



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Journal homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Avrupa Birliği Ülkelerinin Çevresel Performanslarının MPI ve AMPI Yöntemleri ile Değerlendirilmesi

Hasan TÜRE  <https://orcid.org/0000-0002-1975-9063>

Seyyide DOĞAN  <https://orcid.org/0000-0001-7835-7905>

To cite this article: Türe, H. & Doğan, S. (2023). Avrupa Birliği Ülkelerinin Çevresel Performanslarının MPI ve AMPI Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 8(2), 225-253.

Received: 16 May 2023

Accepted: 13 Jul 2023

Published online: 31 Dec 2023



©All right reserved



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume 8, Issue 2, pp. 225-253, 2023

<https://dergipark.org.tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 16.05.2023

Accepted / Kabul: 13.07.2023

Avrupa Birliği Ülkelerinin Çevresel Performanslarının MPI ve AMPI Yöntemleri ile Değerlendirilmesi

Hasan TÜRE^a
Seyyide DOĞAN^b

^a Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Ankara, TÜRKİYE.

<https://orcid.org/0000-0002-1975-9063>

^b Dr. Öğrt. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Karaman, TÜRKİYE.

<https://orcid.org/0000-0001-7835-7905>

ÖZ

Sanayileşme, hızlı kentleşme, doğal kaynakların yok edilmesi ve kimyasal atıklar gibi birçok temel sebepten, toplumların güvenilir suya, havaya, toprağa ve gıdaya ulaşabilme imkanları büyük ölçüde kısıtlanmıştır. Bu durum toplumların daha da genel anlamda dünyanın, çevresel sürdürülebilirliğini sağlayamayacağına işaret etmektedir. Bu noktada ekosistemin ve insan sağlığının korunması adına girişimde bulunmak gereklilikten öte zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışma AB ülkelerinin çevresel performanslarını değerlendirmelerine olanak sağlamak için ortaya konulmuştur. Çalışma performans ölçümünde zamanı da dikkate almasından dolayı benzer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Çalışma sonucunda Fransa, Almanya, Danimarka, İrlanda, Avusturya ve İsveç gibi çoğunluğu Kuzey Avrupa'da ve görece batıda yer alan ülkelerin ele alınana göstergeler çerçevesinde çevresel performans yönünden daha başarılı oldukları söylenebilir.

Anahtar Kelimeler

Çevresel Performans, Sürdürülebilirlik, MPI, AMPI

JEL Kodu

Q56, Q01

İLETİŞİM Hasan TÜRE ✉, hasan.ture@hbv.edu.tr, ☎ Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Ankara, TÜRKİYE.

Evaluation of Environmental Performance of European Union Countries with MPI and AMPI Methods

ABSTRACT

Due to industrialization, rapid urbanization, depletion of natural resources, and chemical waste, among other fundamental reasons, society's access to reliable water, air, soil, and food has been greatly restricted. This situation indicates that societies, in a more general sense, will not be able to ensure environmental sustainability. Taking action to protect the ecosystem and human health has become a necessity rather than a choice. This study was conducted to enable EU countries to assess their environmental performance, taking into account the time factor in performance measurement, which sets it apart from similar studies. It can be said that countries such as France, Germany, Denmark, Ireland, Austria, and Sweden, mostly located in Northern Europe and relatively towards the West, have been successful in terms of environmental performance, according to the indicators examined.

Keywords

*Environmental
Performance,
Sustainability, MPI,
AMPI*

JEL Classification

Q56, Q01

1. Giriş

Doğal yaşamın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için kaynakların vahşi bir şekilde tüketilmesi konusunda önlemler alınması gerektiği aşıkârdır. Bu bağlamda her geçen saniye artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi ve daha da önemlisi gelecek nesillere aktarılabilmesi için çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması büyük önem arz etmektedir. Doğanın korunmasının sınır ötesi bir olgu olması ÷lke bazlı hareketleri gerekli ama yetersiz kılmakla birlikte artık daha fazla zaman kaybetmeden küresel bir tavrın ortaya konulmasını zorunluluk haline getirmiştir. Bu noktada çevresel bir hareketin planlanabilmesi için ÷lkelerin çevresel performanslarının ortaya konulması karar vericilere yol göstermesi bakımından oldukça değerli olacaktır.

Çevresel anlamda sürdürülebilirlik kavramı, ilk defa 1987 yılında Dünya Kalkınma ve Çevre Komisyonu¹ tarafından yayınlanan Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) adıyla da bilinen Brundtland Raporunda tanıtılmış ve sürdürülebilirliğin nasıl başarılabileceği yönünde fikirler ortaya atılmıştır (Brundtland, 1987). 2015 yılına gelindiğinde, Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi ismiyle, “insanlar ve gezegenimiz için barış ve refah için ortak bir plan” Birleşmiş Milletlere (United Nations-UN) üye ÷lkeler tarafından kabul edilmiştir. 17 hedefe sahip bu gündemin, “temiz su ve arıtma”, “uygun fiyatlı temiz enerji”, “iklim eylemi”, “su altındaki yaşam”

¹ WCED, World Commission on Environment and Development

ve “toprak üzerindeki yaşam” gibi birçok hedefinin çevresel sürdürülebilirlikle yakından ilişkili olduğu görülmektedir (UN, 2015). Avrupa Birliği’nin (AB) çevre politikası, kirliliği ortadan kaldırmayı, azaltmayı veya önlemeyi amaçlamaktadır. Bunula birlikte sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için de doğal kaynakların ekolojik olarak dengeli kullanımını sağlamayı hedeflemektedir. Çevresel zararı kaynağında önlemek ve çevre konularının diğer sektörel politikalara (örn. enerji ve ulaşım) entegrasyonunu sağlamak da birliğin amaçları arasında yer almaktadır (EU, 2023). Ayrıca Avrupa 2020 Stratejisi, AB’de sürdürülebilir kalkınmayı artırmak için çevresel baskının ve kaynak tüketiminin azaltılması gerekliliğini ortaya koymaktadır (García-Álvarez vd., 2016).

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi adına küresel çapta birçok girişimde bulunulmuştur. Küresel iklim politikaları olarak da değerlendirilen bu girişimler uluslararası iş birliğinin oluşturulması adına tüm paydaşların katkı sağladığı önemli adımlardır. Bu politikalar çerçevesinde, tarafların uyması gereken kuralları, esasları ve yükümlülükleri içeren birçok sözleşme, anlaşma ya da protokol bulunmaktadır.

1985 yılında kabul edilen ve “Ozon tabakasının korunmasına dair Viyana Sözleşmesi” ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımının azaltılmasını amaçlamaktadır (Weiss, 2009). 1987 yılında yine benzer bir amaca sahip olan “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü” ile ozon tabakasını incelten maddelerin üretim ve kullanımının kontrol altına alınması sağlayan bir protokol kabul edilmiştir (Bauer, 2007). İlgili protokole 196 ülke taraf konumundadır. Türkiye’nin de taraf olduğu 1992 yılında kabul edilen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ise 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşme ile genel olarak insan kaynaklı (endüstri ve diğer kaynaklar) sera gazı ve karbondioksit salınımının olumsuz etkilerinin önlenmesi ve salınımların sınırlandırılması amaçlanmıştır (Bodansky, 2021). 1997 yılına gelindiğinde ise imzalanan ve 16 Şubat 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto protokolü ile küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda uluslararası düzeyde bir mücadelenin ortaya konulması amaçlanmıştır (Würth Karsten, n.d.). Protokole 2023 yılı itibari ile 192 ülkenin yanı sıra Avrupa Birliği de taraf konumundadır. 4 Kasım 2016’da yürürlüğe giren ve 12 Aralık 2019 yılının paydaş sayısının 196’ya yükseltildiği Paris İklim Anlaşması yasal bağlayıcılığı olan bir anlaşmadır (UNFCCC, n.d.). Anlaşma taraf devletlere iklim eylem planlarının hazırlanması gibi çeşitli sorumluluklar da yüklemektedir.

Birçok ÷lkenin taraf olduğu bu anlaşmalara rağmen günümüzde neredeyse hemen her gün dünyanın farklı bir bölgesinden olumsuz bir çevresel felaket haberi duyulabilmektedir. Bu olumsuz tabloya temel olarak; motorlu taşıtlar ve ısınma ile salınan gazların, fabrika ve evsel atıkların sebep olduğu çöplerin, kimyasal ürünlerin ve nükleer enerjinin sebep olduğu kirlenmelerin, nüfus artışlarının sebep olduğu aşırı betonlaşma ile doğal alanların kayıplarının ve insanoğlunun yarattığı ses-ışık kirliliklerinin sebep olduğu düşün÷lmektedir. Sıralanan bu etkenlerin havayı, suyu ve toprağı kirletmesi neticesinde doğa büyük ölçüde zarar görmektedir. Yaşanan bu olumsuzlukların da etkisiyle yoğunluğu iyice artan iklim değişikliği, çevresel kirlenme ve doğal afetlere ilişkin haberler çevresel sürdürülebilirlik konusunun sürekli olarak dünya gündeminde kalmasını sağlamaktadır. Bilindiği gibi doğanın kendi kendini yenileyebilme kabiliyeti bulursa bile bu yenilenmenin insanoğlunun doğayı kirletme hızına yetişip yetişemeyeceği akıllardaki en büyük sorulardan bir tanesidir. Dünya üzerinde bu kaygıyı taşıyan ve bu konuda çalışan birçok uluslararası kuruluş, topluluk, örgüt ya da akademisyen bulunmaktadır.

Çevresel sürdürülebilirlik konusuna dikkat çekilmesine öncülük eden çalışmaların başında Yale üniversitesi tarafından geliştirilen EPI (environmental performance index) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı gelmektedir. EPI, ÷lkeleri çevresel konularda performanslarına göre sıralamak amacıyla oluşturulmuşken, SDG (sustainable development goals) herkes için daha iyi ve daha sürdürülebilir bir gelecek sağlamayı amaçlayan bir çerçeve ortaya koymaktadır. SDG içerisinde yer alan yoksulluk, eşitsizlik, iklim, çevresel bozulma, refah, barış ve adaletle ilgili olan 17 temel hedef arasında çevresel hedefler önemli bir paya sahiptir. Örneğin SDG-3 ile iyi bir sağlık ve refah hedeflenirken, SDG-6 ile temiz su ve temizlik, SDG-7 ile uygun fiyatlı ve temiz enerji, SDG-13 ile iklim hareketleri ölç÷lmek istenmiştir.

