

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Önemli Kararlar İçin Nicel Yaklaşımlar

Yazarlar

H. Scott Matthews
Chris T. Hendrickson
Deanna H. Matthews

Çeviri Editörü

Nur Hanife ORAK

Çeviri

Esra ERDİM
Mehmet Sefa ORAK
Nilüfer ÜLGÜDER
Nur Hanife ORAK
Pınar Sevim ELİBOL
Zahit Ergün GÜNGÖR

© Copyright 2020

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN

978-605-258-851-2

Kitap Adı

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Çeviri Editörü

Nur Hanife ORAK

Yayın Koordinatörü

Yasin Dilmen

Sayfa ve Kapak Tasarımı

Akademisyen Dizgi Ünitesi

Yayıncı Sertifika No

47518

Baskı ve Cilt

Vadi Matbaacılık

Bisac Code

TEC009000

DOI

10.37609/akya.2284

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A

Yenişehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

İthaf

Bize önemli meseleler üzerinde çalışmayı öğreten

Lester Lave ve Francis McMichael'e ithafen

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----------|
| İthaf | 3 |
| İçindekiler Tablosu..... | 4 |
| Önsöz | 8 |
| Bölüm 1 : Yaşam Döngüsü ve Sistem Odaklı Düşünme | 10 |
| Bölümün Öğrenme Amaçları | 10 |
| Yaşam Döngülerine Genel Bakış | 10 |
| Mühendislik ve Çevrenin Kısa Tarihçesi..... | 12 |
| Yaşam Döngüsü Düşüncesi | 14 |
| Yaşam Döngüsünde Sistem Odaklı Düşünme | 17 |
| Yaşam Döngüsü Düşüncesi ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Tarihi | 18 |
| Yaşam Döngüsü Düşüncesi Olmadan Alınan Kararlar..... | 20 |
| Yaşam Döngüsü Modellerinde İlgilenilen Girdiler ve Çıktılar..... | 22 |
| Girdi ve Çıktılardan Etkilere | 24 |
| Tasarım Seçimlerinin Rolü | 26 |
| Yaşam Döngüsü Düşüncesi ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Ne Değildir? | 27 |
| Bölüm Özeti | 28 |
| Bölüm 2 : Yaşam Döngüsü Değerlendirmesini Destekleyen | |
| Nicel ve Nitel Yöntemler | 32 |
| Bölümün Öğrenme Amaçları | 32 |
| Temel Nitel ve Nicel Beceriler..... | 32 |
| Veri Kaynakları ile Çalışma..... | 33 |
| Doğruluk vs. Hassasiyet..... | 37 |
| Belirsizlik ve Değişkenlik | 38 |
| Anlamlı Basamakların Yönetimi | 39 |
| Aralıklar | 41 |
| Birimler ve Birim Dönüşümleri | 43 |
| Enerjiye Özgü Hususlar | 45 |
| Emisyon Kullanımı veya Kaynak Kullanım Faktörleri..... | 46 |
| Tahminler ve Hesaplamalar | 47 |
| İyi Varsayımların Nitelikleri..... | 51 |
| Tahminlerinizi Doğrulama | 53 |
| Nicel (Kantitatif) Modeller Oluşturma | 54 |
| Nicel ve Nitel Değerlendirme İçin Üç Adımlı Bir Yöntem | 56 |
| Bölüm özeti | 57 |

| | |
|--|------------|
| Bölüm 3 : Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi..... | 60 |
| Bölüm için Öğrenme Hedefleri | 60 |
| Mühendislik Alanında Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi | 60 |
| Gelecekteki Değerlerin Günümüze Dönüştürülmesi | 63 |
| Kamu Projelerinde Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi | 66 |
| Deterministik ve Olasılıklı YDMA | 68 |
| Bölüm özeti | 70 |
| | |
| Bölüm 4 : ISO YDA Standardı - Hedef ve Kapsam | 76 |
| Bölüm için Öğrenme Hedefleri | 76 |
| Standartlara Giriş..... | 76 |
| Yaşam Döngüsü Değerlendirme Standardı | 78 |
| ISO YDD Etüt Tasarımı Parametreleri..... | 80 |
| Bölüm Özeti..... | 91 |
| | |
| Bölüm 5 : Yaşam Döngüsü Envanter Analizi için Veri | |
| Toplama ve Yönetim | 94 |
| Bu Bölüm için Öğrenme Hedefleri | 94 |
| ISO Yaşam Döngüsü Envanter Analizi | 95 |
| Yaşam Döngüsü Yorumlaması..... | 106 |
| Yaşam Döngüsü Veri Kaynaklarının Tanımlanması ve Kullanılması | 108 |
| YDE Veri Modülü Meta Veri ve Biçimleri | 117 |
| İkincil Verilere Başvurma | 121 |
| İkincil Veriler ve Meta Veriler Hakkında Ek Hususlar | 122 |
| Bölüm Özeti | 126 |
| Bölüm 5 için İleri Materyal | 130 |
| Bölüm 1 - ABD LCA Digital Commons üzerinden Verilere Erişim | 130 |
| Bölüm 2 - SimaPro'da YDE Veri Modüllerine Erişim | 135 |
| Bölüm 3 - openLCA'da YDE Veri Modüllerine Erişim..... | 140 |
| Bölüm 4 - Elektronik Tablo Tabanlı Proses Akış Diyagramı Modelleri..... | 144 |
| | |
| Bölüm 6 : Çoklu Çıktı Proseslerinin ve Çok Fonksiyonlu Ürün | |
| Sistemlerinin Analizi | 150 |
| Bu Bölüm için Öğrenme Hedefleri | 150 |
| Birden Fazla Ürünli Prosesler İçin Akışların Paylaşılması | 151 |
| ABD YDE Veri tabanında Proses Akışlarının Paylaşılmasına Bir Örnek | 156 |
| Bölüm Özeti | 172 |
| İlave Okuma..... | 173 |

