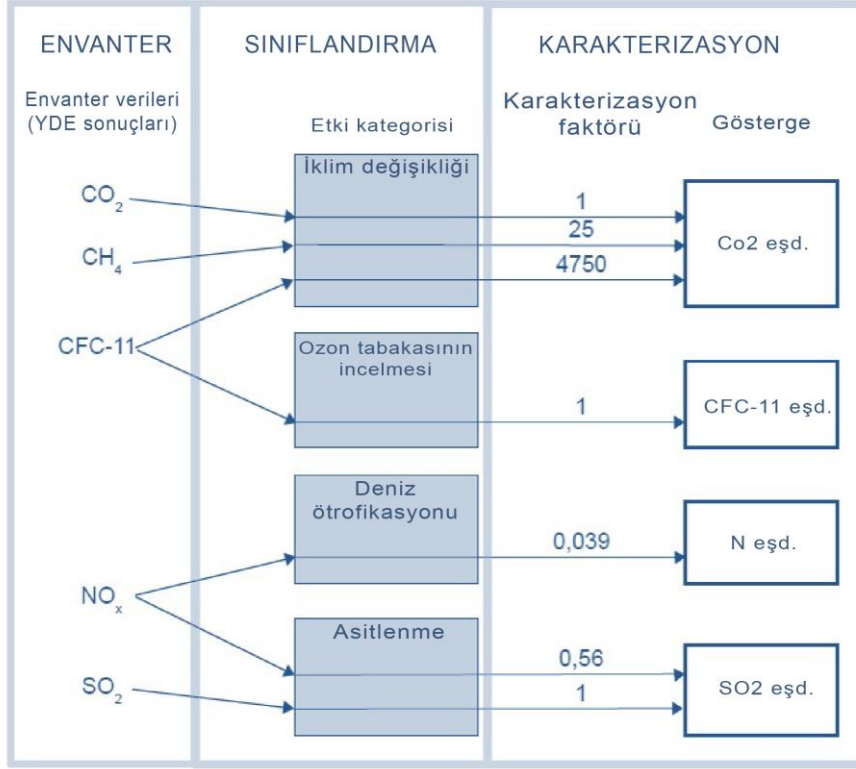
Şekil 13 Atıfsal ve katkısız YDA<sup>44</sup>



Şekil 14 Yaşam döngüsü etki analizi aşamaları<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Pre Sustainability, 2022. Finding your way in multifunctional processes and recycling. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/finding-your-way-in-allocation-methods-multifunctional-processes-recycling/>

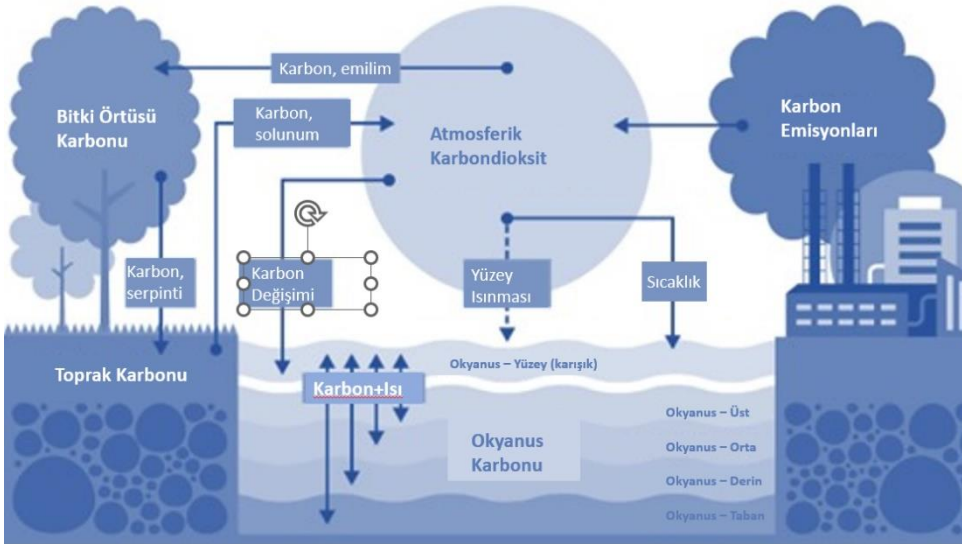
<sup>45</sup> ISO 14040:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework



Şekil 15 YDA etki analizi sınıflandırma ve karakterizasyon <sup>46</sup>

Her bir etki türü için, envanterde yer alan temel akışların ne seviyede etki yarattığına göre bir değer atanır veya karakterize edilir. Buna karakterizasyon faktörü denir ve bir gösterge maddeye göre ifade edilir. Örneğin, küresel ısınma potansiyeli söz konusu olduğunda, karakterizasyon faktörleri karbondioksit göre belirlenir ve bu nedenle tüm sera gazları karbondioksit eşdeğeri

(CO<sub>2eq</sub>) birimleri cinsinden karakterize edilir (Tablo 2). Karakterizasyon faktörleri Şekil 16'daki gibi temel akışların çevresel bileşenler arasında taşınımı, birikimi veya bozunmasını inceleyen bilimsel çalışmalara dayalı çevresel modeller yoluyla belirlenir.



Şekil 16 Çevresel karbon modeli <sup>47</sup>

<sup>46</sup> Eco2win, 2012. Life Cycle Assessment, LCA, of PVC Blood Bag. URL: [https://pvcfreebloodbag.eu/wp-content/uploads/2013/11/LCA\\_PVC\\_DEHP\\_BLOOD\\_BAGS\\_Final.pdf](https://pvcfreebloodbag.eu/wp-content/uploads/2013/11/LCA_PVC_DEHP_BLOOD_BAGS_Final.pdf)

<sup>47</sup> CO2 Modeller. URL: <http://www.co2modeller.info>

YDA, seçenekleri birden fazla sürdürülebilirlik göstergesinde karşılaştırdığından, sonuçlar tipik olarak farklı birimlere sahiptir. Etki kategorileri arasındaki sonuçları, örneğin bir kişinin ortalama yıllık etkilerinin bir oranı gibi göreceli birimlere **normalleştirmek** veya ürün seçeneklerinin daha kolay karşılaştırılabilmesi için sonuçları tek bir puanda daha fazla ağırlıklandırmak yararlı olabilir. Birçok yöntem, etki kategorisi gösterge sonuçlarının bir referans (veya normal) değerle karşılaştırılmasına izin verir. Bu, **etki kategorisinin referansa bölünmesi anlamına gelmektedir**. Yaygın olarak kullanılan bir referans, bir ülke veya kıtadaki yıllık ortalama çevresel yükün nüfus sayısına bölünmesidir. Normalizasyondan sonra etki kategorisi göstergelerinin hepsi aynı birime sahip olur, bu da onları karşılaştırmayı kolaylaştırır. Normalleştirme hem karakterizasyon hem de hasar değerlendirme sonuçlarına uygulanabilir <sup>48</sup>.

Bazı yöntemler etki kategorileri arasında ağırlıklandırmaya izin verir. Bu, etki (veya hasar) kategorisi gösterge sonuçlarının ağırlıklandırma faktörleriyle çarpılması anlamına gelir. EPS gibi bazı yöntemlerde normalleştirme adımı olmadığından, ağırlıklandırma normalleştirilmiş veya normalleştirilmemiş skorlara uygulanabilir <sup>48</sup>.

Yukarıda verilen çevresel modellerden yola çıkarak temel akışlar olarak modellenen kirleticiler ve kaynak kullanımına bağlı etkiler ortak birimler üzerinden sayısallaştırılmaktadır. Bu sayede farklı akışların çevresel etkileri etki kategorileri altında toplu olarak sayısallaştırılabilmektedir. Her ne kadar geçmişte sınıflandırma ve kategorizasyon adımları YDA uygulayıcılardan beklense de artık farklı etki kategorileri için bunları kabul edilmiş bir şekilde sunan **etki analiz yöntemleri** bulunmaktadır.

**Tablo 2 IPCC 2021 GWP 100 etki değerlendirme modelinde kullanılan seçili karakterizasyon faktörleri <sup>49</sup>**

| Kirletici                                    | Karakterizasyon Faktörü |                                  | Kirletici                                 | Karakterizasyon Faktörü |                            |
|--|-------------------------|----------------------------------|---|-------------------------|----------------------------|
| <b>1,1-Dikloro-1,2,2,2-tetrafloroetan</b>    | 7420                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Etil metil eter                           | 0.01                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>1,3,3,4,4-pentafluorosiklobüten</b>       | 92.4                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Floroksen                                 | 0.058                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>1-Pentene, 3,3,4,4,5,5,5-heptafluoro-</b> | 0.235                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Format, perfloroetil-                     | 597                     | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>2-Bromopropan</b>                         | 0.126                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Hekzan, perfloro-                         | 8620                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>3,3,4,4-tetraflorosiklobüten</b>          | 25.6                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | HFE-227EA                                 | 7520                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Alil trifloroasetat</b>                   | 0.007                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Metan                                     | 29.8                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Bromoform</b>                             | 0.25                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Metan, biyojenik                          | 27                      | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Bütan</b>                                 | 0.006                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Metan, bromo-, Halon 1001                 | 2.43                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Karbondioksit</b>                         | <b>1</b>                | <b>kg CO<sub>2-eq</sub> / kg</b> | Metan, klorotrifloro-, CFC-13             | 16200                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Karbondioksit, biyojenik</b>              | 0                       | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Metan, dibromo-                           | 1.51                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Karbondioksit, fosil</b>                  | 1                       | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Metan, trifloro-, HFC-23                  | 14600                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Karbondioksit, havada</b>                 | 0                       | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Azot florür                               | 17400                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| <b>Karbondioksit, arazi dönüşümü</b>         | 1                       | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg       | Pentanol, 2,2,3,3,4,4,5,5-oktaflorosiklo- | 13.6                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |

<sup>48</sup> Pre Sustainability, 2023. SimaPro database manual Methods library

<sup>49</sup> IPCC 2021 GWP100 Etki Değerlendirme Yöntemi. UNEP-GLAM recommendations: Frischknecht, R., & Joliet, O. (2016). Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 1 Paris. – Tüm liste verilmemiş, seçili kimyasalların karakterizasyon faktörleri sunulmuştur.

| Kirletici                                     | Karakterizasyon Faktörü |                            | Kirletici                                | Karakterizasyon Faktörü |                            |
|---|-------------------------|----------------------------|--|-------------------------|----------------------------|
| Karbondioksit, fosil olmayan, kaynak düzeltme | 0                       | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Perfloropropen                           | 0.09                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Karbondioksit, turba oksidasyonu              | 1                       | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Perfluorotripropylamine                  | 7260                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Karbondioksit, toprağa veya biyokütle stokuna | -1                      | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Propan, 1,1,1,2,2-pentafloro-, HFC-245cb | 4550                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Kloroform                                     | 20.6                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Propan, perfloro-                        | 9290                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| cis-Perfluorodecalin                          | 7800                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Sülfür hekzaflorür                       | 25200                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Dinitrojen monoksit                           | 273                     | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Sülfürlü florür                          | 4630                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Dinitrojen monoksit, turba oksidasyonu        | 273                     | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Tetrakloroetilen                         | 6.34                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Dodesametilpentasiloksan                      | 0.122                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Tetrafloroetilen                         | 0.004                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Etan  | 0.437                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Trifluorobutanol                         | 0.049                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Etan, 1,1,1,2-tetrafloro-, HFC-134a           | 1526                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Trifloroetil asetat                      | 1.58                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Etan, 1,1,2-trikloro-1,2,2-trifloro-, CFC-113 | 6520                    | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Trifloroetilen                           | 0.005                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Etan, bromo-                                  | 0.487                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Triflorometilsülfür pentaflorür          | 18500                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |
| Etan, kloro-                                  | 0.481                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg | Vinilflorür                              | 0.024                   | kg CO <sub>2-eq</sub> / kg |



Tüm beşeri faaliyetlerin kaynak kullanımı ya da kirlilik olarak çevre ile etkileşimleri bulunmaktadır. Bu etkileşimler Şekil 17’de görüldüğü üzere farklı seviyelerde gerçekleşir. Bu şekildeki kirletici örneğini alacak olursak, öncelikle kirleticinin doğaya salımını takiben çeşitli mekanizmalarla taşınımına uğradığını ve belirli bir çevresel bileşende konsantrasyonunun artmaya başladığını gözlemleyebiliriz. Artan kirletici konsantrasyonu (bu örnekte sucul ortamda yaşayan) canlıları etkilemekte ve kirliliğin bu ve benzeri ortamlarda artarak devam etmesi sonunda belirli türlerin yok olmasına neden olabilir.

Şekil 17 Beşeri faaliyetlerin çevre ile etkileşimi <sup>50</sup>

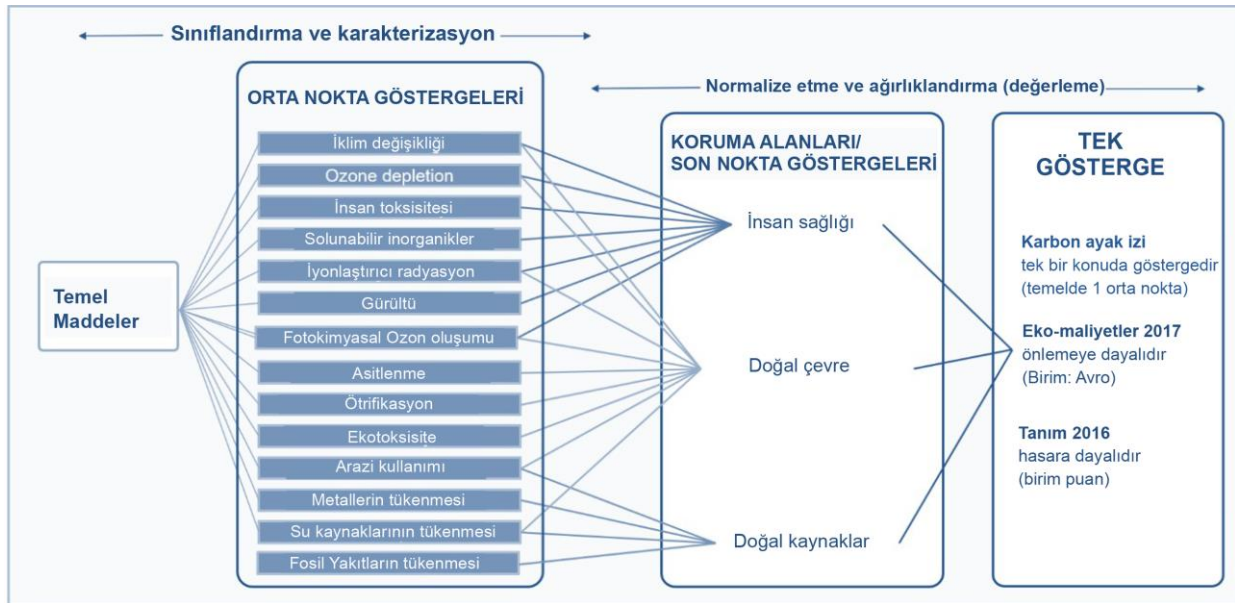
Kaynak tüketiminin ve kirliliğin çevre ile olan bu etkileşimini farklı seviyelerde değerlendirmek mümkündür. Eğer örnekte olduğu gibi kirleticinin taşınımını, birikimi ve türler üzerindeki etkisi çevresel modeller ile ortaya konmuşsa, bu kirleticinin yaşam döngüsü etkilerini de detaylı olarak

<sup>50</sup> Pre Sustainability, 2021. Making LCA results count. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/consider-your-audience-when-doing-lca/>



belirlemek mümkündür. Bu etkiler iki seviyede analiz edilebilir. İlki kirleticinin çevresel ortam üzerindeki etkisi yani sucul ortamda konsantrasyon seviyesinin artışı ikincisi ise çevre üzerinde yarattığı zarar yani balık türünün yok oluşu üzerinedir. Çevresel model ile konsantrasyon artışı ile çevreye verdiği zarar arasında bir bağlantı kurulduğu için artan konsantrasyon çevresel zararın bir göstergesi olarak kullanılabilir. **Orta nokta analizi** olarak adlandırılan bu yaklaşım sera gazı salımlarının karbon dioksit eşleniği şeklinde ifade edildiği küresel iklim değişikliği potansiyeli gibi pek çok göstergenin temelini oluşturmaktadır. Çevre ya da insanlar üzerinde yaratılan zararların analizi ise **son nokta ya da zarar değerlendirmesi** olarak geçmektedir<sup>50</sup>.