Bu çalışma çevresel sürdürülebilirlik konusuna katkı sağlayabilmek amacı ile AB ÷lkelerinin bu bağlamda performanslarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu sayede ÷lkelerin anlık fotoğrafları çekilerek bu konudaki başarı ve başarısızlık durumları gözlenebilecek ve kendilerine bir yol haritası çizibilmelerine olanak tanınacaktır. Ayrıca yapılan performans ölçümünde zaman da dikkate alınarak uzun süreli etkileri olan değişkenlerin performansları olan etkileri de dikkate alınabilecektir. Çevresel verilerin kullanıldığı çalışmalarda tek bir döneme ilişkin verilerin kullanılması bilgi kaybına sebep olabilmektedir. Bu çalışmanın en belirgin özelliği zaman değişkenini de modele dahil etmesi ve anın değil sürecin performansının değerlendirilmiş olmasıdır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ilgili literatür aktarılmıştır. Üçüncü bölümünde ise çevresel performans kavramı detaylı olarak açıklanmış ve EPI'nin önerdiği çerçeve doğrultusunda bu kavramı açıklayan kriterler ortaya konulmuştur. Dördüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan veri seti açıklanmış ve uygulama bölümünde çevresel performansı kesit ve zaman boyutunda ortaya koyma becerisinden dolayı tercih edilmiş olan AMPI yönteminin teorik çerçevesi tanıtılmıştır. Uygulama bölümünde AB ülkelerinin hem akademik yazın ve hem de çevre örgütlerinin önem atfettiği önemli değişkenler ile zaman boyutu da dikkate alınarak performansları değerlendirilmiştir ve sonuçlar sunulmuştur.

2. Literatür

İklim değişikliğinin yarattığı olumsuz etkiler ile yüzleşilen bugünlerde, bilim çevresi ve uluslararası kuruluşlar tarafından ülkelerin, büyük şirketlerin ve sektörlerin enerji ve çevre performansları farklı metodolojiler ve kavramı oluşturan farklı göstergeler ile değerlendirilmiştir.

Çevresel performansın ölçümünde ağırlıkların nesnel olarak verildiği matematiksel programlama tabanlı bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA) sıklıkla kullanılmıştır (Sueyoshi & Yuan, 2015). OECD ülkeleri üzerinde yenilenebilir enerjinin çevresel etkinliği (Woo vd., 2015); APEC ülkelerinin karbon emisyon performansı (Jin vd., 2014) VZA ile ortaya konulmuştur. Çevresel performansın ölçümünde VZA kullanılmasında yaşanan bir güçlük çevre bağlamında en önemli göstergelerin başında yer alan karbon salınımı gibi bazı göstergelerin istenmeyen çıktı olarak var olmasıdır. İstenmeyen çıktılar ile etkinliğin ölçümü temelde mevcut girdiler ile daha fazla çıktı elde etme prensibine dayanan VZA analizi için yeni bir olgudur. İstenmeyen çıktıları dikkate alarak çevre performansını ölçen yakın zamanlı çalışmalar Matsumoto vd.. (2020), N. Zhang vd.. (2015) ve J. Zhang vd..'da (2016) görülebilir. Çevresel performansı uzay-zaman boyutunda panel veri ile ele alan diğer çalışmalarda Malmquist Üretkenlik Endeksi (Malmquist Productivity Index-MPI) kullanılmıştır. Yu-Ying Lin vd.'de (2013) 70 ülkenin 1981-2007 yılları arasında çevresel üretkenliğini; Sanz-Díaz vd.'de (2017) 28 Avrupa ülkesinin 2005-2012 yılları arasında çevresel etkinliğini ve yine Matsumoto vd.,'de (2020) 2000-2017 yılları arası 28 Avrupa ülkesinin çevresel performansını ölçmüşlerdir.

Guijarro (2019) çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı gibi iki temel boyuttan oluşan sürdürülebilir kalkınmanın pek çok farklı göstergelerini ele alarak 91 ülkenin çevresel performansını ölçmüştür. Çevresel eğilimlerin çok kriterli doğası göz önünde bulundurularak hedef

programlama yöntemini tercih etmiştir. Sonuçlar göstergeleri belirlemek için baz aldıkları EPI endeksi ile uyumludur.

Enerji ve çevre performansının değerlendirildiği çalışmalarda yine endeks tabanlı yöntemlerin sıklıkla kullanıldığı göze çarpmaktadır. Endeksler izleme ve değerlendirme yoluyla kamu politikalarının tasarımına katkıda bulunmaktadır (Stoutenborough & Vedlitz, 2014). Ayrıca diğer yöntemlere göre büyük bir hesaplama ve yorumlama kolaylığı avantajına sahiptir (Bericat, 2012).

Endeks bazlı yöntemlerin ilk örnekleri; Yaşayan Gezegen Endeksi WWF’de (2022) kara, deniz ve tatlı su türlerinin popölasyonunu izlemeye yardımcı olan ve doğal ekosistemin bozulması hakkında bilgi sunan çevresel bir endekstir. Ekolojik Ayak İzi, ekosistemlerin taşıma kapasitesi ile ilgili olarak belirli toplumlarda yaşam standartlarını artırmak ve sürdürmek için gerekli çevresel alanın kullanımına ilişkin bilgi vermektedir (Chambers vd., 2000).

Çevre başlığı altında iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik kavramlarının araştırıldığı bir diğer endeks “İklim Değerişikliği Endeksi”dir (Baettig vd., 2007). Bu endekste yıllık sıcaklık ve yağış miktarlarına ilişkin göstergeler kullanılarak oluşturulmuştur. İklim değerişikliği temelli bir diğer endeks yine yağış ve sıcaklık göstergelerini baz alan Chang vd.’de (2014) ortaya konulan, gelecek için öngörülen aşırı iklim koşullarına duyarlılık derecesini değerlendirmek için hesapladıkları “İklim Değerişikliği Endeksi”dir.

García-Álvarez vd.’da (2016) Avrupa 2020 stratejinin enerji politikasının anahtar kavramlarını oluşturan doğrudan sera gazı, dolaylı sera gazı ve diğer emisyonları içeren çevresel baskı ve hidrokarbonlar, fosil yakıtlar, yenilenebilir ve verimlilikten oluşan kaynak baskısı boyutu ile 28 Avrupa ülkesi için Çevresel ve Kaynak Baskısı Topplulaştırılmış Endeksi’ni (Environmental and Resource Pressure Aggregated Index) oluşturmuşlardır.

García-Álvarez & Moreno’de (2018) 2050 Avrupa Vizyonun doğal sermayeyi koruma ve kaynakların verimli kullanılması ana hedefi doğrultusunda 28 Avrupa ülkesinin çevresel performansını değerlendirmek için Çevresel Performans Deđerlendirmesi Bileşik Endeksi (Environmental Performance Assessment Composite Index-EPACI)’ini önermişlerdir. Bu endeks Avrupa 2050 vizyonu çerçevesinde üye ÷lkelerin doğal kaynaklarının korunması, kaynakların daha verimli ve sürdürülebilir kullanımının teşvik edilmesi konusunda üye ÷lkelerin güçlü ve zayıf yönleri hakkında bilgi sunmaktadır.

Çevresel sürdürülebilirliğin ölçüldüğü en kapsamlı endeks ise Yale Çevre Hukuku ve Politikası Merkezi ve Columbia Üniversitesi Uluslararası Yer Bilimleri Bilgi Ağı Merkezi tarafından geliştirilen “Çevresel Performans Endeksi” dir (Environment Performance Index- EPI). EPI çevre sağlığı ve ekosistem canlılığının sürdürülebilirliğine odaklanarak 11 sorun kategorisinde 32 gösterge kullanarak 180 ülkenin çevresel performansını ölçmektedir. EPI'nın oluşturduğu ülke sıralaması ve puan kartları ülkelerin çevre politika hedeflerine ulaşmasında rehberlik sağlamaktadır (Esty & Poerter, 2005).

Birleşik endeksler genel olarak ya doğrudan farklı göstergelere ya da ölçülmek istenen kavramın farklı boyutlarını ele alan alt endekslere dayanmaktadır. Bu göstergeler ile ülkeler, coğrafi bölgeler veya şirketler gibi farklı karar birimleri, belirli bir aralıkta puanlar almakta veya farklı analitik yaklaşımlar ile toplanarak sıralanmakta ve sonuç olarak basitçe özetlenerek yorumlanmaları kolay hale gelmektedir.

Bileşik endeks oluşturma ile ilgili önemli bir konu, verilerin birimler arasında ve zaman içinde karşılaştırılabilir olması, göstergelerin ikame edilemezliği, hesaplamanın basitliği, şeffaflığı, nesnel olma düzeyi ve çıktılarının yorumunun kolay olmasıdır (Tarantola, 2008.; C. Mazziotta vd., 2014; M. Mazziotta & Pareto, 2013). Öte yandan, pek çok göstergeden oluşan bir endeksin bütünleştirilmesi (aggregation) süreci hala tartışmalı bir konudur. Araştırmacılar zaman içerisinde toplamsal ya da çarpımsal bütünleştirme yöntemleri sunmuşlardır. Bu çalışmada tercih edilen AMPI yaklaşımı aritmetik ortalamaya dayansa da göstergelerin arasında telafi edici olmayan bir yaklaşım benimsemesi ve göstergelerinin dengesiz değerleri için bir ceza değeri atanması ile değişkenliği dikkate almayan basit aritmetik ortalamasının dezavantajını ortadan kaldırmaktadır. Endeksin hesaplanmasında kullanılan göstergeler arasında tam bir ikame edilebilirlik söz konusu ise bütünleştirmede kullanılan eklemeli yöntemlerde bir göstergedeki düşük performansı diğerindeki yüksek performans ile telafi edilebilir (M. Mazziotta & Pareto, 2018; Munda & Nardo, 2011). Bu durum birimlerin alacağı endeks değerini yanı sıra etkileyebilir. AMPI'nın önceki endekslere getirilen bu eleştiriyi dikkate alması ve uzay-zaman değişimini ortaya koyan dinamik bir yaklaşım benimsemesi bu çalışmada tercih edilmesinin önemli bir nedenidir.

