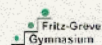
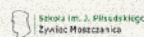
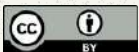
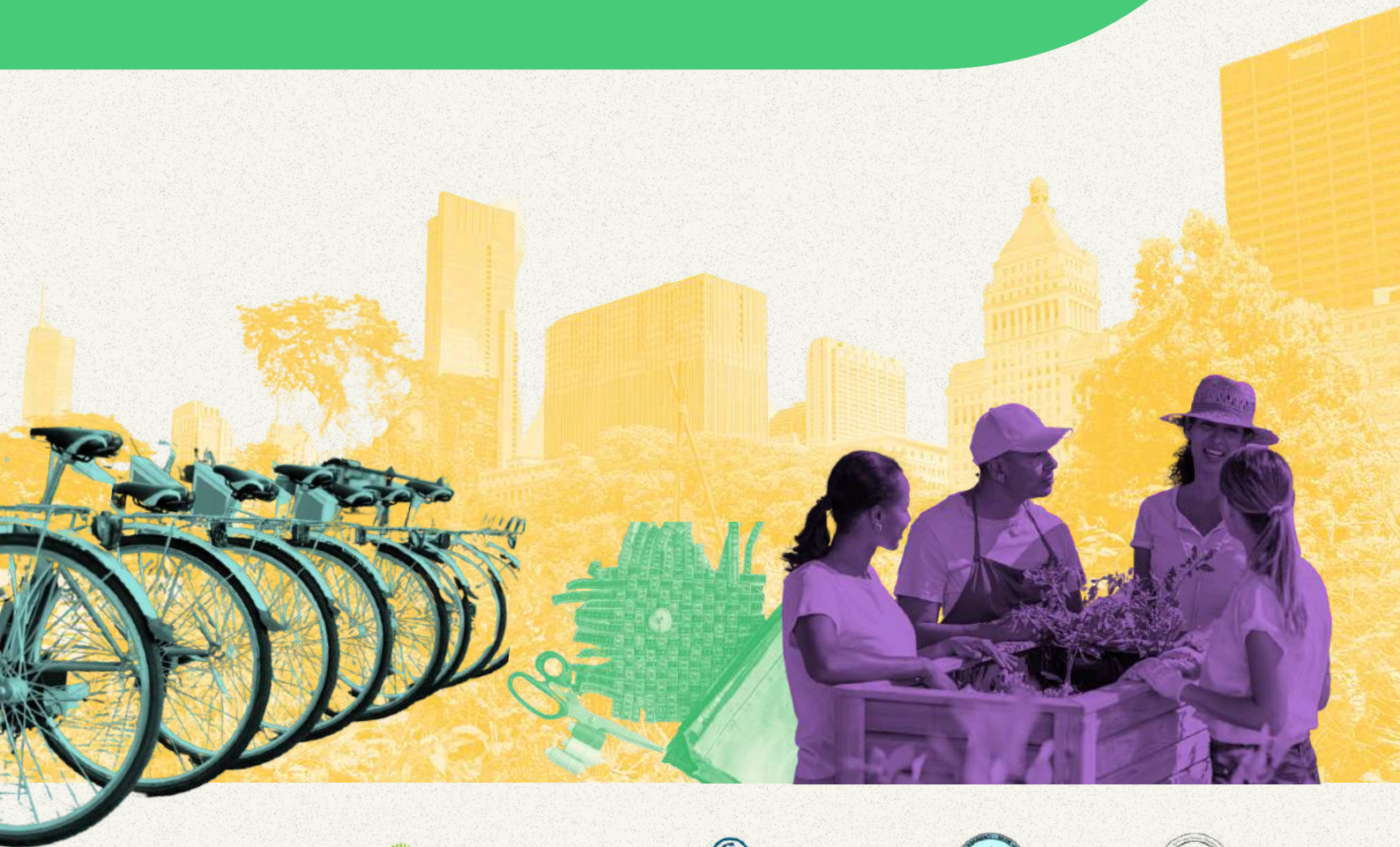




Co-funded by
the European Union



DİJİTAL EVRENDE EĞİTİM İÇİN DÖNGÜSEL UYGULAMALAR ÜZERİNE ÇALIŞMA





Co-funded by
the European Union



Yazarlar

Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung (KMGNE, Almanya)

Sucessos Criativos Lda Portugal Norte (SC, Portekiz)

Higher School of Transport "Todor Kableshkov" (HST, Bulgaristan)

FIFTH GENERAL LYCEUM Larisas (FGLL, Yunanistan)

Fritz-Greve-Gymnasium (FGGM, Almanya)

Zespół Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących im. Józefa Piłsudskiego (ZAI,
Polonya)

Hadiye Kuradacı Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Türkiye)

Kordinatör

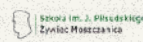
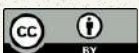
Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung (KMGNE, Almanya)

Açıklama beyanı



Co-funded by
the European Union

"Dijital Evrende Eğitim için Döngüsel Uygulamalar" projesi Avrupa Birliği tarafından ortaklaşa finanse edilmektedir. Ancak ifade edilen görüş ve düşünceler sadece yazarlara aittir ve Avrupa Birliği veya EACEA'nın görüş ve düşüncelerini yansıtmak zorunda değildir. Ne Avrupa Birliği ne de hibe veren makam bunlardan sorumlu tutulamaz.



ÖZET

1	Giriş	1
2	Döngüsel Ekonomi ve Eğitimde DE yaklaşımları	2
3	Eğitimde Döngüsel Hareketlilik Çözümleri	11
4	DE için Yapay Zeka Kullanımının Gelecekteki Perspektifleri	20
5	Ortaöğretim Müfredatında Döngüsel Yaklaşımlara İlişkin Anket Sonuçları	30
6	Okullarda DE Eğitimi ile İlgili Öğretmenlerin Bakış Açıları, Deneyimleri ve İhtiyaçlarına İlişkin Anket Sonuçları	33
7	Sonuç	45

1. Giriş

Artan çevresel sorunlar ve sosyal eşitsizlikler karşısında, "al, yap, at" yaklaşımıyla karakterize edilen geleneksel doğrusal ekonomik modellerin sürdürülemez olduğu giderek daha fazla kanıtlanmaktadır. Örneğin, tüketicileri tekrar satın almaya teşvik etmek için ürünlerin sınırlı bir kullanım ömrüyle tasarlandığı planlı eskitme, bu ekonomide kâr elde etmek için bir stratejidir. Bu nedenle, Döngüsel Ekonomiye yönelik dönüşümler, iklim krizi ve bağlantılı zorluklarla mücadelede hayati önem taşımaktadır.

"Dijital Evrende Eğitim için Döngüsel Uygulamalar" başlıklı bu çalışma, Avrupa Birliği tarafından finanse edilen CircEdu projesinin (2024-1-DE03-KA220-SCH-000250897) bir sonucudur. Bu çalışmanın oluşturulmasında yer alan tüm ortak ülkelerde (Bulgaristan, Almanya, Yunanistan, Portekiz, Polonya ve Türkiye) döngüsel eğitim konusunda kapsamlı eğitim uygulamalarına ve materyallerine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle CircEdu proje konsorsiyumu, Kolleg für Management und Gestaltung Nachhaltiger Entwicklung (KMGNE, Almanya), Sucessos Criativos Lda Portugal Norte (SC, Portekiz), Higher School of Transport "Todor Kableshkov" (HST, Bulgaristan), FIFTH GENERAL LYCEUM Larisas (FGLL, Yunanistan), Fritz-Greve-Gymnasium (FGGM, Almanya), Zespót Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Polonya) ve Hadiye Kuradacı Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Türkiye) kapsamlı bir masa başı araştırması yürütmüş ve proje konsorsiyumundaki ortaokullara ve öğretmenlerine yönelik iki farklı anket oluşturmuştur. Bu anketler sayesinde konsorsiyum, projenin hedef gruplarının gerçekliğini, bilgi ve ihtiyaçlarını tespit edebilmiş ve Avrupa okullarında ortaöğretimde DE uygulamalarının durumu hakkında bir fikir edinebilmiştir.

Araştırma, genel olarak döngüsel ekonomiyle ilgili büyük ölçüde araştırma yapıldığını, ancak ortaöğretim alanında hem araştırma hem de uygulamada yetersiz materyal olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, bu konu etrafındaki bilgileri bir araya getirmek ve öğrenme metodolojilerinin daha da geliştirilmesi için bir temel oluşturabilmektir. Anketlerden elde edilen sonuçlar, dört farklı ülke arasında karşılaştırmalı olarak özet bir rapor halinde sunulmuştur.

Giriş bölümünün yanı sıra çalışma beş bölüme ayrılmıştır:

2. Döngüsel Ekonomi ve Eğitimde DE yaklaşımları
3. Eğitimde Döngüsel Hareketlilik Çözümleri
4. DE için Yapay Zeka Kullanımının Gelecekteki Perspektifleri
5. Ortaöğretim Müfredatında Döngüsel Yaklaşımlara İlişkin Anket Sonuçları
6. Okullarda DE Eğitimi ile İlgili Öğretmenlerin Bakış Açıları, Deneyimleri ve İhtiyaçlarına İlişkin Anket Sonuçları

2. Döngüsel Ekonomi ve Eğitimde DE Yaklaşımları

Bir sonraki bölümde genel olarak Döngüsel Ekonomi (DE) kavramı ve özel olarak DE eğitimi tanıtılacaktır.

Roma Kulübü'nün "Büyümenin Sınırları" (1972) raporu, BM Brundtland Raporu (1987) ve Rio de Janeiro'daki BM Dünya Konferansı (1992) ile birlikte kapitalist metabolizmanın sonuçlarına ilişkin genel algı yeni ve gerekli bir kalkınma paradigmasına doğru kaymaya başladı. Toplumsal ve bireysel pratikleri daha az, daha döngüsel, daha uzun ömürlü, daha bölgesel, daha işbirlikçi olmaya kaydırmayı amaçlayan bu arzu edilen yol değişikliğine sürdürülebilir kalkınma adı verildi. Sonuç olarak ekonomik sistem kendini sonlu bir organizma olan Dünya'ya tabi kılar ve onunla bütünleşir (bkz. Lovelock & Margulis 2007).

Bu paradigma ile uyumlu olan Döngüsel Ekonomi (DE), doğal kaynakların sınırlı olduğunu kabul etmekte ve yeniden kullanım, onarım, yeniden üretim, paylaşım ve geri dönüşüm gibi uygulamalarla malzemelerin kullanımda kalmasını sağlayarak yaşam döngüsünü uzatmayı amaçlamaktadır. DE'nin temel ilkeleri arasında 3R - azalt, yeniden kullan ve geri dönüştür - ve 6R olarak bilinen ve yeniden tasarım, yeniden üretim ve geri kazanımı da içeren genişletilmiş bir versiyon bulunmaktadır (bkz. Jawahir & Bradley 2016). DE, planlama, kaynak bulma, tedarik, üretim ve yeniden işleme aşamalarının hem ekosistem sağlığını hem de insan refahını artırmak için kasıtlı olarak tasarlandığı ve yönetildiği ekonomik bir çerçevedir (bkz. Murray ve ark. 2017). Üretken ve onarıcı bir model olarak DE, ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerini mümkün olduğunca uzun süre korumayı ve böylece nihai atık oluşumunu azaltmayı amaçlamaktadır (Ranta ve ark. 2018).

Odak noktasının büyük bir kısmı, malzeme dolaşımını sürdürmek için yeni teknolojiler ve iş modelleri yaratmak gibi yenilikler olsa da, daha iyi tasarım yoluyla atıkların ortadan kaldırılmasını, yenilenemeyen malzemelerin yenilenebilir alternatiflerle değiştirilmesini ve doğal ekosistemlerin yenilenmesinin desteklenmesini de içermektedir. Avrupa Parlamentosu (2023), DE'ye geçişin şu temel faydalarını belirtmektedir: biyoçeşitlilik kaybının sınırlandırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların azaltılması, hammadde bağımlılığının azaltılması ve daha dayanıklı ürünler sayesinde tüketicilere tasarruf sağlanması. Buna ek olarak, ekonomik büyümeden de bahsedilmektedir, ancak bu nokta DE'nin küçülme ile el ele gittiğini varsayan birçok bilimsel bulguyu yansıtmamaktadır (bkz. Winans vd. 2015: 825-826). Ancak, büyüme sonrası yaklaşımlara göre, bu durum refahın azalması anlamına gelmemekte, hatta artmasına bile yol açabilmektedir.



Şekil 1: Döngüsel ekonomi modeli: daha az hammadde, daha az atık, daha az emisyon. Kaynak: Avrupa Parlamentosu Araştırma Servisi (Avrupa Parlamentosu 2023).

DE kavramının açıkça tanımlanabilen tek bir kökeni veya yaratıcısı yoktur. Bununla birlikte, ABD'li akademisyen John Lyle, öğrencisi William McDonough, Alman kimyager Michael Braungart ve mimar ve ekonomist Walter Stahel de dahil olmak üzere birkaç kilit isim gelişimini şekillendirmiştir (bkz. Winans vd. 2015: 825-826). DE fikri üzerindeki etkiler arasında Rachel Carson'ın Sessiz Bahar'ı, yukarıda bahsedilen Roma Kulübü'nün 1970'lerdeki "büyümenin sınırları" raporu, Barbara Ward ve Kenneth Boulding tarafından ortaya atılan "uzay gemisi Dünya" benzetmesi ve eko-ekonomist Herman Daly'nin çalışmaları da sayılabilir (a.g.e.).

DE çerçevesi, endüstriyel simbiyoz gibi bazıları daha önce var olan diğer fikirlerle bağlantılıdır (bkz. Winans vd. 2015: 825-826). Endüstriyel ekoloji ve sistem teorisi kapsamında DE, termodinamik ve ekolojik ekonomi de dahil olmak üzere çeşitli disiplinlerle bağlantılıdır (a.g.e.). Sistem teorisi ve termodinamik yasalarına göre, DE stratejilerinin uygulanması, ekonomik sistemleri geleneksel büyüme odaklı kalkınmayı desteklemekten ziyade "büyüme sonrası" ve "büyüme sonrası" ekonomi teorilerini destekleyen "büyüme sonrası" bir aşamaya doğru kaydırma eğilimindedir (a.g.e.).

Almanya ve Portekiz gibi bazı ülkelerde DE kavramı atık yönetimi için uygulanmakta ve birçok işletme malzeme akışlarını iyileştirmek için bu kavramı kullanmaktadır (a.g.e.: 826). AB, "2050 yılına kadar döngüsel ve iklim-nötr bir ekonomi inşa etmek" (Avrupa Parlamentosu 2023) hedefiyle bir DE eylem planı uygulamış ve ekotasarım, ambalajlama, yeşil badana, onarım hakkı ve atık yönetimini kapsayan çeşitli mevzuatları hayata geçirmiştir (bkz. a.g.e.). Bu alandaki girişimlerin sayısı artarken, sosyal bileşen genellikle tam olarak dikkate alınmamaktadır.