Pek çok YDA yöntemi orta nokta analizine odaklanmaktadır ancak Şekil 18’de görüldüğü gibi son nokta analizine izin veren ReCiPe gibi yöntemler mevcuttur. ReCiPe yöntemi, ISO Standartlarında zorunlu tutulan sınıflandırma ve karakterizasyon aşamasında orta nokta seviyesinde 14 adet temel gösterge raporlamaktadır. Uygulaması isteğe bağlı olan normalizasyon ve ağırlıklandırma aşamasında ise öncelikle 3 koruma alanını (insan sağlığı, doğal çevre ve doğal kaynaklar) temsil eden son nokta göstergelerini kullanmaktadır.



Şekil 18 ReCiPe etki değerlendirme yöntemi orta ve son nokta göstergeleri<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Sustainability Impact Metrics. Rigorous LCA. URL: <https://www.ecocostsvalue.com/lca/rigorous-lca>



*Son nokta sonuçların iletilmesi daha kolay olsa da, son nokta yöntemlerinin bir dezavantajı çevresel modellerin neden-sonuç zincirleri boyunca artan istatistiksel belirsizliklerin daha yüksek olmasıdır.*

*Orta nokta sonuçların anlaşılması daha zor olabilir ancak çevresel ödünleri görmek daha kolaydır. Bunun da ötesinde, orta nokta sonuçları daha düşük bir istatistiksel belirsizliğe sahiptir, bu nedenle hesaplanan sonuçlar daha güvenilirdir. Ek olarak orta nokta analizi, son nokta ya da zarar seviyesinde birbirini iptal eden orta nokta etkilerini de daha saydam bir şekilde raporlar.*

52

Şekil 18 orta ve son nokta göstergelere ek olarak son nokta sonuçlarının bir seviye ötede birleştirilerek tek gösterge olarak raporlandığı durumu da göstermektedir. YDA sonuçlarının tek gösterge ya da tek bir puan şeklinde ifade edilmesi için son nokta sonuçlar kendi içinde normalize edilir ve ağırlıklandırılır. Bu durumda orta noktadan son noktaya geçerken olduğu gibi belirsizlik seviyesi daha da artar, insana, doğal çevreye ve doğal kaynaklara verilen zararlar arasındaki ödümler görünürlüğünü kaybeder ancak tekil göstergeler kullanıldığında senaryo karşılaştırmaları son derece basit hale gelir.

*Orta nokta ve tekil gösterge kullanımı özellikle YDA uygulayıcısı ve yararlanıcısının değer seçimlerine (subjektif önceliklerine) bağlı olduğu için zorunlu değil isteğe bağlı aşamalar arasında yer almaktadır.*

*ISO 14044 standardına göre YDA sonuçlarını tek bir genel puana veya skora indirgemenin bilimsel bir temeli olmadığı kabul edilmelidir.*

53

YDA kapsamında kullanılacak yöntemlere ait genel bilgi ve çoklukla yararlanılan etki analiz kategorilerine ait açıklamalar Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 3 Etki değerlendirme yöntemleri** <sup>54</sup>

| Etki değerlendirme yöntemi           | Açıklama  | Kapsadığı etki kategorileri  |
|--------------------------------------|---|--|
| <b>Avrupa için geçerli yöntemler</b> |   |  |
| <b>CML-IA</b>                        | Hollanda'daki Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Merkezi (CML) tarafından geliştirilmiştir. Sorun odaklı (orta nokta) yaklaşımına dayanmaktadır. Etki değerlendirme kategorileri: <ul style="list-style-type: none"><li>• A: Zorunlu etki kategorileri (Çoğu YDA'da kullanılan kategori göstergeleri)</li><li>• B: Ek etki kategorileri (operasyonel göstergeler mevcuttur, ancak genellikle YDA çalışmalarına</li></ul> | 1. Abiyotik kaynakların tükenmesi (kg Sb eq)<br>2. İklim değişikliği (kg CO <sub>2</sub> eq)<br>3. Stratosferik ozon tükenmesi (kg CFC-11 eq)<br>4. İnsan üzerindeki toksisite (kg 1,4-DB eq)<br>5. Tatlı su ekosistemleri üzerinde ekotoksisite (kg 1,4-DB eq)<br>6. Deniz suyu ekosistemleri üzerinde ekotoksisite (kg 1,4-DB eq)<br>7. Karasal ekosistemler üzerinde ekotoksisite |

<sup>52</sup> Pre Sustainability, 2021. Making LCA results count. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/consider-your-audience-when-doing-lca/>

<sup>53</sup> ISO, 2006 ISO 14044: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines

<sup>54</sup> SimaPro 9.5.0.1 Yöntemler Listesi.

Pre Sustainability, 2023. SimaPro database manual Methods library

Bu tablo yöntemlerin Aralık 2023 tarihinde güncel olan versiyonlarına ait bilgiler içermektedir.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>dahil edilmezler)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>C: Diğer etki kategorileri (operasyonel göstergeler mevcut değildir, bu nedenle YDA'ya nicel olarak dahil edilmesi imkansızdır)</li> </ul> <p>Zorunlu etki kategorileri için birden fazla yöntemin mevcut olması durumunda, mevcut en iyi uygulama ilkesine dayalı olarak bir temel gösterge seçilir. Bu temel göstergeler "orta nokta düzeyinde" kategori göstergeleridir (sorun odaklı yaklaşım)".</p> <p>Normalizasyon: Her bir temel gösterge için, 1990'da dünya, 1995'te Avrupa ve 1997'de Hollanda'nın çevresel durumuna göre normalleştirme puanları hesaplanmıştır.</p>   | <p>(kg 1,4-DB eq)</p> <p>8. Fotokimyasal oksidasyon (kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq)</p> <p>9. Asidifikasyon (kg SO<sub>2</sub> eq)</p> <p>10. Ötrofikasyon (kg PO<sub>4</sub>--- eq)</p>  |
| <b>Çevresel Fiyatlar (Environmental Prices)</b>          | <p>Çevresel Fiyatlar, CE Delft tarafından çevresel etkilerin parasal olarak ifade edilmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir. Çevresel fiyatlar, ilave bir kilogram kirletici çevreye karıştığına ortaya çıkan ekonomik refah kaybını gösterir. YDA bağlamında çevresel fiyatlar, tek puanlı sonuçların hesaplanmasını sağlayan ağırlıklandırma setleri olarak kullanılır. Bu yöntem karakterizasyon ve ağırlıklandırmayı (Hollanda ve Avrupa temelinde) içerir.</p>  | <p>ReCiPe (2008) Midpoint, hierarchist perspektifi etki kategorileri ile aynı. Aşağıdaki etki kategorileri için çevresel fiyatlar mevcut değildir: Doğal arazi dönüşümü, Su, Metal ve Fosil tükenmesi.</p>   |
| <b>Ekolojik Kıtlık 2021 (Ecological scarcity 2021)</b>   | <p>Ekolojik kıtlık yöntemi, çevresel etkileri - kirletici emisyonları ve kaynak tüketimi - "eko faktörler" uygulayarak ağırlıklandırır. Ekolojik kıtlık yönteminde hedefe uzaklık ilkesi uygulanmaktadır. Bir maddenin eko-faktörü çevre yasalarından veya ilgili siyasi hedeflerden türetilir. Mevcut emisyon veya kaynak tüketimi seviyesi belirlenen çevre koruma hedefini ne kadar aşarsa, eko-faktör o kadar büyük olur ve eko-puan (EP = UBP) olarak ifade edilir. Bir eko-faktör temel olarak üç unsurdan türetilir (ISO Standardı 14044 uyarınca): karakterizasyon, normalizasyon ve ağırlıklandırma.</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Su kaynakları, net denge</li> <li>2 Enerji kaynakları</li> <li>3 Maden kaynakları</li> <li>4 Arazi kullanımı</li> <li>5 Küresel ısınma</li> <li>6 Ozon tabakasının incelmeleri</li> <li>7 Ana hava kirleticiler ve partiküller</li> <li>8 Kanserojen maddelerin havaya karışması</li> <li>9 Havaya karışan ağır metaller</li> <li>10 Su kirleticiler</li> <li>11 Suya karışan kalıcı organik kirleticiler</li> <li>12 Suya karışan ağır metaller</li> <li>13 Toprağa karışan pestisitler</li> <li>14 Toprağa karışan ağır metaller</li> <li>15 Radyoaktif maddelerin havaya karışması</li> <li>16 Radyoaktif maddelerin suya karışması</li> <li>17 Gürültü</li> <li>18 Atık, radyoaktif olmayan</li> <li>19 Depolanacak radyoaktif atıklar</li> <li>20 Biyotik Kaynaklar</li> </ol> |
| <b>Çevresel Ayak İzi 3.1 Environmental Footprint 3.1</b> | <p>Bu, Çevresel Ayak İzi girişimi bağlamında kullanılmak üzere Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen etki değerlendirme yöntemini oluşturmaktadır. Çevresel Ayak İzi 3.1 yöntemi, mevcut en son sürümdür ve Ürün Çevresel Ayak İzi Kategori Kuralları ve Organizasyon Çevresel Ayak İzi Sektör Kuralları ile çevresel ayak izi Geçiş Aşaması sırasında geliştirilen PEF ve OEF çalışmaları tarafından kullanılacak olan yöntemdir.</p> <p>Referans yıl 2010 için belirlenen küresel normalizasyon, Çevresel Ayak İzi 3.1 yönteminin bir parçasıdır.</p> <p>Mevcut ağırlıklandırma yöntemlerinin değerlendirilmesinin ardından üç ağırlıklandırma seti geliştirilmiştir: i) panel tabanlı yaklaşım - genel kamuoyu araştırması; ii) panel tabanlı yaklaşım - YDA uzmanları araştırması; iii) hibrit kanıt ve yargı tabanlı yaklaşım. Bu üç ağırlıklandırma seti daha sonra ilk olarak panel tabanlı yaklaşıma dayalı setlerin ortalaması alınarak bir araya getirilmiştir.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. İklim değişikliği (kg CO<sub>2</sub> eq)</li> <li>2. Ozon tükenmesi (kg CFC11 eq)</li> <li>3. İnsan üzerinde toksisite, kanser (CTUh)</li> <li>4. İnsan üzerindeki toksisite, kanser dışı (CTUh)</li> <li>5. Partikül madde (hastalık sayısında artış)</li> <li>6. İyonlaştırıcı radyasyon, insan sağlığı (kBq U-235 eq)</li> <li>7. Fotokimyasal ozon oluşumu, insan sağlığı (kg (NMVOC eq)</li> <li>8. Asidifikasyon (mol H<sup>+</sup> eq)</li> <li>9. Karasal ötrofikasyon</li> <li>10. Tatlı su ötrofikasyonu (kg P eq)</li> <li>11. Deniz suyu ötrofikasyonu (kg N eq)</li> <li>12. Arazi kullanımı (Pt)</li> <li>13. Tatlı su ekosistemleri üzerinde toksisite (CTUe)</li> <li>14. Su tüketimi (m<sup>3</sup>)</li> </ol>   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | Orta nokta ve son nokta analizi yapmaktadır.   | 15. Kaynak tüketimi, fosil (MJ)<br>16. Kaynak tüketimi, mineral ve metaller (kg Sb <sub>eq</sub> )  |
| <b>EN 15804 + A2 Method</b>               | EN 15804 standardı, Yapı Ürünlerinin EPD'lerini kapsamaktadır. Bu standardın 2019 A2 revizyonu, biyogenik karbon konusundaki yaklaşımları dışında, metodolojilerini Çevresel Ayak İzi yöntemiyle uyumlu hale getirmiştir. EN 15804'e göre, biyogenik karbon emisyonları fosil karbon ile aynı miktarda İklim değişikliğine neden olur, ancak bu karbon atmosferden uzaklaştırılarak nötralize edilebilir. Geçici ve kalıcı karbon depolanmasının hesaba katılmasına izin verilmez. Bu nedenle EN 15804 standardı bu muhasebeleştirme yöntemini önlemek için bir dizi gereklilik sağlar.  | Orta nokta göstergeler Çevresel Ayakizi 3.1 ile aynıdır. Son nokta analizi yapmaktadır.   |
| <b>EPD (2018)</b>                         | Bu yöntem EPD'nin (2013) devamı niteliğindedir ve İsveç Çevre Yönetim Konseyi'nin web sitesinde yayınlandığı gibi EPD'ler oluşturulması için kullanılacaktır. Bir EPD her zaman bir Ürün Kategorisi Kuralına göre oluşturulur. Bu yöntem özellikle Environdec tarafından yayınlanan bir PCR raporlayan herkes için önemlidir. Normalleştirme ve ağırlıklandırma bu yöntemin bir parçası değildir.  | 1. Asidifikasyon potansiyeli (kg SO <sub>2 eq</sub> )<br>2. Ötrofikasyon potansiyeli (kg PO <sub>4---</sub> eq)<br>3. Küresel ısınma potansiyeli (kg CO <sub>2 eq</sub> )<br>4. Fotokimyasal oksitleyici oluşturma potansiyeli (kg NMVOC)<br>5. Abiyotik tükenme potansiyeli – elementler (kg Sb <sub>eq</sub> )<br>6. Abiyotik tükenme potansiyeli – fosil yakıtlar (MJ)<br>7. Su kıtlığı ayak izi (m <sup>3</sup> eq)   |
| <b>EPS 2015d ve EPS 2015dx</b>            | EPS 2015 varsayılan metodolojisi (Ürün tasarımında Çevresel Öncelik Stratejileri) hasar odaklı bir yöntemdir. EPS sisteminde, parasal ölçüm olarak güvenli koruma konularındaki değişiklikleri geri yüklemek için ödeme istekliliği seçilmiştir. Gösterge birimi, karakterizasyon, normalizasyon ve ağırlıklandırmayı içeren ELU'dur (Çevresel Yük Birimi). Yöntemin iki versiyonu mevcuttur:<br>- EPS 2015d - ikincil partiküllerden kaynaklanan iklim etkileri dahil,<br>- EPS 2015dx - ikincil parçacıklardan kaynaklanan iklim etkileri hariç.<br>EPS sistemi temel olarak bir şirketin dahili ürün geliştirme süreci için bir araç olmayı amaçlamaktadır. Sistem, iki ürün konseptinden hangisinin çevre üzerinde en az etkiye sahip olduğunu bulma konusunda tasarımcılara ve ürün geliştiricilere yardımcı olmak için geliştirilmiştir. EPS'deki modeller ve veriler, ürünlerin çevresel performansını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.<br>UNEP-SETAC Yaşam Döngüsü Girişimi'nin tavsiyesine dayanarak, yöntem geliştiricisi ikincil etkileri hariç tutan versiyonun (EPS 2015dx) varsayılan olduğunu ve ikincil etkileri içeren versiyonun (2015d) dikkatli bir şekilde (örneğin hassasiyet analizinde) ve YDA uygulayıcıları ve temel kavramı anlayan uzmanlar tarafından kullanılmasını önermektedir. | Orta nokta göstergeleri:<br>1. Ekosistem hizmetleri<br>1.1. - Mahsul büyüme kapasitesi,<br>1.2. Meyve ve sebze üretim kapasitesi, (kg)<br>1.3. Ahşap büyüme kapasitesi, (kg)<br>1.4. Balık ve et üretim kapasitesi, (kg)<br>2. Suya erişim<br>2.1. İçme suyu, (kg)<br>2.2. Sulama suyu, (kg)<br>3. Biyoçeşitlilik<br>3.1. Yok olan türler, (NEX)<br>4. İnşaat teknoloji<br>4.1. Konut mevcudiyeti, (m2)<br>5. İnsan sağlığı<br>5.1. - Beklenen yaşam süresi (YOLL – kişi yıl),<br>5.2. Yetersiz beslenme, (kişi yıl)<br>5.3. İshal, (kişi yıl)<br>5.4. Anjina pektorisin ağırlaşması, (kişi yıl)<br>5.5 Çalışma kapasitesi, (kişi yıl)<br>5.6 Astım vakaları, (kişi yıl)<br>5.7. KOAH ağır, (kişi yıl)<br>5.8. Kanser, (kişi yıl)<br>5.9 Cilt kanseri, (kişi yıl)<br>5.10. Az görme, (kişi yıl)<br>5.11. Zehirlenme, (kişi yıl)<br>5.12. Zihinsel engellilik: hafif. (kişi yıl)<br>6. Abiyotik kaynaklar (kg)<br><br>Son nokta göstergeler: Ekosistem hizmetleri • suya erişim • biyoçeşitlilik • inşaat teknolojileri • insan sağlığı • abiyotik kaynaklar |
| <b>Küresel geçerliliği olan yöntemler</b> |  |   |
| <b>IMPACT World+</b>                      | IMPACT World+, IMPACT 2002+, LUCAS ve EDIP   | Orta nokta göstergeler:   |