3. Çevresel Performans

NCBI (The National Center for Biotechnology Information) çevre kirliliğini, sanayileşme ve kentleşme için ödediğimiz bir bedel olarak yorumlanmaktadır. Günümüzde doğal kaynakların

hızla tükenme noktasına gelmesiyle birlikte su ve gıda krizi gibi konuların gündemimize girmesi çevresel sürdürülebilirlik kavramının önemini bir kez daha hatırlatmıştır. Konunun muhatabının sadece bu durumla ilgili kaygı taşıyan ÷lkeler olmaması ve küresel bir sorun olduğu bilincinin yaygınlaşması önemli bir kazanım olarak düşünülebilir. Ancak bu durumun yanı sıra bu konuda top yekûn bir mücadele için hükümetlerin dışında sivil toplum kuruluşlarının, işletmelerin, bilim adamlarının ve hatta bireylerin de sorumlulukların birer paydaşı olduklarının bilincine varmaları gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik konusunda yapılmış önemli ve değerli çalışmaların başında, Yale üniversitesi tarafından geliştirilen EPI (environmental performance index) sayılabilir. EPI endeksi aynı zamanda temel hatlarıyla bu çalışmanın da çerçevesini oluşturmaktadır. EPI çalışmasında, 180 ÷lkenin çevre politikası hedeflerine ne kadar yakın oldukları çevresel sağlık ve ekosistem canlılığı olmak üzere 2 politik amaç altında, 11 kategoriye ayrılmış 32 performans göstergesi kullanılarak ulusal ölçekte ölçülmeye çalışılmıştır. EPI kapsamından belirlenen bu hedefler çevresel performans açısından birbirine yakın önemde değerlendirilmiş ve çevresel sağlık %40 ve ekosistem canlılığı %60 olarak ağırlıklandırılmıştır.

Bu doğrultuda performans ölçümünde kullanılacak göstergeler çeşitli kategoriler altında toplanmıştır. Bu kategoriler hava kalitesi, sanitasyon ve içme suyu, ağır metaller, atık yönetimi, biyo-çeşitlilik ve habitat, ekosistem hizmetleri, balıkçılık, iklim değişikliği, kirlilik emisyonları, tarım ve su kaynakları olarak sıralanmaktadır.

3.1. Çevresel Sağlık Politika Hedefi

Çevre sağlığı politika hedefinin önemli kategorilerinden olan hava kalitesi hem kapalı hem de açık mekanlarda insan sağlığını tehdit eden önemli faktörlerin başında gelmektedir. Bu göstergenin önemi Dünya Sağlık Örgütü WHO'da, (2014) verilen "her yıl yaklaşık olarak 7 milyon insanı hava kirliliği kaynaklı sebeplerden erken kaybedilmektedir" şeklindeki olumsuz bir istatistikle de desteklenmektedir. Ölüm sebeplerinin başında ise kalp hastalıkları, akciğer hastalıkları, akut solunum yolu enfeksiyonları vb. sıralanmaktadır.

Hava kirliliğinin, doğal yollarla (volkanik patlamalar, orman yangınları, buharlaşma², vb.) ya da insan kaynaklı (ulaşım, ısınma, sanayileşme, kentsel ve tarımsal atık, vb.) olarak zararlı

² Kükürtdioksit, partikül maddeler, azotoksit, karbonmonoksit ve ozon okyanuslardan buharlaşma ile havaya yayılabilmektedir.

kirleticilerin havaya salınması sonucunda oluştuğu bilinmektedir. WHO'nun ortaya koymuş olduğu bir diğer istatistiğe göre, küresel nüfusun %99'unun, WHO tarafından belirlenmiş olana azami sınırların üzerinde ve yüksek düzeyde kirletici içeren hava soluduğu görülmektedir. İlgili raporda düşük ve orta gelirli ülkelerin bu durumdan en yüksek düzeyde etkilendikleri belirtilmiştir (WHO, 2022). Hava kirliliğinin insan sağlığını tehdit etmesinin yanı sıra küresel iklim üzerinde de olumsuz etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. İklim değişikliğine neden olan insan kaynaklı etkilerin başında ise sera gazı salınımı gelmektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli sonuçları, insan kaynaklı faaliyetlerin küresel ısınmayı endüstri öncesi seviyeye göre yaklaşık olarak 1.0°C derece arttırdığını ortaya koymaktadır (Allen Myles, 2018). Bu artışın oluşumunda en büyük etken olarak kabul edilen karbondioksit salınımı da yine insan kaynaklı bir etki olup, başlıca fosil yakıt kullanımı ve ormansızlaşma gibi sebeplerden ortaya çıktığı bilinmektedir. Hava kalitesi farklı birçok göstergeler aracılığıyla ölçülebileceği gibi EPI'de bu değerlendirme; PM2.5 maruziyet (PMD), Ev Tipi Katı Yakıtlar (HAD) ve ozon maruziyeti (OZD) göstergeleri kullanılarak yapılmıştır.

Çevre sağlığı politika hedefi altında yer alan bir diğer önemli kategori de sanitasyon (içme suyu, atık su ve kanalizasyonun arıtımı) ve içme suyudur. 21. yüzyılda dünyanın birçok yerinde ekonomi ve insani gelişimin en önemli unsurlardan biri olan temiz suya erişilememesi kabul edilmesi mümkün olmayan bir durumdur. Kirletilmiş su yılda 1,5 milyon kişinin ölümüne sebep olmakta, her 20 saniyede bir çocuk yetersiz sanitasyon sonucunda hayatını kaybetmekte ve her altı kişiden birinin temiz suya erişimi bulunmamaktadır (European Parliament, 2011). Bu olumsuz istatistiklerin oluşumunda en büyük payı endüstriyel atıkların temiz suya karışarak su kaynaklarını kirletmesi almaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde bu atıkların yaklaşık %70'i arıtılmadan temiz suya verildiği tahmin edilmektedir (WWAP, 2017). Güvenli olmayan sanitasyon ve içme suyundan kaynaklanan sağlık risklerini en aza indirmek, bir ülkenin temiz su sistemlerini koruma ve tehlikeli bakteri ve virüslerle teması en aza indirme yeteneğinin değerlendirilmesinde hayati bir adım olarak görülmektedir. Güvensiz içme suyu (UWD) ve güvensiz sanitasyon (USD) göstergeleri ile ülkelere ilişkin sanitasyon ve içme suyu kriteri ölçülmeye çalışılmaktadır.

Çevresel sağlık politikasının altında yer alan bir diğer kategori de ağır metallerdir. Çevresel kirletici olan ağır metallere su, hava, yiyecek ve endüstriyel ortamda maruz kalınmaktadır. Kurşun, arsenik, cıva ve kadmiyum gibi ağır metallerin üretimi, kullanımı ve dolayısıyla bu metallere maruz kalmanın küresel ölçekte hastalıkların oluşumuna sebep olduğu bilinmektedir. Bu metallerin

biyolojik sistemlerde birikme eğilimleri de tehlikelerini bir kat daha artırmaktadır. Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency, EEA) tarafından, EEA-33 ÷lkelerinde 1990 yılına göre kurşun emisyonlarının (Pb) % 93, cıva (Hg) % 72 ve kadmiyumun (Cd) % 64 azaldığı rapor edilmiştir (EEA,2019). EPI'de ÷lkelerin ağır metallere ilişkin performanslarının kurşun maruziyeti (PBD) göstergesi ile ölçülmesi önerilmiştir.

Bu politika hedefi altındaki son kategori ise atık yönetimidir. Dünya bankası tüm dünyada atık üretim oranlarının arttığını belirtmektedir. Dünya Bankası'nın değerlendirmelerinde 2016 yılında dünya şehirlerinde 2,01 milyar ton katı atık üretildiği ve bu da kişi başına günlük 0,74 kilogramlık bir ayak izine denk geldiği vurgulanmıştır. Dünya Bankası yıllık atık üretiminin 2050 yılında 3,40 milyar tona çıkacağını öngörmektedir (World Bank, 2018). Bu değer 2016 yılı ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %70 gibi bir oranda artışın meydana geleceği gör÷lmektedir. Dünya Bankası bu artışa neden olarak nüfus artışı ve hızlı kentleşmeyi işaret etmektedir. Bu kategorinin ölçülmesinde ise kontrollü katı atık (MSW) göstergesi kullanılmıştır.

3.2. Ekosistem Canlılığı Politika Hedefi

Çevresel sürdürülebilirlik konusunda EPI'nin belirlediği bir diğer politika hedefi ise %60 ağırlığa sahip olan Ekosistem canlılığıdır. Bu politika hedefi altında 7 kategori bulunmaktadır. Bu çalışma çerçevesinde denize kıyısı olmayan AB ÷lkelerinin balıkçılık kategorisi verilerinin bulunmamasından dolayı bu kategori dikkate alınmamıştır.

Bu kategorilerden ilki insan ve ekosistem sağlığı için büyük öneme sahip olan biyo-çeşitlilik ve habitatır. Bu kategori ile ÷lkelerin biyolojik çeşitlilikleri ve sahip oldukları habitatın durumu ortaya konulmaktadır. Doğal bir sermaye olan biyo-çeşitlilik hem çevresel sürdürülebilirliğin ve ekosistemin işlevselliğinin sağlanması hem de sağladığı yiyecek, su, temiz hava ve malzemeler açısından ekonomilerin üretken kılınması anlamında üzerinde hassasiyetle durulması gereken bir konudur. Aşırı kentleşme ve sanayileşmenin bir faturası olarak son yıllarda biyo-çeşitlilik büyük zarar görmekte ve birçok tür yok olmuş ya da yok olma noktasına gelmektedir. Bu noktada türler arasındaki etkileşimin kaybolması önemsiz gibi görünse de ekosistemin işlevselliği açısından büyük öneme sahiptir. Bu doğrultuda habitatın zarar görmesi su temini, gıda güvenliği gibi konularda olumsuz sonuçlar doğurmasının yanı sıra olumsuz hava olaylarına karşı tampon görevi özelliğini kaybetmesi bakımından da endişe verici olmaktadır.