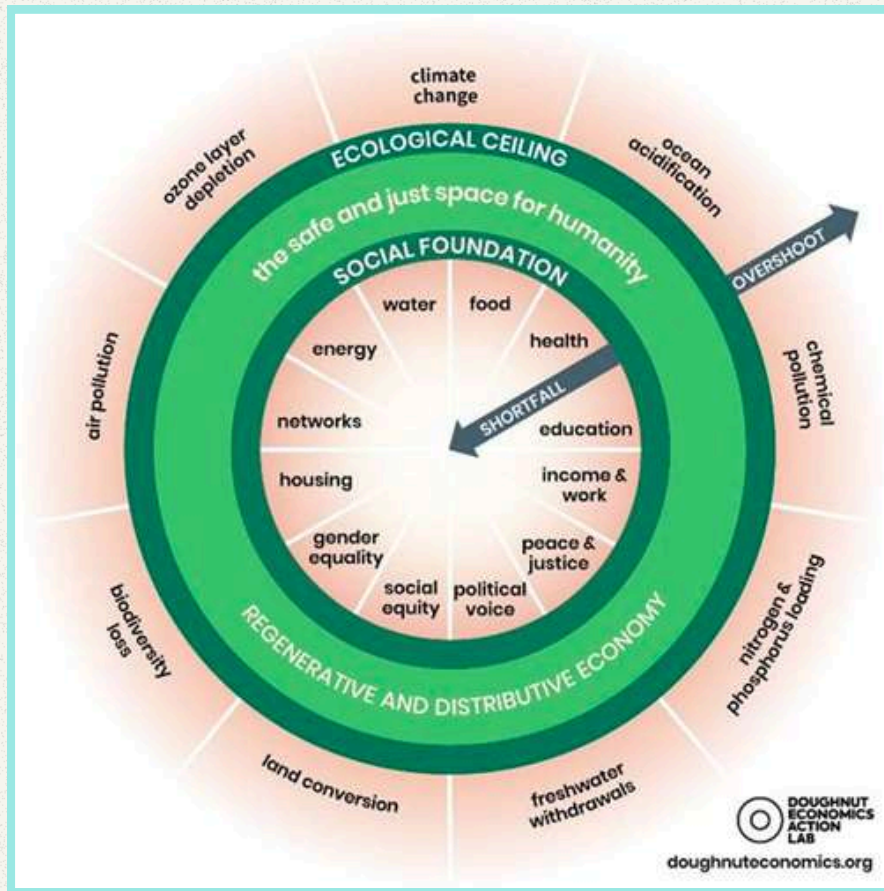
BM 2030 Gündemi çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğin birbiriyle derinden bağlantılı olduğunu ve tek başına ele alınamayacağını vurgulamaktadır. İklim değişikliği, aşırı kaynak kullanımı ve atık gibi çevresel sorunlar ile eşitsizlik ve işin değişen doğası gibi sosyal sorunlar arasındaki bağlantılar daha belirgin hale geldikçe, çevresel eylemi sosyal adaletle uyumlu hale getirme ihtiyacı giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu nedenle, çevresel sürdürülebilirlik, adil istihdam, sosyal içerme ve yoksulluğun ortadan kaldırılmasını birleştiren "adil geçiş" kavramı sürdürülebilirlik söylemlerinde ilgi görmektedir.

Döngüsel ekonomi çerçevesinde adil bir geçiş, atıkları azaltmanın, inovasyonu teşvik etmenin ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemenin bir yolunu sunarken, aynı zamanda kimseyi geride bırakmamak için BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda sosyal ve ekonomik eşitsizlikleri de ele almaktadır (bkz. Schröder 2020). Döngüsel ekonomi politikaları, özellikle dijitalleşme ve endüstriyel değişimlerin ortasında ilerledikçe, bunların işler ve geçim kaynakları üzerindeki etkilerini değerlendirmek çok önemlidir. Kırılgan grupların iş kaybı veya kötüleşen çalışma koşulları gibi değişikliklerin yükünü taşımasını önlemek için sosyal korumalar entegre edilmelidir (a.g.e.).

Madencilik, hızlı tüketim malları imalatı, tekstil ve tarım gibi doğrusal ekonomik sektörlere bağımlı olan düşük ve orta gelirli ülkeler, döngüsel geçişler nedeniyle zorluklarla karşılaşabilir (a.g.e.). Bu ülkelerin uyum sağlamak için hedefe yönelik uluslararası desteğe ihtiyacı olacaktır.

Etkili küresel işbirliği, şeffaf ve hesap verebilir finans mekanizmaları, adil yönetim ve hükümetin tüm kademelerinde eşgüdümlü politikalar geçiş sürecinin yönetilmesinde kilit rol oynayacaktır (a.g.e.).

Ayrıca Kate Raworth'un Doughnut Ekonomisi, insanlık için güvenli ve adil bir alan öngören ek bir dönüştürücü çerçeve sunmaktadır. Bu model, gezegenin ekolojik sınırlarını (ekolojik tavan) aşmadan herkesin temel ihtiyaçlarını (sosyal temel) karşılama ihtiyacını dengelemektedir (bkz. Raworth 2017). Doughnut modeli, sürekli ekonomik büyümeye yapılan geleneksel vurguya meydan okumakta, bunun yerine rejeneratif ve dağıtıcı ekonomileri savunmaktadır. Sosyal ve ekolojik sistemlerin birbirine bağlılığını kabul ederek sistem düşüncesinin önemini vurgular. DE, sosyal ve ekonomik fırsatları ve dayanıklılığı içeren doğrusal sistemlerden döngüsel sistemlere sistemik bir geçiş önererek Doughnut modelini tamamlayabilir.



Şekil 2: Sosyal ve gezegensel sınırların çöreği.

Kaynak: Kate Raworth ve Christian Guthier. CC-BY-SA 4.0 (Raworth 2017).

DE ilkelerini uygulamak, toplumların malları üretme ve tüketme biçiminde köklü bir değişiklik gerektirir. Ürün tasarımının, iş modellerinin, altyapıların, politikaların ve bireysel davranışların yeniden düşünülmesini gerektirir. Farkındalığın artırılması, bireyleri döngüsel uygulamalara katılacak bilgi ve becerilerle donatarak ve kurumsal ve sistemik değişimi yönlendirerek bu geçişi kolaylaştırmada çok önemli bir rol oynayabilir. Bu nedenle Eğitim, Döngüsel Ekonomiye geçişin kritik bir destekleyicisidir. Farkındalığı artırmanın ötesinde, becerileri geliştirir ve sürdürülebilir uygulamalarla uyumlu değerleri şekillendirir. DE kavramlarının eğitim sistemlerine entegre edilmesi, öğrencileri gelişen sosyo-ekolojik dönüşümü yönlendirmeye ve etkilemeye hazırlar.

Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim (SKE) gibi kavramlar halihazırda oldukça yerleşik olmakla birlikte birçok farklı şekilde yorumlanmaktadır. Örneğin, SKE'ye ilişkin yorumlar, bazıları daha çok geri dönüşümle ilgilenen, bazıları ise bu çalışmada olduğu gibi sosyal faktörler ve kültürel değişimi de içeren daha geniş kapsamlı bütünsel yaklaşımlar sunan çeşitli DE tanımları sunmaktadır (bkz. Kirchherr & Piscicelli 2019). Buna karşılık, DE için özel eğitim üzerine yapılan araştırmalar hala sınırlıdır. Kirchherr & Piscicelli (2019), SKE literatürüne dayalı bir yaklaşım sunmakta ve beş uygun DEE (Döngüsel Ekonomi için Eğitim) öğretim temel ilkesini tanımlamaktadır: "etkileşim, dogmatizmden uzak durma ve karşılıklılığın yanı sıra yapıcı uyum ve probleme dayalı öğrenme".

Bu bağlamda katkı sağlayan bir diğer çerçeve de Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi hizmeti olan Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından geliştirilen GreenComp - Avrupa sürdürülebilirlik yeterlilik çerçevesidir (bkz. Bianchi vd. 2022: 2). Sürdürülebilirlik tutumlarını, becerilerini ve bilgisini geliştirmeyi amaçlamakta ve dört temel alanda 12 yeterlilik önermektedir:

1. "Sürdürülebilirliğe değer verme, adaleti destekleme ve doğayı teşvik etme yetkinlikleri de dahil olmak üzere sürdürülebilirlik değerlerini benimseme,
2. Yetkinlikler de dahil olmak üzere sürdürülebilirlikte karmaşıklığı kucaklamak: sistem düşüncesi, eleştirel düşünme ve problem çerçeveleme,
3. Gelecek okuryazarlığı, uyarlanabilirlik ve keşfedici düşünme yetkinlikleri de dahil olmak üzere sürdürülebilir geleceklere tasavvur etme,
4. Yetkinlikler de dahil olmak üzere sürdürülebilirlik için hareket etmek: siyasi eylemlilik, kolektif eylem ve bireysel inisiyatif" (a.g.e.).

Bazı ülkeler DE eğitimini halihazırda uygulama ve politikalarına dahil etmektedir. Örneğin Finlandiya'da DE eğitimi, ilkokuldan mesleki eğitime kadar her kademeye yerleştirilmiştir. Yrityskylä gibi programlar, öğrencilerin DE ilkelerini içeren simüle edilmiş ekonomik faaliyetlerde bulundukları deneyimsel öğrenme fırsatları sunmaktadır (bkz. Circular Design Suomi 2023 ve Tiippana vd. 2023). Tiippana ve diğerleri (2023) Finlandiya modelini farklı eğitim sistemlerine uyarlamayı önermektedir.

Ortaöğretim, DE ilkelerini aşılama için kritik bir kavşak görevi görür. Bu aşamada öğrenciler, karmaşık sistemleri anlamak için bilişsel yetenekler ve değişimi etkilemek için eylemlilik geliştirirler. DE'nin sadece fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) gibi derslere değil, aynı zamanda beşeri bilimler, diller, sanat ve sosyal bilimler gibi derslere de entegre edilmesi, sürdürülebilirliğin bütünsel bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Öğrenciler döngüsel uygulamalar da dahil olmak üzere kendi projelerini geliştirme konusunda güçlendirilebilir.

Pratik uygulamaların ötesinde, DE eğitimi, dünya hakkında anlattığımız hikayeler aracılığıyla kültürel değişimi teşvik etmek için çevre ile ilişkimizi nasıl algıladığımız konusunda felsefi bir değişime davet eder. Doğrusal, insan merkezli dünya görüşlerinden, tüm yaşam formlarının karşılıklı bağımlılığını kabul eden dairesel, ekosentrik perspektiflere geçişi teşvik eder. Bu, insan ötesi ve ekolojik yaşam döngüleriyle ilişkileri vurgulayan birçok yerli felsefeyle uyumludur. İnsanlık tarihini doğayla ilişkilendirmenin yanı sıra atalar ve torunlar (bkz. Fritsch 2024) ve yaşam ve ölümün birliği dahil olmak üzere insan nesillerini daha uygun bir şekilde birbirine bağlayan alternatif sarmal zaman kavramları hakkında söylem geliştirebilir. Bu perspektiflerin eğitime dahil edilmesi, sürdürülebilirliğe yönelik daha derin bir etik bağlılığı teşvik eder. Öğrencileri sadece DE'nin teknik yönlerini değil, aynı zamanda çok türlü akrabalık (bkz. Haraway 2016) ve sosyal eşitliğin ahlaki zorunluluklarını da dikkate almaya zorlar.

Ayrıca, geleneksel bilgi ve uygulamaların DE eğitime entegre edilmesi, öğrencileri yerel tarih ve sürdürülebilir uygulamalarla ilişkilendirerek öğrenmeyi zenginleştirir. Örneğin, yerel, yenilenebilir malzemelerin kullanıldığı geleneksel yapı tekniklerini keşfetmek, sürdürülebilir döngüsel tasarıma dair içgörüler sunabilir. Bu şekilde, zaman içinde kaybolan faydalı stratejiler yeniden canlandırılabilir ve modern zamanlara uyarlanabilir veya yeni fikirlerle birleştirilebilir (bkz. Watson 2019). Bu yaklaşım sadece kültürel mirası korumak ve öğrencilerin çevreleriyle olan bağlarını güçlendirmekle kalmaz, aynı zamanda geleneksel uygulamaların modern sürdürülebilirlik sorunlarını ele almadaki uygunluğunu da gösterir.



Döngüsel ekonomiye geçiş, bilişsel, pratik ve etik boyutları kapsayan kapsamlı bir eğitim stratejisi gerektirmektedir. DE ilkelerini ortaöğretime yerleştirerek, öğrencileri sürdürülebilir bir gelecekle eleştirel bir şekilde ilgilenecek ve onu şekillendirecek araçlarla donatıyoruz. Bu eğitimsel dönüşüm, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirliğe değer veren bir toplum yetiştirmek ve gezegenin ekolojik sınırları içinde gelişen dirençli ve adil bir toplumun temelini atmak için gereklidir.

Kaynaklar

Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp – The European sustainability competence framework. Bacigalupo, M., Punie, Y. (ed.), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Circular Design Suomi (2023). Circular Design – a path towards circular economy, training programme. <https://circulardesignsuomi.fi/en/frontpage/>

European Parliament (2023). Circular economy: definition, importance and benefits. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>

Fritsch, M. (2024). Indigenous Accounts of Spiraling Time. Yearbook for Eastern and Western Philosophy, 7(1), 60-86.

Haraway, D. J. (2016). Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene. Duke University Press.

Jawahir, I. S., & Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. Procedia Cirp, 40, 103-108.

Kirchherr, J., & Piscicelli, L. (2019). Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study. Resources, Conservation and Recycling, 150, 104406.

Lovelock, J., & Margulis, L. (2007). The gaia hypothesis. New York.

Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. Journal of business ethics, 140, 369-380.

Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., Ritala, P., & Mäkinen, S. J. (2018). Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. Resources, Conservation and Recycling, 135, 70-82.

Raworth, K. (2017): Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st Century Economist. London: Penguin Random House.

Schröder, P. (2020). Promoting a just transition to an inclusive circular economy (pp. p-33). London: Royal Institute of International Affairs.

Tiippana-Usvasalo, M., Pajunen, N., & Holuszko, M. (2023). The role of education in promoting circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 16(1), 92–103.

Watson, J. (2019). *Lo-TEK: Design by radical indigenism*. Taschen.

Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833.

3. Eğitimde Döngüsel Hareketlilik Çözümleri

Dünya daha sürdürülebilir sistemlere doğru geçiş yaparken Döngüsel Hareketlilik kavramı Döngüsel Ekonominin önemli bir ayağı olarak ortaya çıkmıştır. Küresel döngüsellik açığı giderek büyüğünden (Rakowski vd. 2025), bu yaklaşımın ortaöğretime entegre edilmesi, öğrencileri sürdürülebilirlik, yenilikçilik ve sorumlu kaynak kullanımına öncelik veren bir geleceğe hazırlamak için elzemdir.

Döngüsel hareketlilik, elektrikli araçlar, ortak hareketlilik hizmetleri, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve akıllı şehir planlaması gibi çeşitli sürdürülebilir ulaşım stratejilerini kapsamaktadır. Bu kavramların okul müfredatına dahil edilmesi, öğrencileri teknoloji, çevre ve toplumun birbirine bağlılığını anlamaya teşvik eder. Ulaşım sistemlerinin doğrusal tüketim modellerinden kaynak optimizasyonuna yönelik döngüsel modellere nasıl evrilebileceği konusunda eleştirel düşüncelerini sağlar.

Proje tabanlı öğrenme, mobilite yöneticilerinin karşılaştığı gerçek dünya zorluklarını simüle edebilir - verimlilik, altyapı ve çevresel hedefleri dengeleyerek - öğrencilerin stratejik, teknik ve lojistik çözümleri keşfetmelerine olanak tanır. Disiplinler arası projeler aracılığıyla öğrenciler şehirlerin emisyonları nasıl azalttığını, araç üretiminde malzemelerin nasıl yeniden kullanıldığını ve yenilenebilir enerjinin gelecekteki ulaşım sistemlerine nasıl güç sağlayabileceğini inceleyebilirler.

Bu makale, Döngüsel Mobilite Çözümlerine ilişkin kapsamlı bir rehber sunmakta ve uzman görüşleri, gerçek dünyadan vaka çalışmaları ve pratik stratejiler aracılığıyla bunların uygulanmasını, faydalarını, zorluklarını ve gelecekteki beklentilerini incelemektedir (Green.org. 2024).

Sınıf Entegrasyonu için Temel Temalar

1. Sürdürülebilir Ulaşım

Sürdürülebilir ulaşım geçiş elektrikli araçlar (EA'lar), bisiklet paylaşım programları ve düşük emisyonlu toplu taşımayı içermektedir. Bu girişimler fosil yakıt bağımlılığını azaltmakta ve hava kalitesini iyileştirmektedir (Avrupa Komisyonu 2025a).

2. Mobilitede Kaynak Verimliliği

Otomotiv endüstrisi, atıkları en aza indirmek ve kaynak kullanımını optimize etmek için giderek daha fazla geri dönüştürülmüş malzeme kullanmakta ve kapalı döngü üretim uygulamaktadır (Green.org 2024).

3. Kentsel Planlama ve Yeşil Altyapı

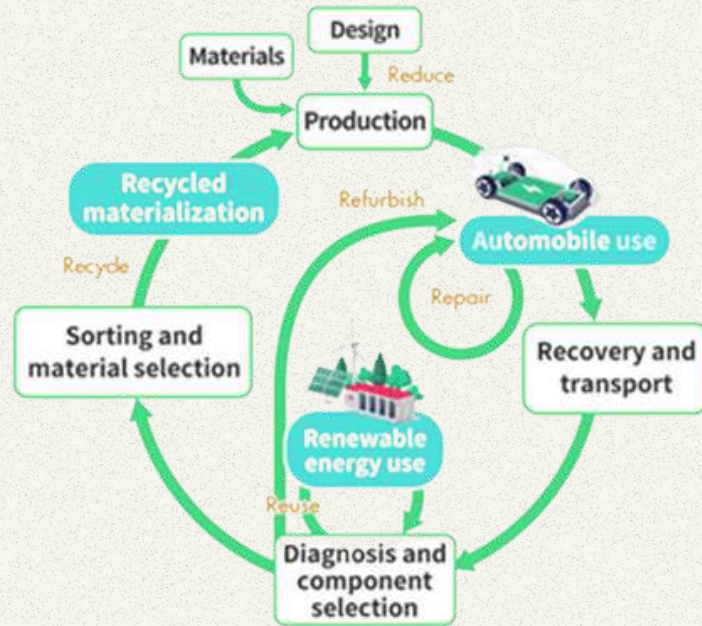
Akıllı trafik sistemleri ve Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları gibi teknolojilerin şehir planlamasına dahil edilmesi, hareketliliği iyileştirir ve emisyonları azaltır (Hartley vd. 2023).

4. Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu

Ulaşımда güneş ve hidrojen teknolojilerinin kullanılması karbon emisyonlarını azaltır ve enerji verimliliğini teşvik eder. Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan elektrikli araç şarj ağlarının genişletilmesi kilit öneme sahiptir (Barman vd. 2023).

5. Mobilitede Atık Azaltımı

Otomobil üreticileri alüminyum, plastik ve pil gibi malzemeleri geri dönüştürmek ve yeniden kullanmak için stratejiler benimsiyor. Döngüsel tedarik zincirleri ve çevre dostu üretim atıkları azaltmaktadır (Lean Manufacturing Junction 2022).



Şekil 3: CE ilkelerinin otomobil üretiminde uygulanması.

Kaynak: https://www.tytlabs.co.jp/en/assets/images/technology/project/project2_image_01.png

6. Politika ve Yönetmelikler

Hükümetler ve küresel kuruluşlar sürdürülebilir hareketliliği teşvik etmek için stratejiler uygulamaktadır. AB'nin stratejisi 2050 yılına kadar ulaşım emisyonlarını %90 oranında azaltmayı hedeflemektedir (Avrupa Komisyonu 2025b).

7. Eğitim ve Kamu Farkındalığı

Döngüsel ekonomi ilkelerinin okul müfredatına ve topluluk programlarına entegre edilmesi sürdürülebilirliği teşvik eder. Atölye çalışmaları ve dijital araçlar sürdürülebilir davranışları teşvik eder ve öğrencilere döngüsel hareketlilik konusunda toplum bilincini nasıl artıracaklarını öğretir (Dünya Ekonomik Forumu 2022).

8. Teknoloji ve İnovasyon

Yapay zeka tabanlı trafik yönetimi, akıllı lojistik ve otomasyon, taşımacılık verimliliğini artırır ve çevresel etkiyi azaltır.

9. İşbirlikçi Modeller

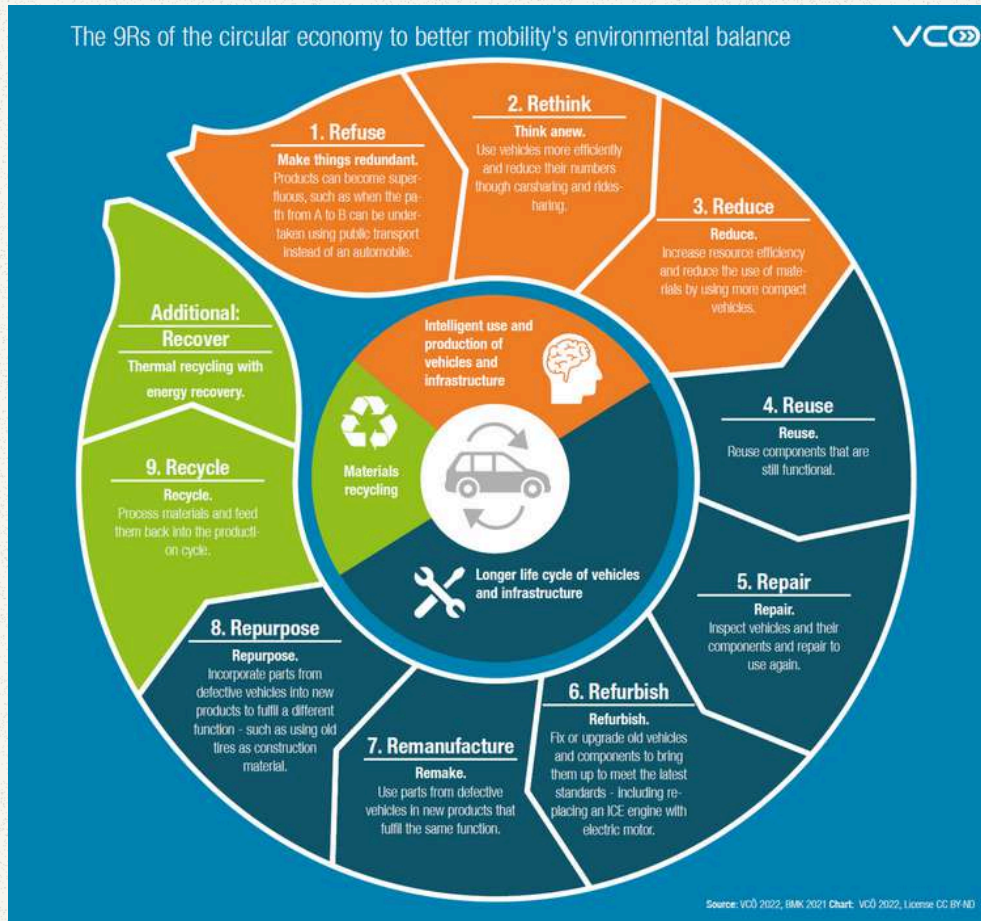
Sanayi ve toplum ortaklıkları sürdürülebilir hareketliliği teşvik eder. URBACT gibi programlar etkili yerel işbirliğini göstermektedir (Avrupa Komisyonu 2025b).

10. Ekonomik ve Sosyal Etki

Döngüsel hareketlilik, emisyonları azaltarak ve inovasyonu teşvik ederek istihdam yaratılmasını, ekonomik büyümeyi ve kentsel sürdürülebilirliği destekler (Dünya Ekonomik Forumu 2022).

11. Uygulama

Döngüsel ekonomi, sürdürülebilirlik ve verimliliği sağlamak için yeni altyapı, süreç ve teknolojiler talep ederek taşımacılık ve lojistikte temel bir dönüşüm gerektirmektedir. Temel strateji, tüm operasyonlarda sürdürülebilirliğe öncelik vermek, çevre dostu uygulamaları araç seçimine, yakıt seçimine, depo tasarımına ve atık yönetimine entegre etmek ve Tersine Lojistik (TL) ve Yeniden Üretim gibi uygulamaları hayata geçirmektir (Ji-Hyland vd. 2025). Ayrıca, dijitalleşme döngüsel lojistiğin etkinleştirilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. IoT ve blok zinciri gibi teknolojiler ürün yaşam döngüsü takibini, kaynak optimizasyonunu ve tedarik zinciri işbirliğini geliştirmektedir. Gelişmiş yapay zeka ve makine öğrenimi rota optimizasyonunu daha da iyileştirmekte, boş milleri azaltmakta ve yakıt tüketimini en aza indirmektedir (Schumann vd. 2022).



Şekil 4: Mobilitenin çevresel dengesini iyileştirmek için döngüsel ekonominin 9R'si.

Kaynak: VCÖ 2022 <https://vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/implementing-the-circular-economy-in-mobility>

İntermodal taşımacılığa yatırım yapmak bir diğer önemli adımdır. Demiryolu, su ve diğer sürdürülebilir taşımacılık modlarının kullanımının teşvik edilmesi, toplama, tasnif ve işleme altyapısını iyileştirirken emisyonları azaltır. Döngüsel ekonomi ilkelerinin başarılı bir şekilde uygulanması, lojistik sağlayıcılar, üreticiler, politika yapıcılar ve ortaklar dahil olmak üzere paydaşlar arasında işbirliğini gerektirir ve verimli kaynak kullanımı için veri paylaşımı ve açık iletişim sağlar (Crispin & Parthasarathy 2025).

Teslimatın son kilometresi, mikro mobilite çözümleri, drone teslimatı ve verimliliği artırmak için yerel toplama noktaları gerektiren benzersiz zorluklar sunmaktadır. Ayrıca, çalışanların eğitimi, eğitim programları ve iddialı sürdürülebilirlik hedeflerini içeren bir sürdürülebilirlik kültürünün sektör içinde teşvik edilmesi de büyük önem taşımaktadır (Crispin & Parthasarathy 2025).

Lojistik sağlayıcılar yenilikçiliği, işbirliğini ve sürdürülebilirliği benimseyerek daha dayanıklı ve çevre dostu bir gelecek inşa edebilirler. Bu dönüşüm teknoloji, altyapı ve insan sermayesine önemli yatırımlar gerektirse de uzun vadede sağlayacağı faydalar bu dönüşümü kritik bir çaba haline getirmektedir.

Döngüsel Mobilité Çözümlerinin başarılı bir şekilde benimsenmesi stratejik bir yaklaşım, dikkatli bir planlama ve kilit paydaşlar arasında işbirliği gerektirir. Kuruluşlar, verimliliği ve uzun vadeli etkiyi en üst düzeye çıkarmak için yaygın tuzaklardan kaçınırken sürdürülebilir uygulamaları benimsemelidir.

Başarı için Stratejiler

Teknoloji ve inovasyonu kucaklayın: Kaynak yönetimini optimize etmek, kestirimci bakımı geliştirmek ve ortak mobilité hizmetlerini iyileştirmek için IoT, yapay zeka ve veri analitiğinden yararlanın. Bu teknolojiler daha akıllı, daha verimli döngüsel operasyonlar sağlar.

Çeşitli ortaklarla işbirliği yapın: Tedarikçiler, politika yapıcılar ve tüketiciler dahil olmak üzere değer zincirindeki paydaşlarla etkileşim kurun. Sektörler arası işbirliği yenilikçi çözümleri teşvik eder ve sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumu sağlar.

Sürekli olarak değerlendirin ve uyarlayın: Temel performans göstergelerini (KPI'lar) düzenli olarak değerlendirin ve gerektiğinde ayarlamalar yapın. Döngüsel mobilité, sektör trendlerinin bir adım önünde olmak ve operasyonel verimliliği korumak için sürekli iyileştirmeler gerektirir.

Bu Yaygın Tuzaklardan Kaçının

Paydaş katılımını göz ardı etmek: Kilit ortakların katılımının olmaması benimsemeyi yavaşlatabilir ve değişime karşı direnç yaratabilir. Döngüsel girişimlerde şeffaflık ve işbirliği sağlayın.

Yalnızca kısa vadeli kazançlara odaklanın: Maliyet tasarrufu faydalı olsa da, uzun vadeli sürdürülebilirliğe öncelik vermek kalıcı iş başarısı sağlar. Kısa vadeli düşünmek döngüsel hareketlilik çabalarını baltalamakta ve çevresel faydaları sınırlamaktadır.

Mevzuat değişikliklerini göz ardı etmeyin: Taşımacılık ve sürdürülebilirlikle ilgili yeni ortaya çıkan politikalar ve uyum gereklilikleri hakkında bilgi sahibi olun. Düzenlemelere uyum sağlanamaması operasyonel risklere ve itibar kaybına yol açabilir.

12. Gelecek Trendleri

Döngüsel mobilite çözümleri, geleneksel al-yap-at modelini takip etmek yerine, kaynakları yeniden kullanarak, geri dönüştürerek ve optimize ederek ulaşımı daha sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, çeşitli stratejiler aracılığıyla araçların, altyapının ve taşıma malzemelerinin ömrünü uzatır.

Yeniden üretim ve yenileme yoluyla optimize edilmiş araç yaşam döngüleri, atıkların azaltılmasında ve verimliliğin en üst düzeye çıkarılmasında kilit bir rol oynamaktadır. Yollar ve ulaşım merkezleri için geri dönüştürülmüş altyapı malzemeleri çevresel etkinin en aza indirilmesine katkıda bulunur. Toplu taşıma ve lojistik için yenilenebilir enerji kaynakları iklim nötrlüğü hedeflerini destekler. Akıllı lojistik, verimli paketleme ve tersine tedarik zincirleri yoluyla atıkların azaltılmasına yardımcı olur. Araç paylaşımı ve bisiklet paylaşımı gibi paylaşılan mobilite çözümleri, bireysel araç sahipliğini en aza indirir ve kentsel tıkanıklığı azaltır. Yapay zeka ve IoT teknolojileri rota optimizasyonunu ve öngörücü bakımı iyileştirerek ulaşım sistemlerini daha verimli hale getirir. Döngüsel tedarik zincirleri, kapalı döngü sistemleri aracılığıyla atıkları daha da azaltarak kaynakların maksimum düzeyde yeniden kullanılmasını sağlar. Hükümet politikaları, çevre dostu ulaşım düzenlemelerini yürürlüğe koyarak döngüsel mobilite uygulamalarının daha geniş çapta benimsenmesini sağlıyor.

Okullarda Uygulamalı Uygulama

Eğitimciler, döngüsel hareketlilik sistemlerinin uygulanmasını taklit eden faaliyetler tasarlayabilirler. Buna karbon ayak izi hesaplamalarıyla rota planlama, model elektrikli araçlar için güneş enerjisiyle çalışan şarj istasyonları tasarlama veya son mil için drone teslimat rotalarını simüle etme dahildir. STEM ile entegre projeler sayesinde öğrenciler akıllı lojistik, ters tedarik zincirleri ve dijital takibin çevresel etkiyi nasıl azalttığını keşfediyor.

Öğrencileri Döngüsel Bir Geleceğe Hazırlamak

Döngüsel hareketlilik, toplumun ulaşım yaklaşımında bir dönüşümü temsil etmektedir - sahiplikten erişime, atıktan yeniden kullanıma ve karbon bağımlılığından yenilenebilir çözümlere geçiş. Bu temaların ortaöğretime yerleştirilmesi, sistem düşüncesini, ekolojik okuryazarlığı ve girişimci problem çözme teşvik eder.

Sonuçlar ve Öneriler

Eğitim, sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Müfredat geliştirme, uygulamalı projeler, topluluk ortaklıkları ve kamu sosyal yardım kampanyaları, orta öğretimin döngüsel hareketliliği desteklemesini sağlar. Bu eğitimsel değişim sadece küresel iklim hedeflerini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda gençleri döngüsel, eşitlikçi bir gelecek hayal etme ve yaratma konusunda güçlendirir.

Döngüsel ekonomi, atıkları azaltmaya ve yeniden kullanım, onarım ve geri dönüşüm yoluyla ürün ve malzemelerin ömrünü uzatmaya odaklanır. Geleneksel doğrusal üretim ve bertaraf modelinin aksine döngüsellik, malzemeleri mümkün olduğunca uzun süre kullanımda tutmayı ve nihayetinde kaynak tüketimini ve çevresel etkiyi en aza indirmeyi vurgular.

Döngüsel ekonominin ivme kazandığı kilit alanlardan biri de taşımacılık ve lojistik, zira bu sektörler önemli sürdürülebilirlik sorunlarıyla karşı karşıyadır. Bunlar arasında yüksek fosil yakıt tüketimi, ambalaj ve ekipman atıkları ve emisyonlara, fazla ambalaja ve çöp sahası atıklarına katkıda bulunan e-ticaret ürün iadelerinin artan hacmi yer almaktadır.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için taşımacılık sektörü, boş mil ve yakıt kullanımını azaltmak için teslimat rotalarını optimize etmek, yenilenebilir enerjiyi araçlara ve operasyonlara entegre etmek ve yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir ambalajları teşvik etmek gibi döngüsel stratejiler benimseyebilir. Ayrıca, etkin iade ve yeniden kullanım sistemleri ekonomik fırsatlar yaratırken atıkların en aza indirilmesine yardımcı olabilir. İşletmeler, onarım ve yenileme hizmetlerinin yanı sıra nakliye ekipmanı için geri dönüşüm girişimlerine de genişleyebilir.

Döngüsel uygulamaların hayata geçirilmesinde önemli bir engel de tersine lojistik yönetiminde yatmaktadır. Etkili entegrasyon dikkatli bir planlama, verimli toplama sistemleri, ayıklama tesisleri ve yeniden üretim merkezleri gerektirir. Dahası, artan malzeme çeşitliliğinin idaresi esneklik, ileri teknoloji ve sağlam veri yönetim sistemleri gerektirmektedir.

Taşımacılık ve lojistik, döngüsel ekonomi ilkelerini benimseyerek ekonomik büyümeyi çevresel sorumlulukla dengeleyerek daha sürdürülebilir ve kaynakları verimli kullanan bir geleceğe doğru ilerleyebilir.