| | |
|--|------------|
| Bölüm 7 : YDD’de Belirsizlik ve Değişkenlik | 176 |
| Bölümdeki Öğrenme Hedefleri..... | 176 |
| Belirsizlik ve Değişkenliğe Yönelik Yöntemler | 186 |
| Belirsizlik ve Değişkenliğe Yönelik Nicel Yöntemler | 190 |
| Aralıklarla Proses Akış Diyagramı Bazında Örnek | 191 |
| Hassaslık Analizi | 197 |
| Bölüm Özeti | 199 |
| | |
| Bölüm 8 : Ekonomik Girdi-Çıktı Modelleriyle YDD Taraması..... | 203 |
| Bölümdeki Öğrenme Hedefleri..... | 203 |
| Girdi-Çıktı Tabloları ve Modelleri | 203 |
| Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Uygulanan Girdi-Çıktı Modelleri | 211 |
| GÇ-YDD Modellerinde Belirsizlikler | 215 |
| Çevresel Girdi-Çıktı YDD Modeline Giriş | 217 |
| ÇGÇ-YDD Örneği: Otomobil Üretimi | 219 |
| GÇ-YDD Modelleri ile Beşikten Kapıya Analizlerinin Ötesi..... | 223 |
| Bölüm Özeti | 226 |
| Bölüm 8 için İleri Materyal - Genel Değerlendirme | 230 |
| Bölüm 1 - Leontief (Girdi-Çıktı) Model Denklemlerinin Lineer Cebir Türevi | 230 |
| Bölüm 2 - Emtialar, Endüstriler ve EGÇ (EIO) Metodlarının Kullanım Çerçevesi | 232 |
| Bölüm 3 - GÇ-YDD Modellerinde Fiyatlar ile İlgili Ayrıntılar..... | 234 |
| Bölüm 4 - Endüstride Sınıflandırılmış Sektörlerden EGÇ Model | |
| Sektörlerine Eşleştirme Örnekleri | 238 |
| Bölüm 5 - Çoklu Nihai Talep Girişlerinin Modelleme Etkileri | 243 |
| Bölüm 6 – EGÇ Modellerinin Kullanımında Elektronik Tablo ve | |
| MATLAB Yöntemleri..... | 246 |
| MATLAB’da EGÇ-YDD | 252 |
| Bölüm 7 – GÇ-YDD Tabanlı Belirsizlik Analizi: Aralıklarla İlgili Örnekler | 258 |
| 8. Bölüm için İleri Materyal – Bölüm 8 | 268 |
| | |
| Bölüm 9 : İleri Yaşam Döngüsü Modelleri..... | 275 |
| Bölüm için Öğrenme Hedefleri | 275 |
| YDD’ye Proses Matrisi Temelli Yaklaşım | 275 |
| Proses ve GÇ Temelli Matris Formülasyonları Arasındaki Bağlantılar | 280 |
| Proses matrisi yöntemlerinin üretim sonrası aşamalara genişletilmesi | 288 |
| Hibrid YDD Model Kategorileri | 291 |
| Bölüm Özeti | 296 |
| 9. Bölüm İleri Materyal– Bölüm 1 – MATLAB’deki proses matris modelleri | 301 |
| 9. Bölüm İleri Materyal – Bölüm 2 – SimaPro’daki Proses Matris Modelleri | 303 |
| 9. Bölüm İleri Materyal – Bölüm 3 – openLCA’da Proses Matris Modelleri | 306 |

| | |
|---|------------|
| 9. Bölüm İleri Materyal – Bölüm 4 – Proses matris modellerinde paylaşırma | 308 |
| 9. Bölüm İleri Materyal– 5. Başlık – Hibrit ÇGÇ-YDD Modelleri | 311 |
| 9. Bölüm İleri Materyal – 6. Başlık – Proses Matris Modellerindeki Bağlantılar: ABD LCI (ABD-YDE) ve EIO-LCA (ÇGÇ-YDD) kıyaslaması | 315 |
| 9. Bölüm İleri Materyal – 7. Başlık – Proses Matris Modellerindeki Belirsizlik: ABD YDE Vaka Çalışması | 326 |
| Bölüm 10: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi | 331 |
| Bölümdeki Öğrenme Hedefleri..... | 331 |
| Neden Etki Değerlendirmesi?..... | 331 |
| Etkilere ve Etki Değerlendirmesine Genel Bakış | 332 |
| ISO Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi..... | 337 |
| Bölüm Özeti | 358 |
| 10. Bölüm İleri Materyal - 1. Başlık Matris Matematiğiyle YDED..... | 364 |
| 10. Bölüm İleri Materyal– 2. Bölüm – SimaPro’da Etki Değerlendirmesi için Proses Matris Modelleri..... | 366 |
| 10. Bölüm İleri Materyaller– 3. Başlık – Etki Değerlendirme Yöntemi Seçimi ile İlişkili Belirsizlikler | 375 |
| Bölüm 11..... | 393 |
| Bölüm 11 için İleri Materyal: Olasılıklı Yöntemler ve Simülasyon | 401 |
| Bölüm 12: Gelişmiş Hibrit Önemli Nokta ve Yol Analizi..... | 408 |
| Bölümün Öğrenme Amaçları | 408 |
| Birleştirilmiş YDD Yöntemlerinin Sonuçları | 408 |
| Yapısal Yol ve Ağ (Network) Analizi..... | 412 |
| Yapısal Yol Değişim Yöntemi | 423 |
| Bölüm Özeti | 429 |
| Bölüm 12 için İleri Materyal - Bölüm 1 - SPA için MATLAB Kodu | 432 |

Önsöz

Ekonomik Girdi Çıktı Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (EGÇ-YDD) kitabını (Hendrickson, Lave ve Matthews 2006) meslektaşlarımız Arpad Horvath, Satish Joshi, Fran McMichael, Heather MacLean, Gyorgyi Cicas, Deanna Matthews ve Joule Bergerson'un yardımıyla bitirdikten sonra bunun son sözümüz olacağını sandık. Bu konuyla ilgili başka bir kitap yazmayı düşünmedik. 2006 yılında basılan kitap, EGÇ-YDD yaklaşımını ve çeşitli uygulamalarını başarıyla izah etmiştir. Carnegie Mellon Üniversitesi'nde (CMU), İnşaat ve Çevre Mühendisliği bölümündeki lisansüstü programımızda sürdürülebilirlik dizisi altında dört yarı-dönemlik derslerimiz vardı. Bu derslerden yalnızca biri çevresel yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) üzerineydi ve yedi haftalık bir süre boyunca ele alınabilecek çok fazla materyal vardı. Ayrıca, YDD'nin Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) (ve diğer benzeri kurumlar) tarafından belirlenen bir süreci/prosesi takip etmesi, mevcut bir tarifin nasıl kullanılacağını öğreten bir kitap yazmanın haklı çıkarılmasının zor olduğu anlamına geliyordu. Size diğer yemek kitaplarını nasıl okuyacağınızı öğretmeyi amaçlayan bir yemek kitabı yazdığınızı düşünün!

Ancak kitabı birkaç yıl kullandıktan sonra, başka materyallere ne kadar ihtiyaç duyulduğunu ve kitabın bir ders kitabı olarak (ilk aşamada kitabın amacı bile değildi) nasıl bir sınırlı değeri olduğunu anladık. Yarı-dönemlik lisansüstü YDD dersimiz bir tam dönemlik derse dönüştü. Ders okumalarını kitabımızın yanında birçok farklı kaynakla destekledik - öyle ki birkaç yıl önce orijinal kitap bölümlerinden sadece birkaçını okuma olarak veriyorduk. Dolayısıyla bu kitap gerçekten planlanmamış olsa da, son beş yıldır hazırlıkları devam etti.

