



YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLİŞKİSİ BAĞLAMINDA SOSYAL YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİNİN (S-LCA) YERİ

Alp ÖZDEMİR*

Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, 26555 Tepebaşı / Eskişehir, Türkiye

ÖZET

Bir ürünün ya da sistemin sürdürülebilirlik değerlendirilmesinin yapılabilmesi için çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerinin yaşam döngüsü metodolojileri ile irdelenmesi gerekmektedir. Çevresel LCA (Environmental Life Cycle Assessment, E-LCA) ve Yaşam Döngüsü Maliyet Değerlendirmesi (Life Cycle Costing, LCC) yöntemleri sırasıyla çevresel ve ekonomik değerlendirme için kullanılırken, Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Social Life Cycle Assessment, S-LCA) ürünün yaşam döngüsü boyunca oluşan sosyal etkilerini değerlendiren bir yöntemdir. S-LCA, E-LCA'ya benzer şekilde genel çerçevede dört adımdan; yani hedef ve kapsam tanımı, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorumlamadan oluşur. Bu çalışmada, E-LCA'dan sonra ortaya çıkan S-LCA metodolojisinin sistematik bir değerlendirmesinin yapılması amaçlanmış ve LCA ve S-LCA'nın metodolojik özellikleri karşılaştırmalı olarak irdelenmiş, S-LCA'nın uygulanmasında kullanılabilecek bir yol haritası belirlenmiş ve S-LCA metodolojisinin, kısıtları ve limitleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çevresel yaşam döngüsü değerlendirilmesi, Sosyal yaşam döngüsü değerlendirilmesi, Sürdürülebilirlik, Yaşam döngüsü sürdürülebilirlik değerlendirilmesi

ABSTRACT

In order to perform a sustainability evaluation of a product or system, the environmental, economic and social impacts should be examined with life cycle methodologies. Environmental Life Cycle Assessment (E-LCA) and Life Cycle Costing Assessment (LCC) methods use for environmental and economic assessment, respectively whereas Social Life Cycle Assessment (S-LCA) is the assessment method which the social impacts of products through life cycle. S-LCA is similar to the E-LCA, and it has four steps in the overall frame; goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and interpretation. In this study, the aim was to make a systematic evaluation of S-LCA methodology, which is appeared after E-LCA and the methodological characteristics of LCA and S-LCA were examined comparatively, a road map that can be used in the application of the S-LCA has been identified and the limitations and restriction of S-LCA methodology has been presented.

Keywords: Environmental life cycle assessment, Social life cycle assessment, Sustainability, Life cycle sustainability assessment

1. GİRİŞ

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment, LCA), ürünlerin veya süreçlerin yaşam döngüsü boyunca (ham maddenin elde edilmesinden başlayarak, ilgili tüm üretim, nakliye, tüketici tarafından kullanımı ve kullanım sonrası atık olarak bertaraf edilmesiyle) oluşan çevresel etkileri değerlendiren bütünsel bir tekniktir. LCA, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) 14040 ve 14044 tarafından standartlaştırılan bir metodolojiye sahip olup, hava, su ve toprakla ilgili kaynak ve kimyasalların girdi ve çıktılarını göz önünde bulundurarak, küresel ısınma, kaynakların tükenmesi, stratosferik ozon tabakasındaki incelme, ötrofikasyon, asidifikasyon, toksik emisyonlar gibi çeşitli çevresel etki kategorileri bazında değerlendirir. Çevresel LCA'da, bir ürün ya da prosesin oluşturulmasında meydana gelen çevresel etkilerin, insan sağlığını etkileyen toksik etki kategorisi dışında, herhangi bir sosyal refahı değerlendirilmesi söz konusu değildir. Bu nedenle, sosyal ve sosyo-ekonomik ölçütlerin nasıl kapsanabileceğine ilişkin tartışma, Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği'nin (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC) "Yaşam Döngüsü için Kavramsal Bir Çerçeve Etki Değerlendirmesi" başlıklı Çalıştay Raporu [1]'nin yayınlanmasıyla birlikte

*Sorumlu Yazar: alpozdemir@eskisehir.edu.tr

Geliş: 24.01.2019 Kabul: 28.06.2018

yaklaşık yirmi beş yıl önce başlamıştır. Söz konusu raporda, “*diğer sosyal etkilerden meydana gelen doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkan, çevresel etkiler üzerinde temel vurgu yapılmalıdır*” ifadesiyle “*sosyal refah etkisi kategorisi*” önerilmiştir. Böylelikle, önerilen sosyal etki kategorisi, ürünlerin ve sistemlerin çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesine sosyal yönleri de dahil etmek için LCA metodolojisi geliştiricileri arasında kapsamlı bir tartışma yaratmıştır. Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Social Life Cycle Assessment, S-LCA) metodolojisi, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca oluşan sosyal etkilerini değerlendiren bir yöntem olup mevcut en iyi verileri toplamak ve ham maddenin elde edilmesinden, nihai bertarafına kadar ürünün yaşam döngüsündeki sosyal etkiler hakkında (olumlu ve olumsuz) rapor vermek için mevcut en iyi bilimi kullanan sistematik bir süreçtir. S-LCA, bilginin arttırılması, seçimlerin netleştirilmesi ve ürünlerin yaşam döngüsündeki sosyal koşulların iyileştirilmesi için kullanılmalıdır [2].

1996 yılında yaşam döngüsü analitik araçlarının gelişmesi ile birlikte Sosyal ve Çevresel Yaşam Döngüsü Değerlendirme çalışması ilk olarak O'Brien vd. [3] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmayı, 2002 yılında Casseddo tarafından, LCA'da kullanılmak üzere sosyal şirket performans göstergelerinin geliştirilmesi konusundaki çalışma izlemiştir [2]. S-LCA'da sosyal etki değerlendirilmesiyle ilgili metodolojik çerçeve çalışmaları Weidema ve Dreyer vd. [4-5] tarafından yapılmıştır. Söz konusu çalışmalarda, envanter verilerinin (inventory data), zarar kategorilerinin (damage assessment), etki kategorilerinin (impact categories) ve kategori göstergelerinin (category indicators) önerilerinin belirlenmesi de dahil olmak üzere E-LCA'nın sosyal etki değerlendirilmesi açısından genel koşullar önerilmiştir. Norris [6] ise, S-LCA'nın yürütülmesi için geleneksel yaşam döngüsü envanter (Life Cycle Inventory, LCI) bilgilerinin, içeriklere bağlı Yaşam Döngüsü Özellik Değerlendirmesinin (Life Cycle Attribute Assessment) önemini vurgulamıştır. Özellikle S-LCA'nın LCA'da olduğu gibi kabul görmüş bir standart yönteminin olmamasından dolayı, S-LCA'nın kuralları en çok tartışılan konu olmuştur.

Bu bağlamda, S-LCA metodolojisinin güçlendirilmesi ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmalar şu şekildedir: 2009 yılında, Birleşmiş Milletler Çevre Programı/Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (UNEP/SETAC) tarafından “*Ürünlerin Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi için Rehber*” (Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products) başlıklı bir kılavuz yayımlanmıştır [7]. Bu kılavuz, ürün yaşam döngüsünün sosyal ve sosyo-ekonomik etkilerinin değerlendirilmesine katılan paydaşlar için bir yol haritası niteliğindedir. 2013 yılında, UNEP/SETAC tarafından “*S-LCA'nın Alt Kategorileri için Metodolojik Tablolar*” yayımlanmıştır. Söz konusu kılavuzda, belirlenen alt kategorilerin her biri için bir tane olmak üzere 31 metodolojik tablonun nihai versiyonu “*UNEP Yaşam Döngüsü İnisiyatifi*”nin internet sitesinde yayımlanmıştır [8]. “*Ürün Sosyal Etki Değerlendirmesi'nin uygulanması ile ilgili Fontes* [9] tarafından hazırlanan el kitabı ise, ürünlerin ve hizmetlerin sosyal etki değerlendirilmesi için rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, *etki değerlendirme metodolojisi, sosyal konular ve performans göstergeleri* olmak üzere üç temel alanı kapsamaktadır. Etki değerlendirmesinde performans göstergeleri yorumlanabilir, bir ürünün sosyal performansını ve etkileri değerlendirebilir. Sosyal konular ise çalışma saatleri, toplum katılımı, çocuk işçiliği vb. ölçülmesi ve değerlendirilmesi gereken paydaş gruplarıyla ilgilidir. Performans göstergeleri ise sosyal konuların her biri için örneğin haftada çalışma saati sayısı, asgari ücret ödenmesi vb. etkenlerdir.

Son yıllarda ürün ve sistemlerin çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesine sosyal boyutların dahil edilmesine artan bir ilgi olmuş ve bu durum, S-LCA'nın geliştirilmesi açısından önemli bir güç olmuştur [10-15]. S-LCA ile ilgili sahip olunan deneyim her geçen gün büyümekte, işçiler üzerindeki doğrudan etkilerden, daha geniş toplumsal sonuçlara kadar birçok sosyal etkiyi içerecek şekilde geliştirilmektedir [9]. Literatürde yapılmış S-LCA çalışmaları ile ilgili genel bir değerlendirme **Tablo 1**'de verilmiştir.

Bu çalışmada, E-LCA'dan sonra ortaya çıkan S-LCA metodolojisinin sistematik bir değerlendirmesinin yapılması amaçlanmış ve LCA ve S-LCA'nın metodolojik özellikleri karşılaştırmalı olarak irdelenmiş, S-LCA'nın uygulanmasında kullanılacak bir yol haritası belirlenmiş ve S-LCA metodolojisinin, kısıtları ve limitleri ortaya konulmuştur.