Teknolojiyi benimseyerek, işbirliğini teşvik ederek ve sürekli iyileştirme taahhüdünde bulunarak kuruluşlar, yaygın tuzaklardan kaçınırken Döngüsel Mobilite Çözümlerini etkili bir şekilde uygulayabilir. Proaktif bir yaklaşım, gelişen ulaşım ortamında sürdürülebilirlik, verimlilik ve uzun vadeli başarı sağlar.

Kaynaklar

Barman, P., Dutta, L., Bordoloi, S., Kalita, A., Buragohain, P., Bharali, S., & Azzopardi, B. (2023). Renewable energy integration with electric vehicle technology: A review of the existing smart charging approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123003751>

Crispin, A. & Parthasarathy, P. (2025). Geochemical characteristics and paleo weathering in sediments of Noyyal River Basin, Tamilnadu–India. *Environmental Research & Technology*, 8 (1), 163–171 (Scopus Index).

European Commission (2025a). Sustainable transport. Retrieved from https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport_en

European Commission (2025b). Sustainable urban mobility planning and monitoring. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/urban-transport/sustainable-urban-mobility-planning-and-monitoring_en

Green.org (2024). The circular economy in automotive: Closing the sustainability loop. <https://green.org/2024/01/30/the-circular-economy-in-automotive-closing-the-sustainability-loop/>

Hartley, K., Schülzchen, S., Bakker, C. A., & Kirchherr, J. (2023). A policy framework for the circular economy: Lessons from the EU. *Journal of Cleaner Production*, 412, Article 137176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137176>

Ji-Hyland, C., White, D., & Khaydarov, R. (2025). The impact of circular economy practices on sustainable logistics performance. *International Journal of Logistics: Research and Applications*. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/13675567.2025.2465579>

Lean Manufacturing Junction (2022). The best ways to reduce waste in automotive manufacturing. [Hartley, K., Schülzchen, S., Bakker, C. A., & Kirchherr, J. \(2023\). A policy framework for the circular economy: Lessons from the EU. Journal of Cleaner Production, 412, Article 137176. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137176](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137176)

Rakowski, D., Ewalts, D. & Dall' Acqua, C. (2025). The Global Circularity Gap Report. <https://www.deloitte.com/global/en/issues/climate/global-circularity-gap.html>

Schumann, C., Riedel, R., Franke, S., Nitsche, A., & Runte, C. (2022). Artificial intelligence support for smart logistics systems in industrial environments. SAE Technical Paper, 2022-01-0347. <https://doi.org/10.4271/2022-01-0347>

World Economic Forum (2022). Circular economy key to accelerating net-zero transportation. <https://www.weforum.org/stories/2022/05/circular-economy-net-zero-transportation/>

4. DE için Yapay Zeka Kullanımının Gelecekteki Perspektifleri

Eğitimciler yeni nesli bu geçişe öncülük edecek bilgi ve araçlarla donatmaya çalışırken, dijital teknolojilerin Döngüsel Ekonomi Eğitime entegre edilmesi giderek daha hayati hale gelmektedir. Bu teknolojiler arasında Yapay Zeka (YZ), karmaşıklığı modelleme, karar vermeyi optimize etme ve sürdürülebilirlik süreçlerini otomatikleştirme konusundaki güçlü kapasitesiyle öne çıkmaktadır. Ayrıca, Makine öğrenimi (MÖ), ortaokul eğitiminde kilit bir konu olması gereken döngüsel ekonomi (DE) sistemlerinin karmaşıklığını ve dinamizmini ele alabilen, giderek artan bir dizi hesaplama tekniği sunmaktadır. Son yıllarda araştırmacılar ve uygulayıcılar, kaynak akışlarını optimize etmek, malzeme geri kazanımını artırmak, çevresel sonuçları tahmin etmek ve sektörler arasında daha akıllıca karar vermeyi sağlamak için çeşitli makine öğrenimi türlerini uygulamışlardır. Ekteki tabloda özetlenen çalışmalar, yeniden kullanım, rejenerasyon, azaltılmış emisyonlar ve kapalı döngü süreçleri de dahil olmak üzere DE ilkeleriyle uyumlu çeşitli makine öğrenimi uygulamalarını yansıtmaktadır.

Denetimli öğrenme, DE araştırmalarında en yaygın olarak uygulanan makine öğrenimi paradigmalarından biri olmaya devam etmektedir. Bu yaklaşım, hem girdi değişkenlerini hem de bilinen sonuçları içeren veri kümeleri üzerinde modellerin eğitilmesini içerir ve algoritmanın tahmine dayalı ilişkileri öğrenmesine olanak tanır. Model, eğitildikten sonra yeni veriler için bilinmeyen sonuçları tahmin edebilir. Döngüsel sistemlerde denetimli öğrenme, geri dönüştürülmüş malzemelerin verimini veya kalitesini tahmin etmek, kaynak kullanılabilirliğini öngörmek veya tedarikçi performansını sürdürülebilirlik kriterlerine göre değerlendirmek için kullanılır. Yaygın denetimli öğrenme algoritmaları arasında çevresel veya tarımsal verilerdeki karmaşık örüntüleri tanımada özellikle etkili olan Yapay Sinir Ağları (YSA); kesin sayısal tahminler için kullanılan Destek Vektör Regresyonu (DVR) ve PET plastik geri dönüşümü gibi çok değişkenli karar ortamlarını ele alan sağlam bir topluluk yöntemi olan Rastgele Orman yer alır.

Denetimsiz öğrenme, etiketli sonuçlar olmadan veriler üzerinde çalışarak farklılık gösterir. Genellikle karmaşık veri kümelerinde altta yatan kalıpları, kümeleri veya anormallikleri keşfetmek için kullanılır. DE bağlamında, denetimsiz öğrenme, sürdürülebilir ürünlerle ilgili tüketici davranışlarındaki eğilimleri belirleme, atık akışlarını bileşime göre kümeleme veya geri dönüşüm ağlarındaki düzensizlikleri tespit etme gibi işlevleri destekler. Kümeleme teknikleri ve konu modelleme, sosyal medya, atık günlükleri veya altyapı sistemlerinden gelen sensör geri bildirimleri gibi yapılandırılmamış veri kaynaklarını analiz ederken özellikle değerlidir.

Pekiştirmeli öğrenme, geri bildirim döngüleri yoluyla uyarlanabilirlik sağlar. Bu modelde bir ajan, bir sistemle yinelemeli etkileşimler yoluyla en uygun stratejileri öğrenir ve sonuçlara göre ödüller veya cezalar alır. Bu deneme-yanılma mekanizması, takviyeli öğrenmeyi özellikle lojistik, filo yönetimi veya biyo-döngüsel tedarik zincirlerinde uyarlanabilir çözelgeleme gibi dinamik operasyonel bağlamlar için uygun hale getirir. Bu tekniği uygulayan çalışmalar genellikle yakıt kullanımını en aza indirmeye, emisyonları azaltmaya ve hizmet verimliliğini artırmaya odaklanır - DE'nin kaynak koruma ve sistem esnekliğine verdiği önemle yakından bağlantılı hedefler.

Konvolüsyonel sinir ağları (KSA) dahil olmak üzere derin öğrenme teknikleri, görüntü tanıma, sınıflandırma ve duysal analiz içeren uygulamalarda ilgi görmektedir. Bunlar özellikle atık ayıklamanın otomatikleştirilmesinde, geri dönüştürülebilir malzemelerdeki kontaminasyonun tespit edilmesinde veya yenilenmiş ürünlerdeki kalitenin değerlendirilmesinde etkilidir. Derin öğrenme, geri kazanım oranlarını artırmak ve DE altyapısındaki emek yoğun işlemleri azaltmak için gerekli olan malzeme sınıflandırma süreçlerinin yüksek hızlı, ölçeklenebilir otomasyonunu sağlar.

Son olarak, Açıklanabilir Yapay Zeka (XYZ), model şeffaflığı ve hesap verebilirliğin gerekli olduğu durumlarda kritik bir yenilik haline gelmiştir. Geleneksel "kara kutu" makine öğrenimi modellerinin aksine XYZ, tahminleri etkileyen faktörler hakkında içgörü sağlayarak çevre politikasında, emisyon azaltma planlamasında veya sürdürülebilir kentsel gelişimde karar vermeyi destekler. XGBoost gibi modeller, SHAP (SHapley Additive exPlanations) değerleri ile birleştirildiğinde, sürdürülebilirlik sonuçlarını yönlendiren en etkili değişkenleri ortaya çıkarabilir ve DE yönetiminde daha bilinçli ve gerekçelendirilebilir müdahalelere olanak tanır.

Bu makine öğrenimi yaklaşımları birlikte döngüsellliği operasyonel hale getirmek için tamamlayıcı bir araç seti oluşturur. Uygulamaları tahmin ve optimizasyondan otomasyon ve uyumluluğa kadar uzanmaktadır; her biri döngüsel ekonomiye geçiş için gereken üretim, tüketim ve geri kazanım sistemlerinin sistemik olarak yeniden tasarlanmasını desteklemektedir.

Döngüsel Ekonomi Bağlamında Makine Öğrenimi Yaklaşımları

Yapay Zeka (YZ), döngüsel ekonominin (DE) ilerlemesinde giderek daha fazla stratejik bir kolaylaştırıcı olarak kabul edilmektedir. Yapay zeka, bir arka plan teknolojisi olarak hizmet etmekten ziyade, çeşitli sektörlerde döngüsel sistemlerin tasarımını, kontrolünü ve optimizasyonunu giderek daha fazla şekillendirmektedir. Tarımdan şehir planlamasına, malzeme geri kazanımından ürün yaşam döngüsü yönetimine kadar YZ, doğrusal "al-yap-at" modellerinden atıkları azaltan ve kaynak verimliliğini en üst düzeye çıkaran rejeneratif, döngüsel sistemlere geçişi kolaylaştırıyor.

YZ'nin DE'deki en açık uygulamalarından biri, kaynak optimizasyonu için öngörücü modellemede yatmaktadır. Pitakaso ve arkadaşları (2025) biyo-döngüsel tarım sektöründe, şeker kamışı filosu lojistiğinin rotalama ve çizelgelemesini optimize etmek için takviyeli öğrenme ve yapay çoklu zeka uygulamıştır. Bu sistem, yakıt tüketimini ve emisyonları başarılı bir şekilde en aza indirerek biyokütle kullanım döngüsünü kapatan döngüsel tarım uygulamalarına katkıda bulunmuştur (Pitakaso vd., 2025). Benzer şekilde, Kravchenko ve arkadaşları (2025) gıda atıklarından elde edilen biyokömürün kimyasal özelliklerini tahmin etmek için destek vektör regresyonunu kullanmıştır. Çalışmaları, atıktan enerjiye sistemlerin hassas mühendisliğini destekleyerek, biyokömür üretiminin yeniden kullanımı en üst düzeye çıkararak ve artık çıktıları azaltarak DE hedefleriyle uyumlu olmasını sağlamaktadır (Kravchenko ve ark., 2025).

Yapay zekanın DE uygulamalarını yeniden şekillendirdiği bir diğer önemli alan da atık ayrıştırma ve döngüsel malzeme geri kazanımıdır. Özellikle derin öğrenme yoluyla bilgisayarla görme alanındaki gelişmeler, geri dönüşüm sistemlerinin verimliliğini dönüştürmektedir. Faghih ve arkadaşları (2024), konvolüsyonel sinir ağlarının (KSA'lar) tüketim sonrası tekstil ürünlerini kumaş türüne göre yüksek doğrulukla nasıl sınıflandırabileceğini göstermiştir. Bu, geri kazanılan malzemelerin saflığını artırmakta ve tekstil endüstrisinde etkili yeniden kullanımı desteklemektedir (Faghih vd., 2024). Plastik geri dönüşümü alanında, Abedsoltan ve arkadaşları (2025) PET hidroliz süreçlerini simüle etmek için Rastgele Orman ve YSA kullanarak hibrit bir model geliştirmiş ve geri dönüşümcülerin kapalı döngü sistemlerinde geri dönüştürülmüş plastiklerin hem verimini hem de saflığını artırmasına yardımcı olmuştur (Abedsoltan vd., 2025).

Yapay zeka, döngüsel kentsel sistemlerde de merkezi bir rol oynamaktadır. Akıllı şehirlerde YZ, su ve atık gibi kaynakları dinamik olarak yöneterek daha sürdürülebilir bir altyapı sağlamaktadır. Ojadi ve arkadaşları (2024), kentsel ortamlarda su kullanımını ve katı atık yönetimini optimize etmek için YZ tabanlı zaman serisi tahmini kullanarak şehirlerin tüketim modellerine gerçek zamanlı olarak uyum sağlamasına ve çevresel stresi azaltmasına olanak tanımıştır (Ojadi vd., 2024). Operasyonel verimliliğin ötesinde, yapay zeka stratejik kentsel planlamaya da katkıda bulunmaktadır. Wang ve arkadaşları (2025), Çin'in pilot şehirlerindeki döngüsel karbon girişimlerinin performansını değerlendirmek için XGBoost ve SHAP değerlerini birleştiren Açıklanabilir YZ (XYZ) kullanmıştır. Elde ettikleri bulgular, hangi değişkenlerin emisyonları en etkili şekilde azalttığına dair değerli politika içgörülerini sunmakta ve böylece DE yönetiminde veri şeffaflığını artırmaktadır (Wang vd., 2025).

Endüstriyel sistemler ve tedarik zincirleri de döngüsel tasarımda yapay zeka entegrasyonundan faydalanmaktadır. Ghanavati-Nejad ve diğerleri (2025), esneklik ve döngüsel ekonomi ölçütlerine dayalı tedarikçi seçimini desteklemek için stokastik bir yapay sinir ağı modeli geliştirmiştir. Model, üreticilerin sürdürülebilirlik kriterlerini satın alma sürecine dahil etmelerine yardımcı olarak yeniden üretim ve etik kaynak kullanımı gibi hedefleri ilerletmektedir (Ghanavati-Nejad vd., 2025).

Benzer şekilde, ve arkadaşları (2025) döngüsel tedarik zincirleri için ekonomik verimlilik, çevresel yönetim ve sosyal sorumluluk olmak üzere üçlü kar-zarar çizgisini dengelemek üzere yapay zekayı kullanan bir karar-destek çerçevesi sunmuştur (Meena Meena vd., 2025).

İleriye bakıldığında, yapay zeka ile koordine edilen endüstriyel ekosistemler şeklinde daha sofistike uygulamalar ortaya çıkmaktadır. Telesca (2025), DE performans ölçümlerini, imar politikalarını ve gerçek zamanlı enerji ve malzeme akış verilerini entegre etmek için yapay zeka kullanarak Eko-Endüstriyel Bölgeleri yönetmek için Akıllı Sürdürülebilir Kalkınma (ASK) modelini önermiştir. Modelendüstrilerin kaynakları paylaştığı ve akıllı analitiğe dayalı operasyonları senkronize ettiği düzenlenmiş bir sistem öngörmektedir (Telesca, 2025).

Döngüsel Ekonomide Makine Öğrenimi Uygulamaları

Tablo, döngüsel ekonomi (DE) kapsamında makine öğreniminin (MÖ) temel kullanımlarını özetlemektedir. Her giriş, denetimli, denetimsiz, takviye ve derin öğrenme dahil olmak üzere makine öğrenimi tekniklerinin kaynak optimizasyonu, atık azaltma, malzeme sınıflandırması ve sistem uyarlanabilirliğini nasıl sağladığını göstermektedir. Genel bakış, her bir yaklaşımı belirli DE işlevleriyle ilişkilendirerek, akıllı araçların sektörler genelinde rejeneratif, düşük etkili ve veriye dayalı çözümleri nasıl desteklediğine dair içgörü sunuyor.