Bir diğer itici güç, YDD'nin 2006'dan bu yana değişmiş olmasıdır. YDD topluluğundaki eğitimciler, araştırmacılar, uygulayıcılar ve hakemler olarak yaptığımız gözlemlerde bizi endişelendiren eğilimler var. Eğilimlerden biri, uygulayıcıların mevcut yazılım araçlarındaki tuşlara basmanın sonuçlarını ve sonuçları rapor etmenin anlamını tam olarak kavramadan YDD yazılımının sonuçlarına (yani, düğmelere basmaya) çok fazla güvenmeleridir. Özellikle, birçok uygulayıcı, sayıların altında yatan belirsizlik miktarını dikkate almadan hesaplamaları olduğu gibi kabul ediyor. Bu gözlemlerin özellikle endişe vermesinin nedeni (kitabın başlığında olduğu gibi) YDD'nin kâğıt veya plastik poşet kullanımı gibi basit kararlardan ziyade (biz aslında bez çanta tercih ediyoruz) "büyük kararları" desteklemek için artarak kullanılması.

Ve bu nedenle bu e-kitabı sizi YDD hakkında eğitmek için hazırladık. Bu kitabın, yerleşik YDD standartlarının yerine değil, yerleşmiş standartları edinmenin, okumanın ve öğrenmenin bir tamamlayıcısı olarak geliştirildiğini açıkça belirtelim. Bu kitabın amacı, standartların yerine geçmek değil standartları incelemede ve öğrenmede yardımcı olmaktır. Ayrıca, bölümleri lisans veya lisansüstü kitlelere uygun kullanılabilir şekilde organize ettik. Bölümlerin birçoğunun sonunda bir lisans dersinde atlanabilecek, ancak bir lisansüstü dersinde oldukça derine inilebileceğini düşündüğümüz bölümler var. Kitabı bu seri formatta CMU'da kendi lisans ve lisansüstü YDD derslerimizde kullanıyoruz.

Bu kitap (selefi gibi), çevresel kalite ve sürdürülebilirliği geliştirmeye yönelik sağlam kararlar almak için yaşam döngüsü düşüncesi, bilgi edinme ve üretme hakkındadır. Ürünleri ömrü sonunda daha az çevresel deşarj üretecek ve daha az malzeme ve enerji kullanacak şekilde nasıl tasarlayabilir, malzeme ve proses seçimine nasıl karar verebiliriz?

Ayrıca, çevresel iyileştirmenin sürdürülmesinin birçok sosyal hedeften yalnızca biri olduğunu da eklemeliyiz. Gerçekçi tasarım durumlarında, maliyetler ve sosyal etkileri de dikkate almak önemlidir. Bu kitap, çevresel etkilere odaklanmaktadır, ancak yaşam döngüsü maliyetleri Bölüm 3'te tartışılmaktadır. Okuyucuları ayrıca yaşam döngüsü maliyetleri ve sosyal etkiler hakkında materyal araştırmaya teşvik etmekteyiz. İyi bir başlangıç noktası, *Civil Systems Planning, Investment and Pricing* ücretsiz online kitabımızdır (Hendrickson ve Matthews, 2013).

Bu kitabın kullanıcılarının genel olarak çevre ve enerji konularında bilgi sahibi olmalarını, olasılık, istatistik ve basit nicel modelleri oluşturma konusunda rahat olmalarını ve ürünlerin, proseslerin ve sistemlerin nasıl değerlendirileceği hakkında genel düşünceleri düzenlemeye yardımcı olacak yeni yöntemler öğrenmeye istekli olmalarını bekliyoruz.

Özetle, bunu kendi derslerimizde kullanmak üzere toplu bir kaynağa sahip olmak olan ilk amacımızı 'bir taşla iki kuş vurmak' olarak görüyoruz. Bu kitabın önemli ölçüde genişleyen kapsamı, YDD'deki 40 yıllık kolektif tecrübemizden yararlanmaktadır. Kitap kapsamında ISO YDD Çerçevesini gözden geçiriyoruz, ancak en fazla alan ve zamanı, değerlendirmeleri destekleyecek verilerin toplanması, modellenmesi ve analiz edilmesiyle ilgili ihtiyaç ve uygulamaları tartışarak geçiriyoruz.

CMU'dan meslektaşlarımız Xiaoju (Julie) Chen, Gwen DiPietro, Rachel Hoesly ve Francis McMichael'a, Pittsburgh Üniversitesi'nden Vikas Khanna ve Melissa Bilec'e, Aalborg Üniversitesi'nden Bo Weidema ve Washington Üniversitesi'nden Joyce Cooper'a bu kitap projesini başarılı kılan paylaştıkları düşünceleri, yorumları ve katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Michael M. Whiston, Cate Fox-Lent ve Scott O'Dowd'a taslakları okumalarından ve önemli düzeltmeler yapmalarından dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca yıllar boyunca süren birçok etkileşim, soru ve ilham için onlarca öğrenciye ve meslektaşımıza teşekkür ediyoruz.

Umarız bu kitapta gösterildiği gibi, tecrübelerimiz sizi daha bilgili ve eğitilmiş birer YDD eğitmeni ve uygulayıcısı yapacaktır ve konu ile tanıştığınız ilk an itibari ile hem doğru öğrenmenize hem de doğru uygulamaya yardımcı olacaktır.

H. Scott Matthews
Deanna H. Matthews
Chris T. Hendrickson

Ağustos 2015

Referanslar

Hendrickson, Chris T., Lester B. Lave, ve H. Scott Matthews. *Environmental life cycle assessment of goods and services: An input-output approach*. RFF Press, 2006.

Hendrickson, Chris T. and H. Scott Matthews, *Civil Infrastructure Planning, Investment and Pricing*. <http://faculty.ce.cmu.edu/textbooks/cspbook/> (erişim tarihi Ağustos 2015).

Bölüm Özeti

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), beşikten mezara ürün ve sistemleri incelemek için bir çerçevedir. Böyle bir perspektifi benimsemenin temel yararı, geniş kapsamlı ve mevcut yöntemlerle analiz edilebilen bir “sistemsel düşünme” görüşünün oluşturulmasıdır. Bir yaşam döngüsü perspektifi kullanılmadığında, bazıları daha geniş bir bakış açısı ile beklenebilecek beklenmeyen çevresel etkiler ortaya çıkmıştır.

