

CRITIC-CODAS Entegre Yaklaşımıyla G7 Ülkelerinin Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi

Assessment of Energy Consumption of G7 Countries with CRITIC-CODAS Integrated Approach

Hasan Emin GÜRLER^a

^a Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Kilis, Türkiye.
hasan.gurler@kilis.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
Anahtar Kelimeler: Enerji tüketimi G7 ülkeleri Çok kriterli karar verme CRITIC CODAS Gönderilme Tarihi 3 Şubat 2024 Revizyon Tarihi 22 Kasım 2024 Kabul Tarihi 30 Kasım 2024 Makale Kategorisi: Araştırma Makalesi	Amaç - Ülkelerin ve toplumların bağımsız ve etkin işleyişi için gereken en kıymetli stratejik kaynaklardan biri enerjidir. Uygarlıkların dinamik ilerleyişi, özellikle artan sanayileşmeyle birlikte ülkelerin ve toplumların enerjiye olan talepleri ve enerji tüketimleri sürekli artmıştır. Her sektörün ne kadar enerji tükettiğini bilmek, hükümetlerin kaynaklarını daha etkili bir şekilde dağıtmasına yardımcı olabilir. En fazla enerji tüketen sektörlerde, enerji verimliliğini ve sürdürülebilirliği teşvik eden altyapı, teknoloji ve politikalara yatırım yapmalarını sağlayarak öncelik vermek önemlidir. Bu çalışmada, CRITIC-CODAS entegre yaklaşımıyla G7 ülkelerini enerji tüketimlerine göre değerlendirmek ve ülkelerin enerji tüketimlerine neden olan sektörü belirlemek amaçlanmıştır. Yöntem - Ülkelerin enerji tüketimleri dokuz sektör odağında analiz edilmiş, kriter ağırlıkları CRITIC tekniği ile belirlenirken ülkeler enerji tüketimlerine göre CODAS yöntemiyle sıralanmıştır. Ayrıca, sıralama sonuçlarının tutarlılığını test etmek amacıyla CODAS tekniğinin sonuçları EDAS, SAW, MABAC ve TOPSIS yöntemlerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bulgular - Sonuçlar, ağırlığı en yüksek olan endüstrinin %34,9 ile temel metal sanayi olduğunu buna karşılık, imalat sanayinin enerji tüketimi açısından en düşük ağırlığa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, CODAS yöntemi sonuçları İngiltere'nin G7 ülkeleri arasında en düşük enerji tüketimini gerçekleştirdiğini, ABD'nin ise en yüksek enerji kullanımına sahip olduğunu göstermektedir. Tartışma - Sektöre özgü değerlendirmeler, ülke düzeyindeki sıralamalarla birleştğinde, politika yapıcılara ve paydaşlara sürdürülebilir enerji kullanımı için hedeflenen stratejileri formüle etmeleri için değerli bilgiler sağlamaktadır.
ARTICLE INFO	ABSTRACT
Keywords: Energy consumption G7 countries Multi-criteria decision making CRITIC CODAS Received 3 February 2024 Revised 22 November 2024 Accepted 30 November 2024 Article Classification: Research Article	Purpose - Energy is one of the most valuable strategic resources required for the independent and effective functioning of countries and societies. With the dynamic progress of civilizations, especially with increasing industrialization, the demand for energy and energy consumption of countries and societies have continuously increased. Knowing how much energy each sector consumes can help governments allocate resources more effectively. It is important to prioritize the most energy-consuming sectors by ensuring that they invest in infrastructure, technology and policies that promote energy efficiency and sustainability. In this study, CRITIC-CODAS integrated approach is used to evaluate G7 countries according to their energy consumption and to identify the sector that causes their energy consumption. Design/methodology/approach - The energy consumption of the countries was analyzed in nine sectors, the criteria weights were determined by CRITIC technique and the countries were ranked according to their energy consumption by CODAS method. In addition, the results of the CODAS technique were compared with the results of EDAS, SAW, MABAC and TOPSIS methods to test the consistency of the ranking results. Findings - The results reveal that the industry with the highest weight is the basic metal industry with 34.9%, whereas the manufacturing industry has the lowest weight in terms of energy consumption. However, the CODAS method results show that the UK has the lowest energy consumption among the G7 countries, while the US has the highest energy use. Discussion - Sector-specific assessments, combined with country-level rankings, provide valuable information for policy makers and stakeholders to formulate targeted strategies for sustainable energy use.

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Gürler, H. E., (2024). CRITIC-CODAS Entegre Yaklaşımıyla G7 Ülkelerinin Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi, İşletme Araştırmaları Dergisi, 16 (4), 2147-2161.

1. GİRİŞ

Enerji, ülkelerin ve toplumların bağımsız ve verimli işleyişı için en kritik stratejik kaynaklardan biridir (Brodny ve Tutak, 2023a: 1). Uygarlıkların dinamik gelişimi ve artan sanayileşme, enerjiye olan talebin sürekli ve büyük ölçekte artmasına yol açmıştır. 19. ve 20. yüzyıllarda, bu ihtiyaçlar çoğunlukla konvansiyonel (yenilenemeyen) enerji kaynaklarıyla karşılanırken (Brodny ve Tutak, 2023b: 1), günümüzde bu yaklaşıma dayalı enerji üretimi, önemli küresel sorunlara neden olmaktadır. Aşırı fosil yakıt bağımlılığı, kaynak israfı ve verimsizlikler gibi faktörler, hem kaynakların tükenmesine hem de çevresel bozulmalara yol açmaktadır (Yang vd., 2024: 1). Fosil yakıt bağımlılığı, refah üzerinde karmaşık ve çok boyutlu etkilere sahiptir. Fosil yakıtların çıkarılması ve yakılması  evre kirliliğine yol açarken, enerji endüstrisinin orantısız siyasi ve ekonomik gücü, düzenlemelerin zayıflamasına neden olmaktadır. Bu durum, çevrenin ve insan sağığının korunmasını zorlaştırmaktadır (Thombs, 2022: 3). Bununla birlikte, fosil yakıt üretimine bağımlılık, kamu bilinci, risk algısı ve iklim değışikliğinin insan kaynaklı olduğına dair görüşleri önemli  l de etkilerken, tüketim bağımlılığı bu faktörler üzerinde etkili değıldir. Bu,  retim bağımlılığının ekonomik çıkarlar yoluyla kamu anlayışını şekillendirdiğini göstermektedir (Knight, 2018: 295).

Küresel zorlukların üstesinden gelme noktasında ülkelerin benimsedikleri politikalar büyük önem arz etmektedir. Bu durum, Asya'nın yenilenebilir enerji politikalarını g lendirmeye  abaları, AB'nin uyumlaştırılmış biyoenerji standartları arayışı ve tutarlı yönetişim sistemleri için yapılan küresel çağrılar ile açıkça görülmektedir (Elkhatat ve Al-Muhtaseb, 2024: 9). Ayrıca, etkili enerji politikaları ülkelerin artan enerji talebini karşılamasını sağılayacaktır. Bu nedenle ülkeler, enerji açığı sorununu çözmek amacıyla yenilenebilir enerji üretimini geliştirmesini teşvik etmek için uluslararası kuruluşların desteğıyle çaba sarf etmekte ve stratejiler oluşturmaktadır (Fatima vd., 2021: 51718). Bu kapsamda, Avrupa Birliğı'nin 2050 yılına kadar karbon-nötr bir kıta olma hedefi ve Paris Anlaşması'nın küresel ısınmayı 1,5 C ile sınırlandırma taahhüdü, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Gribiss vd., 2023: 1). Küresel enerji tüketiminin hızla artması, enerji krizlerinin daha da derinleşmesine neden olmaktadır. ABD Enerji Bilgi İdaresi'ne göre, 2050 yılına kadar enerji talebi 2018 yılına kıyasla %50 oranında artacaktır. Bu durum, ülkeleri artan taleple başa çıkabilmek için hızlı ve etkili çözümler üretmeye zorlamaktadır (Brodny ve Tutak, 2023b: 2). Bu bağlamda, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler arasında yenilenebilir enerji talebinin belirleyicilerini analiz etmek önemlidir çünkü her ülkenin yenilenebilir enerji ve iklim değışikliği politikalarında farklı bir ekonomik yapısı ve siyasi yönü vardır (Zhao vd., 2023: 2).