Hükümetler Arası Biyo-Çeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri Platformu raporuna göre tahmini toplam 8 milyon tür arasından 1 milyon hayvan ve bitki türü yok olma riski ile karşı karşıya kalmaktadır (Chan vd., 2019). Ekosistem Hizmetleri; yaban hayatının ya da ekosistemin insanlara sağladığı yararlar olarak bilinmektedir. Bu noktada ekosistemin korunmasının ve gelecek nesillere aktarılmasının önemi büyüktür.

Ormanlar ekonomik katkılarının yanı sıra hidrolojik döngü, karbon döngüsü ve diğer biyokimyasal döngüleri etkilediği için iklim ve habitat için de oldukça önemlidir (Whitmore, 1999). Birçok hayvan ve bitki türüne ev sahipliği yapan ormanlar küresel iklim şartlarının düzenlenmesinde, sel ve yağış gibi afetlerde tampon rolü oynamaktadır. Ormanlar toplumlara gıda, ilaç ve besin sağlamalarının yanı sıra okyanuslardan sonra dünyadaki en büyük karbon deposu niteliğindedir. 1990-2015 yılları arasında dünyanın Güney Afrika büyüklüğünde bir alan olan yaklaşık 129 milyon hektarlık ormanı kaybettiği tahmin edilmektedir (UN, 2015 Eylül 25). Bu kategorinin ölçülmesinde ise ağaç örtüsü kaybı (TCL) ve Otlak/Çayır Kaybı (GRL) göstergeleri kullanılmıştır.

Avrupa Birliği'nin (AB) çevre politikasının kilit konusu olan iklim değişikliği birliğin 2020 Stratejisinde “iklim değişikliğini ve bunun topluma ve çevreye olan maliyetlerini ve olumsuz etkilerini sınırlamayı” genel bir hedef olarak ortaya koymuştur. “Avrupa 2021’de Trendler ve Öngörüler” isimli EEA raporunda, AB’nin sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %20 oranında azaltma, yenilenebilir enerji kullanım payını %20’ye çıkarma ve enerjiyi verimliliğini %20 oranında iyileştirme şeklindeki hedeflerine ulaştığı tahmin edilmektedir (European Environment Agency, 2021). Bu çalışmada iklim değişikliği kategorisi EPI’nin de önerdiği şekilde, CO₂ Büyüme Oranı (CDA), CH₄ Büyüme Oranı (CHA), F-gas Büyüme Oranı (FGA), Arazi Örtüsünden CO₂ (LCB), N₂O Büyüme Oranı (NDA), Siyah Karbon Büyüme Oranı (BCA), GHG Yoğunluk Trendi (GIB), Kişi Başına GHG (GHP) göstergeleri ile ölçülmektedir.

2020 sera gazı emisyonlarındaki genel azalma, 1990 temel yılına veya 1,94 milyar ton CO₂’ye (karbondioksit eşdeğeri) kıyasla %34 olmuştur. Bu düşüş raporda Covid-19 salgınıyla ilişkilendirilse de etkinin büyüklüğü, iklim politikalarının rolüyle karşılaştırıldığında belirsiz olduğu savunulmuştur (European Environment Agency, 2023). Bu çalışmada AB ülkeleri için emisyon kategorisi, SO₂ Büyüme Oranı (SDA) ve NO_x Büyüme Oranı (NXA) ile ölçülmüştür.

Su Kaynakları AB 2030 Biyoçeşitlilik Stratejisi, 2050 yılına kadar dünyadaki tüm ekosistemlerin restore edilmesini, dayanıklı olmasını ve yeterince korunmasını sağlamak amacıyla Avrupa'nın biyolojik çeşitliliğini 2030 yılına kadar iyileştirme yoluna sokmayı amaçlamaktadır (European Commission, n.d.). Biyolojik Çeşitlilik Stratejisinin bir amacı da tatlı su ekosistemlerinin restorasyonudur. Bu kategori atık su arıtma (WWT) göstergesi ile ölç÷lmüştür.

AB komisyonu, yeni ortak tarım politikasının, tarım ve ormancılığın geleceğini güvence altına almanın yanı sıra Avrupa Yeşil Düzeni'nin hedeflerine ulaşmanın anahtarı olacağını vurgulamaktadır (European Commission, 2023). Birliğin kabul ettiği ortak tarım politikası ile birlikte daha adil, daha yeşil ve daha performansa dayalı bir tarım sektörü hedeflemektedir. Bu çalışmada AB ÷lkelerinin çevresel anlamda tarım politikalarındaki başarısı sürdürülebilir azot yönetimi endeksi (SNM) ile ölç÷lmüştür.

4. Metod

Çok boyutlu ve karmaşık bir fenomeni tek bir değere özetlemek analitik olarak titizlikle yürüt÷lmesi gereken bir süreç olmakla birlikte hem teorik hem de metodolojik birçok varsayımı gerektirmektedir (Saisana vd., 2005). Böyle bir süreçte takip edilecek temel adımlar M. Mazziotta & Pareto'tarafından (2017) (1) ölç÷lmek istenen kavramanın tanımlanması, (2) bireysel göstergelerin seçilmesi, (3) ham veri setinin normalleştirilmesi, (4) normalleştirilmiş göstergelerin toplulaştırılması ve (5) elde edilen endeksin doğrulanması şeklinde özetlenmiştir.

Toplulaştırma işlemi seçilen bireysel göstergelerin ikame edilebilirliğine izin verip vermemesine bağlı olarak 'ikame edilebilir' ve 'ikame edilemez' olarak hesaplanmaktadır (Casadio Tarabusi & Guarini, 2013). İkame edilebilir göstergeler³ için en sık kullanılan toplulaştırma aracı basit aritmetik ortalama veya temel bileşenler analizi (TBA) gibi toplamsal yöntemlerdir. Öte yandan M. Mazziotta & Pareto'de (2013) ikame edilemez göstergeler için geometrik ortalama gibi çarpımsal fonksiyonlar veya çok kriterli karar verme analizi gibi doğrusal olmayan yöntemlerin kullanılması önerilmektedir.

³ Birleşik endeksi oluşturan bireysel göstergelerin birindeki eksiklik diğerindeki fazlalık ile telafi edilebiliyorsa (örneğin, düşük bir 'kişi başına ortalama su tüketimi' değeri, yüksek bir 'kişi başına şişelenmiş su tüketimi değeri ile dengelenebilir) 'ikame edilebilir' olarak adlandırılır. Ters durumda, örneğin, düşük bir '1000 hasta başına yatak sayısı', yüksek bir '1000 hasta başına doktor sayısı' ile dengelenemez) 'ikame edilemez olarak adlandırılır (M. Mazziotta & Pareto, 2017, 2022).

4.1. Mazziotta-Pareto endeksi (MPI)

MPI (Mazziotta-Pareto Endeksi), ikame edilemez olduğu varsayılan bir dizi bireysel göstergelyi özetlemek için kullanılan bir bileşik endekstir (M. Mazziotta & Pareto, 2012). MPI ile biçimlendirici model⁴ formunda ele alınan kavramın (ölçülmek istenen fenomen) hesaplaması basit bir matematiksel formül (örneğin, geometrik ortalama) ile görelî olarak ölçülmektedir (M. Mazziotta & Pareto, 2013). Normalleştirme ve toplulaştırma olmak üzere iki temel adımdan oluşan MPI'nın hesaplama adımları aşağıda verilmektedir.

$n \times m$ boyutlu bir $X = \{x_{ij}\}$ başlangıç veri matrisinden standartlaştırılmış $Z = \{z_{ij}\}$ matrisi, denklem (1)'de verildiği şekilde elde edilir.

$$z_{ij} = 100 \pm \frac{(x_{ij} - M_{xj})}{S_{xj}} 10 \quad (1)$$

Burada n satırlı (karar birimleri) ve m sütunlu (göstergeler) olmak üzere, M_{xj} ve S_{xj} sırasıyla, j . göstergenin ortalama ve standart sapmasını ifade etmektedir. Denklem (1)'de yer alan \pm işareti j göstergesinin 'kutupluluğu', yani bu gösterge ile ölçülecek kavram arasındaki ilişkinin işaretini göstermektedir. Eğer bireysel gösterge olumlu kabul edilen bir boyutu temsil ediyorsa toplama (+) fakat olumsuz olarak kabul edilen bir boyutu temsil ediyorsa çıkarma (-) işlemi uygulanır. Sırasıyla M_{zi} ve S_{zi} i . birimin standartlaştırılmış değerlerinin ortalama ve standart sapması olmak üzere genelleştirilmiş MPI formu denklem (2)'de verilmiştir.

$$MPI_i^{+/-} = M_{zi} \pm S_{zi} cv_{zi} \quad (2)$$

Burada $cv_{zi} = S_{zi}/M_{zi}$, i birimi için varyasyon katsayısıdır. Birleşik endeks "artan" veya "pozitif" ise, bir başka ifade ile endeksin artan değerleri ölçülecek kavramın pozitif değişkenliğine karşılık geliyorsa (örneğin sosyo-ekonomik gelişme), MPI^- kullanılmaktadır. Tam tersi durumda birleşik endeks "azalan" veya "negatif" ise endeksin artan değerleri kavramın olumsuz varyasyonların karşılık gelirse MPI^+ kullanılmaktadır.