Gelecek bölümlerde göreceğimiz gibi, yaşam döngüsü düşüncesini problem çözmeye uygulamak için bir standart olsa da, bu basit bir tarif değildir. Sistemde birçok çalışma tasarımı seçeneği, varyasyon ve diğer değişkenler bulunmaktadır. Bir kişi yaşam döngüsü düşüncesini bir şekilde, diğer kişi tamamen farklı bir şekilde uygulayabilir. Öyleyse, sadece yaşam döngüsü düşüncesini kullanmanın hepimizin hemfikir olabileceği tek bir doğru cevaba yol açacağını bekleyemeyiz.

Bu Bölüm için Referanslar

Anderson, J., Kalra, N., Stanley, K., Sorensen, P., Samaras, C., Oluwatola, O. Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers, Santa Monica, CA: RAND Corporation, RR-443-RC, 2014.

Boon, Jane E., Jacqueline A. Isaacs, and Surendra M. Gupta, “Economic Impact of Aluminum-Intensive Vehicles on the U.S. Automotive Recycling Infrastructure”, *Journal of Industrial Ecology* 4(2), pp. 117–134, 2000.

Hocking, Martin B. “Paper versus polystyrene: a complex choice.” *Science* 251.4993 (1991): 504-505.

Lave, Lester, Hendrickson, Chris, and McMichael, Francis, “Environmental implications of electric cars”, *Science*, Volume 268, Issue 5213, pp. 993-995, 1995.

Mihelcic, James R., et al. “Sustainability science and engineering: The emergence of a new metadiscipline.” *Environmental Science and Technology* 37.23 (2003): 5314-5324.

Tarr, Joel, *The Search for the Ultimate Sink*, University of Akron Press, 1996.

United Nations General Assembly (1987) *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Co-operation: Environment.

United States Office of Technology Assessment (OTA), “Green Products by Design: Choices for a Cleaner Environment”, OTA-E-541, 1992.

çözme türü için - özellikle YDD ile ilgili olanlar, problemi nasıl modele getireceğinize bağlı olarak birçok cevabın mümkün olduğu durumlarda - vurgu, 2. bölümden çok 1. ve 3. bölümlerde olabilir. Matematik dersinde olduğu gibi diğer alanlarda da sonuç (2. bölüm) nasıl hesapladığınızı açısından tek önemli bölüm olabilir. Ne olursa olsun, muhtemelen bir yöntem kullandınız (ve bir denklem yazıp uygulayarak kısaca göstermiş olabilirsiniz) ve her bir adım hakkında ayrıntılı olarak yazmamış olsanız bile, mantıklılık testinden geçmesini sağlamak için sonucunuzu hızla kontrol etmeye çalıştınız.

Bu üç aşamalı sürecin önemini hatırlamanın bir yolu, cevabınızın asla sadece bir grafik ya da sayı olmaması gerektiğidir. Her zaman, sonucu oluşturmak için kullandığınız yöntemi ve değerlendirmelerinizi tartışmaya ihtiyaç vardır. Notlandırma etkileri ve dağıtımlarından bağımsız olarak, umarım bu üç adımlı sürecin her zaman nasıl var olduğunu görebilirsiniz - bu, her bölümde ne kadar çaba sarf edileceğini ve cevap olarak ne kadar detay sağlanacağını belirlemek için sunulan soru veya görevi tercüme etmekten ibarettir. YDD gerçekleştirmenin birçok küçük yapıtaşı hesaplamalarını ve mini modelleri genel bir modelde biraraya getirmek olduğunu göreceksiniz. Bu yapıtaşı sonuçlarına nasıl ulaştığınızı çoğunlukla ihmal ettiyseniz, genel çalışmanızı takip etmek ve toplam sonucun nasıl elde edildiğini takip etmek zor olacaktır.

Bölüm özeti

Herhangi bir YDD çalışması yukarıda bahsedilen tekniklerin birçoğunu birleştirilmesinden oluşacaktır. Emisyon faktörlerini ve küçük, varsayım temelli tahminleri bir araya getirip, yeni tahminler oluşturacak ve sonuçlarınızı özetleyeceksiniz.

Bir bilim ya da mühendislik alanını seçen insanlar, kariyer seçimlerinin bir nedeni olarak ‘yazıyla’ olduğundan daha çok sayı ya da denkleme daha rahat olduklarını belirtiyorlar. Belki de ne yazık ki, yönteminizi, sürecinizi ve sonuçlarınızı yazı yoluyla iletmek, özellikle yaşam döngüsü değerlendirmesinde önemli bir beceridir. Ancak, YDD çerçevesi, teknik uygulayıcıların yazılarını düzenleme ve iletişim becerilerini uygulama konusunda güçlü bir temel sağlayabilir.

Bu Bölüm için Referanslar

CBS News, “Reversing Bush, EPA Toughens Smog Rules”, via Internet, <http://www.cbs-news.com/news/reversing-bush-epa-toughens-smog-rules/>, last accessed July 20, 2014.

Harte, John , Consider a Spherical Cow: A Course in Environmental Problem Solving, University Science Books, 1988.

Koomey, Jonathan, Turning Numbers into Knowledge, Analytics Press, 2008.

Mahajan, Sanjoy, Street-Fighting Mathematics: The Art of Educated Guessing and Opportunistic Problem Solving, MIT Press, 2010.

Mosteller, Frederick, "Assessing Unknown Numbers: Order of Magnitude Estimation", in *Statistics and Public Policy*, William Fairley and Frederick Mosteller, editors, Addison-Wesley, 1977.

NOAA 2012, *Surveying: Accuracy vs. Precision*, via Internet, http://celebrating200years.noaa.gov/magazine/tct/tct_side1.html

U.S. Census Bureau, *Statistical Abstract of the United States: 2012 (131st Edition)* Washington, DC, 2011; available at <http://www.census.gov/compendia/statab/>

Weinstein, Lawrence, and Adams, John A., *Guesstimation: Solving the World's Problems on the Back of a Cocktail Napkin*, Princeton University Press, 2008.

Artık YDMA'nın temellerine maruz kaldığınıza göre, yaşam döngüsü boyunca maliyetleri göz önünde bulundurma düşüncesi üzerine inşa etmenin yaşam döngüsü modellemesinde yer alan kapsamı nasıl genişlettiğini takdir edebilirsiniz. Bu kitapta enerji ya da çevresel yaşam döngüsü değerlendirilmesiyle ilgili konulara ilerlerken, yaşam döngüsü maliyet analizi kavramları YDD çalışmalarının yararlı bir parçası olarak kalmalıdır.

Bu bölüm için referanslar

Hendrickson, Chris T. and H. Scott Matthews, Civil Infrastructure Planning, Investment and Pricing. <http://cspbook.ce.cmu.edu/> (accessed July, 2013).