Tablo 1 S-LCA ile ilgili yapılmış literatür çalışmaları

Referans Çalışma	Sektör ve Amaç	Paydaşlar	Alt kategorilerin sayısı	Etki değerlendirme yöntemi-karakterizasyon metodu
Traverso vd. [16]	Güneş panellerinin S-LCA değerlendirilmesi	Çalışanlar	6	Sosyal göstergelerin nümerik değerlerinin karşılaştırılması
Aparcana ve Salhofer [17-18]	MSW'nin geri dönüşüm sisteminin S-LCA ile değerlendirilmesi	Çalışanlar ve tedarik zinciri aktörleri	9	0 veya 1 skor değeri kullanılarak 3 etki seviyesi
Foolmaun ve Ramjeewon [19]	Kullanılmış PET şişelerin arıtım seçeneklerinin S-LCA ile karşılaştırılması	Çalışanlar, Toplum, Yerel topluluk	8	0'dan 4' e kadar skorlama aralığında, 5 etki seviyesi
Lehman vd. [20]	İçme suyu/atıksu arıtımı ile ilgili iki farklı teknolojinin sosyal sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi	Çalışanlar, Toplum, Yerel topluluk, Tüketici	12	SHDB ² sistemi kullanılmıştır.
Manik vd. [21]	Palmiyeyağı biyo-dizel üretiminin sosyal etkileri LCA çerçevesi ile değerlendirilmesi	Çalışanlar, Yerel topluluk, Tedarik zinciri aktörleri, devlet ve sivil toplum örgütleri	24	1'den 7'ye kadar skorlama aralığında, 7 etki seviyesi; 1: önemsiz ve 7: çok önemli
Ekener-Peterson ve Finnveden [22]	Dizüstü bilgisayarın sosyal etkilerinin belirlenmesi	Çalışanlar, Tüketici, Toplum, Yerel topluluk, Tedarik zinciri aktörleri	11	4 etki değerlendirme seviyesi
Martinez-Blanco vd. [23]	Organik atıkların kompostlaştırma prosesinin S-LCA ile değerlendirilmesi	Atık toplayan vatandaşlar, tüketiciler, toplum, çalışanlar ve yerel topluluk	18	Sosyal Sıcak Noktalar Veri Tabanı (SHDB) ² 'nin kullanılması
Umair vd. [24]	Elektronik atıkların geri dönüşüm sistemlerinin S-LCA ile değerlendirilmesi	Çalışanlar, Toplum, Yerel topluluk, Tedarik zinciri aktörleri	15	Pozitif, negatif, ve nötr olan 3 etki seviyesi
Benoit-Norris vd. [25]	100 farklı ürünün sosyal sıcak-noktalarının belirlenmesi	Çalışanlar, Toplum, Yerel topluluk, Tedarik zinciri aktörleri	22	0-3 aralığında 4 risk seviyesi belirlenerek, SHI ¹ hesaplanmıştır.

¹ SHI: Social Hot-Spot Inventory (Sosyal Sıcak Noktalar Envanteri) ² SHDB: Social Hot-Spot Database (Sosyal Sıcak Noktalar Veri Tabanı)

2. LCA ve S-LCA ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

S-LCA, E-LCA'ya benzer şekilde genel çerçevede hedef ve kapsam tanımı, LCI analizi, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve yorumlama aşamalarından oluşur [7]. S-LCA'nın çerçevesi, Yaşam Döngüsü Girişimi ve UNEP/SETAC tarafından hazırlanan kılavuzlarla belirlenmiştir. Bu kılavuzlar, S-LCA'nın uygulayıcıları için bir metodolojik rehberdir. UNEP/SETAC rehberi [8], veri toplamak için yol gösterici göstergelerin açıklandığı metodolojik sayfalardan oluşmaktadır. S-LCA ve E-LCA'nın her ikisi de veriye büyük ihtiyaç duymaktadır ve her iki yöntem de tekrarlanan (iterative) prosedürler ile çalışır. E-LCA ve S-LCA'da karar verme süreçleri, detaylı bilgi ve analizlerle desteklenmekte, böylece bir ürün zincirindeki kritik süreç adımları ve sıcak noktalar belirlenebilmektedir. Ayrıca, her iki yöntem de veri kalitesinin değerlendirilmesinden yararlanır ve her iki metodoloji de yarı niceliksel veya niteliksel veriler kullanıldığında meydana gelen etkileri inceleyebilir.

S-LCA, E-LCA’da olduğu gibi, geniş bir etki yelpazesini de kapsamalıdır. Çünkü, E-LCA değerlendirmesinde kullanılan envanter verileri ve seçilen etki kategorileri ile çalışmanın kapsamı belirlenir. Buna benzer şekilde, S-LCA çalışmasında da envanter verileri (envanter göstergeleri), ve etkilenen paydaş grupları (işçiler, yerel veya bölgesel topluluklar, ürün kullanıcıları ve ürün yaşam döngüsü boyunca alınan kararları etkileyebilecek veya etkilenebilecek diğer paydaşlar) açısından kapsamlı bir şekilde incelenir.

S-LCA, sosyal/sosyo-ekonomik etkilerle (örneğin, işçiler için çalışma süreleri, adil ücret ödeme ve çalışanların iş sağlığı ve güvenliği, istihdam yaratılması, vb.) ile ilgili ürün yaşam döngüleri boyunca işletme/yönetim seviyesindeki organizasyonun özellikleri hakkında bilgi toplar. E-LCA ve S-LCA etki değerlendirme yöntemlerinin her ikisi de bölgeye (lokasyona) duyarlı olabilirken, E-LCA’nın Yaşam Döngüsü Etkisi Değerlendirme (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) metotları sadece sahaya özgü değildir ve E-LCIA yöntemleri sıklıkla coğrafya tipi veya popülasyon yoğunluğu gibi fiziksel faktörlere bağlı olan yer tiplerini tanımlar ve bunları kullanır. S-LCA, bazı durumlarda sahaya özgü LCIA gerektirebilir ve ayrıca ülkeler ve yasalar gibi “politik” nitelikler hakkında bilgiye ihtiyaç duyabilir. Veri türü ile ilgili olarak, bazen bir S-LCA’da kullanılacak yakın ilişkili veriler, (örneğin çalışanlar tarafından verilen bilgiler) öznedir. S-LCA’nın değerlendirilmesi süresince, alt kategoriler listesinin önerilmesi, değerlendirilecek minimum sorunun belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bu durum, S-LCA sonuçlarının, temel konulara değinmeden (dar kapsamlı olarak) sadece sosyal pazarlama amaçları için kullanılmasını önlemeyi amaçlamaktadır [2].

2.1. Hedef ve Kapsam Tanımı

Hedef ve kapsam tanımı aşaması; çalışmanın amacı ve kapsamı, fonksiyonel birimi, sistem sınırı, aktivite değişkenleri, birim prosesler, etki kategorileri, alt kategoriler, paydaşların tanımlanması/belirlenmesi, sosyal yaşam döngüsü etki değerlendirme yöntemleri ve varsayımların dahil edildiği ilk aşamadır [7].

E-LCA ve S-LCA arasındaki en belirgin fark odak noktalarıdır. E-LCA çevresel etkilerin değerlendirilmesi ile ilgilenirken, S-LCA sosyal ve sosyo-ekonomik etkileri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bir E-LCA, esas olarak, ürün/proses ile ilgili (çoğunlukla) fiziksel miktarlar hakkında bilgi toplamaya ve üretim/kullanım ve bertaraf etmeye odaklanacakken, bir S-LCA, zincir boyunca kurumla/firmayla ilgili yönler hakkında paydaşlardan ek bilgi toplayacaktır.

S-LCA’da, sosyal ve sosyo-ekonomik etkiler ürün sisteminin oluşturulması sırasında belirlenerek; ham maddenin elde edilmesi, işlenmesi, üretimi, kurulumu, satış, kullanım, geri dönüşüm/bertaraf süreci ile ilgilidir. Bu yaşam döngüsü aşamalarının (ve bunların birim süreçlerinin) her biri bu işlemlerden bir veya daha fazlasının gerçekleştirildiği coğrafi konum ile ilişkilendirilebilir. Bu coğrafi konumların her birinde, beş ana paydaş (çalışan, tüketici, yerel topluluk, toplum, değer zinciri aktörleri) kategorisinde sosyal ve sosyoekonomik etkiler gözlemlenebilir. Söz konusu bir paydaş kategorisi, incelenen ürün sistemleriyle benzer ilişkilerinden dolayı ortak çıkarları olması beklenen bir paydaşlar kümelenmesidir. Paydaş kategorileri alt kategorilerin belirlenmesi için kapsamlı bir temel sağlar. Önerilen paydaş kategorileri, bir ürünün yaşam döngüsü tarafından potansiyel olarak etkilenen ana grup kategorileri olarak kabul edilir. UNEP/SETAC kılavuzuna [7] göre bir paydaş kategorisi “...paydaşların, incelenen ürün sistemlerine benzer ilişkilerinden dolayı ortak çıkarları olması beklenen bir kümelenmedir”.

S-LCA kılavuz [7]listesi beş paydaş kategorisine ve otuz bir alt kategoriye göre sınıflandırılmıştır. Kılavuzlar, paydaşlar ve alt kategoriler listesinin, S-LCA sırasında değerlendirilecek asgari konular olarak ayarlanmasını önermektedir. Paydaşlar ve alt kategorilerin sınıflandırılmasıyla ilgili liste Tablo 2’ de verilmiştir. Tanımlanan beş ana paydaş kategorisinden ayrı olarak, alt gruplarda ilave veya daha fazla farklılaşma gözlenebilir. Dahası, S-LCA Kılavuzları “*minimum uyumun ötesine geçen, ek ve tamamlayıcı sosyal etkileri değerlendiren ilave kategorilerin geliştirilmesini*” önermektedir. S-LCA

Kılavuzları ve Metodolojik Formları bir çerçeve sağlamasına rağmen, sosyal göstergeler açısından olgu ve içeriğe özgü göstergelerin gerekliliği açıkça belirtilmiştir. Etki kategorilerine göre sınıflandırmanın amacı, paydaşların tanımlanmasını desteklemek, alt kategorilerdeki göstergeleri aynı etkilere sahip gruplar halinde ayırabilmek ve daha fazla etki değerlendirmesi ve yorumlamayı desteklemektir. Etki kategorileri, envanter göstergeleri ve envanter verileri her bir ürün veya sistem için farklılıklar göstermektedir [7].