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
|                         | <p>yöntemlerinin güncellenmiş ve derlenmiş halidir. Yöntem küresel kapsama sahiptir ve hem orta nokta hem de son nokta (hasar seviyesi) olarak mevcuttur. Bölgesel etki kategorilerinin çoğu mekânsal olarak çözümlenmiştir ve tüm uzun vadeli etki kategorileri daha kısa vadeli hasarlar (emisyonlardan sonraki 100 yıl boyunca) ve uzun vadeli hasarlar arasında alt bölümlere ayrılmıştır.</p> <p>IMPACT World+'ın önerilen versiyonu iki hasar kategorisi içermektedir: insan sağlığı ve ekosistem kalitesi. Normalleştirme faktörlerini belirlemek için kullanılan genel küresel envanter, 2000 ve 2010 dönemindeki referans yılların bir karışımı ile karakterize edilir. IMPACT World+ önerilen ağırlıklandırma faktörlerini sağlamamaktadır.</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. İklim değişikliği</li> <li>1.1 Kısa dönem, insan sağlığı (DALY)</li> <li>1.2. Kısa dönem, ekosistem kalitesi (PDF.m<sup>2</sup>.yr)<sup>55</sup></li> <li>1.3. Uzun dönem, insan sağlığı (DALY)</li> <li>1.4. Uzun dönem, ekosistem kalitesi (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>2. Fotokimyasal oksidan oluşumu (DALY)</li> <li>3. İyonlaştırıcı radyasyon,</li> <li>3.1. İnsan sağlığı (DALY)</li> <li>3.2 Ekosistem kalitesi (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>4. Ozon tabakasının incilmesi (DALY)</li> <li>5. İnsan üzerinde toksisite (DALY)</li> <li>5.1. Kısa dönem, kanser</li> <li>5.2. Kısa dönem, kanser dışı</li> <li>5.3. Uzun dönem, kanser</li> <li>5.4. Uzun dönem, kanser dışı</li> <li>6. Partikül madde oluşumu (DALY)</li> <li>7. Su varlığı (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>7.1 İnsan sağlığı (DALY)</li> <li>7.2. Tatlı su ekosistemi (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>7.3. Karasal ekosistem (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>8. Deniz suyu asidifikasyonu (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>8.1.Kısa dönem</li> <li>8.2.Uzun dönem</li> <li>9. Tatlı su ekosistemleri üzerinde toksisite (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>9.1. Kısa dönem</li> <li>9.2.Uzun dönem</li> <li>10. Tatlı su asidifikasyonu (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>11. Karasal asidifikasyon (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>12. Tatlı su ötrofikasyonu (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>13. Deniz suyu ötrofikasyonu (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>14. Arazi dönüşümü, biyoçeşitlilik (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>15. Arazi işgali (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> <li>16. Termal olarak kirlenmiş su (PDF.m<sup>2</sup>.yr)</li> </ol> <p>Son nokta göstergeler: İnsan sağlığı, ekosistem kalitesi</p> |
| <p><b>LC-IMPACT</b></p> | <p>Yöntem, son nokta (hasar) düzeyinde küresel bir yaşam döngüsü etki değerlendirme metodolojisi sunmaktadır. Böylece üç ana koruma alanını (insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynaklar) ele alır ve gerekli ve mümkün olan her yerde mekânsal olarak farklılaştırılmış bilgileri içerir. LC-IMPACT'te normalleştirme veya ağırlıklandırma yapılmamaktadır. LC IMPACT metodolojisi, Yaşam döngüsü etki analizi en önemli gelişmeleri içerecek şekilde düzenli olarak güncellenmeyi amaçlayan "yaşayan" bir yaşam döngüsü etki değerlendirme metodolojisi sağlamayı amaçlamaktadır.</p>  | <p>Orta nokta:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. İklim değişikliği</li> <li>1.1. İnsan sağlığı (DALY)</li> <li>1.2. Karasal ekosistem (PDF.yr)</li> <li>1.3. Sucul ekosistem (PDF.yr)</li> <li>2. Ozon tabakasının incilmesi, insan sağlığı (DALY)</li> <li>3. Ozon oluşumu</li> <li>3.1 İnsan sağlığı (DALY)</li> <li>3.2. Karasal ekosistem (PDF.yr)</li> <li>4. Partikül madde, insan sağlığı (DALY)</li> <li>5. Asidifikasyon, karasal ekosistem, (PDF.yr)</li> <li>6. Tatlı su ötrofikasyonu, (PDF.yr)</li> <li>7 Deniz ötrofikasyonu (PDF. yıl)</li> <li>8. İnsan üzerinde toksisite, kanser ve kanser</li> </ol>   |