Başlık	Yazarlar	MÖ Türü	Algoritma	Uygulama	Döngüsel Ekonomi Etkisi
Biyokömür Üretimi için Su Yabani Ot Verimlerinin Haritalanması	Banda ve diğerleri (2025)	Gözetimli Öğrenme	Yapay Sinir Ağları (YSA)	Biyokömür üretimi için biyokütle veriminin tahmini	Biyokütleyi enerjiye dönüştürerek biyolojik kaynak akışlarını optimize eder
Tarımda Biyo-Döngüsel Yeşil Ekonomi	Pitakaso ve diğerleri (2025)	Güçlendirmeli Öğrenme (GÖ)	Yapay Çoklu Zeka ile GÖ	Biyokütle lojistiği için filo yönlendirme ve planlama	Tarımda ulaşım emisyonlarını ve kaynak geri kazanımını optimize eder
Döngüsel Tedarik Zincirlerinde Tedarikçi Seçimi	Ghanavati-Nejad ve diğerleri (2025)	Gözetimli Öğrenme	Stokastik ANN Modelleri	Dayanıklılık ve sirkülerliğe dayalı olarak tedarikçi seçimi	Tedarik zinciri ağlarında sürdürülebilirliği ve çevikliği artırır

Title	Authors	ML Type	Algorithm	Application	Circular Economy Impact
Döngüsel Plastikler İçin PET Hidroliz Modellemesi	Abedsoltan ve diğerleri (2025)	Gözetimli Öğrenme	Rastgele Orman, ANN	PET atık hidroliz işleminin verimliliğinin modellenmesi	Kimyasal proses optimizasyonu yoluyla plastiğin kapalı devre geri dönüşümünü sağlar
Kentsel Döngüsel Karbon Ekonomisi Analizi	Wang ve diğerleri (2025)	Açıklanabilir Yapay Zeka (XAI)	SHAP analizi ile XGBoost	Çin pilot şehirlerinin sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi	Karbon ayak izi içgörülerini aracılığıyla DE ile uyumlu kentsel planlamayı destekler
Biyokömür Özellik Tahmini için Yapay Zeka	Kravchenko ve diğerleri (2025)	Gözetimli Öğrenme	Destek Vektör Regresyonu (DVR)	Gıda atıklarından biyokömür özelliklerinin tahmini	Organik atık işlemede atık-değer yollarını optimize eder
Atıktan Değere Sistemlerinde Yapay Zeka ile Uyumluluğun Yeniden Tasarlanması	Ashraf & Mustafa (2024)	Gözetimsiz Öğrenme	Anomali Tespiti, Desen Madenciliği	Dijital atık değerlendirme süreçlerinde uyumluluğun izlenmesi	Etik ve izlenebilir döngüsel atık akışlarını sağlar
Akıllı Şehirlerde Su Kullanımı ve Atıklarının Yapay Zeka Destekli Optimizasyonu	Ojadi ve diğerleri (2024)	Gözetimli Öğrenme	Zaman Serisi Tahmini	Kentsel su ve atık sistemlerinin optimize edilmesi	Kapalı devre kentsel kaynak döngülerini teşvik eder
Yapay Zeka Destekli Tekstil Atığı Ayıklama	Faghih ve diğerleri (2024)	Bilgisayar Görüntüsü / Derin Öğrenme	Evrişimsel Sinir Ağları (ESA)	Tüketici sonrası tekstil atıklarının geri dönüşüm için sınıflandırılması	Tekstil yeniden kullanım akışlarında geri kazanım oranlarını ve saflığı iyileştirir
Atık Değerlendirmesi Yapay Zeka ile Buluşuyor: KOBİ Büyümesi ve Eşitsizlik	Abbas & Mustafa (2024)	Derin Öğrenme	Çok Katmanlı Perceptron	Geri dönüştürülmüş malzemelerden değer çıkarımının tahmin edilmesi	Kapsayıcı ve ölçeklenebilir atık-kaynak sistemlerini güçlendirir

Döngüsel Ekonomide Yapay Zeka: Fırsatlar ve Riskler

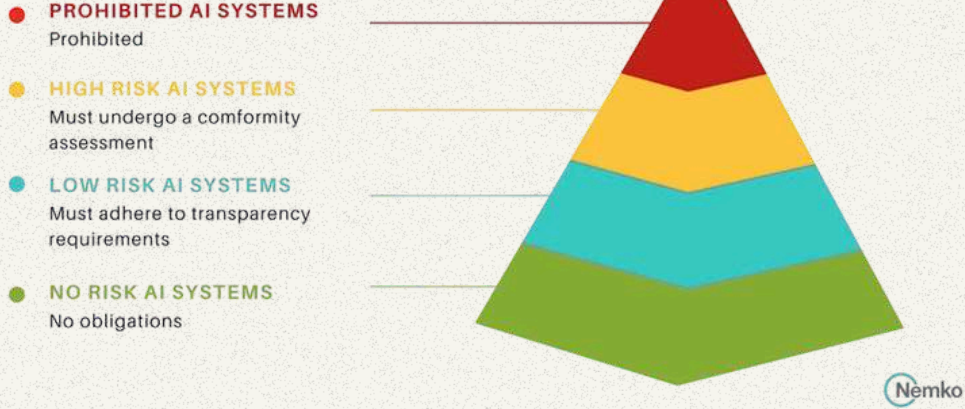
YZ sistemleri döngüsel ekonomi (DE) altyapılarına giderek daha fazla gömülü hale geldikçe, rolleri analitik destekten otonom kontrol ve öngörücü yönetişime doğru evrilmektedir. Ortaya çıkan uygulamalar arasında gerçek zamanlı yaşam döngüsü değerlendirmeleri (Kravchenko vd., 2025), YZ tarafından yönetilen enerji mikro şebekeleri, döngüsel tedarik zincirleri için dinamik lojistik (Pitakaso vd., 2025) ve malzeme akışlarını izlemek için otonom izlenebilirlik sistemleri bulunmaktadır. Bu araçlar verimlilik, şeffaflık ve ekolojik sürdürülebilirlik konularında önemli kazanımlar vaat etmektedir. Gelişmiş öğrenme, örüntü tanıma ve uyarlanabilir karar verme yoluyla yapay zeka, atıkların tasarlanması, ekosistemlerin yenilenmesi ve endüstrilerdeki kaynak döngülerinin kapatılması hedeflerini desteklemektedir.

Bununla birlikte, bu yetenekler kritik zorlukları da beraberinde getirmektedir. YZ'nin etik yönetişimi, algoritmik önyargı, veri belirsizliği ve karar alma sürecinden dışlanma endişelerinin devam ettiği birçok DE bağlamında az gelişmiş olmaya devam etmektedir (Floridi ve ark., 2018). Kontrol edilmediğinde, bu tür riskler çevresel adaletsizlikleri artırabilir veya demokratik kontrolü zayıflatabilir. Örneğin, geri dönüşüm sistemlerindeki yapay zeka tabanlı otomasyon, özellikle dijital altyapıya erişimin sınırlı olduğu düşük gelirli ekonomilerde, kayıt dışı çalışanları veya küçük ölçekli geri dönüşümcüleri marjinalleştirebilir (Vinuesa vd., 2020). Bu arada, döngüsel tedarik zincirleri, sensörler, akıllı sözleşmeler veya tüketici davranışlarının izlenmesi yoluyla büyük ölçekli veri toplamaya giderek daha fazla dayanmakta ve veri egemenliği ve gizliliği ile ilgili endişeleri artırmaktadır.

Bu endişeler artık düzenleyicilerin de dikkatini çekmektedir. Avrupa Birliği'nin Yapay Zeka Yasası (AB YZ Yasası), çevre yönetimi, kentsel altyapı ve endüstriyel kontrolde kullanılan yüksek riskli sistemler için özel hükümler ile YZ sistemlerini potansiyel risklerine göre kategorize eden yasal bir çerçeve getirmektedir (Avrupa Komisyonu, 2021/2024). YZ Yasası, bu tür sistemler için şeffaflık, insan gözetimi ve algoritmik hesap verebilirliği zorunlu kılmaktadır; bu ilkeler özellikle YZ'nin emisyonları izlemek, enerji kullanımını optimize etmek veya DE ile ilgili uyumluluğu sağlamak için kullanıldığı durumlarda geçerlidir.

AB Yapay Zeka Yasası, YZ sistemlerini bir piramit gibi yapılandırılmış dört seviyeye ayıran risk tabanlı bir çerçeve getirmektedir. Bu yapı, düzenlemenin orantılı olmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır: bir YZ sisteminin insanlar, toplum veya çevre için oluşturduğu potansiyel risk ne kadar yüksekse, düzenleyici gereklilikler de o kadar katı olmaktadır.

EU AI Act: Risk Levels



Şekil 4: AB Yapay Zeka Yasası: Risk Seviyeleri.

Kaynak: <https://www.nemko.com/blog/a-quick-dive-into-the-eu-ai-act>

Piramidin en tepesinde, AB pazarında izin verilemeyecek kadar tehlikeli kabul edilen kabul edilemez riskli YZ sistemleri yer almaktadır. Bu sistemler tamamen yasaklanmıştır. Döngüsel ekonomi bağlamında, aldatıcı yeşil pazarlama taktikleri yoluyla tüketicileri manipüle etmek için kullanılan bir YZ sistemi buna bir örnek olabilir

- Örneğin, bir ürünü yanlış bir şekilde çevresel açıdan sürdürülebilir olarak göstermek için bilinçaltı mesajlar kullanarak. Böyle bir sistem savunmasız nüfusları (çocuklar veya yaşlılar gibi) istismar ederse, bu en yüksek risk kategorisine girer ve yasaklanır.

Bir sonraki seviye, yasaklanmayan ancak şeffaflık, veri kalitesi, insan gözetimi ve risk yönetimi ile ilgili katı yükümlülöklere uyması gereken yüksek riskli YZ sistemleridir. Döngüsel ekonomide bu, geri dönüşüm için malzemeleri sınıflandıran otomatik atık ayırma tesislerinde kullanılan YZ sistemlerini içerebilir. Bir başka örnek de akıllı bir şehirde kritik enerji sistemlerini yöneten veya yeniden kullanılabilir malların dağıtımını optimize eden YZ olabilir. Bu sistemler sürdürülebilirlik hedeflerini desteklerken, herhangi bir hata veya yanlışlığın çevresel zarar veya kaynakların yanlış tahsisi gibi ciddi sonuçları olabilir - bu nedenle yüksek riskli olarak kabul edilirler.

Bunun altında, esas olarak şeffaflık gerekliliklerine tabi olan sınırlı riskli YZ sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler kullanıcılarla etkileşime girebilir veya karar vermeyi etkileyebilir, ancak zarar verme olasılığı daha düşüktür. Örneğin, tüketicilere ürünlerin nasıl yeniden kullanılacağı veya geri dönüştürüleceği konusunda rehberlik eden bir dijital asistan veya chatbot bu kategoriye girer.

Bu YZ araçları, kullanıcıları bir YZ sistemi ile etkileşime girdikleri konusunda bilgilendirmeli ve önerilerin nasıl oluşturulduğunu açıklamalıdır (örneğin, kullanıcı tercihlerine göre ikinci el ürünler veya onarım seçenekleri önermek).

Piramidin tabanında, YZ Yasası kapsamında belirli yasal kısıtlamalarla karşılaşmayan minimal veya risksiz YZ sistemleri yer almaktadır. Bunlar, insanların haklarını veya güvenliğini önemli ölçüde etkilemeyen en yaygın uygulamaları içerir. Döngüsel ekonomide bu, geri dönüşüm kamyonları için rotaları optimize etmek gibi dahili lojistik için kullanılan YZ veya bir geri dönüşüm tesisindeki makineler için öngörücü bakım araçları olabilir. Bu kullanımlar verimliliği ve sürdürülebilirliği artırır, ancak etik veya yasal kaygılara yol açmaz, bu nedenle serbestçe izin verilir.

YZ Yasası piramidi, döngüsel ekonomi gibi alanlardaki YZ uygulamalarının etkilerine bağlı olarak uygun şekilde düzenlenmesini sağlar. Kamu veya çevre refahı için kritik öneme sahip sistemler daha yüksek standartlara tabi tutulurken, daha düşük riskli araçlar minimum müdahale ile teşvik edilmektedir.

Adil ve etkili bir yapay zeka destekli döngüsel ekonomi elde etmek, uyumluluktan daha fazlasını gerektirir. Sorumlu tasarım, kapsayıcı yönetim ve adalet merkezli inovasyon gerektirir. Algoritmik kararlar açıklanabilir, izlenebilir ve denetlenebilir olmalıdır. Otomasyondan etkilenen toplumlar -özellikle de savunmasız işgücü veya ekolojik sistemlerde bulunanlar- YZ sistemlerinin nasıl tasarlandığı ve uygulandığı konusunda söz sahibi olmalıdır. DE için çevresel adalet ilkelerinin YZ'ye entegre edilmesi, sürdürülebilirlik arayışının eşitlik pahasına olmamasını sağlar.

Sonuç olarak, YZ döngüsel modelleri ölçeklendirmek için muazzam bir potansiyele sahip olsa da, konuşlandırılması etik güvenceler tarafından yönlendirilmelidir. AB YZ Yasası gibi çerçeveler bir başlangıç noktası sağlamaktadır, ancak politika yapıcılar, teknoloji uzmanları ve sivil toplum arasında devam eden diyalog, döngüsel zekanın sadece akıllı değil, aynı zamanda adil, kapsayıcı ve hesap verebilir olmasını sağlamak için gerekli olacaktır.

Kaynaklar

Abbas, S., & Mustafa, M. (2024). Waste valorization meets AI: SME growth and inequality. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390629994>

Abedsoltan, R., Jafari, R., Rastegar, M., & Brar, S. K. (2025). Modeling and optimization of enzymatic hydrolysis for PET plastic using machine learning. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5223492

Almashaleh, I., Wicaksono, H., & Valilai, O. F. (2025). A framework for social media analytics in textile business circularity for effective digital marketing. Smart Cities and Society, 1(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853125000794>

Ashraf, M., & Mustafa, M. (2024). Reimagining compliance through AI in waste-to-value systems. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390630356>

Aslam, M., & Mustafa, M. (2024). From waste to wealth: AI and FinTech strategies for equitable SME development. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390630431>

Banda, M., Simukoko, M., & Kalumba, M. (2025). Utilizing machine learning to map aquatic weed yields for biochar production: A case study in the Bangweulu Wetlands, Zambia. Advances in Environmental and Energy Research, 6(2), 020. <https://www.lidsen.com/journals/aeer/aeer-06-02-020>

Faghih, M., Shokri, A., & Ramezani, M. (2024). AI-enabled textile waste classification for sustainable recycling: A deep learning approach. Sustainability, 17(10), 4264. <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/10/4264>

Ghanavati-Nejad, M., Jolai, F., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2025). Supplier selection for resilient-leagile circular supply chains using stochastic ANN-based models. Soft Computing. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-025-10578-z>

Kravchenko, J., Bockel, L., & Li, Y. (2025). Predicting biochar properties from food waste using support vector regression. Waste Management & Research. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343725014873>

Meena, P. L., Ghadge, A., & Kumar, V. (2025). A triple bottom line approach to circular supply chain optimization using artificial intelligence. *Annals of Operations Research*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-025-06510-1>

Ojadi, F., Eze, S. C., & Adeleke, I. (2024). AI-driven optimization of water usage and waste in smart cities. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390695591>

Pitakaso, R., Jittamai, W., & Chaitiamwong, N. (2025). Bio-circular green economy development in agriculture using reinforcement learning. *Computers and Electronics in Agriculture*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816992500537X>

Telesca, L. (2025). A systemic sustainable development model for industrial circular economy in special economic zones. University of Basilicata Doctoral Thesis. <https://iris.unibas.it/bitstream/11563/196975/1/tesi%20dottorato%20di%20ricerca%20Lo%20VECCHIO%20con%20firme.pdf>

Wang, L., Xu, Y., & Zhang, T. (2025). Explainable machine learning to evaluate circular carbon performance in pilot cities. *Environmental Development*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095525001233>

5. Ortaöğretim Müfredatında Döngüsel Yaklaşımlara İlişkin Anket Sonuçları

Bu değerlendirme, proje konsorsiyumunda yer alan dört devlet ortaokulunda her okuldan bir temsilci ile gerçekleştirilen bir ankete dayanmaktadır: FIFTH GENERAL LYCEUM Larisas (FGLL, Yunanistan), Fritz-Greve-Gymnasium (FGGM, Almanya), Zespót Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Polonya) ve Hadiye Kuradaci Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Türkiye). Araştırma, DE eğitimi yaklaşımlarına ilişkin müfredat, mevcut uygulamalar ve ihtiyaçlar hakkında bilgi toplamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Tüm katılımcı okullar, ulusal veya bölgesel müfredatlarında DE konularına bir miktar yer verdiklerini bildirirken, bu yer vermenin derinliği ve genişliği ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir.

Tüm okullar, ulusal/bölgesel müfredatlarında, Polonya'da bazı derslerin sadece küçük bir bölümünün DE'ye ayrılmış olması kısıtlamasıyla, müfredata dahil edilmiş belirli DE konularının olduğunu belirtmiştir.