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında, "Sürdürülebilir Şehirler ve Toplumlar" yaratma hedefi doğırtusunda, küresel enerji tüketiminin azaltılması vurgulanmıştır (Balali vd., 2023: 1). Bununla birlikte, pek çok ülke, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmek amacıyla çeşitli mali ve yapısal destekler sağılamaktadır. Vergi kredileri, sübvansiyonlar ve yenilenebilir enerji programlarına yönelik teşvikler bu girişimlerin bir parçasıdır (Shahbaz vd., 2020: 5). Diğ r yandan,  evre politikalarındaki değışiklikleri ölçmek için yeni bir gösterge olarak kullanılan İklim Politikası Belirsizliğı, yenilenemeyen (geleneksel) enerji talebini azaltırken, uzun vadede yenilenebilir enerji talebini artırıcı bir etki göstermektedir (Shang vd., 2022: 657). Yenilenebilir enerjiler birçok ülkede geleneksel enerji kaynaklarıyla büyük  l de rekabet edebilir durumdadır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa  lkelerinin yanı sıra Afrika, Latin Amerika ve Asya  lkelerinde de yenilenebilir enerji programları ortaya  kmıştır (Shahbaz vd., 2020: 5). Avrupa  lkeleri arasında enerji tüketimine ilişkin farklılıklar olduğı anlaşılmakta ve bu farklılıkların sanayileşme düzeyi, turizm sektörü, yenilikçi teknolojiler ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranları gibi faktörlere bağılı olarak ortaya çıktığı görülmektedir (Baczkiwicz ve Kizielewicz, 2021: 1335). Bu bağlamda, enerji tüketimini optimize edecek stratejiler geliştirmek, enerji tasarrufu potansiyeli, yaşam döngüsü maliyeti ve kurulum süresi gibi çoklu kriterleri içeren karmaşık bir problem olarak öne çıkmaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri bu tür zorlukların üstesinden gelmek için etkili bir araç sunmaktadır (Balali vd., 2023: 2).

Enerji tüketimine ilişkin literatürde birçok araştırmaya bulunmakla birlikte, G7  lkelerinin enerji tüketim profilleri sektörel bazda yeterince analiz edilmemiştir ve bu durum enerji verimliliğini artırmaya yönelik politika geliştirmesini g leştirmektedir. Bu bağlamda, çalışmada CRITIC-CODAS entegre yaklaşımıyla G7 ülkelerini enerji tüketimlerine göre değılendirmek ve ülkelerin enerji tüketimlerine neden olan sektörü belirlemek amaçlanmıştır. Ülkelerin enerji tüketimleri dokuz sektör odağında analiz edilmiş, kriter ağırlıkları CRITIC tekniğı ile belirlenirken ülkeler enerji tüketimlerine göre CODAS yöntemiyle sıralanmıştır. Ayrıca,

sıralama sonuçlarının tutarlılığını test etmek amacıyla CODAS tekniğinin sonuçları EDAS, SAW, MABAC ve TOPSIS yöntemlerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji tüketimine ilişkin ilk kapsamlı ampirik çalışma 1973 yılında yapılmıştır ve o tarihten bu yana enerji tüketimini azaltmaya yönelik programlara ve konut özellikleri, cihaz sahipliği ve demografik özellikler de dahil olmak üzere tüketim seviyelerine ilişkin olası açıklamalara odaklanan birçok enerji konulu çalışma yapılmıştır (Wyatt, 2013: 541). Örneğin; García-Martín vd. (2019) enerji tüketimini tahmin etmek için makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımına ilişkin bir literatür derlemesi sunmuşlardır. Mihalakakou vd. (2002) konutlardaki enerji tüketimini araştırmışlardır. Popp (2001) yeni teknolojilerin enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Guerra-Santin ve Itard (2012) enerji performansı yönetmeliklerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sadorsky (2011) 1980-2007 yıllarını kapsayan dönemde sekiz Orta Doğu ülkesinde ticaretin enerji tüketimi üzerindeki etkisini panel eşbütünleşme veri tahmin teknikleri ile incelemiştir.

Soytas ve Sari (2006) G-7 ülkelerinde enerji tüketimindeki bir değişimin gelir üzerindeki etkisini ve bunun tersini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çok değişkenli eşbütünleşme, hata düzeltme modelleri ve genelleştirilmiş varyans ayrıştırıcıları kullanarak tüm ülkelerde enerji tüketimi ve gelir arasındaki Granger nedensellik ilişkisini ortaya çıkarmayı hedeflemişlerdir. Ratti vd. (2005) kentsel dokunun bina enerji tüketimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Pérez-Lombard vd. (2008) binalardaki enerji tüketimi ve özellikle HVAC sistemleri ile ilgili mevcut bilgileri analiz etmişlerdir. Sun (1998) ayrıştırma modelini kullanarak enerji tüketimi ve enerji yoğunluğundaki değişimleri analiz etmiştir. Yuan vd. (2010) Çin'deki enerji tüketimi ve enerji fiyatları arasındaki ilişkileri eşbütünleşme denklemleri, etki tepki fonksiyonları, granger nedensellik ve varyans ayrıştırması yardımıyla incelemişlerdir. Abdel-Khalek (1988) Mısır'da enerji tüketiminin fiyat ve gelir esnekliklerini tahmin etmiş ve enerji fiyatları arasındaki ilişkiyi de incelemiştir. Nesbakken (1999) enerji fiyatı değişkeninin enerji tüketimi üzerindeki etkilerini tahmin etmiş ve konut enerji tüketimindeki enerji fiyatı duyarlılığının yüksek gelirli hanhalkları için düşük gelirli hanhalklarına kıyasla daha yüksek olduğunu bulmuştur.

Asafu-Adjaye (2000) Hindistan, Endonezya, Filipinler ve Tayland için enerji tüketimi ve gelir arasındaki nedensel ilişkileri eşbütünleşme ve hata düzeltme modelleme tekniklerini kullanarak tahmin etmiş ve Tayland ve Filipinler'de enerji, gelir ve fiyatların karşılıklı olarak nedensel olduğunu bulmuştur. Cho vd. (2007) elektrik fiyatlarının Güney Kore sanayi sektörünün bazılarında elektrik tüketimini ciddi şekilde etkilediğini, ancak diğer yarısında etkilemediğini tespit etmişlerdir. Kasparian (2009) petrol fiyatının herhangi bir mal ve hizmet grubu üzerindeki etkisini değerlendirmek için dolaylı enerji tüketiminin katkısını dikkate alan yeni bir yöntem önermiştir. Sadorsky (2009) G7 ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketiminin ampirik bir modelini sunmuş ve petrol fiyatlarındaki artışların yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde küçük de olsa olumsuz bir etkisi olduğunu bulmuştur.

