

TÜRKİYE VE AVRUPA BÖLGESİNDE EKO-VERİMLİLİK: DİNAMİK MEKÂNSAL PANEL VERİ YAKLAŞIMI

Mehmet Ali YÜCEL¹, M. Kenan TERZİOĞLU²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, Türkiye ve seçilmiş Avrupa ülkelerinin eko-verimlilik düzeylerinin belirlenmesinin yanı sıra makroekonomik değişkenlerle birlikte olan dönemsel (kısa-uzun) mekânsal etkileşiminin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Yöntem: Makale kapsamında, çalışma grubunda bulunan ülkelerin mekânsal ilişkileri gözetilerek eko-verimlilik düzeylerinin belirlenmesi amacıyla iki model kurgulanmaktadır. Makalede, statik panel veri modellerinin aksine dönemsel (kısa-uzun) olarak doğrudan ve dolaylı etkilere ait sonuçları göstererek daha kapsayıcı sonuçlar veren dinamik mekânsal panel veri yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular: Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz sonucunda, ülkelerin eko-verimlilik ve göstergeleri arasında uzun ve kısa dönem dolaylı-doğrudan olarak anlamlı bir mekânsal ilişki elde edilmektedir. Bu kapsamda, çalışma grubunda bulunan ülkelerin mekânsal ilişkilerini gözeterek çevre dostu teknolojilerin kullanılabilirlik seviyelerini artırması, çevresel inovasyon uygulamalarını artırması ve eko-verimlilik politikalarının kalkınma politikalarıyla birlikte ele alınmasının gerekliliği anlaşılmaktadır.

Özgünlük: Çalışma, ülke düzeyinde dinamik mekânsal ilişkilerinin gözetilerek eko-verimliliğinin belirlenmesi konusunda ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Çevresel Sürdürülebilirlik, Eko-Verimlilik, Dinamik Mekânsal Panel Veri.

JEL Kodları: C31, C33, Q01, Q50.

ECO-EFFICIENCY IN EUROPEAN REGIONS AND TÜRKİYE: DYNAMIC SPATIAL PANEL DATA APPROACH

ABSTRACT

Purpose: In this study, it is aimed to determine the eco-efficiency levels of Türkiye and selected European countries, as well as to reveal the periodic (short-long) spatial interaction with macroeconomic variables.

Methodology: Within the scope of the article, two models are constructed in order to determine the eco-efficiency levels by considering the spatial relations of the countries in the study group. In article, the dynamic spatial panel data method, which gives more inclusive results by showing the results of direct and indirect effects periodically (short-long) unlike the static panel data models, is used.

Findings: As a result of the analysis carried out within the scope of the study, a long and short-term indirect-directly significant spatial relationship is obtained between the eco-efficiency and indicators of the countries. In this context, it is understood that the countries in the study group should increase the usability levels of environmentally friendly technologies by considering their spatial relations, increase environmental innovation practices, and consider eco-efficiency policies together with development policies.

Originality: The study is the first to determine environmental efficiency by taking into account its dynamic spatial relations at the country level.

Keywords: Sustainable Development, Environmental Sustainability, Eco-Efficiency, Dynamic Spatial Panel Data.

JEL Codes: C31, C33, Q01, Q50.

¹ Doktora Öğrencisi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Bölümü, Edirne, Türkiye, maliyucell@gmail.com, 0000-0002-5474-3307 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*).

² Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Edirne, Türkiye, kenanterzioglu@trakya.edu.tr, 0000-0002-6053-830X.

1. GİRİŞ

Küreselleşme kavramı ilk olarak 1960 dönemi itibarıyla ortaya çıkarak, dünya genelindeki değişim-dönüşüm sürecinin bir sonucu olarak bilinmektedir. Küreselleşme, sırasıyla gelişmiş, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler arasında etkileşim sonucu yaşamın her noktasına dahil olması nedeniyle sosyal-kültürel yaşam biçimlerinin ve üretim-tüketim süreçlerinin tekipleşmesini sağlayarak, politik-ekonomik kararların alınma biçiminde değişiklikler yaşanmasına neden olmaktadır. Küreselleşme ile birlikte yapay çevre alanları artarken, doğal çevre alanları azalmaktadır. Toplumların, Sanayi Devrimi'ne kadar çevre ile olan etkileşimi çevrenin kendini yenileyebilme sınırları içinde yer almaktayken, endüstriyellemenin küreselleşmesiyle birlikte çevresel sorunlar artarak devam etmektedir. Kapitalizmin yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra tüm dünyaya hızla yayılması sonucu ekonomik/ticari ilişkiler ülke sınırlarını aşarak, sanayi üretiminin yaygınlaşması, teknolojilerin yeni kirleticiler ortaya çıkarması, ulaşım imkânlarının gelişmesi, kentleşmenin artması, kaynak kullanımının hızlanması, nüfus artışı, yoksulluk vb. gibi çevresel sorunlara neden olan gelişmeler, belirli bölgelerde sınırlı kalan çevresel bozulmayı küresel boyutlara taşımaktadır. Bunun sonucunda, iklim değişikliği, hava ve su kirliliği, küresel ısınma, sera etkisi, ozon tabakasındaki inceleme gibi çevresel sorunlar küresel düzeyde ilgi çekerek, uluslararası kuruluşların/organizasyonların gündemine gelmektedir. Brundtland Raporu'nda (1987), çevresel kaygıları dikkate alan, ekolojik denge ile ekonomik büyümeyi bir bütün olarak gören, kıt kaynakların etkin bir şekilde kullanımını sağlayan ve bugünkü ihtiyaçlar karşılanırken gelecekte ortaya çıkacak ihtiyaçların da karşılanabilmesini ifade eden sürdürülebilir kalkınma kavramı, üretim süreçlerinin yanı sıra tüketim modelleri ve tüketicilerin farkındalığını artırmaya yönelik politika uygulamalarını da kapsamakta ve insan-ekonomi-çevre olmak üzere birbirini destekleyen üç boyuttan oluşmaktadır. Ülke ekonomilerindeki sürdürülebilir kalkınma politikası, kurumsal altyapı, sermaye ve politika uyum eksikliği, çevre sorunları hakkında bilgi/tecrübe eksikliği, politika geliştirmede ve zaman-mekan-yöntem belirlemede yaşanan zorluklar, endüstriyel üretimin yüksek seviyelere çıkması, kamuoyunun katılımının sınırlı olması, politik uygulamalara karşı güvensizlik, kaynak ve uyum yetersizliği gibi sorunlardan ötürü, az gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde, fiziki-beşeri altyapı yetersizliğiyle birlikte, sürekli iktisadi büyüme sağlama isteği nedenlerinden kaynaklı olarak sekteye uğramaktadır.