Dört okul da DE eğitimi ile ilgili konuların resmi müfredatın bir parçası olduğunu ve öncelikle fen bilimleri (örneğin Biyoloji, Kimya, Fizik) ve beşeri bilimler (örneğin Tarih, Sosyal Bilgiler, Ekonomi) derslerinin içine yerleştirildiğini kabul etmektedir. Türkiye ve Polonya'da kapsam daha geniştir; bilişim teknolojileri, her iki okulda da diller ve Türkiye'de sanata kadar uzanmaktadır. Ancak Almanya, DE'den ziyade genel olarak sürdürülebilirliğe daha fazla odaklandığını vurgulamaktadır.

Yunanistan, Polonya ve Almanya'da yaygın olan DE konularının mevcut derslere entegre edilmesine yönelik bir güven vardır. Türkiye, proje tabanlı öğrenme ile teknoloji ve dijital araçların kullanımını vurgulamasıyla öne çıkmaktadır. Polonya'da ayrıca ders dışı etkinliklere ve dış kuruluşlarla işbirliklerine dahil edilirken, Alman okulu ek olarak proje tabanlı öğrenmeyi de uygulamaktadır.

Tüm okullar müfredatlarında temel DE temalarına yer verirken, Polonya en kapsamlı seti ele almaktadır. İklim değişikliği tüm okullarda, biyoçeşitlilik Yunanistan, Polonya ve Almanya'da, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir tüketim Türkiye, Polonya ve Almanya'da, atık yönetimi ve geri dönüşüm ise Yunanistan, Türkiye ve Polonya'da müfredata dâhil edilmektedir. Polonya ve Almanya bunlara ek olarak su tasarrufu ile sosyal adalet ve eşitliği de içermektedir. Çevre etiği Yunanistan müfredatının sadece bir parçasıdır.

Almanya yine daha az açık bir odaklanma bildirmekte ve enerji üretimi gibi konuların yenilenebilir enerji öğretilmeden de öğretilbileceğini belirtmektedir. Bu çeşitlilik, DE temaları mevcut olsa da terminoloji ve kapsamın farklı olabileceğini ve potansiyel olarak öğrenci anlayışında tutarsızlıklara yol açabileceğini göstermektedir.

Sadece Türkiye, SKH'lerin müfredatın bir parçası olduğuna açıkça atıfta bulunmaktadır. Polonya ve Almanya kısmi atıfta bulunurken Yunanistan hiç atıfta bulunmadığını belirtmiştir. SKH'ler, DE eğitimi ile iyi uyum sağlayan ve daha uyumlu bir eğitim stratejisine katkıda bulunabilecek küresel olarak tanınan bir çerçeve sağladığından bu önemlidir.

Tüm okullar, müfredat analizi için belirli bir çerçeve veya kılavuz (örneğin, UNESCO Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim, yerel çerçeveler) kullanılmadığını ve okullarında DE eğitime velilerin değil öğrencilerin dahil olduğunu beyan etmiştir.

Müfredatın ötesinde, okullara döngüsel ekonomi ilkelerinin öğretim uygulamalarına dahil edilip edilmediği sorulmuştur. Yunanistan bu ilkeleri müfredatın bir parçası olarak ve çevre programlarına dahil ederken, Türkiye DE proje tabanlı öğrenmenin sınıf içi faaliyetlere entegre edilmesini vurgulamaktadır. Polonya okulu, öğrencileri öğretmenler tarafından yürütülen ders dışı faaliyetlere ve dış kuruluşlar veya yerel topluluklarla faaliyetlere katılarak dahil etmektedir. Almanya'da da düzenli derslerde ya da özel projeler başlatılarak uygulanmaktadır.

Polonya, DE eğitimi teşvik etmek için dış kuruluşlarla aktif ortaklıkları olan tek okuldur. Diğer tüm okullar bu tür işbirlikleri yapmadıklarını bildirmiştir. Bu da "gerçek dünyada" pratik öğrenme fırsatlarında potansiyel iyileştirmeler için önemli bir alanı temsil etmektedir. Pratik açıdan bakıldığında, tüm okullar sürdürülebilirlik temalı etkinlikler (örneğin, Dünya Günü, Eko Fuar) düzenlemekte ve çoğu okul ek geri dönüşüm programları yürütmektedir (Yunanistan, Polonya, Almanya). Ayrıca, Türkiye ve Polonya ağaç dikme veya bahçecilik projeleri sunarken, Türkiye kompost projeleri, Polonya ise temizlik gezileri düzenlemektedir.

DE projelerinin tasarlanması veya uygulanmasında öğrenci katılım düzeyi de değişiklik göstermektedir: Polonya aktif katılım bildirirken, Türkiye ve Almanya kısmi katılım, Yunanistan ise hiç katılım bildirmemiştir. Bu durum, farklı okul kültürlerini ve öğrenci liderliğindeki girişimler için mevcut kaynakları yansıtmaktadır. Ayrıca, çoğu okul bu pratik faaliyetlerin etkisini izlememekte, sadece Polonya müfredat dışı faaliyetlerin sonuçlarını değerlendirmektedir.

Hiçbir okul DE eğitimi alanında resmi öğretmen eğitimi sunmamaktadır ve kaynaklar genellikle yetersizdir. Öğretmenler basılı materyallere (Yunanistan, Almanya, Türkiye), atölye çalışmalarına, dijital kaynaklara ve araçlara (Türkiye) veya kendi oluşturdıkları içeriğe (Polonya) güvenmektedir. Türk okulu diğerlerine kıyasla daha iyi bir donanımına sahipken, Polonya DE materyalleri için merkezi bir bilgi merkezine duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

DE eğitiminin uygulanmasında en yaygın olarak belirtilen engeller şunlardır:

- ✦ Öğretim materyalleri ve finansman gibi kaynakların eksikliği (tüm okullar)
- ✦ Sınırlı müfredat esnekliği (tüm okullar)
- ✦ Yetersiz öğretmen eğitimi (Yunanistan, Polonya, Almanya),
- ✦ Öğretmenlerin yetersiz becerileri (Türkiye)
- ✦ Bürokratik aşırı yüklenme (özellikle Almanya'da dikkat çekmektedir)
- ✦ Kurumsal destek ve eğitim politikası çerçevelerinin eksikliği (özellikle Türkiye ve Polonya'da)
- ✦ Öğrenci ilgisi eksikliği (Türkiye)
- ✦ Gönüllü olarak hazırlanması gerektiğinden öğretmenlerin DE'ye ayırabilecekleri zamanın sınırlı olması (özellikle Almanya ve Polonya'da)

Bu zorluklar, ilgili eğitim politikalarının daha geniş sistemik sorunlarını yansıtırken, okul düzeyinde değişim fırsatlarını da göstermektedir.

Polonya ve Almanya DE ile ilgili en gelişmiş projeleri bildirmektedir. Polonya "Yeşil Sınıf", "Oxford Tartışmaları", elektrikli atık projeleri, "Bulut Altında Sınıf (Arboretum)", "Dünya Günü" ve "Dünyayı Temizleme Günü" gibi girişimleri listelerken, Almanya yeniden kullanılabilir kaplarda yiyecek dağıtan ve satan girişimci okul şirketi "Freiday" ve bu şirket için bir okul bahçesi uygulayan planlanmış uzun vadeli bir öğrenci projesini sergiliyor. Bu bağlamda öğrenciler kendi proje fikirlerini yaratma ve gerçekleştirme imkânına sahip olmakta ve kazanan proje teşvik edilmektedir. Yunan okulu yakın zamanda "Let's Get Green - ekolojik sorunlar konusunda farkındalık yaratma" başlıklı bir Erasmus+ programı uygulamış olup Türkiye bu alanda henüz başarılı bir proje gerçekleştirilmemiştir.

Öğrenci katılımı, çeşitlilik göstermekle birlikte, müfredat dışı ve proje temelli fırsatların olduğu yerlerde daha belirgin olma eğilimindedir. Polonyalı öğrenciler, okul ve dış kuruluşlar tarafından düzenlenen tüm etkinliklere aktif olarak katılmakta ve iklim değişikliği, malzemelerin yeniden kullanımı, geri dönüşüm ve tasarrufla bağlantılı tehditler konusunda farkındalık göstermektedir. Almanya'da öğrenciler yukarıda bahsedilen projelerde yer almaktadır. Buna karşın, Yunanistan'da öğrencilerin katılımı geri dönüşümle, Türk okulunda ise proje tabanlı öğrenme faaliyetleriyle sınırlıdır.

İhtiyaçlar ve Öneriler

DE eğitimini iyileştirmek için okullar net ihtiyaçlarını dile getirmişlerdir:

- ✦ Daha fazla müfredat esnekliği ve DE için ayrılmış zaman, örneğin disiplinler arası okul projeleri veya DE ile ilgili yeni konular için (özellikle Almanya ve Yunanistan)
- ✦ DE'ye göre uyarlanmış pratik öğretim kaynakları (tüm ülkeler)
- ✦ Öğretmen eğitimi ve akran değişimi için fırsatlar (Polonya)
- ✦ Daha az bürokrasi de dahil olmak üzere daha güçlü kurumsal ve politika desteği (Almanya)
- ✦ Dış kuruluşlar ve sanayi ile işbirliği (Almanya)

ZAI'nin (Polonya) merkezi bir bilgi merkezi önerisi, bu projeye duyulan ihtiyacı teyit etmektedir ve kaynak eksiklikleri, öğretmen desteği ve kalite kontrolü gibi birçok zorluğu aynı anda ele alabileceği için özellikle umut vericidir.

Sonuç

Anket verileri, döngüsel ekonomi eğitiminin öneminin ortak bir şekilde kabul edildiğini, ancak aynı zamanda uygulama, derinlik ve destek konularında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Polonya, öğrenci katılımı, tema çeşitliliği ve dış işbirliği açısından en gelişmiş ülke olarak görünürken, Türkiye dijital altyapı ve proje tabanlı yaklaşımlarla güçlü bir potansiyel ortaya koymaktadır. Almanya ve Yunanistan, öğretmenlerin ilgisine rağmen DE entegrasyonunun derinliğini sınırlayan yapısal ve sistemik zorlukları vurgulamaktadır.

İlerlemek için şunlara ihtiyaç vardır:

- ✦ Ulusal politikanın DE ve SKH ilkeleriyle uyumu
- ✦ Öğretmen eğitimi ve materyallerine yatırım
- ✦ Disiplinler arası, proje tabanlı öğrenmeye destek
- ✦ Dış aktörlerle gelişmiş işbirliği

Bu tür adımlar, izole çabalardan Avrupa çapında daha uyumlu ve etkili bir DE eğitim sistemine geçişe yardımcı olacaktır. Çalışma, bu noktalardan birkaçını ele aldığı için CircEdu projesinin önemini vurgulamaktadır.

6. Okullarda DE Eğitimi ile İlgili Öğretmenlerin Bakış Açıları, Deneyimleri ve İhtiyaçlarına İlişkin Anket Sonuçları

Aşağıdaki sonuçlar, proje konsorsiyumundaki dört devlet ortaokulunun her birinin öğretim kadrosunun yaklaşık yarısı ile yapılan bir anketin değerlendirmesini sonuçlandırmaktadır: FIFTH GENERAL LYCEUM Larisas (FGLL, Yunanistan), Fritz-Greve- Gymnasium (FGGM, Almanya), Zespót Szkót Agrotechnicznych i Ogólnokształcących im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Polonya) ve Hadiye Kuradaci Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Türkiye). Bu anket, öğretmenlerin okullarda döngüsel ekonomi eğitime ilişkin bakış açılarını, deneyimlerini ve ihtiyaçlarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Ankete Yunanistan'dan 15, Polonya'dan 19, Almanya'dan 11 ve Türkiye'den 12 öğretmen olmak üzere toplam 56 öğretmen yanıt vermiştir.

Konu Alanları

Almanya'da öğretmenlerin en büyük oranı Diller (%33,3) alanında uzmanlaşırken, bunu %26,7 ile Beşeri Bilimler (örneğin Tarih, Sosyal Bilgiler, Ekonomi), %20 ile Fen Bilimleri (örneğin Biyoloji, Kimya, Fizik) ve Sanat (%13,3) takip etmektedir. Bilişim %6,7 ile en az temsil edilen alandır.

Yunanistan'da katılımcıların çoğunluğu Fen Bilimleri (%35,7) öğretirken, bunu Beşeri Bilimler (%28,6) takip etmektedir. Diller ve Matematiğin her biri %14,3, Eski Yunanca ve Latince ise %7,1'lik bir paya sahiptir. Sanat ve BT'nin temsil edilmemesi dikkat çekicidir.

Polonya daha çeşitli bir dağılım göstermektedir. Bilim, Beşeri Bilimler ve Diller %18,2'şer oranla eşit olarak temsil edilmektedir. Ek alanlar arasında eğitim dersleri, Aile hayatı eğitimi, Öğrenci desteği, Ağır lama, BT, Matematik, Fen, Gastronomi, Mesleki eğitim, Kariyer danışmanlığı ve Beden Eğitimi yer almaktadır ve her biri %4,5'tir.

Türkiye'de en çok temsil edilen alan Bilgi Teknolojileri (%33,3) olurken, bunu Fen Bilimleri (%26,7), Diller (%20), Sanat (%13,3) ve Beşeri Bilimler (%6,7) takip etmektedir.

Öğretmenlik Deneyimi Yılları

Deneyim açısından bakıldığında, Yunanistan, Polonya ve Türkiye'de oldukça deneyimli eğitimcilerin çoğunlukta olduğu görülmektedir. Yunanistan'da öğretmenlerin %92,9'u 10 yıldan uzun süredir öğretmenlik yapmaktadır ve küçük bir azınlık (%7,1) 2 yıldan az deneyime sahiptir. Polonya da benzer bir eğilimi yansıtmaktadır; %84,2'si 10 yıldan fazla deneyime sahipken, %15,8'i 2-5 yıl aralığındadır.

Türkiye’de %83,3’ünün 10 yıldan fazla deneyime sahip olduğu ve %16,7’sinin 6-10 yıl kategorisine girdiği bu kalıba uymaktadır. Almanya ise daha dengeli bir dağılım sunuyor. Katılımcıların %45,5’i 10 yıldan fazla deneyime sahipken, önemli bir kısmı (%27,3) 2-5 yıldır, %18,2’si ise 6-10 yıldır öğretmenlik yapmaktadır. Ayrıca %9,1’i mesleğe nispeten yeni başlamış olup 2 yıldan az deneyime sahiptir.

Döngüsel Ekonomi Eğitimi

Ankete katılan ülkelerde döngüsel ekonomi kavramlarına ilişkin eğitim sınırlı kalmaktadır. Almanya, Yunanistan ve Türkiye’deki öğretmenler bu alanda resmi bir eğitim almadıklarını bildirerek konuya kurumsal bir vurgu yapılmadığının altını çizmiştir. Polonya, katılımcıların %31,6’sının bir tür eğitim aldıklarını belirtmesiyle öne çıkmaktadır. Ancak Polonya’da bile bu tür eğitimler henüz yaygın değildir. Bu durum, sürdürülebilirlik eğitimine uyarlanmış mesleki gelişim fırsatlarına yönelik sistemik bir ihtiyaca işaret etmektedir.

Öğretmenlerin Döngüsel Ekonomi Anlayışı

Öğretmenler genel olarak döngüsel ekonomi konusunda temel bir anlayış sergilemekle birlikte, derinlik ve kapsam büyük ölçüde farklılık göstermektedir.

Polonyalı öğretmenler sürdürülebilirlik, çevresel sorumluluk ve ürün yaşam döngülerine sıklıkla atıfta bulunarak en kapsamlı tanımları sunmuşlardır. Genel olarak, temel döngüsel ekonomi ilkeleri konusunda güçlü bir anlayış vardı: yeniden kullanım, geri dönüşüm, atık azaltma, sürdürülebilirlik, yaşam döngüsü genişletme. Bazıları eğitimin etkisini vurgulamıştır: farkındalık, değerler ve davranış değişikliği. Diğerleri ise müfredat ve mesleki eğitimin (örn. gıda hizmetleri, otelcilik) rolünü kabul etmiştir. Bazı yanıtlar döngüsel ekonomiyi küresel çevre sorunlarıyla (örneğin iklim değişikliği) ilişkilendirmiştir.

Alman yanıtları daha çok ekonomik ve toplumsal boyutlara odaklanmıştır: Tanımlar, toplum, ekonomi, kurumlar ve kaynak döngülerini içeren sistemik düşünceyi vurgulamaktadır. Kapalı döngü süreçlere odaklanılmakta ve döngüsel ekonominin okulun kendi içinde nasıl uygulandığına biraz ilgi gösterilmektedir. Sistemik bir mesele olarak kaynak verimliliği ve sürdürülebilirlik üzerine analitik bir mercek sağlamaktadırlar.