Literatürde ayrıca, enerji konulu araştırmalarda çok kriterli karar verme tekniklerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Örneğin; Fedajev vd. (2020) AB ülkeleri arasında enerji-iklim hedefleri de dahil olmak üzere Avrupa 2020 Stratejisi hedeflerinin uygulanma derecesini MULTIMOORA tekniğini ve Shannon entropi yöntemleriyle ölçmüşlerdir. Martins vd. (2017) yenilenebilir enerji teknolojilerinin değerlendirilmesi ve seçimi için bulanık AHP-TOPSIS modelini kullanmışlardır. Siksnelyte-Butkiene vd. (2021) Kuzey Avrupa ülkelerinde ısıtma sektörünün sürdürülebilirliğini TOPSIS yöntemiyle araştırmışlardır. Hajduk ve Jelonek (2021) kentsel enerji bağlamında akıllı şehirleri TOPSIS tekniğiyle karşılaştırmışlardır. Konstantinos vd. (2019) Doğu Makedonya ve Trakya bölgesinde rüzgar santrali kurulum yerlerini AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. Zheng ve Wang (2020) turistik tesislerdeki yenilenebilir enerji sistemi planlarını VIKOR yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Papapostolou vd. (2017) yenilenebilir enerji kaynakları hedeflerine ulaşmak için oluşturulan politika senaryolarını bulanık TOPSIS yaklaşımıyla incelemişlerdir.

Watróbski vd. (2016) AHP ve PROMETHEE tekniklerini entegre ederek yenilenebilir enerji kaynaklarının yeşil şehir sisteminin bir unsuru olarak kullanılmasına ilişkin karmaşık bir sorunu çözmeyi hedeflemişler ve rüzgar çiftliği kurulmasına yönelik bir fizibilite çalışması yapmışlardır. Andreopoulou vd. (2018) PROMETHEE II yöntemini kullanarak Yunanistan'da yenilenebilir enerjiyi teşvik eden 30 işletmeyi internetin benimsenmesini temsil eden 18 özelliğe göre analiz etmişlerdir. Ture vd. (2019) VIKOR ve TOPSIS tekniklerini kullanarak enerji

tüketimi, enerji verimliliği gibi birçok faktörü içeren kriter seti ile Euro 2020 stratejisini değerlendirmişlerdir. Yüksel vd. (2019) AB-15 için stratejik bir bakış sunmak amacıyla uluslararası enerji ticaretini DEMATEL ve TOPSIS teknikleriyle finansal açıdan analiz etmişlerdir. Ren ve Dong (2018) elektrik arzının sürdürülebilirliği ve güvenliğini bulanık AHP ve GRA tekniklerini entegre ederek değerlendirmişlerdir. Phillis vd. (2020) 43 Avrupa ülkesinin ulusal enerji sürdürülebilirliğini PROMETHEE yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Cucchiella vd. (2017) Avrupa ülkelerinin çevresel ve enerji performanslarını AHP tekniğini kullanarak karşılaştırmışlardır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, G7 ülkelerini enerji tüketimlerine göre değerlendirmek için CRITIC-CODAS entegre yaklaşımı kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları CRITIC tekniği ile belirlenirken alternatifler CODAS yöntemiyle sıralanmıştır. CODAS, iki çok kriterli karar verme tekniğinin (SAW ve WPM) güçlü yönlerinin entegre edilmesiyle geliştirilen bir yöntem (Akgün, 2022: 343) olduğundan bu çalışmada karar alternatiflerini değerlendirmek amacıyla tercih edilmiştir. Bu bölümde, CRITIC ve CODAS teknikleri anlatılmış ve her iki yöntemin uygulama aşamalarına değinilmiştir.

3.1. CRITIC Yöntemi

CRITIC yöntemi, Diakoulaki vd. (1995) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, karar verme probleminin yapısında bulunan zıtlığın ve çatışmanın yoğunluğunu içeren kriterlerin ağırlıklarının objektif değerlerini belirlemek için kullanılır. Kriterlerin zıtlığını belirlemek için, sütun başına varyantların standartlaştırılmış kriter değerlerinin standart sapmalarının yanı sıra tüm sütun çiftlerinin korelasyon katsayıları kullanılır (Puška vd., 2022: 5). CRITIC yöntemi, entropi yöntemi veya standart sapma yönteminden daha iyi bir objektif kriter belirleme yöntemidir. Kriterlerin değişkenliğinin büyüklüğünü göz önünde bulundururken kriterler arasındaki korelasyonu da dikkate alır, diğer bir ifadeyle sonuçlar sadece sayının büyüklüğüne göre değerlendirilmez, bilimsel ve kapsamlı bir değerlendirme sağlamak için verilerin nesnel özellikleri tam olarak kullanılır (Pan vd., 2021: 20–21). CRITIC yönteminin uygulama adımları şu şekildedir (Akgün, 2022):

Adım 1. Karar matrisi normalize edilir.

Fayda yönlü kriterler için Eşitlik (1) kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Maliyet yönlü kriterler için Eşitlik (2) kullanılır.

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Adım 2. İlişki katsayı matrisi oluşturulur.

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j) \cdot (r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \cdot \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad j, k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Adım 3. Kriterler arasındaki zıtlık yoğunluğunu ve çelişkileri içeren C_j değerleri hesaplanır.

$$C_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1}^n (1 - P_{jk}) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m-1}} \quad (5)$$

Eşitlik (5)'te yer alan σ_j değeri, j . kriterin standart sapma değeridir.

Adım 4. Kriterlerin ağırlıkları hesaplanır.

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^n c_k} \quad (6)$$

3.2. CODAS Yöntemi

CODAS yöntemi, Keshavarz Ghorabae vd. (2016) tarafından geliştirilen yeni çok kriterli karar verme araçlarından biridir. Bu yöntem, diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde dikkate alınmayan bir dizi özelliğe sahiptir. CODAS yönteminde, alternatifler değerlendirilirken iki temel ölçü kullanılır. Bunlardan

birincisi, iki nokta arasındaki en kısa uzaklığı dikkate alan Öklid uzaklığıdır. İkincisi ise birbirine dik olan doğru parçaları arasındaki mesafe toplamını baz alan Taksicab uzaklığıdır. Yönteme göre, negatif-ideal çözüme en uzak olan alternatif tercih edilir. Bu yöntemde, eğer iki alternatifin Öklid uzaklıkları eşit ise Taksicab mesafesi ikincil bir ölçü olarak kullanılır (Badi vd., 2018: 612). Yöntemin metodolojik adımları şu şekilde özetlenebilir (Keshavarz Ghorabae vd., 2016):

Adım 1. Karar matrisi (X) oluşturulur.

$$X = [x_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Burada x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) i . alternatife j . kriter üzerindeki performans değerini ifade eder.

Adım 2. Normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulur. Performans değerlerinin doğrusal normalizasyonu şu şekilde hesaplanır:

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{eğer } j \in N_b \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{eğer } j \in N_c \end{cases} \quad (8)$$

Burada N_b fayda yönlü, N_c ise maliyet yönlü kriteri temsil etmektedir.

Adım 3. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi hesaplanır.

$$r_{ij} = w_j n_{ij} \quad (9)$$

Burada w_j ($0 < w_j < 1$) j . kriterin ağırlığını gösterir ve $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ 'dir.