UNEP/SETAC kılavuzunda [7], çalışmanın amaç ve kapsam aşamasında cevaplanması gereken soruların bir listesi de sunulmuştur. Örneğin; S-LCA çalışması neden yürütülmektedir? Kullanım amacı nedir? Sonuçları kim kullanacaktır? Değerlendirilmek istenen konu nedir? Ancak yapılan detaylı literatür çalışmasında bu yönlerin genellikle, ayrıntılı bir şekilde ele alınmadığı veya bu sorulara cevap aramayla ilgili bir kanıt sunulmadığı görülmektedir.

Tablo 2 Paydaşlar ve alt kategorilerin sınıflandırılması [7]

Paydaş kategorileri	Etki kategorileri	Alt kategoriler
Çalışan	İnsan hakları	Çocuk işçilik
		Adil maaş
		Çalışma saatleri
		Zorla çalıştırma
		Eşit fırsatlar/ayrımcılık
		İş sağlığı ve güvenliği
		Sosyal güvenlik/yardımlar
Tüketici	Çalışma koşulları	Sağlık ve güvenlik
		Geribildirim mekanizması
		Tüketici gizliliği
		Şeffaflık
		Ömür boyu sorumluluk
Yerel topluluk	Kültürel miras	Maddi kaynaklara erişim
		Maddi olmayan kaynaklara erişim
		Delokalizasyon ve göç
		Kültürel miras
		Güvenli ve sağlıklı yaşam koşulları
		Yerli halklara saygı
		Toplum katılımı
		Yerel istihdam
Güvenli yaşam koşulları		
Toplum	Sosyo-ekonomik etki	Sürdürülebilirlik konularına yönelik kamu taahhütleri
		Ekonomik gelişime katkı
		Silahlı çatışmaların önlenmesi ve azaltılması
		Teknoloji gelişimi
		Yolsuzluk
Değer Zinciri Aktörleri	Yönetim/kontrol	Adil rekabet
		Sosyal sorumluluğu teşvik etmek
		Tedarikçi ilişkileri
		Fikri mülkiyet haklarına saygı

2.1.1. Fonksiyonel birim

Üretim ve proses sistemleri bir çok süreçten oluşur. E-LCA’da, çevresel etkilerin bu süreçlerin doğası gereği ortaya çıktığı kabul edilir. Başka bir deyişle, süreç ve çevresel etki arasında nedensel bir bağ vardır. Bu nedenle, çevresel değerlendirme fonksiyonel birimde tanımlanan fonksiyonu sağlamak için gerekli olan işlemlerle ilgili birleştirilmiş giriş ve çıkış envanterine dayanmaktadır. Ancak, S-LCA ile ilgili bunun geçerli bir yaklaşım olup olmadığı tartışılmaktadır. Örneğin, nedensel bağlantı süreçten sosyal etkilere değil, ürünü veya hizmeti üreten şirketin davranışından sosyal etkilere kadardır. Bu nedenle, S-LCA envanter analizinin, ürün sistemine dahil olan şirketlere odaklanması gerektiğini savunulmaktadır. Ayrıca, sürece odaklanmanın E-LCA’da kullanılan değerlendirmenin temeli olduğu ileri sürülmüştür [26].

ISO 14040’de fonksiyonel birim, “*referans birim olarak kullanılmak üzere bir ürün sisteminin sayısal performansı*” olarak tanımlanmaktadır [27-28]. Bununla birlikte, S-LCA ve E-LCA’nın her ikisi de, fonksiyonel birim kullanır. Fonksiyonel birim açısından E-LCA ve S-LCA arasında bir fark yoktur. Ürün veya sistem modellemesi için gerekli şartlar E-LCA ve S-LCA için aynıdır. E-LCA’da, nitel veriler kullanıldığında, nitel sonuçlar genel olarak fonksiyonel birim tarafından ifade edilmez. S-LCA’nın genellikle proses çıktıları başına düşen süreçlerin ve/veya kendi şirketlerinin nitelikleri veya özellikleri hakkında bilgi vermesi, S-LCA ve E-LCA’nın fonksiyonel birim ile ilgili aralarındaki tek farklılık olarak ifade edilebilir. Bundan dolayı, söz konusu bilgiler S-LCA’daki yaşam döngüsü boyunca direk olarak fonksiyonel birim başına verilemeyebilir. Eğer, istenirse, sonuçlar yaşam döngüsü özellik değerlendirme kullanılarak nicel olarak verilebilir. Her durumda, sonuçlar ürünlerin yaşam döngüsünün, birim proseslerin oransal ağırlığını ortaya koyacak şekilde ifade edilmelidir [2].

Bunun yanı sıra, S-LCA sonuçlarının fonksiyonel birim bazında ifade edildiği literatür çalışmaları vardır. Örneğin, Aparcana ve Salhofer [17] tarafından yapılan çalışmada, fonksiyonel birim olarak bir yıl boyunca bir ev tarafından toplanan geri dönüştürülebilir atık miktarı olarak tanımlanmıştır. Martinez-Blanco vd. [23] çalışmalarında, S-LCA etkilerinin belirlenmesinde fonksiyonel birim olarak 1 ton domates üretimi için gerekli olan üç farklı azot gübreleme miktarını seçmişlerdir. Vinyes vd. [29]’nin çalışmasında, fonksiyonel birim, Barselona şehrinde 1 yıl boyunca 10.000 kişilik bir mahallede üretilen "kullanılmış yemeklik yağ" seçilmiştir.

Fonksiyonel birim, değerlendirmenin kapsamını tam olarak tanımlamak ve karşılaştırmalı değerlendirmelerdeki eşdeğer sistemlerin karşılaştırılmasını sağlamak için de önemlidir [24]. Ancak, fonksiyonel birimle ilgili, literatürde en çok tartışılan konulardan birisi, sosyal göstergelerin fonksiyonel birime nasıl bağlanacağıdır. S-LCA’nın kapsamlı bir sürdürülebilirlik analizi çerçevesinde yürütüldüğü çalışmalarda S-LCA’nın E-LCA ve Yaşam Döngüsü Maliyeti (Life Cycle Cost, LCC) ile tutarlılık göstermesi için fonksiyonel birim tanımlanması gerekir. Bununla birlikte, fonksiyonel birimin doğal niceliksel yapısının yanı sıra, sadece birkaç çalışmada analiz referans akışı belirtilmiş ve çoğu çalışmada fonksiyonel birim yalnızca analizin kapsamını daha iyi tanımlamak amacıyla belirlenmiştir.

Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi (Life Cycle Sustainability Assessment, LCSA) çerçevesinde yürütülen çalışmalarda, sosyal göstergeler fonksiyonel birime bağlanır. Gösterge (indikatör) sonuçları, uluslararası anlaşmalara göre göreceli ilişkilerine göre puanlanabilir ve daha sonra bir ağırlık sistemi kullanılarak toplanabilir. Diğer durumlarda, sonuçlar E-LCA’nın karakterizasyon modellerinde olduğu gibi bir orta nokta (mid-point) veya son nokta (end-point) göstergesine dönüştürülür ve daha sonra fonksiyonel birim ile ilişkilendirilebilir. Bazı S-LCA yaklaşımları orta nokta göstergelerini kullanır, diğerleri son nokta göstergelerini kullanır [30]. Bu fark etki yollarındaki (impact pathway) göstergelerin yerini ifade eder. Etki yolları yöntemleri, Etki yolları yöntemleri, çevresel LCA’ya benzer orta nokta göstergeleri ve/veya son nokta göstergelerinden oluşan karakterizasyon modelleri olarak etki yollarını kullanan bir ürün sisteminin sosyal etkilerini değerlendirir. Bu yöntemler sosyal etkilere dayanır ve etkileri tahmin etmek için sebep-sonuç zincirlerini kullanır. Bu yöntemler

çoğunlukla nicel göstergelere dayanmaktadır [30]. Örneğin, istihdam normalde kendi başına bir amaç olarak kabul edilemez ancak aile gelirine ve sonrasında yoksulluğun azaltılmasına katkıda bulunarak, ailenin sağlık koşullarını iyileştirebilir bu da nihai amaç olarak görülebilir. Bu örnekte, istihdam bir orta nokta göstergesi, sağlık durumu son nokta gösterge olarak düşünülebilir [26].

2.1.2. Sistem sınırları

Sistem sınırları tanımı için iki farklı yaklaşım ortaya konulmaktadır. Bir yandan, yaşam döngüsünü yalnızca değerlendirmeyi yapan firma tarafından doğrudan etkilenen kısımların dahil edilmesi (kapıdan kapıya), diğer yandan, tüm yaşam döngüsünün dahil edilmesi (beşikten mezara). Çalışmaların çoğunda, sistem sınırlarını oluştururken, özellikle daha spesifik verilerin toplanabildiği ve çalışmanın kapsamı ile ilgili olduğu aşamalara odaklanılmaktadır.

UNEP/SETAC kılavuzuna [16] göre, ürünün sistem sınırları sadece “ürün akışları” ile değil, E-LCA’ya benzer şekilde modellenmelidir. Buna ek olarak, S-LCA, LCSA çerçevesinde gerçekleştirildiğinde, sistem sınırlarının farklı yöntemler arasında uyum göstermesi gerekir. Sistem sınırları, tüm birim süreçlerini, üç sürdürülebilirlik boyutlarından birinde, anlamlı bir etki ile birlikte içermelidir. Ürün sistemini ve sınırları tanımlamak için kullanılan kavramlar ve kurallar, S-LCA uygulamalarında açık bir şekilde ifade edilmemiştir [31]. Ayrıca, E-LCA’nın aksine, S-LCA çalışmalarında veri ihtiyacı son derece sahaya özgüdür ve S-LCA’nın ürün zincirleri temelinde yürütülmesinin değeri normalde sınırlıdır. Şirkete özgü bilgi ve verilere duyulan ihtiyaç, S-LCA’da ürün sisteminin kapsamı, yani ürün sisteminin hangi kısımlarının dahil edilmesi gerektiği konusunda bir sonuç oluşturur [5].