<sup>55</sup> PDF: potentially disappeared fraction of species

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | <p>dışı (DALY)</p> <p>9. Ekotoksosite, tatlı su, deniz ve karasal, (PDF.m3.yr)</p> <p>10. Karasal baskı, karasal ekosistem, (PDF.yr)</p> <p>11. Su stresi</p> <p>11.1 Sucul ekosistem, (PDF.yr)</p> <p>11.2. insan sağlığı (DALY)</p> <p>12. Mineral yoksunluğu (kg)</p> <p>Son nokta göstergeler: İnsan sağlığı, ekosistem kalitesi, ekotoksosite, mineral kaynaklar</p>  |
| <b>ReCiPe 2016</b>  | <p>ReCiPe 2016, üç farklı bakış açısı (bireyci (I), hiyerarşist (H) ve eşitlikçi) için mevcut olan hem orta nokta (sorun odaklı) hem de son nokta (hasar odaklı) etki kategorilerini içerir (E)). Karakterizasyon faktörleri Avrupa ölçeği yerine küresel ölçeği temsil etmektedir.</p> <p>ReCiPe, ilişkili karakterizasyon faktörleri setleriyle birlikte iki etki kategorisi setinden oluşmaktadır.</p> <p>Orta nokta düzeyinde 18 etki kategorisi ele alınmaktadır. Son nokta seviyesinde, bu orta nokta etki kategorilerinin çoğu hasar faktörleriyle çarpılarak üç son nokta kategorisinde toplanır.</p> <p>Üç perspektif ayırt edilmektedir: bireyci (I), hiyerarşist (H) ve eşitlikçi (E). Bu perspektifler insan davranışının arketiplerini temsil etme iddiasında olmayıp, yalnızca benzer varsayım ve tercih türlerini gruplandırmak için kullanılmaktadır. Örneğin</p> <p>1. Bireyci perspektif (I) kısa vadeli çıkarılara, tartışmasız etki türlerine, insan adaptasyonuna ilişkin teknolojik iyimserliğe dayanır.</p> <p>2. Hiyerarşist perspektif (H), zaman çerçevesi ve diğer konularla ilgili olarak en yaygın politika ilkelerine dayanır.</p> <p>3. Eşitlikçi perspektif (E), en uzun zaman dilimini, henüz tam olarak belirlenmemiş ancak bazı göstergelerin mevcut olduğu etki türlerini dikkate alan en ihtiyatlı perspektiftir.</p> | <p>Orta nokta:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Küresel ısınma (kg CO<sub>2</sub> eq)</li> <li>2. Stratosferik ozon tabakası incelmeleri (kg CFC11 eq)</li> <li>3. İyonlaştırıcı radyasyon (kBq Co-60 eq)</li> <li>4. Ozon oluşumu</li> <li>4.1 İnsan sağlığı (kg NO<sub>x</sub> eq)</li> <li>4.2. Karasal ekosistem (kg NO<sub>x</sub> eq)</li> <li>5. Karasal asidifikasyon (kg SO<sub>2</sub> eq)</li> <li>6. Tatlı su ötrofikasyonu (kg P eq)</li> <li>7. Deniz suyu ötrofikasyonu (kg N eq)</li> <li>8. Ekotoksosite, karasal, tatlı su, deniz suyu (kg 1,4-DCB)</li> <li>9. İnsan üzerinde toksisite, kanser, kanser dışı (kg 1,4-DCB)</li> <li>10. Arazi kullanımı (m<sup>2</sup>a crop eq)</li> <li>11. Mineral kaynakların kıtlığı (kg Cu eq)</li> <li>12. Fosil kaynakların kıtlığı (kg oil eq)</li> <li>13. Su tüketimi (m<sup>3</sup>)</li> </ol> <p>Son nokta:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. İnsan sağlığı</li> <li>2. Ekosistem</li> <li>3. Kaynak kıtlığı</li> </ol> |
| <b>Tekil göstergelerin hesaplanması için kullanılan yöntemler</b> |  |  |
| <b>Kümülatif Enerji Talebi</b>                                    | <p>Kümülatif enerji talebi, bir ürün veya hizmetin yaşam döngüsü boyunca tüketilen birincil enerji miktarıdır.</p> <p>Normalleştirme bu yöntemin bir parçası değildir. Toplam ("kümülatif") enerji talebini elde etmek için her bir etki kategorisine 1 ağırlık faktörü verilir.</p>   | <p>Beş etki kategorisine ayrılan enerji kaynakları için karakterizasyon faktörleri verilmiştir:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yenilenebilir olmayan, fosil</li> <li>2. Yenilenebilir olmayan, nükleer</li> <li>3. Yenilenebilir, biyokütle</li> <li>4. Yenilenebilir, rüzgar, güneş, jeotermal</li> <li>5. Yenilenebilir, su</li> </ol>  |
| <b>Kümülatif Ekserji Talebi</b>                                   | <p>Kümülatif Ekserji Talebi (CExD) göstergesi, gerekli tüm kaynakların ekserjisini toplayarak bir ürün sağlamak için doğadan toplam ekserji çıkarımını göstermek için tanıtılmıştır. CExD enerji talebinin kalitesini değerlendirir ve enerji taşıyıcılarının yanı sıra enerjik olmayan malzemelerin ekserjisini de içerir. Ekserji kavramı, kimyasal, kinetik, hidro-potansiyel, nükleer, solar-radyatif ve termal ekserjiler dikkate alınarak ecoinvent veri tabanında yer alan kaynaklara uygulanmıştır.</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yenilenebilir olmayan, fosil (MJ)</li> <li>2. Yenilenebilir olmayan, nükleer (MJ)</li> <li>3. Yenilenebilir, kinetik (MJ)</li> <li>4. Yenilenebilir, güneş enerjisi (MJ)</li> <li>5. Yenilenebilir, potansiyel (MJ)</li> <li>6. Yenilenemez, birincil (MJ)</li> <li>7. Yenilenebilir, biyokütle (MJ)</li> <li>8. Yenilenebilir, su (MJ)</li> <li>9. Yenilenemez, metaller (MJ)</li> <li>10. Yenilenemez, mineraller (MJ)</li> </ol>  |
| <b>IPCC 2021</b>  | <p>Bu yöntem, IPCC raporu "AR6 İklim Değişikliği 2021 "in hükümet tarafından dağıtılan son versiyonuna dayanmaktadır: Fiziksel Bilim Temeli" başlıklı raporun, halen redaksiyon, düzeltme ve geri dönüşlere tabi olan son</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. GTP – Küresel Sıcaklık Potansiyeli</li> <li>1.1. GTP100 fosil</li> <li>1.2. GTP100 biyojenik</li> <li>1.3. GTP100 arazi dönüşümü</li> </ol>  |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | <p>hükümet dağıtım versiyonuna dayanmaktadır.</p> <p>Normalizasyon ve ağırlıklandırma bu yöntemin bir parçası değildir.</p> <p>IPCC 2021 yöntemi, küresel ısınma potansiyelini (GWP) ölçen altı yöntem ve küresel sıcaklık potansiyelini (GTP) ölçen iki yöntemle sonuçlanan farklı türde karakterizasyon faktörleri sağlar.</p> <p>Küresel ısınma ve sıcaklık potansiyeli için PCC karakterizasyon faktörleri aşağıdaki gibi modellenmiştir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- karbon döngüsü tepkisi dahil (daha önce iklim karbon geri bildirimi olarak anılıyordu).</li> <li>- Azot emisyonlarından kaynaklanan dolaylı dinitrojen monoksit oluşumunun dahil edilmemesi.</li> <li>- Yakın Vadeli İklim Zorlayıcılarının emisyonlarından kaynaklanan radyatif zorlamanın hesaba katılmaması (NTCF: azot oksitler (NOx), karbon monoksit (CO), uçucu organik bileşikler (VOC'ler), siyah karbon (BC), organik karbon (OC) ve sülfür oksitler (SOx)). Bunların duyarlılık analizine dahil edilmesini önermektedirler, ancak AR6 raporunda bu maddeler için herhangi bir faktör mevcut değildir.</li> <li>- CO emisyonlarının dolaylı etkilerinin dahil edilmemesi</li> </ul> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.4. GTP100 karbon alımı</li> <li>2. GWP – Küresel Isınma Potansiyelli</li> <li>2.1. GTP100 fosil</li> <li>2.2. GTP100 biyojenik</li> <li>2.3. GTP100 arazi dönüşümü</li> <li>2.4. GTP100 karbon alımı</li> <li>2.5. GTP20 fosil</li> <li>2.6. GTP20 biyojenik</li> <li>2.7. GTP20 arazi dönüşümü</li> <li>2.8. GTP20 karbon alımı</li> <li>2.9. GTP500 fosil</li> <li>2.10. GTP500 biyojenik</li> <li>2.11. GTP500 arazi dönüşümü</li> <li>2.12. GTP500 karbon alımı</li> </ol> |
| <b>Arazi kullanımının biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri (Chaudhary ve ark. 2015)</b> | Yaşam Döngüsü Girişimi tarafından önerilen küresel uzlaşma yöntemi. Arazi kullanımının biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kullanılır. Gösterge, Potansiyel Tür Kaybı (PSL) olarak ifade edilir ve arazi işgalinin, aksi takdirde o arazide var olacak türleri tamamen yerinden etmesi veya azaltmasının potansiyel etkisini ölçer.   | Küresel ve bölgesel arazi işgali ve dönüşümü (PDF.yr)   |
| <b>Maden kaynaklarının dağıtılması (Poncelet ve ark. 2022)</b>                        | Poncelet ve diğerleri (2022) maden kaynakları için dağılım akışlarını, yani gelecekte kullanılmak üzere erişilemez hale gelen madenleri tanımlamaktadır. Ortalama dağılım oranı (ADR), ekonomideki metallerin ortalama ömrünün tersi olarak hesaplanmaktadır. Karakterizasyon faktörleri, söz konusu metalin ADR ile demirin ADR'sinin oranı ile verilir. Kayıp potansiyel hizmet süresi (LPST), belirli bir zaman ufku için belirli bir metalin optimum hizmet süresi ile gerçek hizmet süresi arasındaki farktır. ADR'de olduğu gibi, her bir metal için karakterizasyon faktörleri, söz konusu metalin LPST'si ile demirin LPST'sinin oranı ile verilir. Farklı maden kaynaklarının tükenmesinden kaynaklanan sosyo-ekonomik etkiler, metallerin piyasa fiyatlarının bu orta nokta yöntemlerine uygulanmasıyla değerlendirilir ve böylece uç nokta düzeyinde karakterizasyon faktörleri de ölçülür.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orta nokta seviyesinde: o ortalama dağılım oranı (ADR) (kg Fe<sub>eq</sub>.) o kayıp potansiyel hizmet süresi (LPST) – 25,100, 500 yıllık (kg Fe<sub>eq</sub>.)</li> <li>- Uç nokta seviyesinde: o potansiyel değer kaybı oranı (PVLr) (\$1998/yıl) o kayıp potansiyel değer (LPV) - 25,100, 500 yıllık (\$1998)</li> </ul>  |
| <b>USEtox2</b>  | USEtox 2, kimyasalların akıbetini, maruziyetini ve etkilerini tanımlamak için tasarlanmıştır ve hem orta nokta hem de son nokta faktörlerini içerir. Model hakem değerlendirmesinden geçmiştir ve USEtox ekibi yöntemi sürekli olarak korumakta ve güncellemektedir. USEtox, UNEP/SETAC Yaşam Döngüsü Girişimi tarafından resmi olarak onaylanmış ve Avrupa Komisyonu, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi, Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından değerlendirme yöntemi olarak resmi olarak tavsiye edilmiştir.   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. İnsan üzerinde toksisite, kanser (vakalar)</li> <li>2. İnsan üzerinde toksisite, kanser dışı (vakalar)</li> <li>3. Tatlı su ekosistemleri üzerinde ekotoksisite (PAF.m3.day)</li> </ol> <p>USEtox modeli, kanserojen etkiler, kanserojen olmayan etkiler ve toplam etkiler (Carc + non-carc) için ev içi hava, endüstriyel iç hava, kentsel hava, kırsal hava, tatlı su, deniz suyu, tarımsal toprak, doğal toprak ve gıda mahsulü</p>  |



|                                |   |                                |
|--------------------------------|---|--------------------------------|
|                                | tüketiminde pestisit kalıntılarında insan maruziyetinden kaynaklanan kimyasal emisyonlar için karakterizasyon faktörlerini hesaplar. Orta nokta seviyesinde, tatlı su ekotoksitesisi için karakterizasyon faktörü birimi PAF.m <sup>3</sup> .gün/kgemisyon ve insan toksisitesi vakaları/kgemisyonudur. Karakterizasyon faktörlerinin karşılaştırmalı doğasını vurgulamak için her ikisi de Karşılaştırmalı Toksik Birim (CTU) olarak özetlenmiştir. Kanser ve kanser dışı etkiler arasında eşit ağırlıklandırma varsayılmıştır.  |                                |
| <b>AWARE<br/>(Su ayak izi)</b> | <p>AWARE, insanların ve sucul ekosistemlerin talepleri karşılandıktan sonra bir su havzasında alan başına kalan göreceli Kullanılabilir Suyu temsil eden bölgeselleştirilmiş bir su kullanımı orta nokta göstergesidir. İnsanların ya da ekosistemlerin sudan mahrum kalma potansiyelini değerlendirir ve alan başına ne kadar az su kalırsa, başka bir kullanıcının mahrum kalma olasılığının o kadar artacağı varsayımına dayanır. AWARE, WUYDA (yaşam döngüsü perspektifinden su kullanımı değerlendirmesi ve su ayak izi üzerine odaklanan uluslararası bir çalışma grubu) tarafından YDA'da su tüketimi etki değerlendirmesi için önerilen yöntemdir. Mayıs 2016'da bu yöntem Yaşam Döngüsü Girişimi tarafından su ayak izi için küresel uzlaşma yöntemi olarak belirlenmiştir. Bu yöntem aynı zamanda Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen Çevresel Ayak İzi etki değerlendirme yönteminde de kullanılmaktadır.</p> <p>AWARE, m<sup>3</sup> dünya-eq cinsinden ifade edilen bir orta nokta göstergesidir. AWARE'in karakterizasyon faktörleri (CF'ler), bir bölgede çekilen ortalama bir m<sup>3</sup> suyun göreceli su kıtlığını 0,1 ila 100 arasında bir ölçekte ölçer ve 1 değeri dünya ortalamasına karşılık gelir. Örneğin 10 değeri, dünya ortalamasına göre alan başına 10 kat daha az kullanılabilir suyun kaldığı bir bölgeyi gösterir İlk olarak insanların ve sucul ekosistemlerin su mevcudiyeti eksi talebi (AMD) olarak hesaplanır ve alana göredir (m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> ay<sup>-1</sup>). İkinci adımda, değer dünya ortalaması ile normalleştirilir (AMD = 0.0136 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> ay<sup>-1</sup>) ve ters çevrilir. Sonuç, dünyada tüketilen ortalama m<sup>3</sup> ile karşılaştırıldığında göreceli değeri temsil eder (dünya ortalaması tüketim ağırlıklı ortalama olarak hesaplanır).</p> | Su kullanımı (m <sup>3</sup> ) |

**Tablo 4 Seçili orta nokta etki değerlendirme kategorileri** <sup>56</sup>

| <b>Etki Kategorisi</b>                  | <b>Açıklama</b>   |
|---|---|
| <b>Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)</b> | Karbondioksit, metan, azot oksit ve florlu gazlar (F-gazları) dahil olmak üzere sera gazları (GHG'ler) ile ilişkili radyatif zorlamayı (ısı tutma potansiyeli) gösteren etki kategorisi. Raporlama birimi: Karbondioksit eşdeğerleri (CO <sub>2</sub> eq)<br>Küresel bir etki kategorisidir (yani emisyonların yeri önemli değildir). |
| <b>Asidifikasyon Potansiyeli (AP)</b>   | Sülfür ve nitrojen oksit gibi emisyonların atmosferde su ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan asit yağmurları nedeniyle su ve toprağın asitleşme potansiyelini gösteren etki kategorisi.<br>Raporlama birimi: Sülfür dioksit eşdeğerleri (SO <sub>2</sub> eq)   |
| <b>Ötrofikasyon</b>                     | Azot ve fosfordan oluşan besin kirliliği nedeniyle sudaki oksijen miktarının azalma   |

<sup>56</sup> FAIC. Life Cycle Assessment Explained. URL: <https://stich.culturalheritage.org/life-cycle-assessment-explained/>

|  |  |
|--|--|
| <b>Potansiyeli (EP)</b>                    | potansiyelini gösteren etki kategorisi. Aşırı besin maddeleri alglerin çoğalmasına neden olur, bu algler daha sonra ayrışarak çözünmüş oksijeni tüketir ve suda yaşayan organizmalar için hipoksiye (oksijen yetersizliği) yol açar.<br>Raporlama birimi: Fosfat eşdeğerleri (PO <sub>4</sub> eq) ve nitrojen (N eq) |
| <b>Ozon Tükenme Potansiyeli (ODP)</b>      | Ozon tabakası Dünya yüzeyini çoğu ultraviyole radyasyondan koruyarak insanları cilt kanserleri ve göz hastalıklarından korur. Stratosferik ozon tabakasındaki ozonun yok olma potansiyelini gösteren etki kategorisi.<br>Raporlama birimi: Kloroflorokarbon soğutucu akışkan CFC-11-eq                               |
| <b>Fotokimyasal Sis Oluşum Potansiyeli</b> | Güneş ışığı varlığında azot oksitlerin ve uçucu organik bileşiklerin (VOC'ler) reaksiyonları nedeniyle troposferik (yüzey seviyesi) ozon oluşumu potansiyelini gösterir. Troposferik ozon önemli bir hava kirletici olarak kabul edilir.<br>Metan olmayan VOC eşdeğerleri  |
| <b>Partikül Madde</b>                      | Partikül madde (PM) emisyonları ve ikincil oluşum potansiyelini gösteren etki kategorisi. PM çeşitli boyutlarda ve kimyasal bileşimlerde bulunur ve dünya çapında hava kirliliğinin en zararlı şeklidir ve her yıl milyonlarca erken ölüme neden olur.<br>Raporlama birimi: PM2.5 eşdeğerleri                        |
| <b>İnsan Sağlığı Kanser ve Kanser Dışı</b> | Kimyasal emisyonların insanlarda hastalığa neden olma potansiyelini gösteren iki etki kategorisi.<br>Raporlama birimi: Karşılaştırmalı Toksikite Birimleri (CTUh)  |
| <b>Ekotoksisite</b>                        | Kimyasal emisyonların insan dışı organizmalara zarar verme potansiyelini gösteren etki kategorisi.<br>Karşılaştırmalı Toksikite Birimleri (CTUe)   |

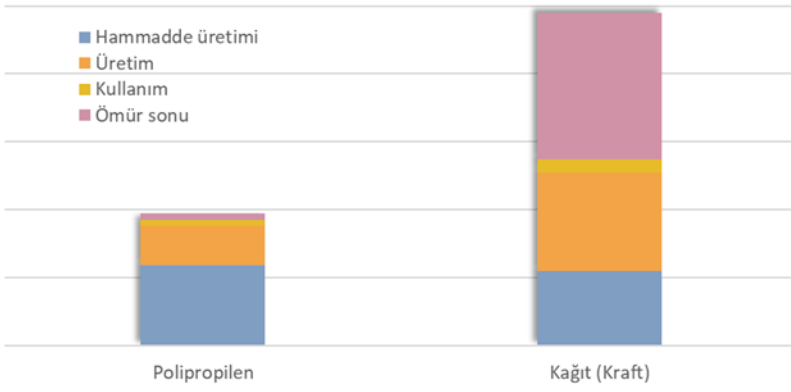
#### 4.4 Değerlendirme

YDA'nın bu son ve en önemli aşaması, sonuçların bilgi ve tavsiyelere dönüştürüldüğü noktadır. Ürün A ve B'nin karşılaştırıldığı bir durumda, eğer A seçeneğinin tüm etki kategorilerinde etkisi B seçeneğinden daha düşük ise, bu **net bir tercihi destekler**. Ancak sıklıkla bir ürün seçeneğinin bazı göstergeler için daha yüksek, diğerleri için daha düşük etkilere sahip olduğu görülür. YDA uygulayıcısı, bu farklı **ödünler çalışmanın “amacı” bağlamında tartışır ve nihai kararları müşteriye bırakır**.<sup>57</sup>

**YDA kesin bir bilim değildir** - her çalışmanın bir parçası olan çeşitli varsayımların yanı sıra malzeme miktarları ve emisyon faktörleri gibi model parametrelerinde **verinin doğasından gelen belirsizlikler** vardır<sup>57</sup>. Yorumlama, yaşam döngüsü etki analizi sonuçlarının göreceli bir yaklaşıma dayandığını, potansiyel çevresel etkileri gösterdiğini ve kullanıldıysa kategori son noktalarının ek belirsizlik getirdiğini, eşiklerin aşılmayıp aşılmadığını, güvenlik marjlarını veya risklerin öngörülüp görülmediğini yansıtmalıdır<sup>58</sup>.