Tung Au and Thomas P. Au, Engineering Economics for Capital Investment Analysis, 2nd edition, Prentice-Hall, 1992. <http://engeconbook.ce.cmu.edu/>da mevcuttur.

edmunds.com, web sitesi, www.edmunds.com, en son 2 Ocak 2013 tarihinde erişilmiştir.

US Department of Transportation Office of Asset Management, "Life-Cycle Cost Analysis Primer", FHWA-IF-02-047 2002. Ulaşılabilir <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/lcca.cfm>

maların hakem denetiminden geçip geçmediğini de göstermektedir (Bütün çalışmaların kamuya açılmış ama hepsinin hakem denetiminden geçmemiş olması özellikle dikkat çekicidir.) Listelenen bir çok çalışmanın PDF dosyası da mevcuttur. Sol taraftaki simge bu kitabın geri kalanında ders kitabının web sitesinde erişilebilir olan kaynaklarını belirtmek için kullanılacaktır. Okuyucuların YDD çalışmalarına aşinalık kazanmaları için kamuya açık bu çalışmalardan kendilerini ilgilendirenlerin bir veya daha fazlasını okumaları tavsiye edilir.

Bölüm Özeti

ISO YDD Standardı, yaşam döngüsü değerlendirmesini gerçekleştirmek için uluslararası kabul görmüş bir çerçevedir ve uygulayıcıları yüksek kaliteli YDD çalışmaları yapmaya yönlendirmek için zaman içinde geliştirildi ve revize edildi. YDD kim tarafından uygulanacak olursa olsun ilk olarak standartlar okunmalı ve gereksinimleri bilinmelidir. Bu bölümde standardın Çalışma Tasarım Kriterleri (ÇTP) olarak adlandırılan ve çalışmanın yüksek öncelikli temel değişkenlerinden oluşan, alt kümesine odaklanmıştır. Düzgün bir şekilde sunulduğunda ÇTP'ler hedef kitlenin, çalışmanın amacını ve kapsamını hızlı bir şekilde anlamasına yardımcı olur. Bu bölümde gerçek çalışmalardan alınan ÇTP'ler ile pratik örnekler üzerine odaklanarak, ürün sistemleri, fonksiyonel birim ve YDE arasındaki bağlantının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Bu bağlantının bütünlüğü korunduğunda ve yaygın olarak karşılaşılan hatalardan sakınıldığında, yüksek kaliteli sonuçlar beklenebilir.

Bu Bölümün Referansları

British Standards Institute (BSI), <http://www.bsigroup.com/en-GB/standards/Information-about-standards/different-types-of-standards/>, son olarak 15 Ocak 2017 tarihinde erişilmiştir.

ISO 2013 http://www.iso.org/iso/home/standards_development.htm, son olarak 1 Şubat 2013 tarihinde erişilmiştir.

PE Americas, "Comparative Life Cycle Assessment of an Artificial Christmas Tree and a Natural Christmas Tree", November 2010. <http://www.christmastreeassociation.org/pdf/ACTA%20Christmas%20Tree%20LCA%20Final%20Report%20November%202010.pdf>

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi: Principles And Practice, United States Environmental Protection Agency, EPA/600/R-06/060, May 2006.

Weidema, Bo, Wenzel, Henrik, Petersen, Claus, and Hansen Klaus, The Product, Functional Unit and Reference Flows in LCA, Environmental News, 70, 2004. <http://lca-net.com/publications/show/product-functional-unit-reference-flows-lca/>

Umulmaktadır ki metrometre tartışması bir YDD çalışmanın hedeflerine ulaşılmasının fi-zibilitesi açısından ilham vermenin yanı sıra bir muhasebe standardının sınırlamalarını da göstermektedir. Bilimsel ölçüm sistemlerinden elde edilen kalite ile karşılaştırılabilir sonuçlar mümkün değildir. Uygun bir ikinci en iyi hedef belirsizlik ve değişkenliğin bilinen kaynakları-nın üstesinden gelmek için yeterince sağlam sonuçlar aramaktır, ki bu tekrardan bu bölümün ana hedefidir.

Ne yazık ki, YDD alanında aktif veya pasif belirsizlik veya değişkenlik çalışmalarında et-kilerini göz ardı eden birçok uygulayıcı vardır. Tüm model girişlerini tek bir değer olarak değerlendirir ve yalnızca tek bir sonuç oluştururlar. Belirsizlik veya değişkenlik olasılığı kendi modelleri içinde kaybolur, ve genellikle o zaman bu etkilerin çalışmanın okuyucuları nezdinde de kaybolduğu anlamına gelir. Verilerde çok fazla belirsizlik varsa ancak bunu tamamen göz ardı edersek, büyük bir karar (örn. kağıt vs. plastik?) nasıl destekleyebiliriz? Bunu yaparsak kötü kararları desteklememiz olasıdır. Bölüm 7'yi YDD modellerindeki belirsizliğin üstesinden gelme ve yapılandırma yöntemlerine ayırıyoruz.

Bölüm Özeti

Tipik olarak, bir YDD (veya YDE) çalışmanın en çok zaman alan yönü veri toplama ve yö-netim aşaması ile ilgilidir. LCA Standardı uygulayıcıları incelenmekte olan ürün sistemleri için birincil verileri toplamaya teşvik ederken, genellikle ikincil veriler daha önce yayınlanmış ça-lışmalardan ve veritabanlarından kullanılır. İkincil verilerin kullanılması, sunulan veri kaynak-larıyla ilgili konularda bilgili ve farkında olmayı gerektirir ve ayrıca doğru referans gerektirir. Veri kalitesi gereksinimleri, çalışma ekibinin beklentilerinin ve veri yönetimi çabalarının he-deflerine ilişkin dış hedef kitlelerin beklentilerini yönetmenize yardımcı olur. Etkili YDE veri yönetimi yöntemlerinin kullanılması mükemmel ve iyi karşılanan çalışmalara yol açmaktadır.

Bu Bölümün Referansları

BEES LCA Aracı, web sitesi, <http://ws680.nist.gov/Bees/Default.aspx>, en son 12 Ağustos 2013 tarihinde erişilmiştir.

ecoinvent web sitesi, www.ecoinvent.ch, en son 12 Ağustos 2013 tarihinde erişilmiştir.

ELCD LCA Veritabanı, web sitesi, <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/>, en son 12 Ağus-tos 2013 tarihinde erişilmiştir.

Çevre Koruma Ajansı. 1993. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi: Envanter Yönergeleri ve İlkeleri. EPA/600/R-92/245. Araştırma ve Geliştirme Ofisi. Cincinnati, OH, ABD.