S-LCA’daki sistem sınırları, E-LCA’da olduğu gibi, yaşam döngüsünün hangi bölümlerinin ve hangi proseslerin analiz edilen sisteme ait olduğunu, yani, fonksiyonel birim tarafından tanımlanan fonksiyonu sağlamak için hangi proseslerin gerekli olduğunu tanımlar.

Bunun yanı sıra, artan S-LCA uygulaması ile tecrübe kazanıldıkça, S-LCA sistem sınırının E-LCA sistem sınırından farklı olmasının nedenleri daha açık hale gelecektir. Sistem sınırlarının dışında nelerin (proseslerin/süreçlerin), neden bırakıldıkları konusunda daha fazla tecrübe kazanılması gerektiğinden, S-LCA uygulayıcılarının uygulamalarını rapor etmeleri beklenmektedir, böylece söz konusu kılavuzlar geliştirilebilir. Uluslararası S-LCA topluluğu, sistem sınırları modelleme yaklaşımının özelliklerini ayrıntılı olarak tartışmamış olsa da, E-LCA’dakiyle aynı modelleme ilkeleri uygulanabilir kararını vermiştir [7].

2.2. Yaşam Döngüsü Envanteri (LCI)

S-LCA ve E-LCA’da LCI aşaması mevcuttur. E-LCA’da LCI verileri, çevresel etkileri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Yaşam döngüsü etki değerlendirmesine kütleli ve enerji gibi fiziksel akışlar ve süreçler dahil edilmiştir. Ölçüm tekniklerinin doğruluğuna bağlı olarak, envanter verileri yüksek bir kesinlik derecesiyle belirlenebilir. LCI aşaması, S-LCA ve E-LCA için verilerin toplandığı, sistemlerin modellendiği ve LCI sonuçlarının elde edildiği bölümdür [7]. S-LCA çalışmalarında, veri toplama için önerilen yöntem, çeşitli paydaşlar ve yerinde gözlemler ile yapılan görüşmelerden oluşabilir ve envanter çalışmaları UNEP/SETAC [8] kılavuzuna göre kolaylıkla uygulanabilir. LCI verileri önceliklendirme, sıcak noktaların değerlendirilmesi, sahaya özel değerlendirme ve etki değerlendirilmesi (karakterizasyon) için toplanır.

Sosyal etkileri değerlendirmek içinse aynı “kütleli ve enerji dengesi yaklaşımı” uygulanamaz. Bunun yerine, sürecin ve hangi verilerin toplanması gerektiği ile ilgili sosyal çevre arasında bazı etkileşimlerin belirtilmesi gerekmektedir [32]. Bu adım, aktif değişkenler üzerinde yaşam döngüsü veri toplanmasını içerir ve önceliklendirme, sıcak noktaların değerlendirilmesi, sahaya özel değerlendirme ve etki değerlendirilmesi için kullanılır. Çalışmanın amacı ve kapsamı ile S-LCA’nın envanter aşamasını

yürütmek için bir başlangıç planı mevcuttur. LCI gerçekleştirirken aşağıdaki adımlara uyulması UNEP/SETAC kılavuzu [7] , tarafından önerilmektedir:

- Veri toplama (önceliklendirme ve tarama, genel veriler, sıcak noktaların değerlendirilmesi için)
- Temel verilerin toplanması için hazırlık
- Temel verilerin toplanması
- Etki değerlendirmesi (karakterizasyon) için gerekli veriler
- Verilerin doğrulanması
- Verilerin fonksiyonel birim ile ilişkilendirilmesi (uygulanabilir olduğunda)
- Sistem sınırının iyileştirilmesi
- Verilerin birleştirilmesi

Veri kaynağı ve kalitesi S-LCA'da önemli bir konu olup, hem nicel hem de nitel olarak çok sayıda bilgiye ihtiyaç vardır ve bunların kullanılabilirliği ve sağlamlığı, çalışma sonuçları için kritik öneme sahiptir. UNEP/SETAC metodolojik tabloları, bazı bilgilerin toplanabileceği kaynak örneklerini (yani uluslararası ajansların, sivil toplum kuruluş (STK)'ların, web sitelerinin raporlarını) önermektedir; bununla birlikte, verilerin kapsamlı olması gerekmez ve çoğu zaman daha fazla temsili ve uygun veriyi elde etmek için doğrudan nicel veya yarı-niceliksel parametrelerin/göstergelerin toplanması gerekir. Dahası, genel verilerin kullanımı, E-LCA' ya kıyasla S-LCA'da daha zorlu bir yol olarak görülmektedir, çünkü gösterge verilerinin değerleri yerel/bölgesel olarak daha değişkendir ve teknoloji sisteminden çok şirketlerin davranışlarına bağlıdır. Verilerin kalitesi, diğerleri arasında, bir coğrafi ölçeğe (şirket, sektör, ülke) göre değerlendirilebilir [23]. Ülke seviyesi ise daha az değerli olması beklenen ancak toplanması daha kolay olan belirli bir ülkenin ortalama bilgisidir [31].

S-LCA değerlendirmesinde LCI için genel veriler (generic data) ve sahaya özgü veriler (site-specific data) elde edilebilir. Çalışmanın sistem sınırları belirlendikten sonra, S-LCA uygulayıcısının verilerin nerede toplanması gerektiğine karar vermesi gerekir. Sahaya özgü veriler, belirli bir işletmede meydana gelen belirli bir süreç için toplanan ve söz konusu paydaşların (çalışanlar, bölge halkı, tedarikçiler vb.) dahil olduğu veya etkilendiği belirli bir yerde toplanan verileri ifade eder. Sahaya özgü veriler, verilerin başka bir yerde toplanabileceğinden (örneğin şehir ofisi, vb.) Verilerin sahada toplandığı anlamına gelmez. Genel veriler, sahada toplanmayan veriler anlamına gelir. Aynı ürün türünün diğer üreticilerinden toplanan veriler bile, incelenen yaşam döngüsü aşamasının aynı ülkesinde, hala genel olarak kabul edilir. Genel veriler, belirli bir tedarik zincirinin etkilerini temsil etmeyebilir. Sosyal etki değerlendirmesinde davranışlar çok önemli olduğu için sahaya özgü bilgileri bilmek önemlidir. Bu nedenle, bir S-LCA çalışmasının uygulanmasında, verilerin önceliklendirmeye ihtiyacı vardır, çünkü bir malın veya bir hizmetin üretimi, kullanımı ve bertarafıyla ilgili her organizasyonda yerinde veri toplamak çok maliyetli, zaman alıcıdır ve çoğu zaman alakalı değildir. Öncelik belirleme (çalışmanın amacına bağlı olarak) çalışmayı zorunlu kılan kuruluşların etki alanını ve çalışılan ürünün yaşam döngüsü aşamalarının göreceli önemini dikkate alarak fayda sağlayabilir. Göreceli önemi, ürün sistemindeki proseslerin her birinin katma değerine, işçi saatlerine ve /veya ilgili diğer etkinlik değişkenlerine göre belirlenebilir. Sahaya özgü veri toplama, ürünün değerlendirildiği kuruluşun etki alanının bir fonksiyonu olarak belirlenebilir. Bu nedenle, değerlendirme kuruluşun etkisi altında olmayan yaşam döngüsü aşamaları için genel değerlendirme içerebilir. Değerlendirilen ürünü üreten kuruluşun etki alanına girildiğinde spesifik değerlendirme dahil edilebilir. Sahaya özgü veriler sosyal denetimler yoluyla toplanmaktadır. S-LCA'da yapılan sosyal denetimler, bir kuruluş (ilgililenen birim prosesin bulunduğu yerde) ile paydaşları arasındaki ilişkiyi analiz eder (örneğin, ulusal hükümet, topluluk temsilcileri, sendikalar ve işçi temsilcileri, seçilmiş memurlar, işçiler, tüketiciler, sivil toplum kuruluşları). Sahada toplanan veriler doküman denetimi, görüşmeler, anketler, katılımcı değerlendirme vb. yoluyla üretilebilir. Birincil veriler doğrudan şirket tarafından toplanan veya ölçülen verilerdir. Birincil veriler ile sahaya özgü veriler arasında bir fark vardır. Gruptaki proses örneklerinden tahmin edilen birincil veriler sahaya özgü veriler değildir [7].