<sup>57</sup> KPMG, 2023. Life Cycle Assessment Guide. URL: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html>

<sup>58</sup> ISO, 2006. ISO 14040: 2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

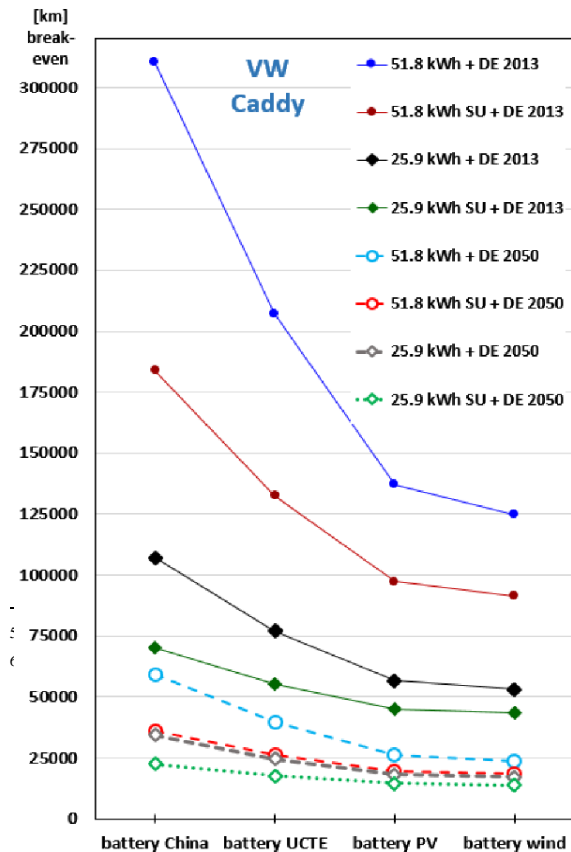


için bir **katkı analizi içerecektir** (Şekil 19). Belirli bir malzeme etkilere neden oluyorsa, tasarımcılar düşük karbonlu alternatifleri veya ne kadar malzeme kullandığını azaltmanın yollarını araştırabilir. Belirli bir öncül süreç ana suçluysa (elektrik üretimi gibi), yöneticiler daha çevreci bir seçenek (örneğin yenilenebilir enerji sözleşmeleri yoluyla) tedarik etmek için tedarikçilerle birlikte çalışabilir<sup>59</sup>.

Şekil 19 Karşılaştırmalı bir YDA için farklı yaşam döngüsü analizinin paylarını gösteren örnek katkı analizi<sup>60</sup>

YDA çalışmaları, genel sonuçların ne kadar tepki verdiğini görmek için elektrik kaynağı veya gerekli malzeme miktarı gibi çeşitli varsayımların değiştirildiği bir **hassasiyet (duyarlılık) analizi** içermelidir. Hassasiyet analizinin temel amacı, YDA sonuçları üzerinde en fazla etkiye sahip olan temel verileri ve varsayımları belirlemektir. Sonuçların sağlamlığından ödün vermeden veri toplama ve analizini basitleştirmek veya ayrıntılı sonuçlar elde etmek için gerekli kilit verilerin belirlenmesi için de kullanılabilir. Hassasiyet analizi aşağıda sıralanan farklı parametrelerin değiştirilmesi ile uygulanabilir:

- Yaşam döngüsü envanter veri setlerinde değişiklikler (Örn. Farklı teknolojileri kullanan ya da farklı coğrafyaları temsil eden veri setlerinin modelde kullanılması)
- Varsayımlarda değişiklikler
- Etki analiz metodunda değişiklikler



- Senaryolar üzerinde yapılacak değişiklikler

Kullanılan parametreler içerisinde yüksek doğruluk derecesi ile bilinenlerin hassasiyet analizine dahil edilmesine gerek olmamaktadır. Hassasiyet analizi doğruluk derecesi istenilen seviyede olmayan parametrelere odaklanmalıdır.

Parametrik değişikliklerin yapıldığı hassasiyet analizi sırasında veri değerleri bilinen aralıkları içerisinde azami ve asgari değerler arasında değişecek şekilde kullanılabilir. Eğer veri değerlerine ait aralıklar bilinmiyorsa değerler seçilen %'ler ile artırılıp düşürülebilir (Örn ±%5, %10, %15 vb). Elektrikli ve dizel araçlar için

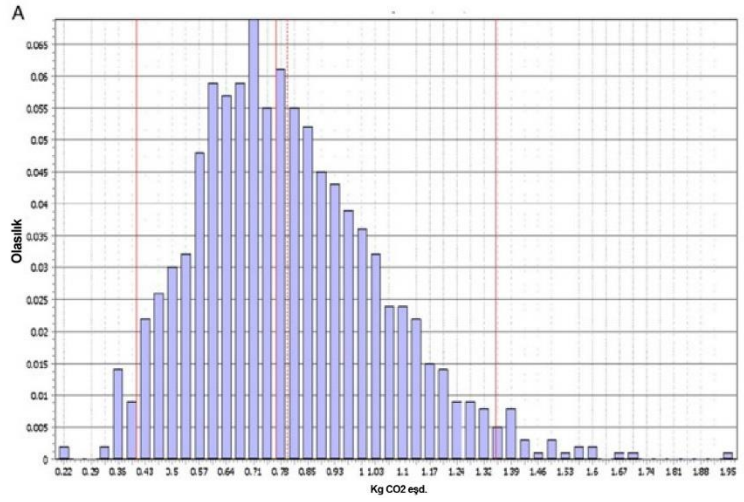
<https://www.oxfordenergy.com/xx/en/home/insights/2023/10/life-cycle-assessment-guide.html> çözümlerinden derlenmiştir. Örnek olarak sunulmaktadır.

yapılan bir YDA çalışması kapsamında hassasiyet analizi sonuçlarının gösterildiği bir örnek Şekil 20’de sunulmaktadır.

#### Şekil 20 Hassasiyet analizi örneği <sup>61</sup>

Sonuçların herhangi bir parametreye karşı çok hassas olduğu tespit edilirse, çalışmanın mümkün olan en doğru ve güncel verileri kullandığından emin olmak için bu parametre daha fazla araştırılmalıdır <sup>59</sup>. Ek olarak yaşam döngüsü envanter verilerinin **belirsizliğinin yaşam döngüsü analizi sonuçlarına etkisinin** de Monte Carlo simülasyonu gibi tekniklerle incelenmesi mümkündür.

Monte Carlo simülasyonunda bilgisayar, belirlenen belirsizlik aralığındaki her değer için bir rastgele değişken alır ve sonuçları yeniden hesaplar. Sonuç saklanır. Daha sonra belirsizlik aralığında farklı örnekler alınarak hesaplama tekrarlanır ve bu sonuç da saklanır. İşlem örneğin 1000 kez tekrarlandığında 1000 farklı sonuç alınır. Bu sonuçlar Şekil 21’de görülen bir belirsizlik dağılımı oluşturur.



Şekil 21 Monte Carlo analizi örneği <sup>62</sup>

<sup>61</sup> Helmers, E., Dietz, J., Weiss, M., 2020. Sensitivity Analysis in the Life-Cycle Assessment of Electric vs. Combustion Engine Cars under Approximate Real-World Conditions. Sustainability, 12 (3), 1241.

<sup>62</sup> Guo, M., Murphy, R.J., 2012. LCA data quality: Sensitivity and uncertainty analysis. Science of Total Environment, 435 – 436, 230 – 243 doi:10.1016/j.scitotenv.2012.07.006

## 5 YDA ARAÇLARI

Günümüzde YDA uygulamalarında amaç ve kapsam belirlenmesi ve envanter geliştirilmesi aşamaları genellikle YDA uygulayıcının ön hazırlıkları ile tamamlanırken arka plan verilerine ait veri tabanlarının kullanımı ve yaşam döngüsü etki analizi YDA araçları (ticari yazılımlar) yardımıyla gerçekleştirilir.

YDA araçlarının kullanımına geçilmeden önce yaşam döngüsü envanterleri genel olarak excel üzerinde oluşturulur ve konsolide edilir (Şekil 22).

|    |  |  | E           | F                | G           | H           | I           | J           |
|----|--|--|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|    |  |  | DTPMP       | Sodium carbonate | Ethanol     | TAED        | Zeolite A   | STPP        |
| 1  |  | LCI for WWTP+sludge disposal+environmental degradation                   | 1           | 1                | 1           | 1           | 1           | 1           |
| 2  |  | Product in wastewater (kg)   | 0           | 0                | 0           | 0.094473229 | 0           | 0           |
| 3  |  | Methanol (kg)  | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 1.5896739   |
| 4  |  | FeCl3 (kg)   | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0.6363845   |
| 5  |  | Electricity (kWh)  | 0.419688889 | 0.038888889      | 1.015412328 | 0.578145351 | 0.442088889 | 0.6363845   |
| 6  |  | Heat (MJ)  | 6.1963      | 0.1375           | 0.456227973 | 0.513847686 | 6.5527      | 9.6440826   |
| 7  |  | WWTP infrastructure (unit)   | 8.42264E-10 | 8.42264E-10      | 8.42264E-10 | 8.42264E-10 | 8.42264E-10 | 8.42264E-10 |
| 8  |  | Sewer infrastructure (km)  | 1.71889E-07 | 1.71889E-07      | 1.71889E-07 | 1.71889E-07 | 1.71889E-07 | 1.71889E-07 |
| 9  |  | transport, lorry (kgkm)  | 56.6666667  | 0                | 16.04638551 | 18.94471658 | 60          | 88.913043   |
| 10 |  | process-specific burdens, municipal waste incineration (kg)              | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 11 |  | process-specific burdens, slag compartment (kg)                          | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 12 |  | process-specific burdens, residual material landfill (kg)                | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 13 |  | electricity from waste, at municipal waste incineration plant (kWh)      | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 14 |  | heat from waste, at municipal waste incineration plant (MJ)              | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 15 |  | iron (III) chloride, 40% in H2O, at plant (kg)                           | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 16 |  | cement, unspecified, at plant (kg)                                       | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 17 |  | disposal, cement, hydrated, 0% water, to residual material landfill (kg) | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 18 |  | transport, freight, rail (tkm)   | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 19 |  | transport, lorry 28t (tkm)   | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 20 |  | natural gas, burned in industrial furnace low-NOx >100kW (MJ)            | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 21 |  | electricity, low voltage, at grid (kWh)                                  | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 22 |  | light fuel oil, burned in boiler 100kW, non-modulating (MJ)              | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 23 |  | natural gas, burned in boiler modulating >100kW (MJ)                     | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 24 |  | iron sulphate, at plant (kg)   | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 25 |  | aluminium sulphate, powder, at plant (kg)                                | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 26 |  | process-specific burdens, sanitary landfill (kg)                         | 0           | 0                | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 27 |  | municipal waste incineration plant (unit)                                | 4.10833E-10 | 0                | 1.16336E-10 | 1.37349E-10 | 4.35E-10    | 6.4462E-10  |
| 28 |  | process-specific burdens, municipal waste incineration (kg)              | 1.643333333 | 0                | 0.46534518  | 0.549396781 | 1.74        | 2.5784782   |
| 29 |  | slag compartment (unit)  | 2.52723E-09 | 0                | 5.82536E-10 | 6.87755E-10 | 2.16533E-09 | 4.35559E-09 |
| 30 |  | process-specific burdens, slag compartment (kg)                          | 1.421565745 | 0                | 0.327676312 | 0.386862285 | 1.218       | 2.4500196   |
| 31 |  | residual material landfill facility (unit)                               | 7.64319E-11 | 0                | 4.16598E-13 | 4.91848E-13 | 0           | 1.61406E-11 |
| 32 |  | process-specific burdens, residual material landfill (kg)                | 0.036687316 | 0                | 0.000199967 | 0.000236087 | 0           | 0.0774750   |
| 33 |  | electricity from waste, at municipal waste incineration plant (kWh)      | 0.99155231  | 0                | 0.245335611 | 0.28965067  | 1.039848779 | 1.759374    |
| 34 |  | heat from waste, at municipal waste incineration plant (MJ)              | 6.513955639 | 0                | 1.59353423  | 1.881376086 | 6.826090477 | 11.662580   |
| 35 |  | sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant (kg)              | 0.000421342 | 0                | 9.09621E-05 | 0.000107415 | 0           | 0.0002849   |
| 36 |  | quicklime, milled, packed, at plant (kg)                                 | 7.46588E-05 | 0                | 1.61179E-05 | 1.90332E-05 | 0           | 5.04972E-05 |
| 37 |  | hydrochloric acid, 30% in H2O, at plant (kg)                             | 5.50918E-07 | 0                | 1.13195E-07 | 1.33648E-07 | 5.08202E-07 | 4.79599E-07 |

Şekil 22 Yaşam döngüsü envanter örneği – Atıksu Yaşam Döngüsü Envanteri Aracı <sup>63</sup>

Yaşam döngüsü araçlarına ait genel değerlendirme araçlarına ilişkin genel değerlendirme Tablo 5'de sunulmaktadır. YDA araçları Tablo 6'da listelenen yaşam döngüsü envanteri veri tabanlarını da içermektedir <sup>64</sup>.

<sup>63</sup> IWA. The WW LCI tool. URL: <https://www.iwapublishing.com/news/wastewater-life-cycle-inventory-tool-2-0-lca-consultants>

<sup>64</sup> Farklı veritabanlarının YDA araçlarındaki mevcudiyeti kontrol edilmelidir.