⁴ Regresyon analizi, Temel Bileşenler Analizi gibi biçimlendirici (formative) formda, ölçülmek istenen kavram belli sayıda gözlenen değişken (göstergeler) ile açıklanır. Nedenselliğin yönü göstergelerden kavrama doğrudur. Kavramdaki bir değişiklik mutlaka tüm göstergelerde bir değişiklik olduğu anlamına gelmez. Yansıtıcı (reflective) modelde ise nedenselliğin yönü kavramdan göstergelere doğrudur yani bireysel göstergeler alta yatan gizli değişkenin etkilerini (veya tezahürlerini) gösterir (M. Mazziotta & Pareto, 2019).

MPI’de, ortalama seviyeye karşılık gelen kısmın puanı M_{zi} ve cezaya karşılık gelen kısmın puanını $S_{zicv_{zi}}$ olmak üzere iki kısımda hesaplamaktadır. Modelde kullanılan ceza göstergeleri ortalama değere göre yatay değişkenliğinin bir fonksiyonudur. Gösterge değeri daha dengeli ve eşit olan birimleri ödüllendirebilmek için birimlere ceza verilmektedir.

MPI hem ortalama hem de değişkenlik etkisini hesaba katan bir bileşendir. İlk hesaplama adımında MPI karar birimlerini ortalama düzeye göre sıralarken, ikinci adımda birimleri değişkenlik düzeyine göre sıralamaktadır. Yöntemin bu yönüyle temel bileşenler analizinde olduğu gibi ilişkisiz değişkenleri özetlemek için yararlı bir araç olduğu söylenebilir.

MPI karar birimlerinin yalnızca belirli bir zaman içerisindeki nispi değişkenliklerinin değerlendirilmesine izin vermektedir. Mekânsal zamansal karşılaştırma yapabilmek için MPI’nın bir türü olan Ayarlanmış Mazziotta-Pareto İndeksi (Adjusted Mazziotta–Pareto index (AMPI) önerilmektedir (M. Mazziotta & Pareto, 2016).

4.2 Adjusted Mazziotta-Pareto endeksi (AMPI)

AMPI göstergelerin ikame edilemez (veya kısmen telefı edilemez) olduğu varsayımı altında, birimlerin kendi arasında ve zaman içinde karşılaştırılmasına olanak tanıyan bir birleşik endekstir (M. Mazziotta & Pareto, 2016). MPI’nın bir çeşidi olan AMPI, zaman içindeki mutlak değişkenlikleri ortaya koyabilmek için dikkate alınan tüm zaman periyotlarında her bir göstergenin olası aralığını temsil eden ve hedef direkleri olarak adlandırılan iki hedef noktaya göre yeniden ölçeklenmesi fikrine dayanmaktadır (de Muro vd., 2011; M. Mazziotta & Pareto, 2017).

AMPI’nın standartlaştırma ve toplulaştırmadan oluşan iki temel hesaplama adımı aşağıda verilmiştir. $X = \{x_{ij}\}$ matrisi verildiğinde, standartlaştırılmış $R = \{r_{ij}\}$ matrisi denklem (3)’de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{(x_{ij} - Min_{xj})}{Max_{xj} - Min_{xj}} 60 + 70 \quad (3)$$

Denklem (3)’de verilen Min_{xj} ve Max_{xj} , j göstergesi için ‘hedef direklerini ifade etmektedir. Bilindiği üzere endeksler için yorumlanmalarının kolay olması önemli bir konudur. Bu amaçla, referans değerinin 100 ile temsil edilebilmesi için ‘hedef direklerinin’ ayarlanması gerekmektedir.

Inf_{xj} ve Sup_{xj} , tüm birimlerde ve dikkate alınan tüm zaman dilimlerinde j göstergesinin en büyük alt sınırı (alt sınırların en büyüğü) ve en küçük üst sınırını (üst sınırların en küçüğü) ifade etmektedir. j göstergesinin referans değeriyle ifade edilen ‘hedef direkleri’ denklem 5’ de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{cases} Min_{xj} = Ref_{xj} - \Delta \\ Max_{xj} = Ref_{xj} + \Delta \end{cases} \quad (4)$$

Burada $\Delta = (Sup_{xj} - Inf_{xj})/2$ dir. Eğer j göstergesinin negatif ‘kutupluluğu’ varsa denklem (3)’de hesaplanan değerinin 200’e göre tümleyeninin alınması gerekmektedir. Kutupluluğunun yönü fark etmeksizin her iki durumda da standartlaştırılmış değerler yaklaşık olarak 70 ile 130 aralığına düşmektedir.

Sırasıyla M_{ri} ve S_{ri} i. birimin standartlaştırılmış değerlerinin ortalaması ve standart sapması olmak üzere geliştirilmiş AMPI formu denklem (5)’de verilmektedir.

$$AMPI_i^{+/-} = M_{ri} \pm S_{ri}cv_{ri} \quad (5)$$

Ayrıca burada $cv_{ri} = S_{ri}/M_{ri}$, i birimi için varyasyon katsayısını temsil etmektedir. Bileşik endeks pozitif yönde ise, yani endeksin artan değerleri ölçülmek istenen kavramın pozitif (örneğin, insanı gelişmişlik) varyasyonlarına karşılık geliyorsa $AMPI^-$ kullanılmaktadır. Ters durumda, bileşik endeksin artan değerleri ölçülecek kavramın negatif (örneğin, yoksulluk) varyasyonlarına karşılık geliyorsa, $AMPI^+$ kullanılmaktadır. Bu nedenle, AMPI her birimin nihai puanını iki bölümde hesaplamaktadır. İlk olarak ortalama seviyesi M_{ri} ; ikinci olarak ortalama değerlere göre yatay değişkenliği ortaya koyan ve gösterge değerleri arasındaki dengesizliği cezalandırmak için oluşturulmuş ceza fonksiyonunu ($S_{ri}cv_{ri}$) hesaplamaktadır (M. Mazziotta & Pareto, 2017).

5. Uygulama

5.1 . Veri

Çalışmada kullanılan veri seti Yale Üniversitesi, Columbia Üniversitesi ve Dünya Ekonomik Formu’nun birlikte hazırladıkları EPI (environmental performance index) çalışmasından derlenmiştir. Bu veri seti, 180 ülkenin 2020 yılına ait 32 performans göstergesini kapsamaktadır. Bu göstergeler temel olarak çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı çerçevesindedir. Bu veri setinin kullanılmasındaki temel amaç dünya üzerindeki doğal yaşamın sürdürülebilirliğinin

sağlanması noktasında, ÷lkelerin çevresel eğilimlerinin Tablo1’de verilen kategori ve göstergeler çerçevesinde değerlendirilmesini sağlamaktır. Bu noktadan hareketle Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç şeklinde sıralanan 27 AB üyesi ÷lkenin çevresel performansları değerlendirilmiştir.

Tablo 1

EPI Göstergeleri

Politika Amacı	Kategori	Gösterge	Kısaltma	
Çevre Sağlığı	Hava Kalitesi	PM _{2.5} Maruziyet	PMD	
		Ev Tipi Katı Yakıtlar	HAD	
		Ozon Maruziyet	OZD	
	Sanitasyon & İçme Suyu	Güvensiz İçme Suyu	UWD	
		Güvensiz Sanitasyon	USD	
	Ağır Metaller	Kurşun Maruziyeti	PBD	
Atık Yönetimi	Kontrollü Katı Atık	MSW		
Ekosistem Canlılığı	Biyο-Çeşitlilik & Habitat	Canlı Topluluğu Koruması (Ulusal)	TBN	
		Korunan Alanlarının Temsil Edilebilirlik İndeksi	PAR	
		Biyο-Çeşitlilik Habitat İndeksi	BHV	
	Ekosistem Hizmetleri	Ağaç Örtüsü Kaybı	TCL	
		Otlak/Çayır Kaybı	GRL	
	İklim Değişikliği	İklim Değişikliği	CO ₂ Büyüme Oranı	CDA
			CH ₄ Büyüme Oranı	CHA
			F-gas Büyüme Oranı	FGA
			Arazi Örtüsünden CO ₂	LCB
			N ₂ O Büyüme Oranı	NDA
Siyah Karbon Büyüme Oranı			BCA	
GHG Yoğunluk Trendi			GIB	
Kişi Başına GHG			GHP	
Kirlilik Emisyonları	SO ₂ Büyüme Oranı	SDA		
	NO _x Büyüme Oranı	NXA		
Su Kaynakları	Atık Su Arıtma	WWT		
Tarım	Sürdürülebilir Azot Yönetimi İndeksi	SNM		

Kaynak. (EPI, n.d.)

Uygulama, içerisinde pek çok endeksin hesaplama kodunu barındıran R-Studio (2022.12.0) ortamında geliştirilmiş olan “compind” paketi kullanılarak yürütülmüştür (Vidoli & Maintainer, 2023). Veriler paketin kullanıma uygun olarak düzenlendikten sonra *ci_ampi* (*x*, *indic_col*, *gp*,

time, *polarity*, *penalty* = "NEG") kod satırı kullanılarak sonuçlar kolaylıkla alınabilir. Burada *x* ham veri seti, *indic_col* göstergelerin sütun numarası, *gp* hedef direkleri (kullanıcı tarafından referans değerinin ayarlanması ile hesaplanır); *time* zaman değişkeni, *polarity* göstergelerin kutupluluğu (göstergelerin ölçülmek istenen kavrama ne önde katkı yaptığına göre negatif ya da pozitif olarak ayarlanır) ve *penalty* ölçülmek istenen kavramın yönünü (örneğin yolluk endeksi hesaplanacak ise ceza pozitif olarak ayarlanmalı) göstermektedir. Bununla birlikte, R programına aşina olmayan kullanıcılar, MPI ve AMPI endekslerini Excel'de temel istatistiksel fonksiyonları kullanarak da kolaylıkla hesaplayabilir.