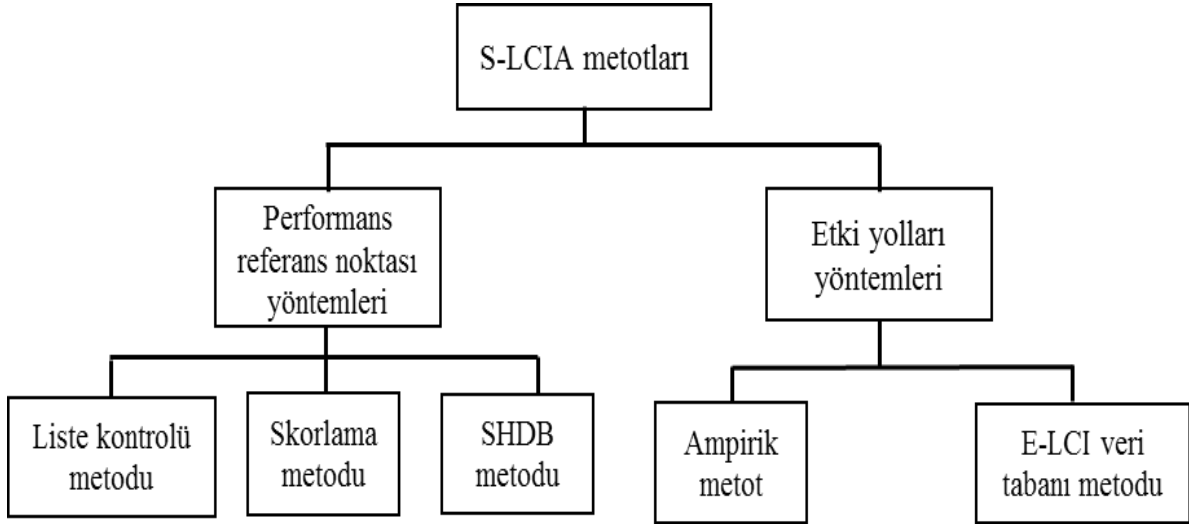
Envanter kısmı, özellikle, göstergeler söz konusu olduğunda iki ana nedenden dolayı zor bir konudur [31]: (i) etki göstergeleri ve envanter göstergeleri arasında bir ayrım yoktur, (ii) göstergelerin seçilmesi/seçimi için güçlü bir yaklaşım nadiren tartışılmakta ve açık bir şekilde raporlanmaktadır. Birincisi, belirli bir göstergenin etki yolu boyunca konumlandırılmasını ifade eder. Göstergelerin seçilmesiyle ilgili ikinci sorun, uygunluk genellikle göstergelerin seçim kriteri olarak belirtilir ancak bunun nasıl değerlendirildiği hakkında (bazı göstergelerin, literatür taraması sonuçlarına göre eldeki sektörle ilgili olarak kabul edilmesi dışında) ayrıntılı bir bilgi söz konusu değildir. Gösterge kullanımında farklı bir yaklaşım olması için Tip I ve Tip II S-LCA'da görülebilir. Ayrıca, E-LCA'da orta noktalar(midpoints) ve son noktalar (endpoints) olarak iki tip etki kategorisi tanımlanmıştır. Son nokta kategorisi örneğin bir yaşamsal doğal çevre veya insan sağlığına bağlı çevresel zararları temsil etmeye çalışır. Orta nokta kategorisi envanter (emiyon vb.) ile koruma alanındaki nihai hasar arasında duran çevresel bir sorunu kapsamayı amaçlar. Etkinin değerlendirilmesi, envanterden ez az orta nokta göstergelerine kadar bir neden-sonuç zincirini takip eder ve isteğe bağlı olarak son nokta sonuçlarını değerlendirmek için ilave neden-sonuç modellemesi ile devam eder. Buna benzer şekilde, iki tür sosyal ve sosyo-ekonomik etki kategorisi tanımlanabilir. Tip I etki kategorileri, bir paydaşın ilgilendiği bir tema içerisindeki alt kategorilerin sonuçlarını toplar. Örneğin, çalışanlar paydaş olarak seçilirse, çalışma saatleri, çalışma ücretleri, sosyal güvenlik çalışanlar için alt kategorilerden bazılarıdır. Tip II etki kategorileri, kriterler üzerinde tanımlanmış nedensel bir ilişkiye sahip olan alt kategorilerin sonuçlarını modellemektedir. S-LCA'da kullanılan Tip I, etki kategorisi, çalışmanın amacına ve kapsamına karşılık gelir ve etkilenen paydaşlarla ilgili olarak ifade edilen, sağlık ve güvenlik, çalışma koşulları, sosyo-ekonomik yansımalar, kültürel miras ve yönetimini kapsayabilen sosyal ilgi alanlarını temsil eder. Alt kategori gösterge sonuçları, etki kategorisi sonuçlarında toplanır. Tüm toplama formülü (karakterizasyon) şeffaf olmalıdır. Şu an için, S-LCA uygulayıcıları tarafından genellikle kabul edilen alt kategoriler ve etki kategorileri (Tip II) arasında hiçbir karakterizasyon modeli bulunmadığına dikkat edilmelidir [7]. S-LCA kılavuzlarına göre, Tip I ve Tip II, toplanan verilerin farklı pozisyonlarında farklılık gösterir ve etki yolu boyunca (performansa karşı etki şeklinde) sonuçlanır [33]. LCI aşamasını geliştirmek için ilk yöntem (Tip I) dayanan uygulayıcılar “metodolojik tablolar”, envanter göstergelerinden başlayarak ve performanslarının değerlendirilmesine kadar, paydaş alt kategori yapısını benimsemektedir [8]. Tip II için ise daha heterojen bir durum görülebilir, asıl odak noktası, ana yolların tanımlanması üzerinedir. Gerçekte yol hesaplamaları ile hesaplanan değişkenler olan envanter verileri nadiren vurgulanır veya veri toplama nadiren tartışılmakta ve örnek çalışmalar yoluyla gösterilmektedir [4,6,34]. Ayrıca, E-LCA çerçevesinde genel olarak kullanılan, neden-sonuç zincirine göre, envanter göstergelerinden etki göstergelerine iki yol önerilmektedir. Son olarak, diğer araştırmacılar, E-LCA çerçevesine sosyo-ekonomik sonuçlara ilişkin spesifik/belirli göstergeler eklemeyi teklif etmişlerdir. Aslında, ürünlerin sosyo-ekonomik etkilerinin değerlendirilmesi için S-LCA önerilmiş olsa bile, bazı yazarlar çevresel LCA çerçevesinin bazı sosyal yönleri toplamaya daha iyi izin vereceğini ileri sürmüşlerdir [30].

2.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (LCIA)

E-LCA'da Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (LCIA) elde edilen verilerin kullanılmasıyla gerçekleştirilir. LCIA aşamasında karakterizasyon, LCI sonuçlarına dayanarak potansiyel etkilerin hesaplanmasını içeren zorunlu bir adımdır. Bir sonraki adım, ISO 14044 standardına göre gönüllü olarak gerçekleştirilen “Normalizasyon ve Ağırlıklandırma” işlemleridir. Normalizasyon, farklı çevresel etki kategorilerini karşılaştırmak için bir temel sağlar. Ağırlıklandırma ise her bir etki kategorisinin, göreceli önemine bağlı olarak, bu kategorilere bir ağırlık faktörü atamak anlamına gelir. Ağırlıklandırma faktörlerini uygulama ile ilgili en önemli sorun, genel değerlendirmeye herhangi bir şey eklemeyen değerler ölçeğini çarpıtmalarıdır. E-LCIA için literatür çalışmalarında kullanılmış, ISO 14044 standardı ile uyum gösteren, CML-IA v3.0, Recipe, IMPACT+ gibi bir çok etki değerlendirme metodu vardır.

S-LCA’da ise LCI sonuçları ilk olarak sosyal etki kategorileri ve alt kategorilere göre sınıflandırılır ve bu aşama sınıflandırma olarak adlandırılır. Daha sonra, sonuçlar alt kategori göstergeleri veya son noktalar için hesaplanır. Veri doğrulama ve karakterizasyon işlemleri S-LCIA’ nın önemli bileşenleridir [35].

UNEP/SETAC tarafından hazırlanan kılavuz [7] S-LCA çerçevesini: beş paydaş, otuz bir alt kategori içerisinde altı etki kategorisini; envanter analizi ve etki değerlendirmesini bir çerçevede sunmaktadır. Tanımlanan kategoriler insan hakları, çalışma koşulları, sağlık ve güvenlik, kültürel miras, yönetim ve sosyo-ekonomik yansımalarıdır. Paydaş kategorisi; çalışanlar, yerel topluluk, toplum, değer zinciri aktörleri ve tüketiciler olmak üzere, bu kategoriler de sırasıyla 8, 11, 3, 4 ve 5 alt kategoriye sahiptir. Ancak, söz konusu kılavuz belirli bir etki değerlendirme metodolojisine sahip olmadığı için, araştırmacılar S-LCIA için çeşitli yöntemler geliştirmiş ve bunları kullanmıştır. Bu nedenle, mevcut S-LCIA yöntemleri iki geniş kategoride sınıflandırılabilir: performans referans noktası ve etki yolları yöntemleri. Bu kategoriler, Şekil 1’de gösterilen ve aşağıda tarif edilen alt kategorilere ayrılabilir.



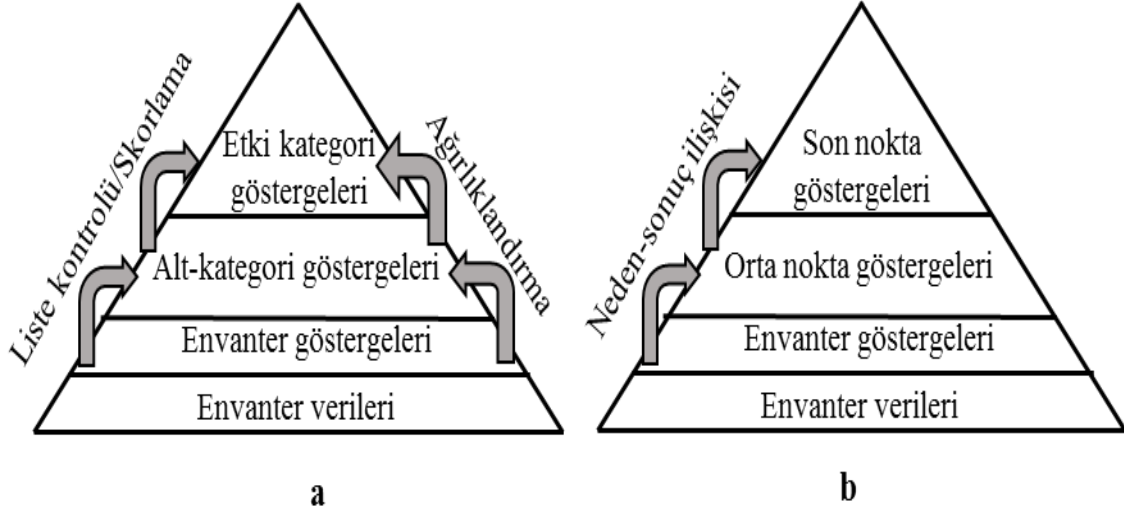
Şekil 1. Mevcut S-LCIA metotları [26]

Performans referans noktası yöntemleri, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve ISO 26000:Sosyal Sorumluluk Konusunda Rehberlik [36] gibi uluslararası kabul görmüş minimum performans dayalı performans referans noktalarını kullanarak sosyal etkileri değerlendirir. Metotlar, envanter gösterge verilerini etki kategorilerine (ör. insan hakları) toplamak için renk kodlaması, puanlama ve bir ağırlıklandırma sistemini kullanır. Nitel ve nicel göstergeler toplanabilir. Nicel göstergeler: istihdam, yaralanma sayısı, ölümlü kaza sayısı, çalışma saatleri gibi göstergelerdir. Yarı-nicel göstergeler: evet/hayır ölçeği ile doğrulama yapılan göstergelerdir. Örneğin tedarikçilerin insan haklarına davranış ve kurallara uyumu olabilir. Nitel göstergeler çalışanların yaralanmaları, hastalıkların sayısı olarak ifade edilebilir [37]. Performans referans noktası yöntemlerinde araştırmacılar “neden-sonuç ilişkilerinin yeterince basit olmadığını düşündüklerinden veya niceliksel neden-sonuç modellemesine izin vermek için yeterli hassasiyetle bilinmediklerine inandıklarından neden-sonuç zincirlerini kullanmazlar [7]. Bu yöntemler UNEP/SETAC kılavuzu tarafından Tip I etki değerlendirmesi olarak dahil edilmiştir [7]. Bu yöntemlerin etki değerlendirme mekanizması Şekil 2 (a)’da gösterilmiştir.