Tablo 5 YDA araçları <sup>65</sup>

| YDA Araçları  |  |
|---|--|
|    | <p>SimaPro, Yaşam Döngüsü Analizlerinin yürütülmesi için kapsamlı bir çerçeve sağlayan, yaygın olarak kullanılan bir YDA yazılım aracıdır. SimaPro, binlerce malzeme ve süreç hakkında veri içeren kapsamlı bir yaşam döngüsü envanteri veri tabanına sahip olup, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca verilerin toplanmasını ve analiz edilmesini kolaylaştırır.</p> <p>SimaPro, kullanıcıların parametreleri ve girdileri belirli sektör veya bölgesel faktörleri yansıtmak üzere ayarlayarak YDA modellemelerini özelleştirmelerine olanak tanır. Bu özellik, belirli uygulamalara göre uyarlanmış YDA'ların yürütülmesini kolaylaştırır.</p> <p>SimaPro, kullanıcıların YDA sonuçlarını açık ve öz bir şekilde özetleyen özelleştirilmiş raporlar oluşturmaya olanak tanır. Bu, paydaşların YDA sonuçlarını anlamalarını ve bilinçli kararlar vermelerini kolaylaştırır.</p> <p>SimaPro, işletmeler, hükümetler ve araştırma kurumları tarafından yiyecek ve içecek, inşaat ve enerji de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerdeki ürün ve süreçlerin YDA'larını yürütmek için kullanılır. Kuruluşların çevresel etkileri konusunda bilinçli kararlar almasına ve sürdürülebilirlik performanslarını iyileştirmesine yardımcı olabilecek güçlü ve esnek bir araçtır.</p>   |
|    | <p>Sphera, Yaşam Döngüsü Değerlendirmelerini yürütmek için yaygın olarak kullanılan bir başka popüler YDA yazılım aracıdır. Sphera, çok çeşitli endüstrileri ve coğrafyaları kapsayan kapsamlı çevresel veri veritabanıyla tanınır.</p> <p>GaBi, kullanıcıların parametreleri ve girdileri belirli sektör veya bölgesel faktörleri yansıtmak üzere ayarlayarak YDA modellemelerini özelleştirmelerine olanak tanır. Bu özellik, belirli uygulamalara göre uyarlanmış YDA'ların yürütülmesini kolaylaştırır. Sphera, kullanıcıların YDA sonuçlarını açık ve öz bir şekilde özetleyen özelleştirilmiş raporlar oluşturmaya olanak tanır. Bu, paydaşların YDA sonuçlarını anlamalarını ve bilinçli kararlar vermelerini kolaylaştırır.</p> <p>Sphera, bir kuruluşun çevresel etkisine ilişkin daha kapsamlı bir görünüm sağlamak için karbon muhasebesi yazılımı gibi diğer sürdürülebilirlik araçlarıyla entegre edilebilir.</p> <p>Sphera, işletmeler, hükümetler ve araştırma kurumları tarafından otomotiv, inşaat ve tüketim malları da dahil olmak üzere çeşitli sektörlerdeki ürün ve süreçlerin YDA'larını yürütmek için kullanılır. Kuruluşların çevresel etkileri konusunda bilinçli kararlar almasına ve sürdürülebilirlik performanslarını iyileştirmesine yardımcı olabilecek güçlü ve esnek bir araçtır. Sphera genellikle sürdürülebilirlikle ilgili diğer yazılım araçlarını da içeren "Sphera Sürdürülebilirlik Çözümleri" ürün grubunun bir parçası olarak satılmaktadır.</p> |
|  | <p>OpenYDA, Yaşam Döngüsü Değerlendirmelerini (YDA'lar) ve diğer sürdürülebilirlik değerlendirmelerini yürütmek için kullanılan ücretsiz ve açık kaynaklı bir yazılım aracıdır. Kullanıcıların yazılımı kendi özel ihtiyaçlarına göre uyarlamalarına ve çok çeşitli sürdürülebilirlik değerlendirmeleri yürütmelerine olanak tanıyacak şekilde esnek ve özelleştirilebilir olacak şekilde tasarlanmıştır.</p> <p>OpenYDA, CML, ReCiPe ve TRACI dahil olmak üzere çok çeşitli etki değerlendirme yöntemlerini destekleyerek kullanıcıların kendi YDA'ları için en uygun yöntemi seçmelerine olanak tanır.</p>   |


<sup>65</sup> LCA Software, 2023. Find the best software to make a Life Cycle Assessment. URL: <https://lca-software.org>



|   |  |
|---|--|
|   | <p>Yazılım, kullanıcıların ham madde, enerji tüketimi ve emisyon verileri de dahil olmak üzere ürün veya hizmetlerinin envanter analizini yapmasına olanak tanır.</p> <p>Genel olarak OpenYDA, YDA'ları ve diğer sürdürülebilirlik değerlendirmelerini yürütmek için güçlü ve esnek bir yazılım aracıdır. Ücretsiz ve açık kaynaklıdır, geniş bir kullanıcı yelpazesinin erişimine açıktır ve ayrıntılı sürdürülebilirlik değerlendirmeleri yapmak ve sürdürülebilirlik performansını paydaşlara iletmek için çeşitli özellikler sağlar.</p>   |
|    | <p>Umberto, Yaşam Döngüsü Analizleri, Malzeme Akış Analizleri (MFA'lar) ve diğer sürdürülebilirlik analizlerini yürütmek için kullanılan bir yazılım aracıdır. Kullanıcı dostu ve esnek olacak şekilde tasarlanmış olup kullanıcıların çok çeşitli sürdürülebilirlik analizleri ve simülasyonları yürütmesine olanak tanır.</p> <p>Umberto, kullanıcıların kaynak girdileri, enerji tüketimi ve emisyonlara ilişkin veriler de dahil olmak üzere ürün veya hizmetlerine ilişkin malzeme ve enerji akışı analizleri yapmalarına olanak tanır.</p> <p>Yazılım, kullanıcıların farklı senaryoları simüle etmesine ve ürün veya hizmet tasarımındaki değişikliklerin genel çevresel etki üzerindeki etkisini değerlendirmesine olanak tanıyan senaryo analiz araçlarını içerir.</p> <p>Umberto, özelleştirilebilir raporlama ve görselleştirme özellikleri sunarak kullanıcıların sürdürülebilirlik performanslarını paydaşlara iletmek için profesyonel raporlar ve görselleştirmeler oluşturmalarına olanak tanır. Ayrıca kullanıcıların üretim süreçlerini modellemelerine ve verimlilik iyileştirme fırsatlarını belirlemelerine olanak tanıyan süreç modelleme araçlarını da içerir.</p> <p>Genel olarak Umberto, YDA'ları, MFA'ları ve diğer sürdürülebilirlik analizlerini yürütmek için kapsamlı bir yazılım aracıdır. Kullanıcıların sürdürülebilirlik performanslarını iyileştirmelerine, verimlilik iyileştirme fırsatlarını belirlemelerine ve sürdürülebilirlik performanslarını paydaşlara aktarmalarına yardımcı olabilecek bir dizi özellik sunar.</p> |
|  | <p>Ecochain Mobius, işletmeler ve kuruluşlar tarafından Yaşam Döngüsü Analizleri yürütmek için yaygın olarak kullanılan popüler bir YDA yazılım aracıdır. Ecochain Mobius, kullanıcıların bir ürünün yaşam döngüsü boyunca veri toplamasını ve analiz etmesini kolaylaştıran kullanıcı dostu arayüzü ve gelişmiş özellikleriyle tanınır.</p> <p>Ecochain Mobius, farklı sektörlerin ve uygulamaların özel ihtiyaçlarını karşılamak üzere özelleştirilebilen çeşitli araçlar ve modüller sunar. Bu araçlar, veri yönetimi ve görselleştirme araçlarını, etki değerlendirme araçlarını ve senaryo analiz araçlarını içerir.</p> <p>Ecochain Mobius, ürünlerinin ve operasyonlarının sürdürülebilirliğini geliştirmek isteyen şirketler ve kuruluşlar arasında özellikle popülerdir. Yiyecek ve içecek, imalat ve enerji de dahil olmak üzere çeşitli endüstriler tarafından kullanılmaktadır.</p> <p>Genel olarak Ecochain Mobius, çevresel etkileri hakkında bilinçli kararlar vermek isteyen işletmeler ve kuruluşlar arasında popüler olan kapsamlı ve esnek bir YDA yazılım aracıdır.</p>  |
|  | <p>OneClick LCA, binaların, altyapının ve diğer inşaat projelerinin Yaşam Döngüsü Analizleri ve çevresel etki değerlendirmelerini yürütmek için kullanılan bulut tabanlı bir yazılım aracıdır. Yazılım, sürdürülebilirlik danışmanlarına, mimarlara, mühendislere ve bina sahiplerine, projelerinin çevresel etkilerini değerlendirmeleri ve iyileştirme fırsatlarını belirlemeleri</p>  |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>için kapsamlı bir dizi özellik sağlar.</p> <p>Yazılım, gömülü karbon ve diğer çevresel etki verileri de dahil olmak üzere inşaat malzemelerine ilişkin kapsamlı bir veritabanına sahiptir. Bu veritabanı, kullanıcıların bir binanın malzemelerinin çevresel etkisini hesaplamasına ve daha sürdürülebilir alternatifleri belirlemesine olanak tanır. Yazılım, binaların enerji ve su tüketimini analiz etmek ve enerji ve su verimliliği iyileştirme fırsatlarını belirlemek için kullanılabilir.</p> <p>OneClick LCA yazılımı, LEED, BREEAM ve DGNB dahil olmak üzere çeşitli sürdürülebilirlik sertifikasyon planlarına uyacak şekilde tasarlanmıştır. Yazılım, projelerinin çevresel etkileri hakkında veri sağlayarak ve iyileştirme fırsatlarını belirleyerek kullanıcıların bu sertifikaları almalarına yardımcı olabilir.</p> <p>Genel olarak OneClick LCA, binaların ve diğer inşaat projelerinin YDA'larını ve çevresel etki değerlendirmelerini yürütmek için kapsamlı bir yazılım aracıdır. Kullanıcıların sürdürülebilirlik performanslarını geliştirmelerine, sürdürülebilirlik sertifikaları almalarına ve sürdürülebilirlik performanslarını paydaşlara aktarmalarına yardımcı olabilecek bir dizi özellik sunar.</p> |
|  | <p>Brightway, yaşam döngüsü analizi (YDA) ve çevresel etki değerlendirmesi için Python programlama dilinde yazılmış açık kaynaklı bir yazılım paketidir. YDA, bir ürünün, sürecin veya hizmetin çevresel etkilerini değerlendirmeye yönelik bir yöntemdir. Hammaddeler, enerji kullanımı ve atık ürünler de dahil olmak üzere bir sistemin tüm girdi ve çıktılarının analiz edilmesini ve bu girdi ve çıktılarının sistemin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin ölçülmesini içerir.</p> <p>Brightway, büyük veri kümeleriyle çalışmayı ve YDA hesaplamalarını hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmeyi kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Bu nedenle, YDA'yı gerçekleştirmek veya ürün ve süreçlerin çevresel etkilerini değerlendirmekle ilgilenen herkes için güçlü bir araç sağlar. Brightway'in amacı SimaPro veya OpenLCA gibi yazılımların yerini almak değildir; bunun yerine geleneksel YDA'nın sınırlarını aşacak olanaklar sunar. Brightway, araştırmacılar için özellikle çekicidir.</p>   |