Adım 4. Negatif-ideal çözüm değerleri hesaplanır.

$$ns = [ns_j]_{1 \times m} \quad (10)$$

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (11)$$

Adım 5. Alternatiflerin negatif-ideal çözüme göre Öklid ve Taksicab uzaklıkları hesaplanır.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (12)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j| \quad (13)$$

Adım 6. Göreceli değerlendirme matrisi oluşturulur.

$$Ra = [h_{ik}]_{n \times n} \quad (14)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\Psi(E_i - E_k)(T_i - T_k)) \quad (15)$$

Burada $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ ve Ψ iki alternatifin Öklid uzaklıklarının eşitliğini tanımlayan bir eşik fonksiyonunu ifade eder ve aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\Psi(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } |x| \geq \tau \\ 0 & \text{eğer } |x| < \tau \end{cases} \quad (16)$$

Bu fonksiyonda, τ karar verici tarafından belirlenebilen eşik parametresidir. Bu parametrenin 0,01 ile 0,05 arasında bir değer alması önerilmektedir. İki alternatifin Öklid uzaklıkları arasındaki fark τ 'dan küçükse, bu iki alternatif Taksicab uzaklığına bakılarak karşılaştırılır.

Adım 7. Her bir alternatifin değerlendirme puanı hesaplanır.

$$H_i = \sum_{k=1}^n h_{ik} \quad (17)$$

H_i değeri en yüksek olan alternatif, en uygun seçenektir.

4. ANALİZ VE YORUM

Çalışmada, G7 ülkelerini toplam enerji tüketimlerine göre sıralamak ve bu ülkelerin toplam tüketimlerine etki eden en önemli endüstriyi belirlemek hedeflenmiştir. G7 ülkelerinin enerji tüketiminin incelenmesi, bu

ülkelerin ekonomik önemi, politika etkileri, çevresel etkileri, teknolojik yenilikleri, enerji güvenliği hususları ve küresel enerji dönüşümündeki rolleri nedeniyle önemlidir. G7 ülkeleri, ekonomik güçleri ve enerji tüketimindeki etkileriyle küresel enerji politikaları ve çevresel sürdürülebilirlikte belirleyici bir rol oynar. Teknolojik inovasyon ve Ar-Ge'deki liderlikleri, sürdürülebilir çözümler geliştirerek çevre dostu uygulamaları teşvik eder. Ayrıca, küresel diplomasi ve ekonomik ilişkilerdeki etkileriyle çevre politikalarını uluslararası düzeyde yönlendirebilirler (Degirmenci vd., 2024: 4). Bu analiz, enerji konusundaki güçlükleri ele almak ve daha sürdürülebilir ve güvenli bir enerji geleceğini teşvik etmek için gösterilen çabalara rehberlik edebilir. Bu kapsamda, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yayımlanan 2021 yılına ait toplam enerji tüketim verileri kullanılmıştır. Araştırmada, dokuz karar kriteri (endüstri) dikkate alınmıştır. Tablo 1'de bu alternatifler ve kriterler gösterilmiştir.

Tablo 1. Alternatifler ve Kriterler

Kod	Alternatif/Ülke	Kod	Kriter/Endüstri	Max/min
A1	Kanada	C1	Hizmet endüstrisi	Min
A2	Fransa	C2	İmalat endüstrisi	Min
A3	Almanya	C3	Kağıt hamuru ve matbaacılık	Min
A4	İtalya	C4	Kimyasallar ve kimyasal ürünler	Min
A5	Japonya	C5	Metal olmayan mineraller	Min
A6	İngiltere	C6	Temel metaller	Min
A7	ABD	C7	Tarım, ormancılık, balıkçılık	Min
		C8	Madencilik	Min
		C9	İnşaat	Min

Ülkelerin toplam enerji tüketimleri analiz edildiği için tüm kriterler maliyet yönündür. Dolayısıyla, elde edilen sıralama sonuçları enerji tüketimi en az olan ülkeden en fazla olan ülkeye doğru olmaktadır. Ayrıca ülkelerin, her bir endüstri özelinde toplam enerji tüketimlerini gösteren başlangıç karar matrisi Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Karar Matrisi

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kanada	1135,78	1861,36	425,91	253,88	102,09	467,16	300,02	1389,86	92,63
Fransa	898,59	1224,53	97,53	253,31	158,66	301,34	191,01	17,67	65,58
Almanya	1011,10	2573,21	225,60	606,66	285,66	688,92	150,74	24,48	102,65
İtalya	630,54	1078,11	124,28	160,60	187,06	225,88	130,48	13,68	37,71
Japonya	1673,17	4107,90	344,14	793,85	331,14	1792,52	200,48	16,58	86,10
İngiltere	760,57	991,97	63,16	146,93	105,21	165,52	56,95	198,92	32,29
ABD	8731,26	10097,80	1951,93	2871,77	753,99	1323,31	805,25	2792,13	1162,94

Hizmet endüstrisi bakımından en az tüketim yapan ülke İtalya iken imalat sektörü açısından en az tüketim yapan ülke İngiltere'dir. Bununla birlikte, "kağıt hamuru ve matbaacılık", "kimyasallar ve kimyasal ürünler", "metal olmayan mineraller", "tarım, ormancılık, balıkçılık", "inşaat" ve "temel metaller" endüstrilerinde enerji tüketimi minimum olan ülke İngiltere'dir. Madencilik endüstrisinde ise enerji tüketimi en az olan ülke İtalya'dır.

4.1. CRITIC Yöntemi Sonuçları

Araştırmada kullanılan dokuz kriterin ağırlığı, CRITIC yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. Bu kapsamda öncelikle tüm kriterler maliyet yönlü olduğu için Eşitlik (2) kullanılarak başlangıç karar matrisi normalize edilmiştir. Tablo 3'te standardize edilmiş bu matris sunulmuştur.

Tablo 3. Normalize Karar Matrisi

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kanada	0,938	0,905	0,808	0,961	1,000	0,815	0,675	0,505	0,947
Fransa	0,967	0,974	0,982	0,961	0,913	0,917	0,821	0,999	0,971
Almanya	0,953	0,826	0,914	0,831	0,718	0,678	0,875	0,996	0,938
İtalya	1,000	0,991	0,968	0,995	0,870	0,963	0,902	1,000	0,995
Japonya	0,871	0,658	0,851	0,763	0,649	0,000	0,808	0,999	0,952
İngiltere	0,984	1,000	1,000	1,000	0,995	1,000	1,000	0,933	1,000
ABD	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,288	0,000	0,000	0,000

İkinci adımda, Eşitlik (3) kullanılarak ilişki katsayı matrisi elde edilmiştir. Tablo 4'te bu matris gösterilmiştir.

Tablo 4. İlişki Katsayı Matrisi

Kriter	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,000	0,971	0,990	0,986	0,946	0,531	0,967	0,885	0,996
C2	0,971	1,000	0,967	0,993	0,978	0,708	0,934	0,817	0,954
C3	0,990	0,967	1,000	0,974	0,926	0,533	0,985	0,928	0,988
C4	0,986	0,993	0,974	1,000	0,983	0,630	0,942	0,825	0,978
C5	0,946	0,978	0,926	0,983	1,000	0,682	0,884	0,721	0,936
C6	0,531	0,708	0,533	0,630	0,682	1,000	0,498	0,319	0,468
C7	0,967	0,934	0,985	0,942	0,884	0,498	1,000	0,941	0,967
C8	0,885	0,817	0,928	0,825	0,721	0,319	0,941	1,000	0,892
C9	0,996	0,954	0,988	0,978	0,936	0,468	0,967	0,892	1,000

Üçüncü aşamada, ilişki katsayı matrisinin her bir elemanı 1'den çıkarılmış ve Tablo 5'te sunulan 1-P_{jk} matrisi elde edilmiştir.