5.2. Bulgular

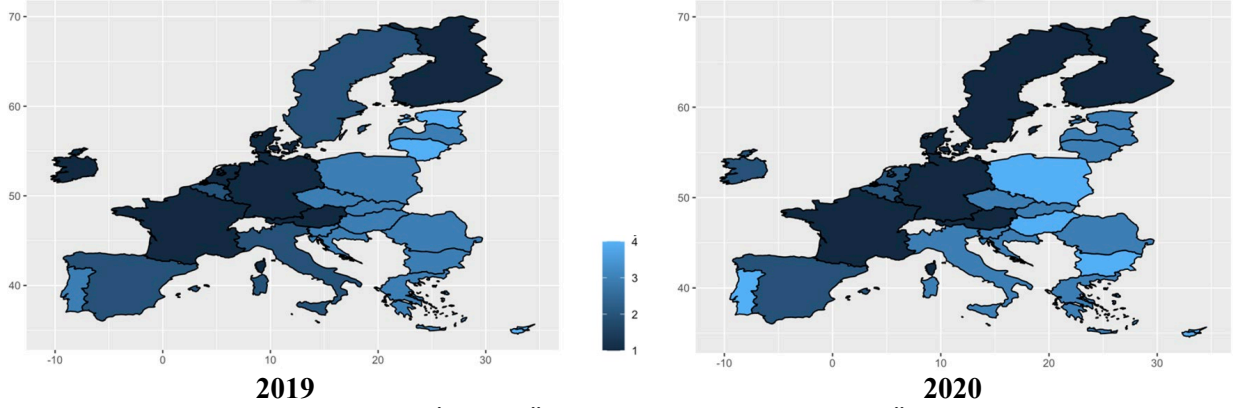
Ölçülmek istenen kavramın yönü pozitif olmasından dolayı normalize edilmiş göstergelerin standart sapmanın ortalamasından çıkarıldığı, yani negatif cezanın benimsendiği $AMPI^-$ endeks değerleri kullanılmıştır. Bu durumda eğer bir ülkenin, kavramı oluşturan boyutları (göstergeleri) arasında dengeli bir dağılım yok ise ortalama dan daha düşük bir endeks değerine sahip olacaktır. 27 Avrupa ülkesine ilişkin 2019 ve 2020 yıllarına ait AMPI sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 2'de sütunlarda gösterge ortalamaları, standart sapmaları (cezalar), $AMPI^+$, $AMPI^-$ ve sıralamalar yer almaktadır.

Bu sonuçlar ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik konusundaki performanslarına ait bilgileri ve zaman içerisinde bu performanslarının nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak iki yılın sıralamasının birbiri ile uyumlu olduğu söylenebilir. 2019 yılının en iyi beş ülkesinin sırasıyla; Fransa, Almanya, Danimarka, İrlanda ve Avusturya olduğu görülmektedir. Bu sıralamanın 2020 yılına gelindiğinde Danimarka, Fransa, Avusturya, İsviçre ve Almanya olarak değiştiği gözlenmektedir. Konumunda en büyük farkı yaratan (6 sıra ve üzeri değişim gösteren) ülkelerin; Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Litvanya ve İsviçre olduğu dikkatleri çekmektedir.

Tablo 2
2019-2020 Yıllarına İlişkin Ülke Sıralamaları

	2019					2020				
	Ortalama	S. Sapma	AMPI+	AMPI-	Sıra	Ortalama	S. Sapma	AMPI+	AMPI-	Sıra
Avusturya	106.91	12.08	108.28	105.55	5	109.16	10.97	110.26	108.05	3
Belçika	101.87	10.35	102.92	100.82	10	105.15	11.31	106.37	103.93	7
Bulgaristan	95.4	17.57	98.64	92.17	22	94.67	16.52	97.55	91.79	26
Hırvatistan	94.59	13.28	96.45	92.73	20	98.42	11.87	99.85	96.99	16
Kıbrıs	93.54	16.77	96.54	90.53	26	94.66	16.22	97.44	91.88	25
Çekya	99.31	9.85	100.29	98.34	13	101.48	9.7	102.41	100.55	12
Danimarka	108.14	11.93	109.45	106.82	3	111.53	13.37	113.13	109.93	1
Estonya	94.09	15.5	96.64	91.53	24	97.46	16.78	100.35	94.57	20
Finlandiya	105.66	19.8	109.38	101.95	8	106.92	18.7	110.19	103.66	8
Fransa	108.19	6.99	108.64	107.74	1	110.28	7.74	110.83	109.74	2
Almanya	107.62	7.91	108.2	107.04	2	107.37	11.92	108.7	106.05	5
Yunanistan	99.13	12.25	100.64	97.62	14	96.57	16.09	99.25	93.88	22
Macaristan	97.53	14.51	99.69	95.37	17	96.04	16.1	98.74	93.34	23
İrlanda	108.13	13.4	109.79	106.47	4	105.48	19.63	109.13	101.83	10
İtalya	102.47	8.65	103.2	101.74	9	99.12	14.65	101.29	96.96	17
Letonya	95.07	17.12	98.15	91.99	23	97.27	17.18	100.3	94.23	21
Litvanya	93.44	13.81	95.48	91.4	25	99.39	11.89	100.81	97.97	15
Lüksemburg	102.75	16.34	105.35	100.15	12	108	17.69	110.9	105.1	6
Malta	89.36	24.82	96.25	82.46	27	96.61	24.48	102.81	90.4	27
Hollanda	105.93	10.65	107	104.86	6	105.01	17.17	107.81	102.2	9
Polonya	94.75	14.72	97.04	92.46	21	95.87	10.04	96.92	94.82	19
Portekiz	95.68	16.51	98.52	92.83	19	96.04	16.28	98.8	93.28	24
Romanya	96.78	19.37	100.65	92.9	18	99.27	17.88	102.49	96.05	18
Slovakya	97.66	13.68	99.58	95.75	16	99.77	9.5	100.67	98.86	14
Slovenya	98.38	12.6	99.99	96.76	15	101.14	10.12	102.15	100.13	13
İspanya	103.17	10.18	104.18	102.17	7	102.9	12.64	104.46	101.35	11
İsveç	104.47	21.15	108.75	100.19	11	109.63	18.71	112.82	106.43	4
Ortalama										100

Şekil 1’de ise her iki yıla ilişkin değişimlerin daha rahat incelenmesi açısından çizilmiş haritalar yer almaktadır. Haritada kullanılan rengin koyulaşması çevresel performansın artması şeklinde yorumlanmalıdır. Harita incelendiğinde göze çarpan en belirgin sonucun, kuzey ve batıda yer alan ÷lkelerin güney ve doğrudaki yer alan ÷lkelere göre çevresel performans açısından daha başarılı olduğudur.



Şekil 1. 2019-2020 Yıllarına İlişkin Ülke Sıralamalarının Harita Üzerinde Gösterilmesi

6. Sonuç

İnsan-doğa-toplum ilişkisi temel olarak doğadan alınanlar ve doğaya verilenler üzerinden kurulmaktadır. Ancak son yıllarda doğadan alınanlar ve doğaya verilenler arasındaki denge telafisi mümkün olmayacak şekilde bozulmaya başlamıştır. Doğal kaynakların vahşi bir şekilde tüketilmesi ve insanların baskın yaşam tarzı, ekosistemin kendini yenileyebilme imkanını elinden almaktadır. Bu durum çevresel kirlenmelere ve nihayetinde de kaçınılmaz olarak iklim değişikliği gibi etkisini günümüzde fazlasıyla gösteren büyük sorunlara yol açmaktadır.

İnsanoğlunun doğa ile kurduğu ilişkinin iki önemli dönüm noktasına sahip olduğu düşünülmektedir. Bu dönüm noktalarından ilki tarım ikincisi ise sanayileşmedir. Önümüzdeki dönemde artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi adına gıda üretiminin ikiye katlanmasının gerekeceği öngörülmektedir (Tilman vd., 2002). Bu durum ise biyo-çeşitlilik ve habitat kaybına sebep olan etmenlerin başında gelen tarımsal genişleme ihtiyacını doğurmaktadır. Bilinçsiz tarımsal genişleme ise orman alanlarının kaybına, toprağın tarımsal ilaçlar ve gübrelerle kirlenmesine, erozyona ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır.

Diğer önemli dönüm noktası olan sanayileşme ise insanların yaşamsal pratiği haline gelen tüketimin de etkisiyle farklı bir forma dönüşmüştür. Artık insanlar ihtiyaçlarını karşılamak için tüketmek yerine tüketmeyi bir ihtiyaç haline getirmişlerdir (Senemoğlu, 2017). Toplumların tüketim toplumu haline gelmesi ise doğa ile kurulan ilişkide büyük problemler yaşanmasına sebep olmaktadır. Fabrikalar ve sanayi kuruluşlarının artan talepleri karşılamak ve daha fazla kar elde edebilmek için doğayı görmezden gelerek vahşi bir şekilde büyümeye çalışmaları, enerji tüketiminin artmasına ve dolayısıyla doğaya salınan zehirli maddelerin çoğalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca sanayileşme betonlaşma, yoğun trafik ve sera gazı salınımı gibi birçok sorunun

kaynağı olan kentleşmeyi de arttırmaktadır. Tüm bu olumsuz bileşenler de çevresel sürdürülebilirlik önünde büyük engel oluşturmaktadır.

Bu çalışmada sürdürülebilir kalkınma çevresel boyutu ile ele alınıp AB ÷lkelerinin çevresel performanslarının değerlendirilebilmesi için tekrar edilebilir ve nesnel bir yaklaşım ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu sayede ÷lkelerin anlık fotoğrafları çekilerek bu konudaki başarı ve başarısızlık durumları gözlenebilecek ve kendilerine bir yol haritası çizilemelerine olanak sağlanmış olacaktır. Bu doğrultuda bu çalışmada çevresel değerlendirme amacıyla yapılmış birçok çalışmada Gallego-Álvarez vd. (2014), Hsu & Zomer (2016), Moldan vd. (2012), Rogge (2012) olduğu gibi Yale üniversitesi tarafından geliştirilen EPI (environmental performance index) veri seti kullanılmıştır. Çevresel verilerin kullanıldığı çalışmalarda tek bir döneme ilişkin verilerin kullanılması bilgi kaybına sebep olabilmektedir. Bu çalışmanın en belirgin özelliği zaman değişkenini de modele dahil etmesi ve anın değeril sürecin performansının değerlendirilmiş olmasıdır.