**Tablo 6 Yaşam döngüsü envanteri veri tabanları**

| YDA Veritabanları   |   |
|---|---|
|  | <p>Ecoinvent Yaşam Döngüsü Envanteri veritabanı, birçok yaşam döngüsü değerlendirme projesi, eko tasarım ve ürün çevre bilgileri için kullanılır. Ecoinvent veri tabanı, 2003 yılından bu yana şirketlerin ürünlerini çevreyle daha uyumlu üretmelerine, politika yapıcıların yeni politikalar uygulamalarına ve tüketicilerin daha çevre dostu davranışlar benimsemelerine olanak sağlıyor.</p> <p>Enerji tedarigi, tarım, ulaşım, biyoyakıtlar ve biyomateryaller, toplu ve özel kimyasallar, inşaat malzemeleri, ambalaj malzemeleri, tekstil, temel ve değerli metaller, metal işleme, BİT ve elektronik, süt ürünleri, ahşap, ve atık arıtma konularında ecoinvent 3.9.1 en kapsamlı uluslararası yaşam döngüsü envanteri veritabanlarından biridir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecoinvent veritabanı, ISO 14040 ve 14044'e dayalı çalışmalar ve değerlendirmeler için uyumlu bir veri kaynağıdır.</li> <li>- Ecoinvent, piyasadaki en büyük ve en tutarlı yaşam döngüsü envanteri veritabanı olarak tanınmaktadır.</li> <li>- ecoinvent v3 verileri önceki sürümlere göre çok daha şeffaf bir şekilde</li> </ul> |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
|                                 | <p>sunulmaktadır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hem birim süreç hem de sistem süreci düzeyindeki verilere erişim.</li> <li>-Veri kümelerindeki değişim miktarlarını hesaplamak için kullanılan matematiksel ilişkilere ve parametrelere erişim.</li> <li>- Veritabanı çoğu sektör için veri kümeleri içerir ve yeni veriler mevcut olduğunda sık sık güncellemeler sunar.</li> <li>- Kapsamlı belgeler çevrimiçi olarak mevcuttur.</li> </ul>   |
| <p><b>Industry data 2.0</b></p> | <p>Endüstri verileri 2.0, plastik, yüzey aktif maddeler, deterjanlar ve çelik endüstrilerinden 300'ün üzerinde veri kümesini içerir. Veriler farklı endüstri birlikleri tarafından toplanıyor: Plastics Europe, ERASM, World Steel, Uluslararası Molibden Derneği ve İçecek Kartonları ve Çevre Birliği.</p> <p><b>Plastics Europe</b></p> <p>PlasticsEurope, ürün avantajlarının anlaşılmasını geliştirmek ve dögüsel ekonomi gibi kavramlar dikkate alınırken daha bilinçli kararlar alınmasını sağlamak için yaşam döngüsü düşüncesinin kullanımını teşvik etmektedir. Veritabanı, yüksek hacimli, dökme polimerler, daha yaygın olarak kullanılan mühendislik plastiklerinden bazıları ve çeşitli yaygın plastik dönüştürme süreçleri dahil olmak üzere PlasticsEurope'un yaklaşık 85 sistem düzeyinde veri kümesini içerir. Veriler hakkında daha fazla bilgiyi PlasticsEurope web sitesindeki bireysel eko profillerde bulabilirsiniz.</p> <p><b>Worldsteel</b></p> <p>Worldsteel 1995'ten bu yana yedi veri toplama projesi yürüttü. En son 2022 güncellemesi 47 veri kümesi içeriyor. Worldsteel, 2017'den bu yana veri tabanındaki çelik üretim verilerinin bir kısmını yıllık olarak güncelliyor ve 5 yıldan eski verileri kaldırıyor. Worldsteel yaşam döngüsü envanteri çalışmasının çıktısı, ilk etapta, çelik ürünlerine yönelik bir dizi beşikten çeliğe fabrika kapısı LCI verisidir. Söz konusu ürün için en az üç sitenin veri katkısı sağlaması koşuluyla, hem dünya çapında hem de bölgesel ortalamalar (şu anda Avrupa, Asya ve Latin Amerika) mevcuttur.</p> <p><b>ERASM</b></p> <p>Bu veriler, yaklaşık 70 veri toplama yoluyla elde edilen, 17 öncü dahil 15 yüzey aktif maddeyi kapsayan, birim süreçlere yönelik 32 yaşam döngüsü envanterini içerir. Bu veriler, 1995 yılında yürütülen önceki bir projenin güncellemesidir ve 1995'teki önceki uygulamayla karşılaştırıldığında, ek bir kategori olarak arazi kullanımı değişikliği de eklenmiştir.</p> <p>Deterjanlar, PCF'lerin ve PEF'lerin pilot olarak uygulandığı ana kategorilerden biridir (örneğin A.I.S.E., sıvı çamaşır deterjanlarıyla AB Komisyonu'nun PEF pilot projesine katılmaktadır). Yeni PCF/PEF standartları açıkça güncel ve iyi kalitede veri gerektirir. Dolayısıyla bu proje, mevcut verilerin kalitesini değerlendirmek ve mevcut veri setini geliştirmek amacıyla ERASM tarafından başlatıldı.</p> <p><b>İçecek Kartonları ve Çevre İttifakı (ACE)</b></p> <p>ACE, 2021'de içecek kartonları üretiminde kullanılan sıvı paketlenme kartonları (LPB) için beşikten kapıya bir veri seti yayınladı. Veri seti Endüstri Verileri 2.0'a eklenmiştir ve SimaPro 9.5'ten beri kütüphanenin bir parçasıdır. Veriler 2018 yılına aittir ve başlıca Avrupalı LPB üreticilerinin ortalama üretim sürecine dayanmaktadır.</p> <p><b>Uluslararası Molibden Birliği (IMOA)</b></p> <p>2000 yılında Uluslararası Molibden Birliği (IMOA), metalurji uygulamalarına yönelik üç molibden ürünü için Yaşam Döngüsü Envanterini (LCI) tamamladı. IMOA, üretim temsililiğini artırmak ve mevcut tesis ve arka plan verileriyle veri kalitesini daha da iyileştirmek için</p> |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>2008'de ve 2018'de LCI'yi güncelledi. Güncellenen bu üç veri seti Endüstri verileri 2.0'a dahil edildi.</p>   |
|    | <p>Agri-footprint 6.3 ile aşağıdaki tarıma özgü etki kategorilerine erişim kazanacaksınız: küresel ısınma (arazi kullanımı değişimi dahil ve hariç), stratosferik ozon tabakasının incelmeye, iyonlaştırıcı radyasyon, ozon oluşumu, insan sağlığı, ince partikül madde oluşumu, ozon oluşumu, karasal ekosistemler, karasal asitlenme, tatlı su ötrofikasyonu, denizde ötrofikasyon, karasal ekotoksosite, tatlı su ekotoksitesisi, deniz ekotoksitesisi, insan kanserojen toksitesisi, insan kanserojen olmayan toksitesisi, arazi kullanımı, mineral kaynak kıtlığı, fosil kaynak kıtlığı ve su tüketimi.</p> <p>Üç tahsis seçeneği uygulanabilir: kütle, enerji ve ekonomik tahsis. Ekonomik tahsis varsayılan tahsis metodudur. Kütle ve enerji tahsisi ayrı ayrı indirilebilir.</p> <p>Tarımsal ayak izi, tarımsal YDA'nın karmaşıklığı konusunda uzmanlaşmış, gıda sürdürülebilirliği alanında uluslararası bir lider olan Blonk tarafından geliştirildi. Periyodik veritabanı güncellemeleri yeni ürünleri, yeni metodolojileri ve güncellenmiş yetiştirme ve işleme Yaşam döngüsü envanterlerini içerir.</p> <p>Tarımsal ayak izi, tarımsal YDA'ya özgü yaklaşık 4.800 ürün ve süreci içerir: mahsuller, ürünler ve ara ürünler, yem bileşikler, gıda ürünleri, hayvan üretim sistemleri ve ulaşım, işleme için yardımcı girdiler, enerji, pestisitler ve gübreler gibi arka plan süreçleri. Ecoinvent veritabanı, enerji ve yakıt arka plan veri kümeleri için arka plan veritabanı olarak kullanılmıştır. Agri-footprint web sitesi, veritabanında yer alan ürünlerin bir listesinin yanı sıra bilinen sorunlar ve hatalara ilişkin bir genel bakış sağlar.</p> |
|  | <p>Tüketici plakasındaki ürünler için kalite verileri</p> <p>Fransa'daki tarımsal ürün ve sistemlerin yanı sıra Fransa'daki gıda ürünleri ve süreçlerine ilişkin yüksek kaliteli, şeffaf ve ayrıntılı verilere tüketici plakasında birim süreç formatında kolay erişim.</p> <p>Eko tasarım stratejilerini uygulayın</p> <p>AGRIBALYSE'in tarım ve gıda verilerini birincil şirket verileriyle veya diğer veritabanlarıyla birleştirerek gıda YDA'ları ve gıda ürünlerinin eko tasarımı üzerinde çalışın (örneğin farklı içerikleri, süreçleri ve tarım sistemlerini test ederek).</p> <p>Çevresel iletişim</p> <p>AGRIBALYSE'deki veriler, çevresel performans ve gıda YDA'sına ilişkin B2B veya B2C iletişimi için diğer veri kaynaklarıyla kombinasyon halinde kullanılabilir. İletişim ISO standart tavsiyelerine uygun olmalıdır.</p>  |
|  | <p>Çevresel Ayak İzi, ürün çevresel ayak izi kategorisi kurallarının (PEFCR) ve kuruluşun çevresel ayak izi sektör kurallarının (OEFSR) kullanımını desteklemek üzere tasarlanmıştır. İkincil EF uyumlu yaşam döngüsü envanter veri kümelerini ve uyumlu bir EF etki değerlendirme yöntemini içerir. EF veritabanı, Avrupa Komisyonu'nun Yeşil Ürünler için Tek Pazar Girişimi'nin bir parçasıdır.</p> <p>EF uyumlu verileri ve yöntemi kullanma: Çeşitli sektörler için Avrupa Komisyonu tarafından çevresel ayak izi için satın alınan ve onaylanan yüksek kaliteli veriler.</p> <p>Ürününüzü kıyaslama: Her PEFCR, ortalama Avrupa ürünlerinin çevresel ayak izini içerir. Artık çevresel etki sonuçlarınızı bu Avrupa ortalamasıyla karşılaştırabilir ve ürününüzün karşılaştırmada ne kadar iyi performans</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>gösterdiğini görebilirsiniz.</p> <p>İyileştirme fırsatlarının belirlenmesi: PEF veya OEF sonuçlarınızı Çevresel Ayak İzi veritabanıyla hesaplayarak ürününüzün çevresel performansına en önemli katkı sağlayanları belirleyebilirsiniz.</p>  |
|   | <p>EXIOBASE v3.3 küresel, ayrıntılı, Çok Bölgeli, Çevresel Açından Genişletilmiş Tedarik ve Kullanım / Girdi Çıktı veritabanıdır. Veritabanı, 43 ülke, 160 sanayi sektörü ve 200 ürün kategorisi de dahil olmak üzere kapsanan tüm ülkeler için sektörler, ürünler, emisyonlar ve kaynaklar açısından benzeri görülmemiş düzeyde tutarlı ayrıntılarla veri sağlıyor.</p> <p>Parasal değer ve fiziksel terimler: Veritabanı, endüstriler ve ülkeler arasındaki ilişkileri yalnızca parasal açıdan değil, aynı zamanda fiziksel açıdan da kapsıyor.</p> <p>Kapsamlı Giriş-Çıkış veritabanı: Kıtalara göre beş 'Dünyanın Geri Kalanı' grubunda birleştirilmiş 150'den fazla küçük ülkeyle birlikte 43 ülkeyi (küresel GSYİH'nın %95'i) kapsar. Ayrıca veritabanı 160'ın üzerinde sanayi sektörünü ve 200 ürün kategorisini ülkeye göre ayırıyor. Endüstriler ve ürünler, Avrupa Topluluğu'ndaki ekonomik faaliyetlerin istatistiksel sınıflandırmasına (NACE kodu, revizyon 1) göre sınıflandırılır.</p> <p>Çevresel, Ekonomik ve Sosyal: EXIOBASE, emisyon, arazi kullanımı, su kullanımı, maden ve enerji akışlarının yanı sıra endüstriye göre 21 ekonomik ve sosyal akışı da içermektedir.</p> |
|  <p><b>WORLD FOOD<br/>LCA DATABASE</b></p>           | <p>Dünya Gıda YDA Veri Tabanı (WFLDB), kapsamlı bir uluslararası yaşam döngüsü envanter veri tabanıdır ve Quantis'in tarım-gıda sektöründeki liderlerle ortaklaşa yürüttüğü küresel bir girişimdir.</p> <p>WFLDB, 56 ülkede 120 ürün için 2300'den fazla veri seti içerir. Gübreden meyveye, kahveden kakaoya kadar tüm üretim zincirine ilişkin veriler mevcuttur. WFLDB, arka plan verileri olarakecoinvent 3 kullanılarak oluşturulmuştur.</p>   |
|  <p><b>ecosystem</b><br/>recycler c'est protégé</p> | <p>WEEE LCI, Fransız Üretici Sorumluluk Örgütü bağlamında elektrikli ve elektronik ekipmanların (EEE) yönetimiyle bağlantılı bir Fransız yaşam döngüsü envanter veritabanıdır. Veritabanı şunları içerir:</p> <p>WEEE Yaşam döngüsü envanteri: Evdeki ve bazı profesyonel elektrikli ve elektronik ekipmanların kullanım ömrünün sona ermesini modellemek için 900'den fazla LCI veri seti.</p> <p>WEEE yaşam döngüsü envanterinden geri dönüştürülmüş plastikler: Fransa'da toplanan ve Avrupa'da yeniden üretilen EEE atıklarından geri dönüştürülen ana plastikleri (PP, PS ve ABS) kapsayan 3 LCI veri seti.</p>  |
|   | <p>Carbon Minds'in cm.chemicals kimyasalların ve plastiklerin çevresel değerlendirmesine yönelik geniş ölçekli bir veritabanıdır. Tutarlı bir metodoloji ve yıllık güncellemelerle desteklenen cm.chemicals, ISO 14040/14044 uyumlu yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları için tek noktadan veri kaynağıdır. Veritabanı, sektörün küresel sera gazı emisyonlarının %75'inden sorumlu olan ana kimyasalları ve plastikleri kapsıyor.</p> <p>190 bölgedeki başlıca kimyasallar ve plastiklere ilişkin iklim etkisi verilerini alın. Farklı kaynaklardan gelen kimyasal yaşam döngüsü envanteri veritabanlarını karıştırmaya gerek yoktur; böylece adil</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>karşılaştırmalar yapabilir ve tutarsızlıklardan kaçınabilirsiniz.</p> <p>Temel Bilgiler – Küresel bilgiler</p> <p>78 kimyasal ve plastik ürün</p> <p>Üretim ve tüketim karışımları + ana üretim teknolojileri</p> <p>Mevcut tüm bölgeleri kapsar: kimyasal başına 190'a kadar bölge ve AB-27 ortalaması ve küresel ortalama.</p> <p>Plastik – Küresel görüşler</p> <p>92 plastik ürün</p> <p>Üretim ve tüketim karışımları + ana üretim teknolojileri (temel katman)</p> <p>VEYA ana üretim teknolojileri (genişletme katmanı)</p> <p>Mevcut tüm bölgeleri kapsar: kimyasal başına 190'a kadar bölge ve AB-27 ortalaması ve küresel ortalama.</p>  |
|   | <p>DATASmart Kuzey Amerika bölgesinin temsilcisidir. Çok çeşitli malzemeler, genişletilmiş USLCI verileri ve değiştirilmiş ecoinvent v.2.2 veri kümeleri, 50 ABD eyaletinin tamamı ve 13 Kanada eyaleti ve bölgesi için elektrik karışımları ve tekstil, ambalaj, biyo-malzemeler ve süt endüstrilerini kapsayan 700'den fazla yeni süreç içerir.</p>   |
|  | <p>IDEA Japon Envanteri veritabanı, Japonya'da YDA için yaygın olarak kullanılmaktadır. Veritabanının bir alt kümesi, Ulusal Karbon Ayak İzi Deneme Projesi'nin emisyon faktörlerini belirlemek için kullanıldı. IDEA, imalat dışı sektörlerin (tarım, ormancılık ve balıkçılık, madencilik, inşaat ve inşaat mühendisliği) yanı sıra imalat sektörlerine (yiycek ve içecek, tekstil, kimya sanayi, seramik ve yapı malzemeleri, metal ve inşaat mühendisliği, makine) ve ayrıca elektrik, gaz, su, kanalizasyon, atık arıtma ve geri dönüşüm gibi sektörlere ait LCI veri kümelerini içeren hibrit bir veritabanıdır.</p> <p>Veritabanı, Japonya'da üretilen tüm ürünleri ve birçok Japon hizmetini kapsamaktadır; bu, IDEA'yı Japonya için arka plan yaşam döngüsü envanteri veritabanı olarak kullanırken genellikle bağlanabileceğiniz en azından bazı ikincil veri kümelerine sahip olacağımız anlamına gelir. Veri kümeleri hiyerarşik bir yapıda (IDEA kategorisi ve SimaPro kategorisi) kategorilere ayrılmıştır ve her işlem adı, aramayı kolaylaştırmak için benzersiz bir IDEA kodu içerir. Yeni eklenen arazi kullanımı ve su akışları, Japonya'yı temsil eden anketlere ve istatistiklere dayanmaktadır.</p> |



## 6 POLİTİKA GELİŞTİRME ARACI OLARAK YDA

Yaşam döngüsü yaklaşımı ve YDA, sürdürülebilir geçişleri desteklemek için giderek daha önemli bir kavram ve yöntem olarak kabul edilmektedir. YDA, çevresel boyutların bütünsel olarak kapsanması ve sıcak noktaların, olası takasların ve yaşam döngüsü aşamaları veya etki kategorileri arasında yük aktarımının belirlenmesi amacıyla karar desteğinde rol oynar. Bu özellikler aynı zamanda politika alanında karar desteğine ihtiyaç duyulduğunda da geçerlidir <sup>66</sup>. YDA'nın politika geliştirme düzeyinde destek olduğu durumlar genel olarak karar destek ya da yönlendirme ihtiyacı duyulan alanların üretim, kullanım ve ömür sonu aşamalarında geniş çaplı etkiye sebebiyet verdiği ve ekonomik düzen içerisinde büyük çaplı değişiklikler getirebileceği durumlardır. Bu nedenle, stratejik karar desteği için karşılaştırmalı YDA çalışmaları tavsiye edilmektedir <sup>67</sup>.