Tablo 5. 1-P_{jk} Matrisi

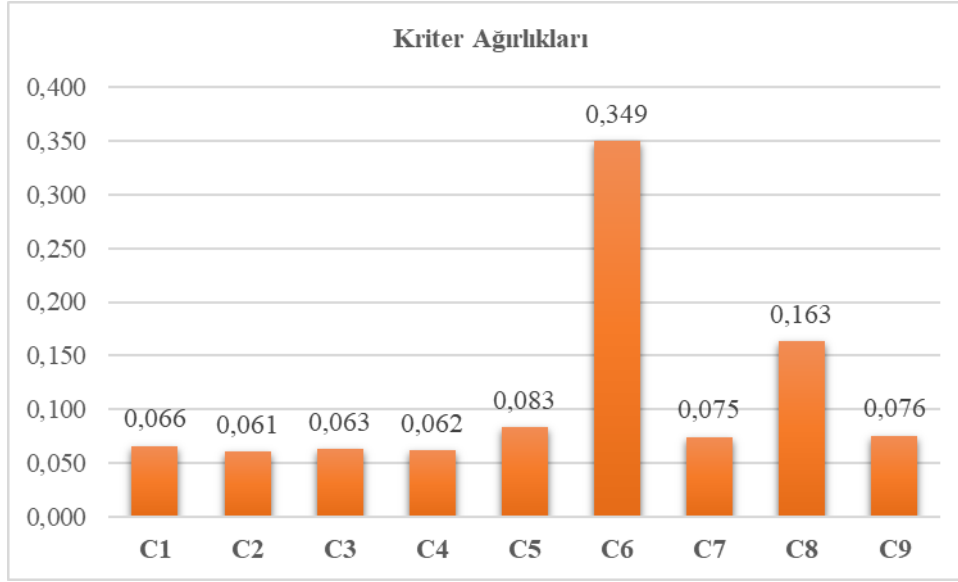
Kriter	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,000	0,029	0,010	0,014	0,054	0,469	0,033	0,115	0,004
C2	0,029	0,000	0,033	0,007	0,022	0,292	0,066	0,183	0,046
C3	0,010	0,033	0,000	0,026	0,074	0,467	0,015	0,072	0,012
C4	0,014	0,007	0,026	0,000	0,017	0,370	0,058	0,175	0,022
C5	0,054	0,022	0,074	0,017	0,000	0,318	0,116	0,279	0,064
C6	0,469	0,292	0,467	0,370	0,318	0,000	0,502	0,681	0,532
C7	0,033	0,066	0,015	0,058	0,116	0,502	0,000	0,059	0,033
C8	0,115	0,183	0,072	0,175	0,279	0,681	0,059	0,000	0,108
C9	0,004	0,046	0,012	0,022	0,064	0,532	0,033	0,108	0,000

Son adımda ise nihai kriter ağırlıklarını belirlemek amacıyla ilk olarak Eşitlik (5) yardımıyla normalize karar matrisindeki her bir kriterin standart sapma değerleri, daha sonra Eşitlik (4) kullanılarak C_j değerleri ve son olarak Eşitlik (6) ile her bir kriterin ağırlığı hesaplanmıştır.

Tablo 6. Nihai Ağırlık Değerleri

Değer	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
σ_j	0,362	0,358	0,355	0,358	0,350	0,381	0,335	0,387	0,366
C_j	0,263	0,243	0,251	0,247	0,330	1,384	0,296	0,647	0,301
w_j	0,066	0,061	0,063	0,062	0,083	0,349	0,075	0,163	0,076

CRITIC yönteminin sonuçlarına göre enerji tüketimi bakımından ağırlığı en yüksek olan endüstri temel metaller endüstrisi (%34,9) iken ağırlığı en düşük olan imalat endüstrisidir. Şekil 1'de tüm kriterlerin ağırlıkları görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Kriter Ağırlıkları

4.2. CODAS Yöntemi Sonuçları

Kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra ülkeleri enerji tüketimlerine göre değerlendirmek amacıyla CODAS yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak, Eşitlik (8) yardımıyla karar matrisi, standardize edilmiş ve Tablo 7’de sunulan normalize performans matrisi elde edilmiştir.

Tablo 7. Normalize Performans Matrisi

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kanada	0,555	0,533	0,148	0,579	1,000	0,354	0,190	0,010	0,349
Fransa	0,702	0,810	0,648	0,580	0,643	0,549	0,298	0,774	0,492
Almanya	0,624	0,385	0,280	0,242	0,357	0,240	0,378	0,559	0,315
İtalya	1,000	0,920	0,508	0,915	0,546	0,733	0,436	1,000	0,856
Japonya	0,377	0,241	0,184	0,185	0,308	0,092	0,284	0,825	0,375
İngiltere	0,829	1,000	1,000	1,000	0,970	1,000	1,000	0,069	1,000
ABD	0,072	0,098	0,032	0,051	0,135	0,125	0,071	0,005	0,028

İkinci aşamada, CRITIC tekniği ile hesaplanan kriter ağırlıkları ile normalize performans matrisinin elemanları çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş performans matrisi oluşturulmuştur. Ayrıca, Eşitlik (11) kullanılarak negatif ideal çözüm kümesi elde edilmiştir. Tablo 8’de hem ağırlıklı normalize performans matrisi ve her bir kriterle ilişkin negatif ideal çözüm değerleri sunulmuştur.

Tablo 8. Ağırlıklı Normalize Performans Matrisi ve Negatif İdeal Çözüm (NİÇ)

Ülke	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kanada	0,037	0,033	0,009	0,036	0,083	0,124	0,014	0,002	0,026
Fransa	0,047	0,050	0,041	0,036	0,054	0,192	0,022	0,126	0,037
Almanya	0,041	0,024	0,018	0,015	0,030	0,084	0,028	0,091	0,024
İtalya	0,066	0,056	0,032	0,057	0,045	0,256	0,033	0,163	0,065
Japonya	0,025	0,015	0,012	0,012	0,026	0,032	0,021	0,135	0,028
İngiltere	0,055	0,061	0,063	0,062	0,081	0,349	0,075	0,011	0,076
ABD	0,005	0,006	0,002	0,003	0,011	0,044	0,005	0,001	0,002
NİÇ	0,005	0,006	0,002	0,003	0,011	0,032	0,005	0,001	0,002

Üçüncü adımda, Eşitlik (12) ve (13) kullanılarak her bir alternatifi Öklid (E_i) ve Taksicab (T_i) uzaklık değerleri hesaplanmıştır. Tablo 9’da söz konusu uzaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 9. Negatif İdeal Çözümüne Göre Uzaklık Değerleri

Ülke	E_i	T_i
Kanada	0,131	0,297
Fransa	0,225	0,537
Almanya	0,119	0,287
İtalya	0,304	0,707
Japonya	0,141	0,238
İngiltere	0,358	0,766
ABD	0,011	0,011

Son adımda, öncelikle Eşitlik (14) ve (15) kullanılarak göreceli değerlendirme matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra ise Eşitlik (17) yardımıyla alternatiflerin değerlendirme skorları hesaplanmıştır. Bu nihai skorlara (H_i) göre alternatifler sıralanmıştır. Tablo 10'da göreceli değerlendirme matrisi, değerlendirme skorları ve alternatiflerin sırası verilmiştir.