Türkiye’deki öğretmenler eğitimde yeniden kullanım ve sürdürülebilirlik gibi pratik uygulamalara vurgu yapmıştır: Tanımlar, temel yeniden kullanım-geri dönüşümden derin pedagojik içgörülere kadar uzanmaktadır. Kayda değer katkılar arasında CE’yi bir öğrenme ekosistemine (dijital sürdürülebilirlik, proje tabanlı öğrenme) bağlayan gelişmiş bir yanıt yer almaktadır. Bazıları kaynak bilincini, sürdürülebilirliği ve müfredata dahil olmayı vurgulamaktadır. Diğer yanıtlar ise kavrama sınırlı aşinalığı kabul etmektedir.

Yunanistan'da cevaplar, DE'nin geri dönüşüm ve atık yönetimi ile güçlü bir şekilde ilişkilendirildiğini göstermektedir. Birçok yanıtta uygulamalı sınıf aktiviteleri ve eğitimden bahsedilmektedir. Bazıları uygulamalı eğitim yoluyla davranış değişikliğini vurgulamakta veya eko-okullardan, öğretmen eğitiminden ve müfredat uyarlamasından bahsetmektedir.

DE'nin Öğretime Entegrasyonu

Döngüsel ekonomi konularının müfredata entegrasyonu önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Almanya'da öğretmenlerin çoğu döngüsel ekonomiyi mevcut derslere dahil etmektedir; katılımcıların %36,4'ü bu yaklaşımı belirtmiştir. Proje tabanlı öğrenme ve dış kuruluşlarla işbirliği, yaygın olmamakla birlikte, katılımcıların %18,2'si tarafından kullanılmaktadır. Öğretmenlerin %27,3'ü öğretimlerinde döngüsel ekonomiye hiç değinmediklerini belirtirken, %9'u döngüsel ekonomiden üst orta sınıflarda (11. ve 12.) çok az bahsedildiğini eklemiştir.

Yunan okulunda, katılımcıların çoğunluğu (%44,4) döngüsel ekonomiyi tek başına bir konu olarak öğretmek yerine mevcut derslere entegre etmektedir. Proje tabanlı öğrenme ve müfredat dışı etkinliklerin her biri, dış kuruluşlarla işbirliği gibi öğretmenlerin %16,7'si tarafından kullanılmaktadır. Bununla birlikte, Yunan öğretmenlerin %26,7'si döngüsel ekonomiye hiç değinmemekte, bu da kapsamdaki belirgin boşluklara işaret etmektedir.

Polonya'daki okullarda en yüksek katılım, katılımcıların %36,8'i tarafından belirtilen döngüsel ekonomi üzerine özel derslerden ve %57,9'u tarafından belirtilen mevcut derslere entegrasyondan gelmektedir. Dış kuruluşlarla işbirliği öğretmenlerin %21,1'i tarafından kullanılırken, proje tabanlı öğrenme ve müfredat dışı faaliyetler daha az yaygın olarak kullanılmaktadır. Polonyalı öğretmenlerin sadece %5,3'ü döngüsel ekonomi konusunu ele almadıklarını belirtmiş olup bu da nispeten yapılandırılmış ve kapsamlı bir yaklaşıma işaret etmektedir.

Türkiye'de döngüsel ekonomi, katılımcıların %75'i tarafından kullanılan proje tabanlı öğrenme ve %33,3'ü tarafından belirtilen müfredat dışı faaliyetler yoluyla tanıtılmaktadır. Daha küçük bir kısım (%8,3) DE'nin mevcut derslere entegre edildiğini belirtirken, %16,7'si özel dersler sunduğunu bildirmiştir. 8,3'lük bir kesim ise geri dönüştürülebilir malzemelerle yapılan sanat projelerinin sürdürülebilirlikle ilgili yaratıcı bir yöntem olarak kullanıldığını vurgulamıştır. Bu çabalara rağmen, Türk öğretmenlerin %16,7'si döngüsel ekonominin öğretimlerinde ele alınmadığını belirtmiştir.

Almanya ve Yunanistan döngüsel ekonomiyi mevcut derslere büyük ölçüde entegre etmektedir, ancak bu birincil odak noktası değildir. Polonya yapılandırılmış, özel derslerle en yüksek katılımı gösterirken, Türkiye büyük ölçüde proje tabanlı öğrenmeye dayanmaktadır.

Müfredat dışı faaliyetler ve harici işbirlikleri tüm ülkelerde sınırlıdır, bu da genişleme için potansiyel bir alan olduğunu göstermektedir.

DE Konularının Sınıfta Ele Alınması

Döngüsel ekonomi öğretim içeriği çoğunlukla atık azaltma, geri dönüşüm ve sürdürülebilir tüketim odaklanmaktadır:

Alman okulunda, eğitimde döngüsel ekonominin en sık ele alınan yönleri, katılımcıların %72,7'si tarafından kapsanan sürdürülebilir tüketim ve üretim ile %63,6'sı tarafından bahsedilen atık azaltma ve geri dönüşümdür. Cevapların %36,4'ünde onarım ve yeniden kullanım stratejilerine atıfta bulunulurken, ürün yaşam döngüsü ve kaynak verimliliği sadece %9,1'de yer almıştır. Öğretmenlerin %18,2'sinin döngüsel ekonomi konularını hiç ele almaması dikkat çekicidir.

Yunanistan'da, döngüsel ekonomi kavramlarını ele almayan öğretmenlerin oranı %33,3 ile en yüksek seviyededir. Atık azaltma ve geri dönüşüm, yanıtların %40'ında yer alarak en sık tartışılan unsurlar olmuş, bunu %20 ile sürdürülebilir tüketim ve üretim izlemiştir. Ürün yaşam döngüsü ve kaynak verimliliği yanıtların %13,3'ünde belirtilmiştir.

Polonyalı öğretmenler döngüsel ekonomi temalarına geniş bir katılım göstermektedir. Atık azaltma ve geri dönüşüm öğretmenlerin %73,7'si tarafından ele alınmış, sürdürülebilir tüketim ve üretim ise yanıtların %52,6'sında yer almıştır. Ürün yaşam döngüsü ve kaynak verimliliğine %47,4 oranında değinilmiş, onarım ve yeniden kullanım stratejileri ise katılımcıların %42,1'i tarafından not edilmiştir. Ayrıca, paylaşım ekonomisi ve ilgili kavramlar yanıtların %26,3'ünde vurgulanmıştır. Katılımcıların %15,8'i eğitimlerinde döngüsel ekonomiye yer vermediklerini belirtmiştir.

Türkiye'de tüm katılımcılar döngüsel ekonominin en az bir yönüne değinmiştir. Atık azaltma ve geri dönüşüm tüm katılımcılar tarafından entegre edilirken, %66,7'si sürdürülebilir tüketim ve üretimi dahil etmiştir. Ürün yaşam döngüsü ve kaynak verimliliği katılımcıların %50'si tarafından, onarım ve yeniden kullanım stratejileri ise %41,7'si tarafından belirtilmiştir. Paylaşım ekonomisi %8,3 oranında dile getirilmiş ve dört ülke arasında benzersiz bir şekilde Türkiye, öğretmenlerin %8,3'ü tarafından dile getirilen kentsel planlama ve topluluklar bağlamında döngüsel ekonomiye yer vermiştir.

Bu analiz, döngüsel ekonomi konularının eğitime entegrasyonunun dört ülke arasında farklı düzeylerde olduğunu, Polonya ve Türkiye'nin en kapsamlı ve tutarlı katılımı gösterdiğini ortaya koymaktadır.

DE Öğretim Yöntemleri

Döngüsel ekonomi kavramlarını açıklamak için kullanılan öğretim yöntemleri dört ülke arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Geleneksel dersler baskın yöntem olmaya devam etse de, uygulamalı etkinlikler ve deneyler tüm ülkelerde ilgi görmektedir ve Yunanistan son sırada yer almaktadır. Türkiye, dijital araçları ve öğrenci liderliğindeki projeleri daha fazla kullanmasıyla öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, oyunlaştırılmış öğrenme ve dijital simülasyonların kullanımı genel olarak düşüktür.

Dersler ve teorik dersler gibi geleneksel yöntemler, genel olarak en yaygın yaklaşımdır. Bu yöntemler en yoğun olarak Polonya'da kullanılmakta olup, katılımcıların %73,7'si bu yönteme başvurduğunu belirtmiştir. Bunu %60 ile Yunanistan, %50 ile Türkiye ve %54,5 ile Almanya takip etmektedir. Bu durum teoride sağlam bir temele işaret etmekle birlikte, daha çeşitli öğretim yaklaşımlarına ihtiyaç duyulduğunu da göstermektedir.

Uygulamalı etkinlikler ve deneyler Türkiye (%58,3), Almanya (%54,5) ve Polonya'da (%31,6) güçlü bir kullanım göstermektedir. İlginç bir şekilde, Yunanistan bu yöntemi açıkça kullanmadığını bildirerek deneyimsel öğrenme alanındaki potansiyel bir boşluğu vurgulamaktadır.

Saha gezileri ve saha ziyaretleri en sık Polonya'da kullanılmakta olup, katılımcıların %42,1'i bunları öğretimlerine dahil etmektedir. Buna karşılık, bu yöntemler Yunanistan (%20), Türkiye (%8,3) ve Almanya'da (%9,1) çok daha az yaygındır; bu da gerçek dünya katılımının birçok bağlamda hala sınırlı olduğunu göstermektedir.

Dijital ve oyunlaştırılmış öğrenme yaklaşımları genel olarak yeterince kullanılmamaktadır. Ciddi oyunlar Polonyalı öğretmenlerin %15,8'i ve Alman öğretmenlerin %18,2'si tarafından kullanılırken Türkiye ve Yunanistan'dan bu yönteme değinen olmamıştır. Dijital araçların ve interaktif simülasyonların kullanımı %41,7 ile en yüksek Türkiye'de, %31,6 ile Polonya'da ve çok sınırlı olarak Almanya (%9,1) ve Yunanistan'da (%6,7) görülmektedir. Türkiye, dört ülke arasında dijital eğitim teknolojilerinin en güçlü entegrasyonunu sergilemektedir.

İşbirliğine dayalı ve öğrenci liderliğinde öğrenme de eşit olmayan bir şekilde uygulanmaktadır. Konuk konuşmacılar ve işbirlikleri nispeten nadirdir; Alman katılımcıların sadece %9,1'i, Polonyalı katılımcıların %15,8'i ve Türk katılımcıların %8,3'ü bunlardan bahsetmiştir. Yunanistan herhangi bir konuk konuşmacı kullanımı bildirmemiştir. Ancak Türkiye, öğrenci liderliğindeki projelerin kullanımında öne çıkmaktadır; katılımcıların %50'si bu yaklaşımı kullandıklarını belirtmiştir. Buna karşılık, Polonya ve Yunanistan sırasıyla %10,5 ve %13,3 oranlarında öğrenci liderliğindeki projeleri kullandıklarını belirtirken, Almanya öğrenci liderliğindeki projeleri kullanmadığını bildirmiştir.

Genel olarak, Polonya geleneksel eğitimi saha gezileri, uygulamalı etkinlikler ve bazı dijital ve oyunlaştırılmış yöntemlerle birleştirerek en geniş çeşitlilikte öğretim yaklaşımını sergilemektedir. Türkiye ve Almanya da interaktif araçların kayda değer kullanımıyla çeşitlendirilmiş bir yaklaşım sergilemektedir. Buna karşılık Yunanistan, katılımcıların %26,7'sinin döngüsel ekonomi öğretim yöntemlerini hiç kullanmadıklarını belirtmesiyle en sınırlı öğretim stratejilerine sahip ülke olarak görünmektedir. Polonya da %15,8 oranında herhangi bir yöntem kullanmadığını bildirirken, Almanya'da öğretmenlerin %18,2'si aynı kategoride yer almıştır. Bu farklılıklar, katılımcı ülkeler arasında döngüsel ekonomi eğitime katılım ve inovasyonun değişen derecelerinin altını çizmektedir.

Döngüsel Ekonomi Öğretim Materyallerine Erişim

Belirli eğitim materyallerine erişim ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Almanya'da öğretmenlerin yalnızca %18,2'si bu tür materyallere sahip olduğunu bildirirken, bunların %9,1'i ders kitaplarındaki temel içerikle sınırlı kalmıştır. Çarpıcı bir oran olan %81,8 ise hiç erişim olmadığını belirtmiştir. Yunanistan, hiçbir öğretmenin döngüsel ekonomi materyallerine erişimi olmadığını bildirerek en kritik boşluğu ortaya koymakta ve acil kaynak geliştirme ihtiyacının altını çizmektedir. Polonya, öğretmenlerin %36,9'unun materyallere sahip olması ve %5,3'ünün özellikle ekopotencjal.pl'yi kaynak olarak göstermesiyle erişimde başı çekmektedir. Bununla birlikte, Polonyalı öğretmenlerin %63,2'si hala erişimden yoksundur. Türkiye'de erişim %23,1 ile orta düzeydedir, ancak çoğunluk -%76,9- materyallere sahip değildir. Bu eşitsizlikler, Avrupa genelinde DE eğitim kaynaklarının mevcudiyetini ve dağıtımını iyileştirmek için hedeflenen çabalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

DE'nin Öğretime Entegrasyonunda Karşılaşılan Temel Zorluklar

Döngüsel ekonomi eğitiminin entegre edilmesinin önündeki yaygın engeller şunlardır:

- + **Eğitim eksikliği** tüm ülkeler arasında en sık dile getirilen sorun olmuştur: Almanya (%25), Yunanistan (%23,1), Polonya (%20,9) ve Türkiye (%23,1). Bu durum, döngüsel ekonomi konularında daha fazla öğretmen geliştirme programına duyulan yaygın ihtiyacı vurgulamaktadır.
- + **Öğretim materyallerinin yetersizliği** özellikle %37,5'inin öğretim materyallerine erişimde zorluk yaşadığını bildirdiği Almanya'da daha belirgindir. Yunanistan (%25,6), Polonya (%27,9) ve Türkiye (%20,5) de eğitim kaynakları konusunda tutarlı bir uçurum olduğunu göstermektedir.

- + **Müfredat esnekliğinin sınırlı** olması tüm ülkelerde önemli bir sorun teşkil ederken, en yüksek oran Almanya'da (%33,3), ardından Yunanistan'da (%25,6), Polonya'da (%20,9) ve Türkiye'de (%17,9) görülmektedir.
- + **Öğrenci ilgi ve Katılım Eksikliği** özellikle Türk okulları tarafından rapor edilmiştir (%15,4). Yunanistan (%7,7) ve Polonya (%4,7) da bu konuya değinirken Almanya bu sorunu hiç rapor etmemiştir.
- + Polonya (%7) ve Türkiye (%10,3) **veli desteğinde** bir miktar eksiklik olduğunu belirtirken, Yunanistan (%2,6) asgari düzeyde endişe bildirmektedir. Hiçbir ülke okul yönetiminin desteğinin eksik olduğunu bildirmemiştir, bu da ileri DE eğitiminin uygulanmasının eksik kurumsal destekten etkilenmemesi gerektiği anlamına gelmektedir.
- + Yunanistan (%15,4), Polonya (%11,6) ve Türkiye (%12,8) **eğitim politikalarında yetersiz kapsayıcılığın** altını çizmektedir. Almanya bunu bir zorluk olarak rapor etmemektedir, bu da muhtemelen daha iyi politika uyumuna işaret etmektedir.
- + Almanya (%4,2) ve Polonya (%7) döngüsel ekonomi eğitimi konusunda herhangi bir sorunla karşılaşmayan öğretmenlerin oranının düşük olduğunu bildirmektedir. Yunanistan ve Türkiye zorluk yaşamayan öğretmen olmadığını bildirmiştir.

Almanya en çok kaynak bulunabilirliği ve müfredat esnekliği konularında sıkıntı yaşamaktadır. Yunanistan, politika boşlukları, veli desteği ve öğrenci ilgisinin eksikliği konularında en yüksek endişeyi göstermektedir. Polonya ve Türkiye ise daha çeşitli zorluklar yaşamaktadır. Tüm ülkelerdeki en büyük evrensel sorun eğitim eksikliği ve yetersiz öğretim materyalleridir.