Aşağıda YDA'nın desteklediği politika araçları aşağıda sıralanmaktadır:



**Bilgilendirme önlemleri:** hükümetin çeşitli bilgi veya sosyal ağları üzerinden sektörlerdeki (geçmiş) çalışmaların ve raporların sonuçları gibi genel YDA bilgilerinin yayılması. Yaşam döngüsü veri tabanları ve envanterlerinin oluşturulmasına veya paylaşım platformlarının kurulmasına politika yapıcıların destek vermesi



**Yasal ve düzenleyici çerçeveler:** YDA'ya dayalı yönetmelikler, yasalar ve kanunlar, standartlar ve zorunlu eko-etiketler üzerinden piyasaya talepler, yasaklar, garantiler ile yön verilmesi



**Kamu alım politikaları:** farklı sektörlerde ve farklı seviyelerde (ajanslar, bakanlıklar, departmanlar) yönetimle ilgili kararlarda YDA'yı kullanan veya teşvik eden mal, hizmet ve inşaat kamu alımları



**Mali destek:** devlet kurumlarının özel aktörler tarafından YDA'nın uygulanmasını desteklemeyi amaçlayan önlemleri finanse ettiği ya da YDA'nın finansmana erişim kriterlerini desteklediği durumlar



**İdari uygulamalar:** YDA'nın farklı kurum ve departmanların yanı sıra devlete ait şirketlerde de kullanılması



**Stratejik rehberlik:** üst düzey hükümet strateji belgelerinde, eylem planlarında, senaryolarda veya yol haritalarında YDA ve yaşam döngüsü yaklaşımı ilkelerine yapılan atıflar

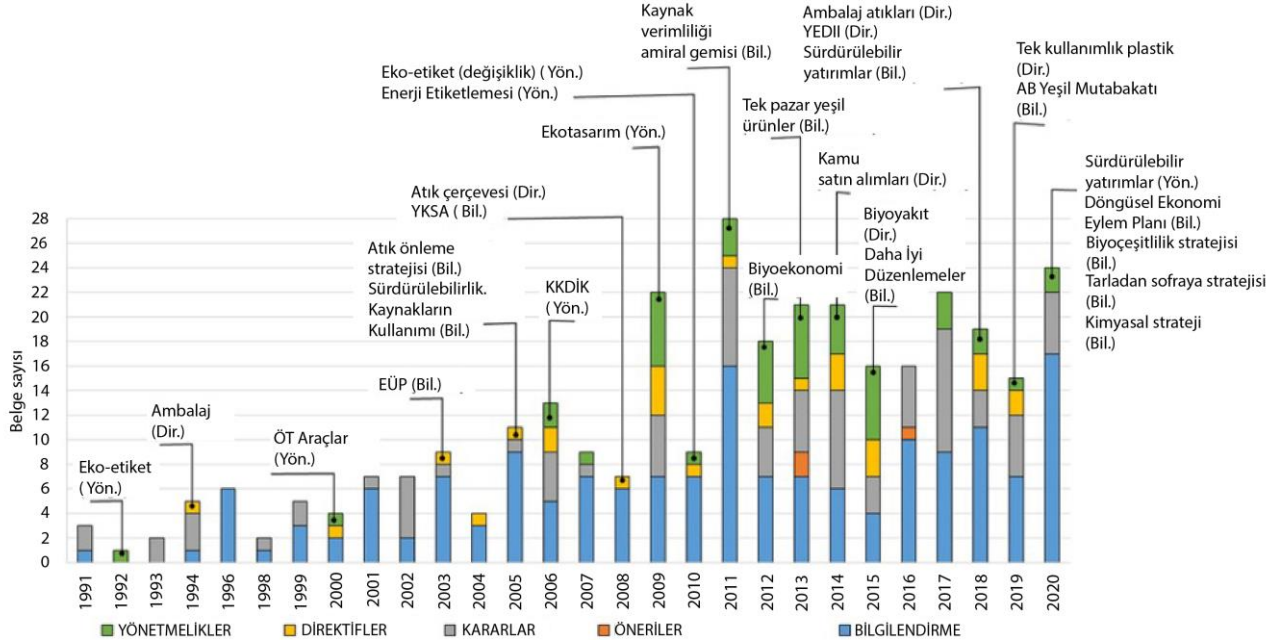
YDA'nın kamu politikalarının geliştirilmesinde destek aracı olarak kullanılması konusunda AB'deki deneyimler aşağıda sunulmuştur.

<sup>66</sup> Sala, S., et.al., 2021. The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades. The International Journal of Life Cycle Assessment, 26, pages2295–2314. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01893-2>

<sup>67</sup> JRC, 2010. General Guide for Life Cycle Assessment – Detailed Guidance. URL: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>

Haziran 2001'de Avrupa Komisyonu, Entegre Ürün Politikasına ilişkin bir tebliği yayınladı. Bu iletişim, yaşam döngüsü kavramlarını içeren politikaların geliştirilmesine, yaşam döngüsü düşüncesinin sürdürülebilir kalkınmaya ve bilime dayalı karar almaya katkıda bulunan bir unsur olarak tanınmasına giden yolun açılmasında önemli bir rol oynamıştır. Özellikle, Eko-etiket Yönetmeliği ve Eko-tasarım Tüzüğü, politikalarda ilgili YDA uygulamasına önemli iki örnektir. İlki, yaşam döngüsü çevresel etkileri azaltılmış ürünleri teşvik etmek için gönüllü bir eko-etiket ödül programı oluşturmayı amaçlarken, ikincisi, eko tasarım yoluyla enerjiyle ilgili ürünlerin çevresel performansını iyileştirmek için AB çapında tutarlı kurallar oluşturmayı amaçlamaktadır. Eko-tasarım Tüzüğü aynı zamanda, “ekolojik profil” olarak adlandırılan genel gereklilikler de dahil olmak üzere, yaşam döngüsü yaklaşımını takip eden yeni ürünler için zorunlu gerekliliklerin getirilmesinin dünya çapındaki ilk örneğiydi <sup>68</sup>.

YDA'ya dayalı politikaların geliştirilmesinde bir dönüm noktası, 2013 tarihli “Yeşil Ürünler için Tek Pazarın Oluşturulması” tebliği ve Ürün ve Kuruluş-Çevresel Ayak İzi yöntemlerini (sırasıyla PEF ve OEF) belirleyen bağlantılı Tavsiye olmuştur. Bu YDA tabanlı yöntemler, ürün ve kuruluşların çevresel etkilerinin ölçülmesini, YDA çalışmalarının tekrarlanabilirliğini, sağlamlığını ve şeffaflığını geliştirmeyi amaçlamaktadır. Aslında PEF/OEF yöntemleri, mevcut YDA standartlarına kıyasla önemli bir gelişme ve rehberlik sağlamıştır. Son zamanlarda yaşam döngüsü kavramı ilgili politikaların (ambalaj ve ambalaj atıkları, araçlar ve plastik gibi sektörlerde) ve iletişimin (örneğin Avrupa Yeşil Anlaşması, Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ve Çiftlik gibi) merkezinde yer almaktadır. Çatal Stratejisine), AB'nin yaşam döngüsü düşüncesine ve yaşam döngüsü yaklaşımlarına artan ilginin altını çiziyor (Şekil 23) <sup>68</sup>.



Şekil 23 Yaşam döngüsü anlayışı çerçevesinde şekillenen AB mevzuatı <sup>68</sup>

<sup>68</sup> Sala, S., et.al., 2021. The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades. The International Journal of Life Cycle Assessment, 26, pages2295–2314. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01893-2>

Yaşam döngüsü kavramı, uygulamaların sayısı ve önemi açısından sürekli olarak artmakta ve gelecekteki politikalar için de giderek daha fazla dile getirilmekte ve ilgili bir unsur olarak tasavvur edilmektedir. Özellikle yaşam döngüsü anlayışı, AB Yeşil Mutabakat bağlamında yeni politikaların ve iddialı hedeflerin belirlenmesine yönelik temel stratejik belgelerde oldukça yatay bir şekilde benimsenmiştir. Ancak yaşam döngüsü kavramlarının politikalarda daha kapsamlı uygulanabileceği belirlenmiştir. Aslında, politikalardaki yaşam döngüsüne dayalı gereksinimlerin özel olarak değerlendirilmesinin sonuçları, yaşam döngüsü metodolojilerinin uygulanmasına yönelik özel metodolojik gerekliliklerin ve kılavuzların geliştirilmesine ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

YDA, etkilerin birden fazla boyutunun ele alınması gerektiğinde (entegre değerlendirme) politikaların entegre etki değerlendirmesinde önemli bir rol oynar. YDA aşağıdaki özellikleri ile politikaların etkilerinin değerlendirilmesinde rol oynayabilir <sup>69</sup>:

1. Yaşam döngüsü perspektifi: Bir ürünün (mal veya hizmet) yaşam döngüsünün tüm aşamaları (“beşikten mezara”), ürünün çıkarılmasından ve işlenmesine kadar ilgili tüm malzeme ve enerji akışlarına göre değerlendirilir. Kaynaklar, üretim ve ileri işleme, dağıtım ve taşıma, kullanım ve tüketimden geri dönüşüm ve bertarafa kadar ve bu, karmaşık tedarik zincirlerini kapsayacak şekilde yapılabilir;
2. çevresel ve sosyal etkilere katkıda bulunan en önemli yüklerin ve en ilgili yaşam döngüsü aşamalarının (malzeme çıkarma, üretim, kullanım aşaması vb.) belirlenmesi ve malların/hizmetlerin/sistemlerin çevresel (ve sosyal) “sıcak noktalarının” belirlenmesi / teknolojiler/ yenilikler/ altyapılar (örneğin malzeme, bileşen, süreç);
3. çevresel etkiler (bir etkiyi azaltırken diğerini arttırmak) ve yaşam döngüsü aşamaları (örneğin, kullanım aşamasındaki etkiyi artırırken kullanım ömrünün sonundaki etkiyi azaltmak) arasında değişen istenmeyen yüklerin belirlenmesi; Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (SLCA) kullanılıyorsa bu aynı zamanda sosyal yönler için de geçerlidir;
4. İlgili çevresel etkilerin, yani hem girdi tarafında (kaynakların kullanımı) hem de çıktı tarafında (atık ve fiziksel etkiler de dahil olmak üzere havaya, suya ve toprağa emisyonlar) dikkate alındığı çapraz medya çevre yaklaşımı;
5. Mevcut ve gelecekteki olası senaryolarla ilişkili etkileri tahmin etmek için üretim ve tüketim modelleri bakımından belirli varsayımlar altında senaryolar çalıştırmak;
6. Etkilerin değerlendirilmesinde tutarlılığın ve sistematik bir yaklaşımın sağlanması.

Tablo 7 politika gelişiminin farklı seviyelerinde YDA'nın faydalı olabileceği alanlar hakkında bilgi sağlamaktadır.

---

<sup>69</sup> JRC, Life cycle assessment for the impact assessment of policies. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/312384681\\_Life\\_cycle\\_assessment\\_for\\_the\\_impact\\_assessment\\_of\\_policies/link/587cf57908aed3826aefffd4/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Im9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24iLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJfZGlyZWNOIn19](https://www.researchgate.net/publication/312384681_Life_cycle_assessment_for_the_impact_assessment_of_policies/link/587cf57908aed3826aefffd4/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Im9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24iLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJfZGlyZWNOIn19)

**Tablo 7 Politika gelişiminin farklı seviyelerinde YDA'nın faydaları**

| <b>Politika geliştirme safhası</b> | <b>Destek ihtiyacı</b>  | <b>YDA'nın faydası</b>  |
|------------------------------------|---|---|
| Politika öngörüsü ve sorun tanımı  | Ortaya çıkan sorunların belirlenmesi  | Bilimsel ve gri literatürdeki dikkate alınması gereken "uyarıları" raporlayan YDA çalışmaları.  |
| Politika oluşturma                 | Politika seçeneklerinin tanımı  | Politika seçenekleri:<br>- belirli "sıcak noktaları" belirlemek için YDA sonuçlarına dayanabilir (örneğin, belirli bir yaşam döngüsü aşamasını veya ilgili çevresel etkileri ele almak, etkilere yol açmak vb)<br>- YDA göstergelerine dayalı bazı gereklilikleri içerebilir (ör. yaşam döngüsü bazlı hesaplama)<br>- zaman içinde izlenecek temel unsurları belirlemek için YDA'yı kullanabilir ve muhtemelen YDA sonuçlarını kullanarak standartlaşmaya gidebilir |
| Politika etki değerlendirmesi      | Seçeneklerin karşılaştırılması  | Yaşam döngüsü değerlendirmesi ve sosyal yaşam döngüsü değerlendirmesi dahil edilirse, çevresel boyutların ve hatta çevresel boyutların ötesinde kapsamlı ve sistematik değerlendirmenin desteklenmesi.<br>YDA, birçok farklı etki kategorisiyle ilgili etkileri tespit edebilir ve yükün yaşam döngüsündeki bir aşamadan diğerine kaydırılmasının önlenmesine yardımcı olabilir.<br>Risk değerlendirmesini tamamlayıcı olabilir                                     |
| Politika uygulaması                | Ülke düzeyinde uygulama Uyumluluk kontrolleri   | YDA göstergelerinin politika seçeneğinin gerekliliği olarak kullanılması durumunda YDA çalışmalarına ihtiyaç duyulacaktır.  |
| Politika değerlendirmesi           | Politikanın etkinliği<br>Politikayı revize etme (veya aşamalı olarak kaldırma)<br>ihtiyacının değerlendirilmesi | Sistemik yönler de dahil olmak üzere politikanın (makro ölçekte) faydasını değerlendirmek için YDA'nın kullanılması<br>Bir mevzuatın değiştirilmesi/kaldırılması ihtiyacı   |

*Bu rapor, Avrupa Birliği'nin finansal desteği ile hazırlanmıştır. Bu doküman içeriğinden yalnızca DAI Global Austria GmbH & Co KG liderliğindeki konsorsiyum sorumludur ve doküman içeriği Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.*