Tablo 10. Göreceli Değerlendirme Matrisi, Alternatiflerin Puanları ve Sıralaması

Ülke	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	H_i	Sıra
Kanada	0,000	-0,072	0,012	-0,102	-0,010	-0,121	0,153	-0,140	5
Fransa	0,117	0,000	0,133	-0,065	0,110	-0,103	0,327	0,519	3
Almanya	-0,011	-0,080	0,000	-0,107	-0,022	-0,125	0,138	-0,207	6
İtalya	0,244	0,092	0,262	0,000	0,240	-0,051	0,496	1,284	2
Japonya	0,010	-0,059	0,020	-0,087	0,000	-0,103	0,158	-0,061	4
İngiltere	0,335	0,163	0,354	0,058	0,333	0,000	0,609	1,852	1
ABD	-0,085	-0,101	-0,078	-0,089	-0,100	-0,085	0,000	-0,539	7

Sonuçlara göre, enerji tüketimi minimum olan ülke İngiltere'dir. Bu ülkeyi sırasıyla İtalya, Fransa, Japonya, Kanada, Almanya izlemektedir. Enerji tüketimi en fazla olan ülke ise ABD'dir.

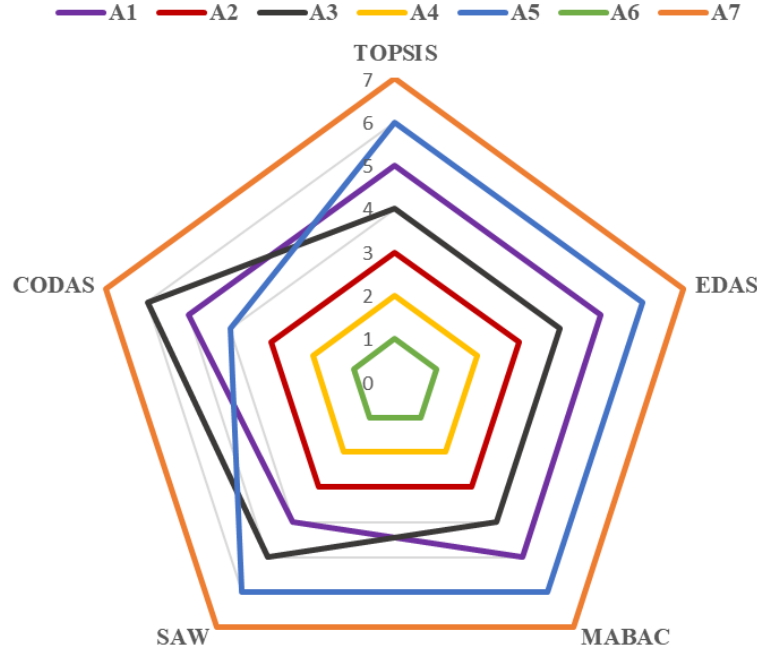
4.3. Yöntemin Doğrulanması

Alternatiflere ilişkin nihai kararı vermek için önerilen modelin güvenilir sonuçlar sunup sunmadığını test etmek önemlidir (Ecer, 2021: 10). Bu doğrultuda, mevcut çalışmada önerilen CRITIC-CODAS entegre modelin sıralama sonuçları EDAS, SAW, MABAC ve TOPSIS gibi diğer iyi bilinen çok kriterli karar verme teknikleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için bu yöntemlerin seçilmesinin temel nedenleri şunlardır: (1) kullanım kolaylığı, (2) basitlik, (3) gerçek dünya problemlerine uyum (Ecer, 2021: 10). Tablo 11'de diğer ÇKKV tekniklerinden elde edilen sıralama skorları verilmiştir.

Tablo 11. CODAS ve Diğer ÇKKV Tekniklerinin Sıralama Skorları

Alternatifler	TOPSIS	EDAS	MABAC	SAW	CODAS
Kanada	0,740	0,708	0,106	0,110	-0,140
Fransa	0,928	0,916	0,245	0,182	0,519
Almanya	0,763	0,748	0,124	0,107	-0,207
İtalya	0,959	0,962	0,270	0,233	1,284
Japonya	0,449	0,626	-0,146	0,092	-0,061
İngiltere	0,970	1,000	0,292	0,251	1,852
ABD	0,200	0,000	-0,595	0,024	-0,539

EDAS, SAW, MABAC ve TOPSIS tekniklerine göre alternatifler için yapılan sıralamalar, A6 alternatifinin minimum enerji tüketimi bakımından ilk sırada yer aldığını, A7 alternatifinin ise tüm teknikler açısından son sırada yer aldığını göstermektedir. Dolayısıyla, elde edilen sıralamanın geçerli ve güvenilir olduğu çıkarımını yapmak mümkündür. Farklı teknikler için karşılaştırmalı sıralama sonuçları Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. CODAS ve Diğer ÇKKV Tekniklerinin Karşılaştırılması

Karşılaştırılan bazı teknikler açısından bazı sıralamalar aynı olmadığından, CODAS yöntemi ve diğer çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak elde edilen sıralamalar arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Spearman sıra korelasyon testi yapılmış (Sivalingam vd., 2022) ve sonuçlar Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Spearman Sıra Korelasyon Katsayıları

Yöntem	TOPSIS	EDAS	MABAC	SAW	CODAS
TOPSIS	1,000	-	-	-	-
EDAS	1,000	1,000	-	-	-
MABAC	1,000	1,000	1,000	-	-
SAW	0,964	0,964	0,964	1,000	-
CODAS	0,857	0,857	0,857	0,893	1,000

Sıralama korelasyonu sonuçları, karşılaştırılan çok kriterli karar verme yaklaşımları için sıralamaların önemli bir istatistiksel korelasyona sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Tüm korelasyon katsayıları 0,85’ten büyüktür ve bu sonuç sıralamalar arasındaki çok güçlü tutarlılığı ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2021 yılı için Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerini kullanarak G7 ülkelerinin enerji tüketimini değerlendirmek için CRITIC-CODAS entegre yaklaşımı kullanılmıştır. CRITIC-CODAS değerlendirme modeli, kriter ağırlıklarının belirlenmesi için CRITIC yöntemini ve alternatiflerin sıralanması için CODAS yöntemini birleştirmektedir. Bu entegre yaklaşım, dokuz karar kriterini (sektör) dikkate alarak ülkelerin toplam enerji tüketimine ilişkin kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. CRITIC yönteminden elde edilen sonuçlar, temel metal sanayinin %34,9’luk bir ağırlıkla enerji tüketimine neden olan en önemli sektör olduğunu ortaya koymuştur. Bunun bir nedeni olarak, metal işlemede kullanılan makine ve ekipmanlar genellikle büyük ve enerji yoğunudur. Ayrıca, birçok metal çıkarma ve rafine etme işlemi yüksek sıcaklıklı işlemler içerir. Örneğin; metalleri çıkarmak için cevherleri eritmek genellikle yoğun ısı gerektirir. Bu yüksek sıcaklıkları elde etmek ve korumak için gereken enerji, genel enerji tüketimine katkıda bulunur. Diğer yandan, CRITIC tekniğine göre imalat sanayi en düşük ağırlığa sahip sektördür. Bu bulgular, enerji politikaları oluşturulurken sektöre ilişkin niceliklerin anlaşılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Bireysel ülke performansının analizi, İngiltere’nin enerji tüketiminin en düşük olduğunu, Amerika Birleşik Devletleri’nin ise enerji tüketimi açısından en üst sırada yer aldığını ortaya koymuştur. Bunun temel birkaç nedeni olabilir. Bunlardan birincisi, İngiltere, ABD’ye kıyasla daha yüksek bir nüfus yoğunluğuna sahiptir. Daha yüksek nüfus yoğunluğu, daha küçük yaşam alanları, daha fazla toplu taşıma kullanımı ve ortak altyapı