DE'yi Daha Etkili Öğretmek için İstenen Destek

Birçok öğretmen daha iyi öğretim materyallerine erişim talebinde bulunmuş ve bu talep tüm ülkelerde en önemli öncelik haline gelmiştir. Almanya'da bu talep katılımcıların %90,9'u tarafından vurgulanarak genel olarak en yüksek talep olmuştur. Polonya %89,5 ile onu takip ederken, Yunanistan'daki öğretmenlerin %60'ı ve Türkiye'deki öğretmenlerin %75'i bunu temel bir ihtiyaç olarak tanımlamıştır.

Eğitim programları ve atölye çalışmaları da özellikle %93,3 ile Yunanistan'da ve %78,9 ile Polonya'da yüksek oranda talep edilmiştir. Almanya (%36,4) ve Türkiye (%50) de bu fırsatlara talep göstermiştir.

Disiplinler arası işbirliği özellikle Almanya'daki (%63,6) öğretmenler tarafından önemsenirken, bunu Polonya (%47,4) ve Türkiye (%41,7) takip etmektedir. Yunan öğretmenler de (%20) daha az olmakla birlikte disiplinler arası yaklaşımlara ilgi duyduklarını ifade etmişlerdir.

Proje tabanlı öğrenme ve uygulama fırsatları Polonyalı (%68,4) ve Türk (%66,7) katılımcılar tarafından yoğun bir şekilde talep edilmiştir. Almanya (%54,5) ve Yunanistan (%26,7) da daha uygulamalı ve pratik öğrenme formatlarına ilgi göstermiştir.

Dış kuruluşlardan ve uzmanlardan alınan destek tüm ülkelerde takdirle karşılanmıştır: Polonya (%36,8), Almanya (%45,5), Türkiye (%50) ve Yunanistan (%33,3) bu tür işbirliklerinin değerini belirtmiştir. Bu durum, döngüsel ekonomi eğitimi geliştirmek için kar amacı gütmeyen kuruluşlar, sanayi ve siyasi kuruluşlarla ortaklıklar kurulması için bir fırsat olduğunu göstermektedir.

Polonya'daki öğretmenler daha güçlü eğitim politikalarına ve kurumsal desteğe en fazla ihtiyaç duyan grup olurken (%42,1), bunu Yunanistan (%33,3) takip etmiştir. Almanya bu ihtiyacı hiç bildirmezken, Türkiye'deki öğretmenlerin sadece %8,3'ü bu ihtiyacı dile getirmiştir.

Son olarak, Polonya ebeveyn desteğine en fazla ihtiyaç duyan ülke olmuştur (%26,3). Bu, Türkiye (%16,7), Almanya (%9,1) ve Yunanistan'da (%6,7) daha düşük bir öncelikti. Müfredat esnekliği sadece Almanya'da (%9,1) dile getirilmiştir.

Okul Düzeyinde DE Girişimleri

Tüm okullar bir tür DE girişimi uygulamaktadır. Geri Dönüşüm Programları tüm okullar tarafından dile getirilirken, onarım ve yeniden kullanım atölyeleri sadece Polonya ve Türkiye'de mevcuttur. Sürdürülebilir okul altyapısı (örn. su tasarruf sistemleri, güneş panelleri) Almanya ve Polonya'daki okullarda uygulanmaktadır ve diğer ülkelerde çevre dostu okul tasarımlarına yatırım yapma fırsatlarını vurgulamaktadır. DE temalı yarışmalar ve etkinlikler Almanya, Polonya ve Türkiye'deki okullar tarafından düzenlenirken, Yunanistan herhangi bir etkinlik bildirmemiştir. Türk, Polonyalı ve Alman okulları yerel işletmeler ve kuruluşlarla aktif olarak işbirliği yapmaktadır. Ayrıca Yunanistan, DE ile ilgili faaliyetler de dahil olmak üzere orman ekosistemleri, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir yönetim konulu ulusal çevre programına her yıl katıldığını belirtmiştir.

Türkiye (%57,1) ve Yunanistan'da (%13,3) bazı öğretmenler, meslektaşları tarafından projelerden bahsedilmesine rağmen, okullarında halihazırda herhangi bir girişim bulunmadığını belirtmiştir. Ayrıca, tüm ülkelerde öğretmenler okullarında bildikleri girişimler konusunda oldukça farklı cevaplar vermişlerdir. Bu da iletişim ve tutarlılık sorunlarına ve disiplinlerarasılığın eksikliğine işaret etmektedir.

Öğrenci Katılımı

Tüm okullarda, öğrencilerin DE projelerinin tasarlanması veya uygulanmasına aktif katılımı rapor edilmiştir. Almanya, gençlerin kendi sürdürülebilir iş projelerini geliştirdikleri öğrenci şirketinden, SKH'lerle bağlantılı kendi projelerinin uygulanmasından ve öğrencilerin kendi sürdürülebilir projelerini oluşturdukları "Freiday" projesinden bahsetmiştir. Yunanistan'da çoğunlukla geri dönüşüm ve yukarıda bahsedilen çevre projesi uygulanmaktadır. Türk okulu TÜBİTAK ve Teknofest projeleri yürütmekte ve öğrencileri kısmen proje temelli çalışmalara dahil ederken, ürün yaratmaya dayalı girişimler en popüler olanıdır. Polonya'da öğretmenlerin çoğu öğrencilerin katılımını belirtmekte ancak daha fazla açıklama yapmamaktadır.

Bu soruların değerlendirilmesi, cevapların tüm okullarda birbiriyle büyük ölçüde çelişmesi nedeniyle, uygulanan projelerle ilgili olarak öğretmenler ve iletişimsel önlemler arasında tutarlılık ve değişimin eksik olduğu yönündeki yukarıda belirtilen varsayımı doğrulamaktadır.

Genel olarak, öğrenci liderliğindeki pratik ve çeşitli ve hatta disiplinler arası projelerin tutarlı bir şekilde uygulanması, DE çözümlerinde aktif gençlik liderliği sağlayarak okullara büyük fayda sağlayabilir.

Değerlendirme Uygulamaları

Döngüsel ekonomi çabalarının değerlendirilmesi, tüm ülkelerde öncelikle öğrenci projeleri ve sunumları aracılığıyla yapılmaktadır. Türkiye (%66,7), Yunanistan (%64,3) ve Polonya (%58,3) bu yönteme en fazla güvenen ülkelerdir. Almanya (%38,5) da bu yaklaşımı kullanmaktadır, ancak daha az sıklıkla ve diğer ülkelere kıyasla (%30,8) öğrenci/personel geri bildirimlerine daha fazla güvenmektedir. Yunanistan (%14,3), Polonya (%20,8) ve Türkiye (%6,7) anketleri daha az kullanmaktadır. Veri toplama (atık azaltımı ve enerji tasarrufu) Yunanistan (%21,4), Polonya (%12,5) ve Türkiye'deki (%20) okullar tarafından kullanılmaktadır. Öte yandan Almanya veri toplama yöntemini kullanmamaktadır.

Polonya (%4,2) ve Türkiye (%6,7) daha düşük seviyelerde de olsa raporlar ve yayınlar üretirken, Almanya ve Yunanistan hiç resmi rapor yayınlamamaktadır. Alman okulunda yüksek sayıda öğretmen DE girişimlerinin değerlendirilmediğini belirtirken, Polonyalı öğretmenlerin küçük bir yüzdesinin tedbirlerden haberdar olmasına rağmen diğer tüm okullarda tüm katılımcılar bir tür değerlendirme bildirmiştir.

Genel olarak, değerlendirme tüm ülkelerde çok kapsamlı değildir. Yapılandırılmış anketler, raporlar ve veri toplama çoğu ülkede yeterince kullanılmamaktadır.

Öğrencilerle Başarılı DE Projeleri

Dört ülke genelinde, okullarda her biri farklı düzeylerde öğrenci katılımı, yenilikçilik ve kurumsal desteği yansıtan çeşitli döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik projeleri uygulanmıştır.

Almanya

- + İleri dönüşüm (mobilya, sanat projeleri) ve atık ayrıştırma konularına odaklanılmıştır, ancak son çabalar her zaman başarılı olmamıştır.
- + Öğrenci şirketi, sürdürülebilir bir kahvaltı için kendi geri dönüşüm modelini oluşturdu.
- + Sürdürülebilirliği sporla birleştiren dış uzmanlarla atölye çalışmaları (Spirit of Football projesi)
- + Öğrenciler daha küçük çocuklara atık azaltma konusunda eğitim vererek akran liderliğinde eğitimi teşvik ettiler.
- + Okulun kendisinde sürdürülebilir ilkelerin uygulanmamasına ilişkin endişeler.

Yunanistan

- + Mevcut projeler pil geri dönüşümü, eski malzemelerin yeniden kullanımı, ağaç dikimi ve çevre ziyaretlerine odaklanıyor.
- + Bir Erasmus+ projesi
- + Öğrenci güdümlü inovasyondan bahsedilmiyor, çoğunlukla önceden yapılandırılmış sürdürülebilirlik çabalarından bahsediliyor.

Polonya

- + Arka Çevre Eğitim Merkezi ile dış işbirlikleri
- + Geri dönüşüm projeleri: "Dünyayı Temizleme Günü" ve elektronik atık toplama.
- + "Temiz Dağlar" gibi çevrenin korunmasını ve biyoçeşitliliğin desteklenmesini teşvik eden kampanyalar.
- + Moda ile ilgili döngüsel ekonomi projeleri (Eco-Wave: Hızlı Moda farkındalığı).
- + Projeler alternatif enerji modelleri ile sürdürülebilir bahçecilik ve humus hasadını içermektedir.
- + Sektöre özgü sürdürülebilirlik entegrasyonunu gösteren gastronomi odaklı kapalı döngü ekonomi projeleri.

Türkiye

- + Roket ve araba yapımı da dahil olmak üzere atık malzemelerin kullanıldığı uygulamalı yaratıcı projeler.
- + Sürdürülebilirlik kavramlarını entegre eden şehir planlama projeleri.
- + Su tasarrufu için TÜBİTAK ödüllü mobil uygulama.
- + Oyunlaştırılmış öğrenme teknikleri öğrencilerin ilgisini artırıyor.
- + Öğrencilerle araştırma projeleri.

Polonya okulu en geniş proje yelpazesine sahipken, Türk okulu yaratıcı ve teknoloji odaklı yaklaşımlarıyla öne çıkmaktadır. Yunan okulu geleneksel geri dönüşüm ve çevre faaliyetlerine odaklanırken, Alman okulu öğrencilerin sürdürülebilirlik konusunda başkalarına öğrettiği akran öğrenimini vurgulamaktadır.

Döngüsel Ekonomi Kavramlarının Öğretilmesi Konusunda Eğitimcilere Tavsiyeler

Döngüsel Ekonomiye Günlük Eğitime Entegre Edin

- + Döngüsel ekonomi konularını günlük derslere ve gerçek hayattan örneklerle dahil edin (Almanya).
- + Proje tabanlı öğrenme ve müfredat dışı etkinlikleri kullanın (Yunanistan, Türkiye).
- + Öğrencileri kıyafet değişimi veya sıfır atık projeleri gibi girişimler başlatmaya teşvik edin (Polonya).

Dış Destek ve İşbirlikleri Arayın

- + Uzmanların davet edilmesi ve yerel işletmeler ve çevre örgütleriyle işbirliği yapılması (Almanya, Yunanistan, Türkiye).
- + En iyi uygulamaları paylaşmak için akran öğrenme ağları oluşturmak (Yunanistan).
- + Sürdürülebilirlik odaklı kurumlarla ortaklıkların teşvik edilmesi (Polonya, Türkiye).

Pratik ve Uygulamalı Öğrenme Yaklaşımlarını Kullanın

- + Atölye çalışmaları, saha gezileri ve interaktif öğrenci etkinlikleri düzenleyin (Yunanistan, Türkiye).
- + Pil geri dönüşümü veya okul güneş panelleri gibi küçük adımlı sürdürülebilirlik projeleri uygulayın (Türkiye).
- + Eko-yarışmalar ve döngüsel ekonomi oyunları da dahil olmak üzere oyunlaştırılmış öğrenme yoluyla öğretin (Polonya).

Müfredat ve Politika Entegrasyonu için Savunuculuk

- + Döngüsel ekonomi kavramlarını resmi olarak içerecek şekilde müfredat güncellemelerinin teşvik edilmesi (Türkiye).
- + Sürdürülebilirlik eğitimi güçlendirmek için kurumsal destek ve finansman için bastırın (Yunanistan, Polonya).
- + Daha geniş çaplı uygulama öncesinde pilot programlar başlatın (Yunanistan).

Öğretim Kaynaklarına Erişim ve Geliştirme

- + Uygun eğitim materyallerinin ve vaka çalışmalarının araştırılması (Almanya, Yunanistan).
- + Ders planları, videolar ve vaka çalışmaları içeren kaynak kütüphaneleri oluşturun (Yunanistan).
- + Döngüsel ekonomi konusunda çevrimiçi kursların ve öğretmen çalıştaylarının teşvik edilmesi (Polonya, Türkiye).

Sonuç ve Öneriler

Anket bulguları, döngüsel ekonomi eğitiminin parçalı ancak gelişmekte olan bir manzarasını ortaya koymaktadır. Polonya en kapsamlı ve yapılandırılmış yaklaşımı sergilerken, diğer ülkeler eğitim, materyal ve öğrenci katılımı konularında önemli eksikliklere sahip münferit çabalar göstermektedir.

Tavsiyeler şunlardır:

1. Döngüsel ekonomi kavramları konusunda eğitimciler için ulusal eğitim programları geliştirmek.
2. Tüm dillerde erişilebilir ve çeşitli eğitim seviyelerine uyarlanabilir standartlaştırılmış öğretim materyalleri oluşturun ve dağıtın.
3. Gerçek dünya uygulamalarını teşvik ederek disiplinler arası ve proje tabanlı öğrenmeyi desteklemek.
4. Uygulamayı geliştirmek için işletmeler, STK'lar ve yerel topluluklarla işbirliklerini teşvik etmek.
5. Öğrenci liderliğindeki girişimleri destekleyerek gençlerin sadece pasif öğrenciler değil, sürdürülebilirlik çabalarına aktif katkıda bulunanlar olmasını sağlamak.
6. Hem öğrenme çıktıları hem de çevresel etkiyi takip eden net değerlendirme çerçeveleri uygulayın.

Bu nedenle anket, CircEdu projesinin bir kapasite geliştirme programı ve bir bilgi merkezi de dahil olmak üzere bir Avrupa öğrenme ortamını hayata geçirmesinin önemini de vurgulamaktadır.

7. Sonuç

Bu çalışma, doğrusal ekonomik modellerin yol açtığı çevresel ve sosyal krizlere dönüştürücü bir yanıt olarak Döngüsel Ekonomi ilkelerinin ortaöğretime entegre edilmesine duyulan acil ihtiyacı vurgulamaktadır. CircEdu projesi, Almanya, Yunanistan, Polonya ve Türkiye'de kapsamlı bir masa başı incelemesi ve ankete dayalı araştırma yoluyla, hem DE'nin öneminin yaygın olarak kabul edildiğini hem de müfredat entegrasyonu, öğretmen eğitimi ve kaynak mevcudiyetindeki önemli boşlukları ortaya koymuştur.

Döngüsel ekonominin daha geniş bir alanında giderek artan bir araştırma ve yenilikçi uygulama olmasına rağmen, özellikle ortaöğretim düzeyinde eğitim sistemlerine dahil edilmesi parçalı ve az gelişmiş olmaya devam etmektedir. Bu çalışma, eğitimin sadece farkındalık yaratmadaki değil, aynı zamanda gelecek nesilleri sürdürülebilir bir dönüşüme öncülük etmek için gerekli beceriler, değerler ve sistem düşüncesiyle donatmadaki değerinin altını çizmektedir. Ayrıca disiplinler arası, proje tabanlı ve dijital destekli öğrenme modellerinin DE kavramlarıyla anlamlı bir etkileşimi teşvik etme potansiyelini de ortaya koymaktadır.

Ortak ülkelerdeki eğitimcilerden ve kurumlardan toplanan bilgiler, CircEdu projesinin sonraki aşamaları için güçlü bir temel oluşturmaktadır. İlerlemek için, kapasite oluşturmak, uyarlanabilir öğretim kaynakları yaratmak ve döngüsel düşünceyi okul kültürlerine ve müfredata yerleştiren politika çerçevesi değişiklikleri konusunda farkındalık yaratmak için sürekli çabalara ihtiyaç vardır. Eğitim, hem öğretmenleri hem de öğrencileri güçlendirerek dijital çağda adil ve yenileyici bir döngüsel ekonomi için bir katalizör haline gelebilir.