Birçok S-LCA araştırmacısı, S-LCA’nın bir parçası olarak sosyal etkileri değerlendirmede performans referans noktası yöntemlerini uygulamıştır. Ancak, geniş kapsamlı bir etki değerlendirmesi için liste kontrolü metodu, skorlama ve SHDB metodu olarak sınıflandırılan farklı teknikler izlenmiştir. SHDB

yöntemi de bir puanlama kullanır, ancak bu puanlar daha büyük bir SHDB sisteminin bir parçası olarak önceden tanımlanmıştır [35].

Etki yolları yöntemleri, E-LCA'ya benzer orta nokta göstergelerinden ve/veya uç nokta göstergelerinden oluşan karakterizasyon modelleri olarak etki yollarını kullanarak bir ürün sisteminin sosyal etkilerini değerlendirmektedir [30]. Bu yöntemler sosyal etkilere dayanır ve etkileri tahmin etmek için neden-sonuç zincirlerini kullanır. Bu yöntemlerde, çoğunlukla sayısal/nicel göstergelere dayanmaktadır. UNEP/SETAC Rehberi tarafından Tip II etki değerlendirmesine dahil edilmiştir. Bu yöntemlerle ilgili etki değerlendirmesinin mekanizması Şekil 2 (b)'de özetlenmiştir.



Şekil 2 (a) Performans referans noktasına dayanan, (b) Etki yollarına dayanan S-LCIA mekanizmaları [34]

2.3. Yaşam Döngüsü Yorumlaması

E-LCA ve S-LCA'da yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve LCI analizi sonuçları, önemli konuları tanımlamak için birlikte değerlendirilmektedir. Çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda, yaşam döngüsü yorumlama aşamasının, sonuçları analiz etmek, sonuçlara varmak, çalışmanın sınırlarını açıklamak, tavsiyelerde bulunmak ve uygun şekilde raporlamak gibi amaçları vardır. ISO 14040 [27] standardına göre, bu aşama; toplamda 4 adım içerir:

- Önemli konuların belirlenmesi,
- Çalışmanın değerlendirilmesi (bütünlük ve tutarlılık ile ilgili hususları içerir),
- Sonuçlar, öneriler ve raporlama
- Paydaşlarla etkileşim düzeyi

3. S-LCA'NIN YOL HARİTASI

Sing ve Gupta [38] tarafından yapılan çalışmada, S-LCA metodolojisi sekiz aşamada gösterilmiş olup Şekil 3'te verilmiştir. Söz konusu aşamalar, UNEP/SETAC [7,8] yönergelerine ve ISO 14040 çerçevesine göre yaşam döngüsü değerlendirmesi adımlarına uygun olarak yapılmıştır.

1. Aşama: S-LCA çerçevesinin geliştirilmesi
2. Aşama: Göstergelerin seçilmesi
3. Aşama: Fikir fırtınası/ Çok değişkenli analizler
 - Göstergeler için veri kalitesini değerlendirmek
 - Göstergeler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek
4. Aşama: Ağırlıklandırma ve skorlama kriterleri
5. Aşama: Yaşam döngüsü aşamalarında süreç haritalaması
6. Aşama: Anket araştırmaları, yönetim görüşmeleri ve literatür taraması yoluyla veri toplama
7. Aşama: Verilerin analizi ve toplanması
8. Aşama: Sıcak noktalar (Hot spot) değerlendirmesi

Şekil 3 S-LCA' nın uygulanma aşamaları

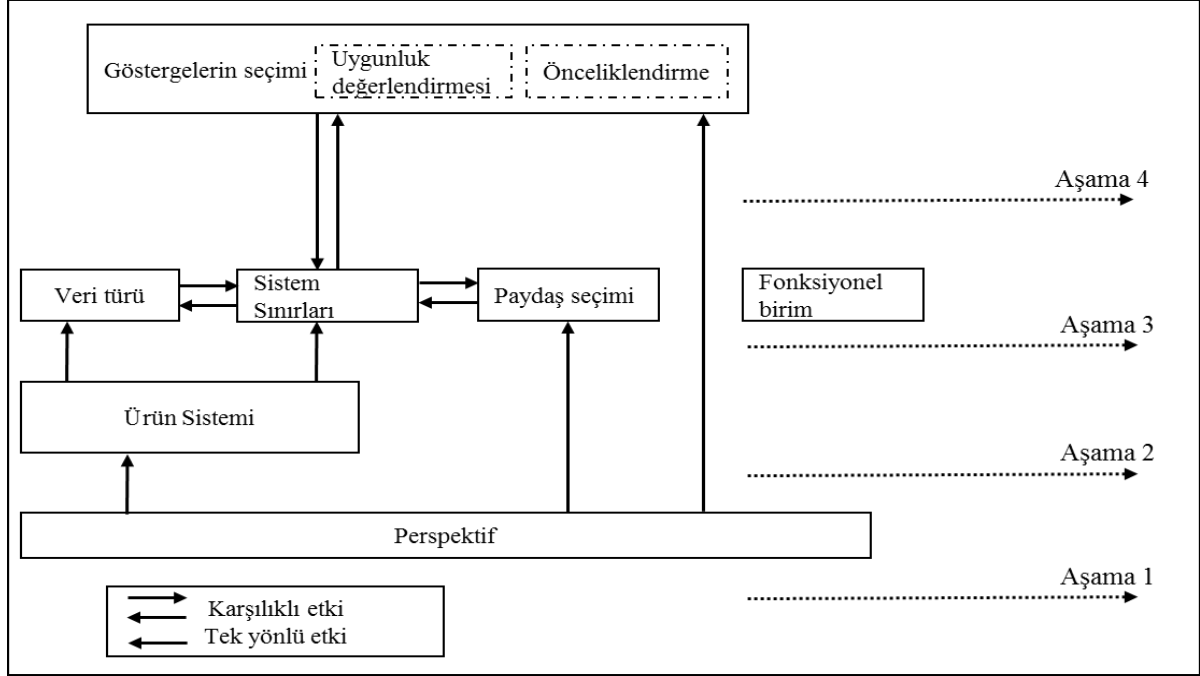
Zanchi vd. [31] tarafından yapılan çalışmada, S-LCA çalışmalarının hedef ve kapsamını ve envanter aşamasını belirlemede uygulayıcıları yönlendirmek için kavramsal bir harita haline getirilmiştir (Şekil 4). Kavramsal harita, her biri aynı anda karşılaşılabilecek farklı düğümleri içeren dört adımda düzenlenmiştir. Tek ve çift satırlar düğümler arasındaki etkileşimi temsil eder. Tüm metodolojik ve pratik konular, S-LCA metodolojisinin amacını ve kapsamını ve envanter aşamasını nasıl etkileyebileceklerini dikkate alarak sırayla yerleştirilmiştir. Bu sekans (dizi) katı bir zaman aralığı olarak değil de, her biri analizin devam ettirilmesi için gerekli olan kararların alındığı, önemli noktaları temsil eden birden fazla düğüm (nod) olarak görülmesi gerekir. Her bir düğüm analizi yapmak için karar alınması gereken önemli bir noktayı temsil eder. Düğümler, prosedür sırasını temsil eden dört aşamada düzenlenir; her adımda, düğümler aynı zamanda eldeki uygulamaya bağlı olarak, aynı anda karşı karşıya olabilir. Tek veya çift satırlar düğümler arasındaki ilişkileri temsil eder. Diğer bir deyişle, düğümlerin birbirlerini etkileme derecesi ve sırasıyla tek yönlü ilişki veya karşılıklı ilişkiye karşılık gelir.

Kavramsal haritanın ilk aşaması, perspektif ayarının düğümünü içerir. Uygulayıcının cevaplama gereken soru şudur: Eldeki ürün sisteminin nerede, nasıl ve kime etki üretmesi bekleniyor? Bunu destekleyen iki ana argüman vardır. Birincisi, E-LCA'nın ve sonuç olarak, S-LCA'nın karar desteği için bir araç olarak kabul edilmesi ve çalışmanın kullanıcılarının kim olduğu ve hangi tür bilgi ile ilgilendiğini göz önüne alınarak geliştirilecek metodolojinin her türlü uygulamasıdır. Analiz edilen sistemin bir etki yaratması amaçlanmıştır. İkincisi, benimsenen perspektif ile paydaş kategorileri arasındaki bağlantı ile ilgilidir (3. Aşama). S-LCA'nın dikkate almak istediği farklı paydaş grupları arasında çıkar çatışması olabilir bu da kaçınılmaz ve zorlu bir değiş-tokuş oluşturur (trade-off). Bu nedenle, S-LCA analiz etkilerinin elde edilmesi beklenen paydaşlarla sınırlandırılması daha net sonuçları ortaya koyabilir [31].