gibi faktörler nedeniyle genellikle daha fazla enerji kullanımına yol açar. İkinci olarak, İngiltere rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına önemli yatırımlar yapmıştır. Bu kaynaklar enerji karışımına katkıda bulunmakta ve ABD enerji arzında daha yaygın olan fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaktadır. Üçüncü olarak, iki ülkenin endüstriyel bileşimi farklıdır; ABD, imalat ve madencilik gibi enerji yoğun endüstriler de dahil olmak üzere daha büyük bir sanayi sektörüne sahiptir. Bu durum, ABD'de genel enerji tüketiminin daha yüksek olmasına neden olabilir. Wang vd. (2020)'ne göre, dünyanın en büyük gelişmiş ülkesi ve küresel olarak dünyanın en büyük ikinci enerji tüketicisi olan ABD, küresel toplam enerji tüketiminin %17'sini gerçekleştirmektedir. Lahiani vd. (2021)'ne göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde enerji üretiminin yaklaşık %12'si yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanmaktadır ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yıllık enerji tüketimi 1885 öncesinden bu yana ilk kez kömür tüketimini aşmıştır ve 2019 yılında yenilenebilir enerji tüketimi 2000 yılına göre yaklaşık üç kat daha fazladır. Bununla birlikte, Wyatt (2013)'a göre İngiltere Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nı enerji kullanımındaki eğilimleri anlamak, bunların itici güçlerini belirlemek ve farklı politika kaldıraçlarının başarısını değerlendirmektedir. Bu sayede, enerji tedarikçileri için hangi sektörlerde ve neden enerji kullanımının arttığını daha doğru bir şekilde belirleyebilmeyi hedeflemektedir.

Çalışmanın önemli bir yönü, CRITIC-CODAS entegre modelinin sonuçlarının, EDAS, SAW, MABAC ve TOPSIS gibi diğer çok kriterli karar verme tekniklerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmasını içermesidir. Bu karşılaştırmalı analiz, bulguların güvenilirliğini doğrulamaya ve artırmaya imkan vermiştir. EDAS, SAW, MABAC ve TOPSIS'ten elde edilen sıralamalar, A6 alternatifini tüm tekniklerde minimum enerji tüketimi açısından tutarlı bir şekilde en önde gelen alternatif olarak belirlemiştir. Buna karşılık, A7 alternatifi sıralamalarda sürekli olarak son sırada yer almıştır. Sonuçlardaki bu tutarlılık, CRITIC-CODAS entegre modelinin sağlamlığına ve güvenilirliğine olan güveni güçlendirmektedir. Önerilen entegre yaklaşımın yaygın olarak kabul gören diğer yöntemlerle karşılaştırılarak doğrulanması, bulguların güvenilirliğine katkıda bulunmakta ve CRITIC-CODAS entegre modelinin G7 ülkeleri bağlamında enerji tüketimini değerlendirmek için uygunluğunu ortaya koymaktadır. Farklı metodolojiler arasında yakınsayan sonuçlar, alternatiflerin enerji tüketim profillerine göre sıralanması konusunda bir fikir birliği olduğunu göstererek sonuçların sağlamlığını doğrulamaktadır.

Sonuç olarak, CRITIC-CODAS entegre yaklaşımının G7 ülkeleri arasında enerji tüketimini değerlendirmek için kapsamlı ve etkili bir araç olduğunu ifade etmek mümkündür. Sektöre özgü değerlendirmeler, ülke düzeyindeki sıralamalarla birleştğinde, politika yapıcılara ve paydaşlara sürdürülebilir enerji kullanımı için hedeflenen stratejileri formüle etmeleri için değerli bilgiler sağlamaktadır. Diğer metodolojilerle karşılaştırılarak elde edilen tutarlı sonuçlar, bulguların geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmakta ve enerji tüketimi değerlendirmesi alanında karar alma süreçlerinin ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilir enerji kullanımı ve verimlilik iyileştirmelerine yönelik stratejilerin şekillendirilmesinde politika yapıcılar ve paydaşlar için değerli bilgiler sağlamaktadır.

Bu çalışma, G7 ülkelerindeki enerji tüketim kalıpları ve sektörel katkılar hakkında değerli bilgiler sunmakla birlikte araştırmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Veriler sadece 2021 yılına ait olup sonraki araştırmalarda belirli bir periyod incelenerek zamansal eğilimleri incelemek için boylamsal bir çalışma yürütülebilir. Kriter ağırlıkları CRITIC yöntemi ile belirlenmiştir. Entropi başta olmak üzere birden fazla kriter ağırlıklandırma tekniği birlikte kullanılarak daha objektif bir değerlendirme yapılabilir. Çalışmada sadece G7 ülkeleri incelenmiştir. Analizin G7'nin ötesindeki gelişmekte olan ekonomileri de kapsayacak şekilde genişletilmesi, küresel enerji dinamiklerine ilişkin içgörüler sunabilir ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki farklılıkları vurgulayabilir. Çalışmada sadece ülkelerin enerji tüketimlerine odaklanılmıştır. Enerji tüketimi değerlendirmelerinin yanı sıra çevresel etki değerlendirmelerinin de analiz edilmesi, sürdürülebilirlik sorunlarının bütüncül bir şekilde anlaşılmasını sağlayabilir ve iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik stratejiler hakkında bilgi verebilir. Son olarak, araştırmacılar yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji tasarruflu teknolojiler gibi teknolojik yeniliklerin enerji tüketim kalıplarının yeniden şekillendirilmesindeki ve sürdürülebilirlik çabalarının artırılmasındaki rolünü araştırabilirler.

KAYNAKÇA

- Abdel-Khalek, G. (1988). Income and price elasticities of energy consumption in Egypt A time-series analysis. *Energy Economics*, 10, 47–58.
- Akgün, A. (2022). BIST Enerji Şirketlerinin CRITIC ve CODAS Bütünleşik Yaklaşımı ile Finansal Açıdan Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 48, 338–356. <https://doi.org/10.52642/susbed.1111547>
- Andreopoulou, Z., Koliouska, C., Galariotis, E., & Zopounidis, C. (2018). Renewable energy sources: Using PROMETHEE II for ranking websites to support market opportunities. *Technological Forecasting and Social Change*, 131, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.007>
- Asafu-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics*, 22, 615–625.
- Baczekiewicz, A., & Kizielewicz, B. (2021). Towards sustainable energy consumption evaluation in Europe for industrial sector based on MCDA methods. *Procedia Computer Science*, 192, 1334–1346. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.137>
- Badi, I., Ballem, M., & Shetwan, A. (2018). Site selection of desalination plant in Libya by using Combinative Distance-Based Assessment (CODAS) method. *International Journal for Quality Research*, 12(3), 609–624. <https://doi.org/10.18421/IJQR12.03-04>
- Balali, A., Yunusa-Kaltungo, A., & Edwards, R. (2023). A systematic review of passive energy consumption optimisation strategy selection for buildings through multiple criteria decision-making techniques. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113013>
- Brodny, J., & Tutak, M. (2023b). Assessing the Energy and Climate Sustainability of European Union Member States: An MCDM-Based Approach. *Smart Cities*, 6(1), 339–367. <https://doi.org/10.3390/smartcities6010017>
- Brodny, J., & Tutak, M. (2023a). Assessing the energy security of European Union countries from two perspectives – A new integrated approach based on MCDM methods. *Applied Energy*, 347. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121443>
- Cho, Y., Lee, J., & Kim, T. Y. (2007). The impact of ICT investment and energy price on industrial electricity demand: Dynamic growth model approach. *Energy Policy*, 35(9), 4730–4738. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.030>
- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Gastaldi, M., Koh, S. L., & Rosa, P. (2017). A comparison of environmental and energetic performance of European countries: A sustainability index. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 401–413. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.077>
- Degirmenci, T., Sofuoglu, E., Aydin, M., & Adebayo, T. S. (2024). The role of energy intensity, green energy transition, and environmental policy stringency on environmental sustainability in G7 countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-13.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763–770.
- Ecer, F. (2021). A consolidated MCDM framework for performance assessment of battery electric vehicles based on ranking strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110916>
- Elkhatat, A., & Al-Muhtaseb, S. (2024). Climate Change and Energy Security: A Comparative Analysis of the Role of Energy Policies in Advancing Environmental Sustainability. *Energies*, 17(13), 3179.