Çalışma sonucunda Fransa, Almanya, Danimarka, İrlanda, Avusturya ve İsveç gibi çoğunluğu Kuzey Avrupa'da ve görece batıda yer alan ÷lkelerin ele alınan göstergeler çerçevesinde çevresel performans yönünden başarılı oldukları söylenebilir. Sonuçlar incelendiğinde 2019 yılından 2020 yılına en fazla başarı gösteren ÷lkenin Litvanya olduğu gör÷lmektedir. 2019 yılında 25. sırada olan Litvanya 2020 yılında 15. sıraya kadar yükselmiştir. Benzer bir yükseliş 11. sıradan 4. sıraya yükselen İsveç'te de gör÷lmektedir. Çevresel performans yönünden zayıflama yaşayan ÷lkelerin başında Yunanistan ve İtalya gelmektedir. Her iki ÷lke de 8 basamaklık bir düşüş göstermişlerdir.

Elde edilen bulgular karar vericilere hem performanslarını değerlendirebilme hem de performanslarının zaman içindeki değişimini göre bilme imkanını sunmaktadır. Ayrıca görece başarısız ÷lkeler kendilerine başarılı ÷lkeleri örnek olarak alarak politikalarına yön verebilecektir.

Kaynakça

- Allen, M., Babiker, Chen, Y. & de Coninck, H. C. (2018). *IPCC SR15: Summary for Policymakers* — Eindhoven University of Technology Research Portal. <https://research.tue.nl/en/publications/ipcc-sr15-summary-for-policymakers>
- Baettig, M. B., Wild, M., & Imboden, D. M. (2007). A Climate Change Index: Where Climate Change May Be Most Prominent in the 21st Century. *Geophysical Research Letters*, 34(1). <https://doi.org/10.1029/2006GL028159>
- Bauer, S. (2007). *The Ozone Secretariat*. (No. 28).
- Bericat, E. (2012). The European Gender Equality Index: Conceptual and Analytical Issues. *Social Indicators Research*, 108(1), 1–28. <https://doi.org/10.1007/S11205-011-9872-Z/TABLES/7>
- Bodansky, D. (2021). The United Nations Framework Convention on Climate Change: A Commentary. *Yale Journal of International Law*. <https://openyls.law.yale.edu/handle/20.500.13051/6301>
- Brundtland G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.
- Casadio Tarabusi, E., & Guarini, G. (2013). An Unbalance Adjustment Method for Development Indicators. *Social Indicators Research*, 112(1), 19–45. <https://doi.org/10.1007/S11205-012-0070-4/TABLES/7>
- Chambers, N., Simmons, C., & Wackernagel, M. (2000). *Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability*. Earthscan. <https://www.routledge.com/Sharing-Natures-Interest-Ecological-Footprints-as-an-Indicator-of-Sustainability/Chambers-Simmons-Wackernagel/p/book/9781853837395>
- Chan, K., Agard, J., Liu, J., Aguiar, A. P. D., Armenteras, D., Boedhihartono, A. K., Cheung, W. W. L., Hashimoto, S., Hernández-Pedraza, G. C., Hickler, T., Jetzkowitz, J., Kok, M., Murray-Hudson, M., O'Farrell, P., Satterfield, T., Saysel, A. K., Seppelt, R., Strassburg, B., Xue, D., ... Mohamed, A. A. A. (2019). Chapter 5. Pathways towards a Sustainable Future. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3832099>
- Chang, M., Dereczynski, C., Freitas, M. A. V., Chou, S. C., Chang, M., Dereczynski, C., Freitas, M. A. V., & Chou, S. C. (2014). Climate Change Index: A Proposed Methodology for Assessing Susceptibility to Future Climatic Extremes. *American Journal of Climate Change*, 3(3), 326–337. <https://doi.org/10.4236/AJCC.2014.33029>
- de Muro, P., Mazziotta, M., & Pareto, A. (2011). Composite Indices of Development and Poverty: An Application to MDGs. *Social Indicators Research*, 104(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/S11205-010-9727-Z/FIGURES/4>
- EPI. (n.d.). *Welcome | Environmental Performance Index*. Retrieved May 1, 2023, from <https://epi.yale.edu/>
- Esty, D. C., & Poerter, M. E. (2005). National Environmental Performance: An Empirical Analysis of Policy Results and Determinants. *Environment and Development Economics*, 10(4), 391–434. <https://doi.org/10.1017/S1355770X05002275>
- EU. (2023). *Environment Policy: General Principles and Basic Framework*.

- European Commission. (n.d.). *Biodiversity Strategy for 2030*. Retrieved May 1, 2023, from https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en
- European Commission. (2023). *CAP 2023-27*. https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_en
- European Environment Agency. (2021, February 9). *EU Achieves 20-20-20 Climate Targets, 55 % Emissions Cut by 2030 Reachable with More Efforts and Policies — European Environment Agency*. <https://www.eea.europa.eu/highlights/eu-achieves-20-20-20>
- European Environment Agency. (2023, February 7). *Continued Drop in EU's Greenhouse Gas Emissions Confirms Achievement of 2020 Target — European Environment Agency*. <https://www.eea.europa.eu/highlights/continued-drop-in-eus-greenhouse>
- European Parliament. (2011). *One in Six People Have No Access to Clean Water | News | European Parliament*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/world/20110513STO19335/one-in-six-people-have-no-access-to-clean-water>
- Gallego-Álvarez, I., García-Sánchez, I. M., & da Silva Vieira, C. (2014). Climate Change and Financial Performance in Times of Crisis. *Business Strategy and the Environment*, 23(6), 361–374. <https://doi.org/10.1002/BSE.1786>
- García-Álvarez, M. T., & Moreno, B. (2018). Environmental Performance Assessment in the EU: A Challenge for The Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 205, 266–280. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.284>
- García-Álvarez, M. T., Moreno, B., & Soares, I. (2016). Analyzing The Environmental and Resource Pressures from European Energy Activity: A Comparative Study of EU Member States. *Energy*, 115, 1375–1384. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2016.01.035>
- Guijarro, F. (2019). A Multicriteria Model for the Assessment of Countries' Environmental Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/IJERPH16162868>
- Hsu, A., & Zomer, A. (2016). Environmental Performance Index. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1–5. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.STAT03789.PUB2>
- Jin, J., Zhou, D., & Zhou, P. (2014). Measuring Environmental Performance with Stochastic Environmental DEA: The Case of APEC Economies. *Economic Modelling*, 38, 80–86. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2013.12.017>
- Matsumoto, K., Makridou, G., & Doumpos, M. (2020). Evaluating Environmental Performance Using Data Envelopment Analysis: The Case of European Countries. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122637. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122637>
- Mazziotta, C., Mazziotta, M., Pareto, A., & Vidoli, F. (2014). A Composite Index for Measuring Italian Regions Development Over Time. *RIEDS - Rivista Italiana Di Economia, Demografia e Statistica - The Italian Journal of Economic, Demographic and Statistical Studies*, 68(3–4), 127–134. <https://doi.org/10.3280/REST2010-001002>
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2012). *A Non-compensatory Approach for the Measurement of the Quality of Life*. 27–40. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3898-0_3

- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2013). *Methods for Constructing Composite Indices: One for all or all for One?*
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2016). On a Generalized Non-compensatory Composite Index for Measuring Socio-economic Phenomena. *Social Indicators Research*, 127(3), 983–1003. <https://doi.org/10.1007/S11205-015-0998-2/FIGURES/4>
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2017). *Synthesis of Indicators: The Composite Indicators Approach*. 159–191. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60595-1_7
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2018). Measuring Well-Being Over Time: The Adjusted Mazziotta–Pareto Index Versus Other Non-Compensatory Indices. *Social Indicators Research: An International and Interdisciplinary Journal for Quality-of-Life Measurement*, 136(3), 967–976. <https://doi.org/10.1007/S11205-017-1577-5>
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2019). Use and Misuse of PCA for Measuring Well-Being. *Social Indicators Research*, 142(2), 451–476. <https://doi.org/10.1007/S11205-018-1933-0/FIGURES/9>
- Mazziotta, M., & Pareto, A. (2022). Composite Indices Construction: The Performance Interval Approach. *Social Indicators Research*, 161(2–3), 541–551. <https://doi.org/10.1007/S11205-020-02336-5/FIGURES/2>
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to Understand and Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets. *Ecological Indicators*, 17, 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
- Munda, G., & Nardo, M. (2011). Noncompensatory/Nonlinear Composite Indicators for Ranking Countries: A Defensible Setting. <https://doi.org/10.1080/00036840601019364>, 41(12), 1513–1523. <https://doi.org/10.1080/00036840601019364>
- Rogge, N. (2012). Undesirable Specialization in The Construction of Composite Policy Indicators: The Environmental Performance Index. *Ecological Indicators*, 23, 143–154. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2012.03.020>
- Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2005). Uncertainty And Sensitivity Analysis Techniques as Tools for The Quality Assessment of Composite Indicators. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 168(2), 307–323. <https://doi.org/10.1111/J.1467-985X.2005.00350.X>
- Sanz-Díaz, M. T., Velasco-Morente, F., Yñiguez, R., & Díaz-Calleja, E. (2017). An Analysis of Spain’s Global and Environmental Efficiency from A European Union Perspective. *Energy Policy*, 104, 183–193. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2017.01.030>
- Senemoğlu, O. (2017). Tüketim, Tüketim Toplumunu ve Tüketim Kültürü: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *İnsan ve İnsan*, 4(12), 66–86. <https://doi.org/10.29224/INSANVEINSAN.313030>
- Stoutenborough, J. W., & Vedlitz, A. (2014). The Effect of Perceived and Assessed Knowledge of Climate Change on Public Policy Concerns: An Empirical Comparison. *Environmental Science & Policy*, 37, 23–33. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2013.08.002>
- Sueyoshi, T., & Yuan, Y. (2015). China’s Regional Sustainability and Diversified Resource Allocation: DEA Environmental Assessment on Economic Development and Air Pollution. *Energy Economics*, 49, 239–256. <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2015.01.024>