Franklin Ortakları. 2011. Son Rapor: Plastik İmalat Süreçlerinin Yaşam Döngüsü Envan-teri: Enjeksiyon Kalıplama Ve Termoform. Via <http://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/LCI-of-Plastic-Fabrication-Processes-Injection-Molding-and-Thermoforming.pdf>

Gabi Yazılım, web sitesi, <http://www.gabi-software.com/>, en son 12 Ağustos 2013 tarihinde erişilmiştir.

LCA-DATA, UNEP, web sitesi, <http://lca-data.org:8080/lcasearch>, en son 12 Ağustos 2013 tarihinde erişilmiştir.

I. Meinshausen, P. Müller-Beilschmidt ve T. Viere, “The EcoSpold 2 format-neden yeni bir format?”, The International Journal of Life Cycle Assessment, Eylül 2016, Cilt 21, Sayı 9, s. 1231-1235.

Quantis, “Kuzey Amerika’da İçme Suyu Alternatiflerinin Çevresel Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Kuzey Amerika’da Tüketici İçecek Tüketimi”, Nestle Waters Kuzey Amerika için tamamlanan LCA Çalışması, 2010, http://www.beveragelcafootprint.com/wp-content/uploads/2010/PDF/Report_NWNA_Final_2010Feb04.pdf, en son 9 Eylül 2013’e erişilen.

Tarım Grubu, “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi: Yeni Zelanda Merinos Sanayi Merinos Yün Toplam Enerji Kullanımı ve Karbondioksit Emisyonları”, 2006, http://www.agrilink.co.nz/Portals/Agmlink/Files/LCA_NZ_Merino_Wool.pdf, son erişim 1 Eylül 2013.

US NREL LCI Veritabanı, web sitesi, <http://www.nrel.gov/lci/>, en son 12 Ağustos 2013 tarihinde erişilmiştir.

ABD. Yaşam Döngüsü Envanter Veritabanı. Elektrik, bitümlü kömür, santralde, bitümlü kömür, madende, ve ulaşım, tren, dizel enerjili birim süreçleri (2012). Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı, 2012. Erişim tarihi: 15 Ağustos 2013: <https://www.lcacommons.gov/nrel/search>

USDA LCA Digital Commons, web sitesi, <http://www.lcacommons.gov>, en son 12 Ağustos 2013 tarihinde erişilmiştir.

Whitaker, Michael, Heath, Garvin A., O’Donoughue, Patrick ve Vorum, Martin, “Kömür Yakıtlı Elektrik Üretimi Yaşam Döngüsü Sera Gazı Emisyonları: Sistematik İnceleme ve Uyum”, Endüstriyel Ekoloji Dergisi, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00465.x

km taşındığı yakındaki bir santral ve (4) linyitin trenle 1000 km taşındığı uzak bir tesis. Şekil 7-15'te değerler özetlenmiştir. Bu değerler Şekil 7-13 ile benzerlik göstermekte olup, çoğunlukla taşıma modları için yoğunluk faktörleri yenilenmiştir. Linyit madenlerinin yakın olması durumu için tren yoğunluğunun, kWh (7,82 E-4 ton) başına gereken 0,782 kg kömürün 110 km mesafeye, yani $7,82E-4 * 110 = 0,086$ ton-km/kWh değerine yükseltilmesiyle bulunur. Benzer şekilde, uzaktaki tesisin tren yoğunluğu ise 1000 km veya $7.82E-4*1000 = 0.782$ ton-km/kWh'e yükseltilmesi ile elde edilir.

Yorumlama: Sonuçlar, nakliye mesafesinin 100x kadar artışının şimdiye kadar bölümün odak noktası olan yaşam döngüsü emisyonları üzerinde herhangi bir etkisinin hemen hemen olmadığını göstermektedir. Bu, nakliyeden kaynaklanan nispi emisyonlarda 100 kat artış yaşanmadığını söylemek değildir - sadece linyitin enerji santralinde yakılmasıyla karşılaştırıldığında, ihmal edilebilir düzeydedir.

Sunulmuş olan hassaslık analizinin konusu nakliye mesafesi olarak seçilmiştir. Sistem sınırının genişliği (yani daha fazla yukarı yönlü prosesler dahil edilmesi), YDE veritabanlarının farklı değerlerinin kullanılması v.b. faktörler ile, ilgili diğer hassaslık analizleri yapılabilir.

Bölüm Özeti

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi uygulamasının belirsizlik içermesi kaçınılmazdır. Bu belirsizlik, temel verilerin ve üretim süreçlerinin dikkatli bir şekilde analiz edilmesiyle azaltılabilir. Birçok uygulayıcı, çalışmalarında belirsizlik veya değişkenlik etkilerini göz ardı etmeyi sürdürmekte, bütün model girdilerini tek değer olarak değerlendirmekte ve sadece tek bir sonuç üretmektedir. Bu tür çabalar, başkalarını bilgilendirmede veya önemli kararları desteklemede fayda sağlamayı sınırlandırmakta ve bu da kötü (veya en azından bihaber alınmış) kararlara yol açabilmektedir. Bu bölümde, sağlam yaşam döngüsü sonuçları elde etmek için belirsizliği niteliksel veya niceliksel olarak göz önünde bulundurabileceğiniz birden çok yol gösterdik. Anlamlı bulgusalık uygulamaları, aralıklar, hassaslık analizi ve ilgili araçların kullanımı daha sağlam sonuç üretimine destek olarak daha iyi YDD çalışmaları yapılmasına yardımcı olabilir.

Bölüm Referansları

Box, G. E. P.; Draper, N. R. (1987), Empirical Model-Building and Response Surfaces, John Wiley & Sons.

Heijungs, R. and Huijbregts, M., A review of approaches to treat uncertainty in LCA, Proceedings of the IEMSS conference, Osnabruck 2004.

Lloyd, S. M., and Ries, R., Characterizing, Propagating, and Analyzing Uncertainty in Life-Cycle Assessment: A Survey of Quantitative Approaches, Journal of Industrial Ecology, 11 (1), 161-179, 2007.

Morgan, M.G., and Henrion, M., *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*, Cambridge University Press, 1992.

Williams, E., Weber, C., and Hawkins, T., Hybrid Framework for Managing Uncertainty in Life Cycle Inventories, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 13, Issue 6, pp. 928-944, 2009.

Wilson, R., E. Crouch, and L. Zeise, "Uncertainty in Risk Assessment", Banbury Report 19: Risk Quantitation and Regulatory Policy, Cold Spring Harbor Laboratory, 1985.