İkinci aşama, ürün sistemi açıklamasını içerir. Bu düğüm, hem onu tanımlamak için kullanılan yaklaşımı hem de ürün türünü (iyi tanımlanmış/tanımlanmamış değer zincirini) dikkate alır. Şu ana kadar, S-LCA bağlamında ürün sisteminin nasıl doğru bir şekilde tanımlanacağı konusunda bir fikir birliği yoktur [31]. Üçüncü aşamada, dört düğüm söz konusudur. Sistem sınırları çoğunlukla analizin kapsamını ve gerekli bilgi miktarını düzenler; bu nedenle, bu düğüm birçok karar ile ilgilidir. Ürün sisteminin çift doğalarına göre, analizin sınırlarını tanımlamak için iki yaklaşım belirlenmiştir:

- İlgi ve etki düzeyi ile ilgili etki odaklı yaklaşım,
- Ürün sistemindeki çeşitli fiziksel birimlere bağlı teknoloji odaklı yaklaşım.

Kavramsal haritanın dördüncü aşaması, uygunluklarını ve önceliklerini değerlendirmek açısından gösterge seçiminin düğümünü içerir. Uyumluluk düzeyinin değerlendirilmesi, yukarıda bahsedilen yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya yaklaşımlara göre ele alınabilir ve seçilen göstergeler arasında sağlam ve yönetilebilir sonuçlar elde etmek için daha fazla önceliklendirme gerekli olabilir [31].



Şekil 4. S-LCA'nın uygulayıcılar için kavramsal haritası [31]

4. S-LCA'NIN KISITLARI VE LİMİTLERİ

S-LCA, bugün bilimsel topluluklarda hala tam olarak kabul görmemiş gibi görünmektedir [39]. S-LCA'nın temel amacı, ürün yaşam döngüsü değerlendirmesinde, sürdürülebilirliğin üç boyutu (çevresel, ekonomik ve sosyal) ile ilgili modelleme, değerlendirme gereği ve sonuç olarak E-LCA ve LCC'yi tamamlayıcı bir sosyal etkiyi belirlemektir. Öte yandan S-LCA yöntemi, E-LCA ve LCC yöntemlerine göre daha az standardize bir yapıya sahiptir ve uygulamalarında ve diğer etki yollarının tanımlanmasında hala birçok zorluk çekilmektedir. Bu noktada, E-LCA gibi yaşam döngüsü düşüncesinde bir mühendislik yaklaşımı temel alınırken, S-LCA'da sosyal ve antropolojik yönler için modellerin nesneleştirilmesi arayışının olması S-LCA'yı da mühendislik yaklaşımı nosyonu kazandırmaktadır.

Bu bağlamda, ürün yaşam döngüsünü kapsamlı bir sürdürülebilirlik değerlendirmesi için en yaygın olarak kabul edilen çerçeve aşağıdaki denklemle ifade edilebilir [39]:

$$LCSA=LCA+LCC+S-LCA \quad (1)$$

Bu denklem, yeni bir ürünün geliştirilmesinde ve yaşam döngüsü boyunca etkilerin değerlendirilmesinde karar verme sürecini desteklemek için geliştirilmiştir. Özellikle, yeni bir ürünün geliştirilmesi söz konusu olduğunda sürdürülebilirlik ile ilgili (uzman olan veya olmayanlar) bu denklem ile sık sık ilgilenir. Çünkü sayısal göstergeler kullanılarak gerçekleştirilen bir niceliksel değerlendirme, (kolayca yanlış yorumlanabilen) bir niteliksel ölçüme göre daha çok tercih edilir. Bu da S-LCA'ya mühendislik yaklaşımı veren en önemli unsurlardan biridir.

LCSA'nın sürdürülebilirlik kavramının bütüncül yönünü gerçekten yerine getiremediği düşünüldüğünden, LCSA'ya eleştirel yaklaşılmaktadır. Fakat uygulamada yapılan değerlendirmeler

temel olarak ayrı değerlendirmelerden elde edilen sonuçların birleştirilmesi veya karşılaştırılmasıdır. Aynı eleştiri, E-LCA'yada yönlendirilebilir, çünkü farklı koruma alanlarının (areas of protection) göstergelerini kullanarak ve yorumlama aşamasındaki değiş tokuşları ve en iyi senaryoyu belirleme eğilimini kullanarak etkiler değerlendirilmektedir. E-LCA için bu yaklaşım, artık tamamen kabul edilmiş olup ISO Normlarına göre, standartlaştırıldığı için eleştirilmemektedir. Ancak, standardizasyon bir yöntem için iyi bir meşrulaştırma aracı ve yukarıdan aşağıya (top-down) bir bakış açısı sağladığı için kabul görebilirken, aşağıdan yukarıya (bottom-up) bakış açısı, başka bir deyişle yaşam döngüsü kullanıcıları açısından da bazı iyileştirmelerin yapılması gerektiği muhakkaktır. S-LCA bilimsel olarak kabul edilmemiş olsa bile son yıllarda, iş dünyasının ilgisi belirgin bir şekilde artmıştır. Metodoloji ve göstergeleri pratik bir düzeyde uyumlu hale getirmek için çeşitli girişimlerde bulunulabilir. Kimyasal Ürünler için S-LCA Ölçümleri- Dünya İş Konseyi Sürdürülebilir Kalkınma Grubu tarafından kimyasal ürünlerin, sosyal etkilerini değerlendirmek ve raporlamak için hazırlanan bir kılavuz buna örnek olarak verilebilir. Bu kılavuz, S-LCA ölçümlerini sunarak kimya sektörü için yapılmış ilk çalışmadır. Örneğin, kimyasal şirketlerin, tam ürün zincirindeki kimyasal ürünlerin sosyal etkilerini değerlendirerek ve raporlayarak yaşam döngüsü yaklaşımını benimsemelerini sağlar [40].

S-LCA'nın ve LCSA yöntemlerinin karşılaştığı metodolojik sorunlar söz konusu olduğunda, S-LCA, üç temel nedenden dolayı (yaşam döngüsü kavramı üzerinde odaklanması, mühendislik tarafından yönlendirilen, aynı alanını paylaşması ve LCSA çerçevesinde kullanılmak üzere tasarlanması), LCA'nın prosedür ve metodolojik bakış açısı göz önünde bulundurularak tasarlanmış ve yapılandırılmıştır [41].

S-LCA veri tabanlarının son gelişmeleri, önemli sayıda sektörü kapsayacak şekilde büyüyen örnek/vaka analizinde test yöntem ve yaklaşımlarına destek sağlamaktadır. Metodoloji açısından, S-LCA'daki önemli/kilit yönler, fonksiyonel birim, analizin çevresi ve sosyal göstergelerin ve etkilerin tanımlanması ve geliştirilmesi ile ilgilidir. Ölçüm yapmak zor olmakla birlikte birçok gösterge, fonksiyonel birimle daima orantılı olmadıklarından tüm bu konular birbirine sıkı sıkı bağlıdır.

5. SONUÇLAR

S-LCA nispeten yeni bir disiplin ve büyüyen bir araştırma alanıdır. Sosyal bilimlerin farklı disiplinlerini beslese bile, aynı E-LCA yapısını paylaşan bir yöntem olarak tasarlanan S-LCA şimdi derinlemesine ve eleştirel bir analizden geçmektedir. Bu, çevresel ve sosyal yaşam döngüsü değerlendirmesi arasındaki temel farklılıklardan ötürü S-LCA'nın basitçe E-LCA'nın aynası olamayacağına ilişkin ifadeyi desteklediği görülmektedir. S-LCA, E-LCA kalıplarına zorlanmazsa yararlı bir araç olarak gelişme ihtimali daha yüksektir. Yaklaşık 50 yıl önce, LCA topluluğu da danışmanlık şirketleri ve üniversiteler endüstrilerden ve tedarik zincirlerinden veri toplamak için uyumlu bir çaba göstermeye karar verene kadar benzer şekilde eleştirilmiştir. Bu nedenle, sosyal etki yollarının ve ilgili bir sosyal veri tabanının geliştirilmesinin nihai hale getirilmesinde kullanıcı ve araştırmacının desteklenmesi için daha fazla çaba gösterilmelidir.

S-LCA için şu ana kadar özel olarak geliştirilmiş bir yazılım bulunmamaktadır. Ancak, bir E-LCA yazılımı olan lisanslı SimaPro yazılımında bir veri tabanı (SHDB) mevcuttur. Bu veritabanı, S-LCA değerlendirmesi gerçekleştirmek için ilk kapsamlı veritabanıdır. S-LCA için veritabanı olan SHDB, 57 ekonomik sektöre ait verileri içeren Global Ticaret Analizi Projesi (Global Trade Analysis Project Version 7, GTAP), 113 bölgeli statik girdi-çıkıtı modeline dayanmaktadır. Bu girdi-çıkıtı modeli, ürün tedarik zincirlerinde sektöre ve ülkeye özgü faaliyet tahminlerini sağlamak için kullanılır. Sistem ayrıca tedarik zincirindeki her faaliyet için işçi saatlerini hesaplar. Bu çalışma saati yoğunluğu faktörleri, sosyal risk seviyesi karakterizasyonları ile birlikte, çalışma saatleri açısından, sektöre ve ülkeye göre sosyal riskleri ve fırsatları, 100'den fazla farklı göstergeye göre belirli bir risk seviyesinde ifade etmek için kullanılır [42]. Ayrıca, veri toplama, giderek artan bir standardizasyondan ve özellikle anketler ve görüşmeler için çerçevelerden oluşan sosyal bilimlerle entegrasyondan yararlanabilir. Anket örnekleri ve etik kurul protokollerinin paylaşılması, S-LCA'nın erişilebilirliğini geliştirecektir [43].

Yükselen küreselleşme, şirketlerin davranışlarına yönelik beklentiler ve yeni düzenlemeler, şirketleri ve ürünlerinin sosyal ayak izleri hakkında daha fazla bilgiye ulaşmalarını teşvik etmektedir. Ayrıca, tedarik zincirindeki sosyal etkilerin iyileştirilmesini teşvik etmenin en iyi yolunun tedarikçiler, yerel topluluklar, işçiler, hükümetler ve STK'larla bağlantı kurmak olduğu görülmektedir. S-LCA ile ilgili bazı yönetmelikler Amerika Birleşik Devletleri'nde hazırlanmakta ve tedarik zinciri durum tespitiyle ilgili yasalar halen İngiltere, İsviçre, Avrupa Birliği, ve Kanada'da incelenmektedir [44].