- Tarantola, S. (n.d.). *European Innovation Scoreboard: Strategies to Measure Country Progress Over Time*. EUR 23526 EN. Luxembourg (Luxembourg): OPOCE; April, 2008. JRC46943
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature* 2002 418:6898, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- UN. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*.
- UN. (2015, September 25). United Nations News. <https://news.un.org/en/story/2015/09/508202-deforestation-slows-we-need-do-better-sustainable-forest-use-un-agriculture>.
- UNFCCC. (n.d.). *The Paris Agreement*. Retrieved April 29, 2023, from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Vidoli, F., & Maintainer, E. F. (2023). *Type Package Title Composite Indicators Functions*. <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0710-y>
- Weiss, E. B. (2009). *The Vienna Convention for The Protection of The Ozone Layer and The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer*. www.un.org/law/avl
- Whitmore, J. L. (1999). The Social and Environmental Importance of Forest Plantations with Emphasis on Latin America. *Journal of Tropical Forest Science*, 11(1), 255–269.
- WHO. (2014). *7 million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution*. <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- WHO. (2022). *Billions of People Still Breathe Unhealthy Air: New WHO Data*. <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>
- Woo, C., Chung, Y., Chun, D., Seo, H., & Hong, S. (2015). The Static and Dynamic Environmental Efficiency of Renewable Energy: A Malmquist Index Analysis of OECD Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 367–376. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.03.070>
- World Bank. (2018). *Global Waste to Grow by 70 Percent by 2050 Unless Urgent Action is Taken: World Bank Report*. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Würth Karsten. (n.d.). *What is the Kyoto Protocol?* | UNFCCC. Retrieved April 29, 2023, from https://unfccc.int/kyoto_protocol
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO.
- WWF. (2022). *Living Planet Report*. <https://livingplanet.panda.org/>
- Yu-Ying Lin, E., Chen, P. Y., & Chen, C. C. (2013). Measuring Green Productivity of Country: A Generalized Metafrontier Malmquist Productivity Index Approach. *Energy*, 55, 340–353. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2013.03.055>
- Zhang, J., Zeng, W., & Shi, H. (2016). Regional Environmental Efficiency in China: Analysis Based on A Regional Slack-Based Measure with Environmental Undesirable Outputs. *Ecological Indicators*, 71, 218–228. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2016.04.040>

Zhang, N., Zhou, P., & Kung, C. C. (2015). Total-Factor Carbon Emission Performance of The Chinese Transportation Industry: A Bootstrapped Non-Radial Malmquist Index Analysis. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 41, 584–593. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.08.076>

EXTENDED ABSTRACT

Ensuring the sustainability of natural resources is of great importance to meet the needs of the ever-increasing world population and to preserve resources for future generations. Environmental sustainability, a concept introduced in the 1987 Brundtland Report, is critical to achieving a harmonious balance between human development and ecological conservation. As environmental challenges transcend national borders, global cooperation becomes essential to address them effectively. In this context, assessing the environmental performance of countries can provide valuable information for policymakers to plan effective environmental strategies.

The concept of environmental sustainability was further emphasized by the Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by United Nations member states in 2015. Among the 17 SDGs, many are closely related to environmental sustainability, such as clean water and sanitation, affordable clean energy, climate action, underwater and terrestrial life. Environmental sustainability, which is also part of the EU's goals, aims to eliminate, reduce or prevent pollution while promoting the balanced and ecological use of natural resources.

To address the issue of environmental sustainability, numerous international organizations, communities, institutions and academics are working to find solutions. One of the leading efforts is the Environmental Performance Index (EPI) developed by Yale University and Columbia University. The EPI measures the environmental performance of 180 countries using 32 indicators across 11 issue categories and provides a ranking that guides countries in achieving their environmental policy goals.

Environmental performance is a complex and multidimensional issue that requires the joint efforts of governments, civil society organizations, businesses, scientists and individuals. The EPI serves as a valuable tool for assessing and comparing countries environmental sustainability performance. Multidimensional and complex phenomena often require a comprehensive summary represented by a single value, involving a rigorous analytical process with various theoretical and methodological assumptions.

Data Envelopment Analysis (DEA), a mathematical programming-based method in which weights are given objectively, has been frequently used to measure environmental performance (Sueyoshi & Yuan, 2015). The environmental efficiency of renewable energy on OECD countries (Woo et al., 2015) and carbon emission performance of APEC countries (Jin et al., 2014) have

been revealed by DEA. On the other hand, one of the challenges in using DEA to measure environmental performance is the presence of undesirable outputs such as carbon emissions, which complicates efficiency analysis. Recent studies that measure environmental performance by considering undesirable outputs can be seen in Matsumoto et al. (2020), N. Zhang et al. (2015) and J. Zhang et al. (2016). The Malmquist Productivity Index (MPI) has been used to assess environmental performance over time, providing insights into countries' progress in environmental efficiency.

It is noteworthy that index-based methods are frequently used in studies evaluating energy and environmental performance. Indices contribute to the design of public policies through monitoring and evaluation (Stoutenborough & Vedlitz, 2014). They also have the advantage of greater ease of calculation and interpretation compared to other methods (Bericat, 2012). Examples of index-based methods: WWF Living Planet Index (2022); Climate Change Index (Baettig et al., 2007); Environmental and Resource Pressure Aggregated Index (García-Álvarez vd., 2016); Environmental Performance Assessment Composite Index-EPACI (García-Álvarez & Moreno, 2018). Composite indices are generally based either directly on different indicators or on sub-indices that address different dimensions of the concept to be measured. With these indicators, different decision units, such as countries, geographical regions or companies, score within a certain range or are aggregated and ranked using different analytical approaches, resulting in a simple summarization and easy interpretation.

An important issue with composite index construction is the comparability of data across units and over time, the non-substitutability of indicators, the simplicity, transparency and objectivity of the calculation, and the ease of interpretation of outputs (Tarantola, 2008; Mazziotta et al., 2014; M. Mazziotta & Pareto, 2013). On the other hand, the process of aggregation of an index composed of many indicators is still a controversial issue. The AMPI approach preferred in this study avoids the disadvantage of the simple arithmetic mean, which does not take into account variability, by adopting a non-compensatory approach across indicators and assigning a penalty value for unbalanced values of its indicators. If there is full substitutability between the indicators used in the calculation of the index, the low performance in one indicator can be compensated by high performance in the other in the additive methods used in integration (M. Mazziotta & Pareto, 2018; Munda & Nardo, 2011). This may bias the index value of the units. The fact that the AMPI

takes into account this criticism of previous indices and adopts a dynamic approach that reveals space-time change is an important reason why it is preferred in this study.

This study aims to contribute to the field of environmental sustainability by assessing the environmental performance of EU countries. Thus, countries can observe their current situation in terms of success or failure and determine a roadmap for themselves. Therefore, this study uses the Environmental Performance Index (EPI) dataset developed by Yale University, as in other environmental assessment studies by Gallego-Álvarez et al. (2014), Hsu & Zomer (2016), Moldan et al. (2012) and Rogge (2012). Performance indicators are grouped into several categories, including air quality, sanitation and drinking water, heavy metals, waste management, biodiversity and habitat, ecosystem services, fisheries, climate change, pollution emissions, agriculture, and water resources.

Summarizing a multidimensional and complex phenomenon into a single value is an analytically rigorous process that requires many assumptions, both theoretical and methodological (Saisana vd., 2005). The research uses the Adjusted Mazziotta-Pareto Index (AMPI), a method that allows environmental performance to be assessed both cross-sectionally and over time. This approach offers a comprehensive assessment of environmental performance, taking into account critical variables highlighted by academia and environmental organizations, taking into account long-term impacts.

The basic steps of the MPI (Mazziotta-Pareto Index) to be followed in such a process are summarized by M. Mazziotta & Pareto (2017) as (1) defining the concept to be measured, (2) selecting individual indicators, (3) normalizing the raw data set, (4) aggregating the normalized indicators and (5) validating the resulting index. To enable space-time comparisons, the Adjusted Mazziotta-Pareto Index (AMPI) is recommended (M. Mazziotta & Pareto, 2016). A variation of the MPI, the AMPI allows comparisons across units over time by assuming non-substitutable (or partially substitutable) indicators (M. Mazziotta & Pareto, 2016).

As a result, both the MPI and AMPI serve as valuable tools for summarizing multidimensional phenomena. While the MPI effectively accounts for both average and variability effects, the AMPI provides a framework for comparing units over time by considering non-substitutable indicators. Their application can provide valuable insights into complex events, supporting evidence-based decision-making.

To measure the environmental sustainability of European countries in 2019 and 2020, environmental sustainability, focusing on the protection of environmental health and ecosystem vitality, was assessed using 24 different indicators grouped into 10 categories. All indicators were considered essential to fully represent the desired concept of environmental sustainability and were assumed to be non-substitutable.

The application was realized using the "compind" package developed in R-Studio (version 2022.12.0) (Vidoli & Maintenanceer, 2023), which includes calculation codes for various indices. Once the data is prepared in the appropriate format, the results can be easily obtained using the code `ci_ampi(x, indic_col, gp, time, polarity, penalty = "NEG")`. Here *x* represents the raw dataset, *indic_col* the number of columns of indicators, *gp* the reference targets (calculated based on user-defined reference values), *time* the time variable, *polarity* the contribution of indicators to the desired concept (set to negative or positive) and *penalty* the direction of the desired concept (for example, to calculate the environmental performance index the penalty should be set to positive).

As a result of the study, it can be said that countries such as France, Germany, Denmark, Ireland, Austria and Sweden, which are mostly located in Northern Europe and relatively in the west, are successful in terms of environmental performance within the framework of the indicators considered. When the results are analyzed, it is seen that Lithuania is the country with the highest success from 2019 to 2020. Ranked 25th in 2019, Lithuania rose to 15th place in 2020. A similar rise is seen in Sweden, which rose from 11th to 4th place. Greece and Italy are among the countries that have weakened in terms of environmental performance. Both countries have fallen by 8 places.

The findings provide decision-makers with the opportunity to evaluate their performance and to see how their performance has changed over time. In addition, relatively unsuccessful countries will be able to guide their policies by taking successful countries as an example.