Bölüm Referansları

Blackhurst, Michael, Hendrickson, Chris, Sels I Vidal, Jordi, “Direct and Indirect Water Withdrawals for U.S. Industrial Sectors”, *Environmental Science & Technology*, 2010, Vol. 44, No. 6, pp. 2126–2130, DOI: 10.1021/es903147k

Costello, Christine, Griffin, W. Michael, Matthews, H. Scott, Weber, Christopher, “Inventory Development and Input-Output Model of U.S. Land Use: Relating Land in Production to Consumption”, *Environmental Science & Technology*, 2011, Vol. 45, pp. 4937–4943, DOI: 10.1021/es104245j

Rachael Nealer, Christopher L. Weber, Chris Hendrickson, H. Scott Matthews, “Modal freight transport required for production of US goods and services”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 47, Issue 4, July 2011, pp. 474-489. DOI: 10.1016/j.tre.2010.11.015

Hawkins, Troy R., Matthews, Deanna H., 2009. A Classroom Simulation to Teach Economic Input-Output Life Cycle Assessment. *Journal Of Industrial Ecology* 13, no. 4 (Ağustos): 622-637. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2009.00148.x

Hendrickson, Chris., Arpad Horvath, Satish Joshi, Lester Lave. Introduction to the Use of Economic Input–Output Models for Environmental Life Cycle Assessment. *Environmental Science and Technology*, 32(7): 184A–191A, 1998.

Hendrickson, Chris T., Lave, Lester B., Matthews, H. Scott, “Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services: An Input-Output Approach”, RFF Press, Nisan 2006.

Lave, L., E. Cobas-Flores, C. Hendrickson, F. McMichael, Generalizing Life Cycle Analysis: Using Input–Output Analysis to Estimate Economy-Wide Discharges. *Environmental Science & Technology*, 29(9): 420A–426A, 1995.

Lenzen, M. Errors in Conventional and Input Output-based Life Cycle Inventories, *Journal of Industrial Ecology*, 4(4):127 – 148, 2000. DOI: 10.1162/10881980052541981

Leontief, W., Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input–Output Approach. *Review of Economics and Statistics*, 1970.

Miller, Ronald E. and Blair, Peter D., *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, 2. basım. Cambridge University Press, 2009.

NAICS 2013 Amerika Birleşik Devletleri Nüfus Sayımı Bürosu. 2013. ‘Kuzey Amerika Endüstriyel Sınıflandırma Sistemi, <http://www.census.gov/eos/www/naics/> (erişim tarihi: 10 Temmuz 2013).

| Sıralama | Yüksek | Varsayılan | Üst |
|----------|---|---|---|
| 1 | Konut dışı üretim yapıları | Konut dışı üretim yapıları | Konut dışı üretim yapıları |
| 2 | Güç üretimi ve temini | Güç üretimi ve temini | Güç üretimi ve temini |
| 3 | Petrol rafinerileri | Demir ve çelik fabrikaları | Petrol rafinerileri |
| 4 | Demir ve çelik fabrikaları | Petrol rafinerileri | Demir ve çelik fabrikaları |
| 5 | Petrol ve gaz çıkarma | Petrol ve gaz çıkarma | Petrol ve gaz çıkarma |
| 6 | Çimento üretimi | Kamyon Taşımacılığı | Kil ve kil olmayan refrakter üretimi |
| 7 | Kamyon Taşımacılığı | Çimento üretimi | Mukavva fabrikaları |
| 8 | Diğer temel organik kimyasalların üretimi | Kil ve kil olmayan refrakter üretimi | Diğer temel organik kimyasalların üretimi |
| 9 | Kil ve kil olmayan refrakter üretimi | Diğer temel organik kimyasalların üretimi | Kağıt fabrikaları |
| 10 | Petrol esaslı motor yağı ve gres üretimi | Mukavva fabrikaları | Aydınlatma armatür üretimi |

Şekil 8-12: Konut dışı üretim yapıları sektöründe 1 milyon dolar çıktı için ilk 5 enerji tüketim sektörü

Bu Bölüm için Referans

Xiaoju Chen, W. Michael Griffin, H. Scott Matthews, “Representing and visualizing data uncertainty in input-output life cycle assessment models”, *Resources, Conservation, and Recycling*, Volume 137, October 2018, pp. 316-325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rescon-rec.2018.06.011>

gerektiğinden; proses ve GÇ modelleri çeşitli yollarla birleştirilerek iki model çeşidinin bazı dezavantajlarının üstesinden gelirken avantajlarından istifade eden hibrid YDD modelleri oluşturulabilir. Hibrid YDD modelleri, gerekli kaynak ve verilerin miktarına, entegrasyona ve amaçlanan model geliştirmeye bağlı olarak farklılık gösterir. Tüm hibrid modeller genellikle tek bir modelden daha yararlı sonuçlar verecektir. YDD arkasındaki sayısal modellerin özü anlatıldığına göre, bir sonraki adım olan etki değerlendirmesi konusuna geçilebilir.

Bu kitapla sağlanan E-kaynakların, ticari bir ürün olan ecoinvent* veritabanının elektronik tablo formlarını sağlamadığı unutulmamalıdır. Ancak, bir ecoinvent* kullanım lisansı olması durumunda, web sitesinden doğrudan ulaşarak bir işlem matrisini oluşturmak için gereken dosyalar istenebilir. SimaPro yazılımı satın alımı yoluyla ecoinvent* alt lisansına sahip olduğunda, yukarıda bahsedilen “Export Matrix” opsiyonu kullanılarak Microsoft Excel tabanlı proses matrisi oluşturulabilir. Ecoinvent* 2,0 için A matrisinin boyutlarının kabaca 4.000 x 4.000 olacağı ve elektronik tablo dosyalarının hızlı bir şekilde daha da büyüyebileceği (B matrisinin boyutları 1.600 x 4.000 olacaktır) unutulmamalıdır. Bir işlem matris formunda ecoinvent* verileri kullanılacaksa, Excel’den daha çok MATLAB ya da diğer sağlam yazılım araçlarının kullanılması daha uygundur; çünkü bu büyüklükte matrislerle Excel ‘de çalışmak zor olabilir (Bu bölümün sonundaki İleri malzeme kısmına bakınız).

Bölüm Referansları

Bullard C. W., Penner P. S., Pilati D.A., “Net energy analysis: handbook for combining process and input-output analysis”, *Resources and Energy*, 1978, Vol. 1, pp. 267-313.

Hawkins, T., Hendrickson, C., Higgins, C., Matthews, H. and Suh, S., “A Mixed-Unit Input-Output Model for Environmental Life-Cycle Assessment and Material Flow Analysis”, *Environmental Science and Technology*, Vol. 41, No. 3, pp. 1024 - 1031, 2007.

Heijungs, R., “A generic method for the identification of options for cleaner products”, *Ecological Economics*, 1994, Vol. 10, pp. 69-81.

Joshi, S., “Product environmental life-cycle assessment using input-output techniques”, *The Journal of Industrial Ecology*, 2000, 3 (2, 3), pp. 95-120.