Stratejik çevresel değerlendirme, sınırlı bir çerçevede spesifik noktaların belirlenmesinin ağır bastığı proje düzeyindeki değerlendirmelerde ele alınamayan bazı genel hususların bütünsel çerçevede, uzun vade ve gelecek kuşaklar da dikkate alınarak sosyal ve ekonomik faktörlerle birlikte daha geniş çapta bir analizinin yapılabilmesini mümkün kılmaktadır [45]. Bu noktadan hareketle, S-LCA çalışmalarında elde edilecek sosyal pozitif ve negatif etkilerin bu analize yardımcı olacağı öngörülmektedir.

Hükümetler, ticaret ortaklarının belirli sektörlerinde potansiyel sosyal riskleri açığa çıkarabilir veya bireysel ülkelerde üretim için sektörel akışlara yol açan yüksek riskli faktörleri belirleyebilir. Ayrıca, hükümetler, sürdürülebilirlik, insan hakları ve çalışma standartlarıyla ilgili yasa ve anlaşmalarla başa çıkabilmek ve sosyal açıdan sürdürülemez ithalattan kaçınmak için ithalat yönetmeliklerini uyarlayabilir, hatta ticaret ortaklarını sosyal yönetmeliklere uymadıklarında bile değiştirebilirler. Dahası, hükümetler veya sendikalar, etkilenen sektörlerdeki veya ülkelerdeki yasama ortamını değiştirmeyi veya sosyal riskleri ve etkileri azaltmak için kendi ticaret politikalarını veya gümrük düzenlemelerini uyarlamayı isteyebilir [46].

Tüm bu metodolojik ve pratik konular, Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Değerlendirilmesi çerçevesinde kullanıldığında, S-LCA'nın çok daha önemli bir hale gelebileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale çalışmasındaki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Müfide BANAR'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Fava J, Consoli F, Denson R, Dickson K, Mohin T, Vigon B. A conceptual framework for life-cycle impact assessment. Workshop Report, Society for Environmental Toxicology and Chemistry and SETAC. Foundation for Environmental Education, Inc, Pensacola, 2013.
- [2] Benoît C, Norris GA, Valdivia S, Citroth A, Moberg A, Bos U, Siddharth P, Cassia U, Tabea B. The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time! Int J Life Cycle Assess. 2010;15:156-63.
- [3] O'Brien M, Doig A, Clift R. Social and Environmental Life Cycle Assessment (SELCA). Int J LCA. 1996;1:231-237
- [4] Weidema B. The integration of economic and social aspects in life cycle impact assessment. Int J Life Cycle Assess. 2006;11:89-96
- [5] Dreyer LC, Hauschild MZ, Schierbeck J. A framework for social life cycle impact assessment. Int J Life Cycle Assess. 2006;11:88-97.
- [6] Norris GA. Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2006; 11:97-104.

- [7] UNEP/SETAC. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. http://www.unep.org/pdf/DTIE_PDFS/DTIx1164xPAguidelines_sLCA.pdf.2009
- [8] UNEP/SETAC. The methodological sheets for subcategories in social Life CycleAssessment. www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2013/11/SLCA_methodologicalsheets_11.11.13.pdf. .2013
- [9] Fontes J. Handbook for Product Social Impact Assessment Version 3.0 <http://product-social-impact-assessment.com/> 2016
- [10] Hosseinijou SA, Mansour S, Shirazi MA. Social life cycle assessment for material selection: a case study of building materials. *Int J Life Cycle Assess* 2014; 19:620–645
- [11] Yu M, Halog A. Solar photovoltaic development in Australia—a life cycle sustainability assessment study. *Sustainability* 2015; 7:1213–1247
- [12] Wilhelm M, Hutchins M, Mars C, Benoit-Norris C. An overview of social impacts and their corresponding improvement implications: a mobile phone case study. *J Clean Prod* 2015; 102:302–315
- [13] Nemarumane T, Mbohwa C. Social impact assessment of sugar production operations in South Africa: a social life cycle assessment perspective. In: Muthu SS (ed) *Social life cycle assessment—an insight*. Springer, Singapore, 71–113, 2015.
- [14] De Luca AI, Iofrida N, Strano. Social life cycle assessment and participatory approaches: a methodological proposal applied to citrus farming in Southern Italy. *Integr Environ Assess Management*. 2015; 11:383-396
- [15] Prasara-Jittima, A, Ghewala, Applying Social Life Cycle Assessment in the Thai Sugar Industry: Challenges from the field. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 172: 335-346.
- [16] Traverso M, Finkbeiner M, Jørgensen A, Schneider L. Life Cycle Sustainability Dashboard. *Journal of Industrial Ecology*. 2012;16:680-8.
- [17] Aparcana S, Salhofer S. Development of a social impact assessment methodology for recycling systems in low-income countries. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013;18:1106-15.
- [18] Aparcana S, Salhofer S. Application of a methodology for the social life cycle assessment of recycling systems in low income countries: three Peruvian case studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013;18:1116-1128.
- [19] Foolmaun RK, Ramjeawon T. Life cycle sustainability assessments (LCSA) of four disposal scenarios for used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius. *Environment, Development and Sustainability*. 2013;15:783-806.
- [20] Lehmann A, Zschieschang E, Traverso M, Finkbeiner M, Schebek L. Social aspects for sustainability assessment of technologies—challenges for social life cycle assessment (SLCA). *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013;18:1581-1592.

- [21] Manik Y, Leahy J, Halog A. Social life cycle assessment of palm oil biodiesel: a case study in Jambi Province of Indonesia. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013;18:1386-1392.
- [22] Ekener-Petersen E, Finnveden G. Potential hotspots identified by social LCA—part 1: a case study of a laptop computer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2013;18:127-143.
- [23] Martínez-Blanco J, Lehmann A, Muñoz P, Antón A, Traverso M, Rieradevall J, et al. Application challenges for the social Life Cycle Assessment of fertilizers within life cycle sustainability assessment. *Journal of Cleaner Production*. 2014;69:34-48.
- [24] Umair S, Björklund A, Petersen EE. Social impact assessment of informal recycling of electronic ICT waste in Pakistan using UNEP SETAC guidelines. *Resources, Conservation and Recycling*. 2015;95:46-57.
- [25] Benoît Norris C, Aulisio D, Gregory A N, editors. Studying the Social Hotspots of 100 product categories with the Social Hotspots Database. Vth International Conference on Life Cycle Assessment, CILCA2013; 2017; Mendoza, Argentina.
- [26] Jorgensen A, Le Bocq A, Nazarkina L, Hauschild M. Methodologies for Social Life Cycle Assessment. *Int J LCA* 2008; 13: 96-103
- [27] ISO 14040. Environmental management:-life cycle assessment-principles and framework. International Standards Organization, ISO 14040: 2006, Geneva
- [28] ISO 14040. Environmental management:-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Standards Organization, ISO 14040: 2006b, Geneva
- [29] Vinyes E, Oliver-Sola J, Ugava C, Rieradevall J, Gasol MC. Application of LCSA to used cooking oil waste management. 2013; 18:445-455
- [30] Parent J, Cucuzzella C, Reveret J-P. Impact assessment in SLCA: sorting the sLCIA methods according to their outcomes. *Int J Life Cycle Assess* 2010;15:164–171.
- [31] Zanchi L, Delogu M, Zamagni A, Pierini M. Analysis of the main elements affecting social LCA applications: challenges for the automotive sector. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2018;23:519-535.
- [32] Moltesen A, Bonou A, Wangel A, Bozhilova-Kisheva KP. Social Life Cycle Assessment: An Introduction. *Life Cycle Assessment* 2018. p. 401-22.
- [33] Garido SR, Parent J, Beaulieu L, Revéret J-P. A literature review of type I SLCA—making the logic underlying methodological choices explicit. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2016;23:432-444.
- [34] Jørgensen A, Lai LCH, Hauschild MZ. Assessing the validity of impact pathways for child labour and well-being in social life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2009;15:5-16.
- [35] Chhipi-Shrestha GK, Hewage K, Sadiq R. ‘Socializing’ sustainability: a critical review on current development status of social life cycle impact assessment method. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2015;17:579-596.

- [36] ISO 26000. Guidance on social responsibility -<https://www.iso.org/iso-26000-social-responsibility.html> 2010.
- [37] Kühnen M, Hahn R. Indicators in Social Life Cycle Assessment: A Review of Frameworks, Theories, and Empirical Experience. 2017; 21:1547-1565.
- [38] Singh RK, Gupta U. Social life cycle assessment in Indian steel sector: a case study. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2017; 23:921-939.
- [39] Kloepffer W. Life cycle sustainability assessment of products. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2008;13:89-95.
- [40] Traverso M. Is social life cycle assessment really struggling in development or is it on a normal path towards harmonization/standardization? The International Journal of Life Cycle Assessment. 2018;23:199-200.
- [41] Zamagni A, Feschet P, Irene De Luca A, Iofrida N, Buttol P. Social Life Cycle Assessment: Methodologies and Practice. First Edition. Edited by Jo Dewulf SDM, and Rodrigo A. F. Alvarenga., editor: John Wiley & Sons, Ltd, 2017.
- [42] <https://www.pre-sustainability.com/news/social-hotspots-database-now-available-for-simapro-lca-software>
- [43] Grubert, E. Rigor in social life cycle assessment: improving the scientific grounding of SLCA, 2018; 23:481–491
- [44] Norris- Benoît C. Data for social LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2014; 19:261-265
- [45] Güneş A M. Çevre Hukuku Açısından Stratejik Çevresel Değerlendirme. TBB Dergisi 2010:91; 33-66
- [46] Ciroth A, Eisfeldt F. SILCA: A new, comprehensive, interactive Product Social Impact Life Cycle Assessment database, 2015; 41-45.