- Fatima, N., Li, Y., Ahmad, M., Jabeen, G., & Li, X. (2021). Factors influencing renewable energy generation development: a way to environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51714-51732.
- Fedajev, A., Stanujkic, D., Karabašević, D., Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2020). Assessment of progress towards “Europe 2020” strategy targets by using the MULTIMOORA method and the Shannon Entropy Index. *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118895>
- García-Martín, E., Rodrigues, C. F., Riley, G., & Grahm, H. (2019). Estimation of energy consumption in machine learning. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 134, 75–88. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.07.007>
- Gribiss, H., Aghelinejad, M. M., & Yalaoui, F. (2023). Configuration Selection for Renewable Energy Community Using MCDM Methods. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062632>
- Guerra-Santin, O., & Itard, L. (2012). The effect of energy performance regulations on energy consumption. *Energy Efficiency*, 5(3), 269–282. <https://doi.org/10.1007/s12053-012-9147-9>
- Hajduk, S., & Jelonek, D. (2021). A decision-making approach based on topsis method for ranking smart cities in the context of urban energy. *Energies*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/en14092691>
- Kasparian, J. (2009). Contribution of crude oil price to households’ budget: The weight of indirect energy use. *Energy Policy*, 37(1), 111–114. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.015>
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2016). A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 50(3), 25–44.
- Knight, K. W. (2018). Does fossil fuel dependence influence public awareness and perception of climate change? A cross-national investigation. *International Journal of Sociology*, 48(4), 295-313.
- Konstantinos, I., Georgios, T., & Garyfalos, A. (2019). A Decision Support System methodology for selecting wind farm installation locations using AHP and TOPSIS: Case study in Eastern Macedonia and Thrace region, Greece. *Energy Policy*, 132, 232–246. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.020>
- Lahiani, A., Mefteh-Wali, S., Shahbaz, M., & Vo, X. V. (2021). Does financial development influence renewable energy consumption to achieve carbon neutrality in the USA? *Energy Policy*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112524>
- Martins, G. de A., de Almeida, M. F. L., & Calili, R. F. (2017). A fuzzy ahp-topsis model for the assessment and selection of renewable energy technologies. In N. Delener & C. Schweikert (Eds.), *Global Business and Technology Association* (pp. 470–484).
- Mihalakakou, G., Santamouris, M., & Tsangrassoulis, A. (2002). On the energy consumption in residential buildings. *Energy and Buildings*, 34, 727–736.
- Nesbakken, R. (1999). Price sensitivity of residential energy consumption in Norway. *Energy Economics*, 21, 493–515.
- Pan, B., Liu, S., Xie, Z., Shao, Y., Li, X., & Ge, R. (2021). Evaluating operational features of three unconventional intersections under heavy traffic based on critic method. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/su13084098>
- Papapostolou, A., Karakosta, C., & Doukas, H. (2017). Analysis of policy scenarios for achieving renewable energy sources targets. *Environment*, 28(2), 88–109. <https://doi.org/10.2307/90006786>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>

- Phillis, A., Grigoroudis, E., & Kouikoglou, V. S. (2020). Assessing national energy sustainability using multiple criteria decision analysis. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 18–35. <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1780646>
- Popp, D. C. (2001). The effect of new technology on energy consumption. *Resource and Energy Economics*, 23.
- Puška, A., Nedeljković, M., Prodanović, R., Vladislavljević, R., & Suzić, R. (2022). Market Assessment of Pear Varieties in Serbia Using Fuzzy CRADIS and CRITIC Methods. *Agriculture (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture12020139>
- Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings*, 37(7), 762–776. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.10.010>
- Ren, J., & Dong, L. (2018). Evaluation of electricity supply sustainability and security: Multi-criteria decision analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 172, 438–453. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.167>
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. *Energy Economics*, 31(3), 456–462. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.12.010>
- Sadorsky, P. (2011). Trade and energy consumption in the Middle East. *Energy Economics*, 33(5), 739–749. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.12.012>
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Chittedi, K. R., Jiao, Z., & Vo, X. V. (2020). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from the renewable energy country attractive index. *Energy*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118162>
- Shang, Y., Han, D., Gozgor, G., Mahalik, M. K., & Sahoo, B. K. (2022). The impact of climate policy uncertainty on renewable and non-renewable energy demand in the United States. *Renewable Energy*, 197, 654–667.
- Siksnyte-Butkiene, I., Streimikiene, D., & Balezentis, T. (2021). Multi-criteria analysis of heating sector sustainability in selected North European countries. *Sustainable Cities and Society*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102826>
- Sivalingam, V., Ganesh Kumar, P., Prabakaran, R., Sun, J., Velraj, R., & Kim, S. C. (2022). An automotive radiator with multi-walled carbon-based nanofluids: A study on heat transfer optimization using MCDM techniques. *Case Studies in Thermal Engineering*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101724>
- Soytas, U., & Sari, R. (2006). Energy consumption and income in G-7 countries. *Journal of Policy Modeling*, 28(7), 739–750. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2006.02.003>
- Sun, J. W. (1998). Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model. *Energy Economics*, 20, 85–100.
- Thombs, R. P. (2022). The asymmetric effects of fossil fuel dependency on the carbon intensity of well-being: A US state-level analysis, 1999–2017. *Global Environmental Change*, 77, 102605.
- Ture, H., Dogan, S., & Kocak, D. (2019). Assessing Euro 2020 Strategy Using Multi-criteria Decision Making Methods: VIKOR and TOPSIS. *Social Indicators Research*, 142(2), 645–665. <https://doi.org/10.1007/s11205-018-1938-8>
- Wang, Q., Jiang, X. ting, Yang, X., & Ge, S. (2020). Comparative analysis of drivers of energy consumption in China, the USA and India – A perspective from stratified heterogeneity. *Science of the Total Environment*, 698. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134117>
- Watróbski, J., Ziemia, P., Jankowski, J., & Ziolo, M. (2016). Green energy for a green city-A multi-perspective model approach. *Sustainability (Switzerland)*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/su8080702>
- Wyatt, P. (2013). A dwelling-level investigation into the physical and socio-economic drivers of domestic energy consumption in England. *Energy Policy*, 60, 540–549. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.037>

- Yang, Y., Zhang, C., Zhao, Q., & Zhang, Y. (2024). A sustainability evaluation framework for the urban energy Internet using the Fermatean fuzzy Aczel-Alsina hybrid MCDM method. *Expert Systems with Applications*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122115>
- Yuan, C., Liu, S., & Wu, J. (2010). The relationship among energy prices and energy consumption in China. *Energy Policy*, 38(1), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.006>
- Y ksel, S., Din er, H., & Meral, Y. (2019). Financial analysis of international energy trade: A strategic outlook for EU-15. *Energies*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/en12030431>
- Zhao, Z., Gozgor, G., Lau, M. C. K., Mahalik, M. K., Patel, G., & Khalfaoui, R. (2023). The impact of geopolitical risks on renewable energy demand in OECD countries. *Energy Economics*, 122, 106700.
- Zheng, G., & Wang, X. (2020). The comprehensive evaluation of renewable energy system schemes in tourist resorts based on VIKOR method. *Energy*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116676>