Suh, S., and Huppel, G., Methods for Life Cycle Inventory of a Product, *Journal of Cleaner Production*, 13:7, June 2005, pp. 687–697.

Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G., Hondo, H., Horvath, A., Huppel, G., Joliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J., and Norris, G., “System Boundary Selection in Life-Cycle Inventories Using Hybrid Approaches”, *Environmental Science and Technology*, 2004, 38 (3), pp 657–664.

Williams, Eric, “Energy Intensity of Computer Manufacturing: Hybrid Assessment Combining Process and Economic Input–Output Methods”, *Environmental Science and Technology*, 38 (22), pp. 6166–6174, 2004.

Son olarak, önceki bölümde ele alındığı gibi, gruplandırma, normalleştirme veya ağırlıklandırma işlemlerinin isteğe bağlı (ve kimi zaman öznel) adımlarıyla ilişkilendirilen belirsizlikler mevcuttur.

Bölüm Özeti

İlk kez 4. Bölüm’de bahsedilen yaşam döngüsü etki değerlendirme (YDED), YDD’nin son niceliksel aşamasıdır. YDED sayesinde YDD’nin envanter aşamasında oluşturulan temel envanter akımlarını dönüştürmemize ve bu akışların, ürün sistemleri üzerindeki beklenen etkilerine ilişkin sonuçlar çıkarabiliriz. YDD çalışmalarında ağırlıklı olarak iklim değişikliği ve kümülatif enerji talebi konuları ele alınsa da, geniş yelpazedeki diğer etki kategorileri de bilimsel olarak güvenilir ve kullanıma uygun karakterizasyon modellerine sahiptir. Eldeki bu güvenilir model ve araçlara rağmen pek çok YDD çalışması, envanter sonuçlarına odaklanmaya ya da en azından sadece iklim ve enerji etki modellerini kullanmaya devam etmektedir.

YDD’nin tüm önemli aşamalarını incelediğimize göre, önümüzdeki birkaç bölümde, bizi sağlam ve titiz niceliksel yöntemler yaratma amacımıza yaklaştıracak sağlam analizleri gerçekleştirme yollarına odaklanacağız.

Bölüm Referansları

Bare, Jane, Gloria, Thomas, and Norris, Gregory, “Development of the Method and U.S. Normalization Database for Life Cycle Impact Assessment and Sustainability Metrics”, *Environmental Science and Technology*, 2006, Vol. 40, s. 5108-5115.

Ryberg, Morten, Vieira, Marisa D. M., Zgola, Melissa, Bare, Jane, Rosenbaum, Ralph K. Updated US and Canadian normalization factors for TRACI 2.1. *Clean Technologies and Environmental Policy*, Vol. 16, No. 2, 2014, s. 329-339.

Finnveden, G., Andersson-Sköld, Y., Samuelsson, M-O., Zetterberg, L., Lindfors, L-G. “Classification (impact analysis) in connection with life cycle assessments—a preliminary study.” In *Product Life Cycle Assessment—Principles and Methodology*, Nord 1992:9, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 1992.

Gloria, Thomas P., Lippiatt, Barbara C. ve Cooper, Jennifer, “Life Cycle Impact Assessment Weights to Support Environmentally Preferable Purchasing in the United States,” *Environmental Science & Technology*, 2007 41 (21), 7551-7557.

Gjalt Huppes & Laurant van Oers, “Background Review of Existing Weighting Approaches in Life Cycle Impact Assessment (LCIA)”, JRC Scientific and Technical Reports, 2011.

Hischier, Roland and Weidema, Bo (Editors), “Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods Data v2.2 (2010)”,ecoinvent report No. 3 St. Gallen, Temmuz 2010.

“ILCD Handbook: Analysing of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment”, First edition, European Union, 2010.

IPCC Dördüncü Değerlendirme Raporu: İklim Değişikliği 2007. www.ipcc.ch sitesinde bulunmaktadır, son erişim 30 Ekim 2013.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex ve P.M. Midgley (ed.ler)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK ve New York, NY, USA.

“Life Cycle Assessment: Principles And Practice”, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, EPA/600/R-06/060, Mayıs 2006.

ReCiPe modeli web sitesi, <http://www.lcia-recipe.net/characterisation-and-normalisation-factors>, son erişim 26 Eylül 2014.

Wegener Sleeswijk, A, Van Oers, LFCM, Guinée, JB, Struijs, J, Huijbregts, MAJ. Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of the Total Environment*, 2008, 390 (1): 227-240.

Gelecekte, örneğin doğal gaz yakıtlı elektrik santralleri için metan emisyonlarını göz önünde bulunduran enerji üretim birimleri için daha geniş CO₂ limitleri düşünülerek ek ilave “politika için YDD” uygulamaları beklenebilir. Yukarıda tarif edildiği gibi benzer genişletilmiş yöntemleri takip edebilirler.

9. Daha önce dahil edilmemiş olan bir sürdürülebilirlik yaklaşımıyla neler dikkate alınmalı?

EPA'nın stratejileri bazı sürdürülebilirlik araçlarını (örneğin, paydaş katılımı) dahil ederken, sürdürülebilirlik yaklaşımlarının su kalitesini iyileştirmeye yönelik uygulama ve politikalarla sonuçlanabilecek ölçekler hiyerarşisinde uygulanması için ek fırsatlar olabilir. Örneğin, bireysel çiftlikler ya da çiftliklerin havza kümeleri için besin yönetimi yaklaşımlarının maliyet-fayda analizi, koruma stratejilerini etkileyebilecek sosyal yardım için önemli bilgiler sağlayabilir. Arazi yönetimi uygulamaları ile yerel ve bölgesel ve tüm kıtasal ölçeklerde su kalitesi iyileştirmeleri arasındaki değişimleri ele alan ekosistem hizmetleri değerlemesi, hem yaygın hem de noktasal kaynakların azaltılması için teşvik sağlamak için piyasaların gelişmesine yol açabilir.

Referanslar

Kimberley A. Mullins, W. Michael Griffin, And H. Scott Matthews, “Policy Implications of Uncertainty in Modeled Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Biofuels”, ES&T, 2010.

Kocoloski, M., Mullins, K. A., Venkatesh, A., and Griffin, W. M. (2013) Addressing uncertainty in life-cycle carbon intensity in a national low-carbon fuel standard. *Energy Policy* 56, 41–50.

Chris Costello, W. Michael Griffin, Amy Landis, and H. Scott Matthews, “Impact of Biofuel Crop Production on the Formation of Hypoxia in the Gulf of Mexico”, *Environmental Science & Technology*, 2009, 43 (20), pp. 7985–7991. DOI: 10.1021/es9011433, 2009.