Üretim yapısı/boyutu ve ekonomik büyüme sonucundaki tüketim düzeyi alışkanlıkları çevresel bozulmanın temelini oluşturmaktadır. Çevresel bozulmalar, iktisadi ve ekolojik sistemin düzensiz ilişkisi ve kıt kaynakların yüksek derecede kullanımı sonucunda ortaya çıkmaktadır. Günümüzde iktisadi politikalar sürekli büyüme isteği ile oluşturulmakta ve gelirin adil bir şekilde dağıtımı konusunda bir öneride bulunmamaktadır. Refah düzeyi artan ülkelerde temiz teknoloji kullanımı, tüketicilerin çevresel duyarlılıkları ve çevreye ilişkin yasal düzenlemelerin sayısında/yaptırımlarında artış yaşanırken, gelişmekte olan ülkelerdeki bazı sektörlerde üretim/ihracat seviyesi artarak çevresel bozulmaya neden olmaktadır. Diğer taraftan, ekonomiler tarafından bir maliyet unsuru olarak görülen çevresel tabanlı yatırımlar ile çevresel yatırım yapmamanın neden olduğu risk ortadan kaldırılmakta ve uzun vadede avantaj sağlanmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilirlik açısından kalkınmanın sağlanması için ekonomik faaliyetlerin ve çevresel önceliklerin birleştirilmesi hem doğal kaynak kullanımının uzatılması hem de gelecek nesillere daha temiz bir çevre bırakılmasını daha kolay hale getirmektedir. İklim değişikliği ve çevresel tahribata neden olarak kabul edilen toplumların tüketim odaklı yaşam tarzının devam etmesi ilerleyen dönemlerde iklim değişikliğinin canlı türleri üzerinde etkilerini giderek artıracığı öngörülmektedir. İklimsel değişimlerin yaşanması, şiddetli hava muhalefetleri, deniz seviyelerinde değişim yaşanması, çölleşmenin-kuraklığın-erozyonun artması, pandemik hastalıkların yaşanması, tarımsal olayların sekteye uğraması, insan sağlığının bozulması gibi sorunsallıkların sosyal-ekonomik-ticari sektörleri ve ekolojik dengeyi doğrudan/dolaylı etkileyerek önemli sonuçlara yol açacağı düşünülmektedir (Yücel, 2021:5).

Atık azaltma, geri dönüşüm ve ürünlerin/hizmetlerin çevreye daha duyarlı şekilde tasarlanması kapsamında kirliliğin ortaya çıktıktan sonra yok edilmesi olarak tanımlanan "kirlilik kontrolü" yaklaşımları yerini "eko-verimlilik" yaklaşımlarına bırakmaktadır. Kirlilik kontrolü ile tasarım-üretim süreçlerinin sonucu olarak ortaya çıkan kirliliğin azaltılması ekonomilere maliyet oluşturabilmektedir. Bu kapsamda, ürün/hizmet üretimi ile enerji/kaynak tüketimi arasında negatif yönlü ilişki olmasını savunan, çevresel verimliliği ön planda tutan ve çevresel etkilerin ortaya çıkmadan çözülmesi gerektiğini ifade eden eko-verimlilik yaklaşımı, ekonomilerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi noktasında önem arz etmektedir. Bu nedenle, kirlilik kontrol yaklaşımlarının aksine endüstriyel, kentsel, tarımsal vb. gibi çevresel sorunları bir parametre olarak planlama süreçlerine dahil eden eko-verimlilik yaklaşımı, kaynak maliyetlerinin azaltılmasına, kirlilik kaynaklarının önlenmesine yönelik metotlar ve çevre dostu ürünler aracılığıyla ekonomilerin üretim maliyetlerinin düşürülmesinin yanı sıra çevresel performansın artırılmasını da sağlayabilmektedir. Ek olarak, ürün-hizmet verimliliğinin artırılması, toksik maddelerin çevre üzerindeki yoğunluğunun azaltılması, geri dönüştürülebilirliğin iyileştirilmesi, yenilenemeyen kaynakların tüketiminin azaltılması ve ürün-yaşam döngüsünün iyileştirilmesi gerektiğini savunan eko-verimlilik yaklaşımı, endüstriyel sürdürülebilirliğin

sağlanması ve ulusların sürdürülebilir kalkınmasının yönetilmesinde yardımcı olan stratejik-kilit bir alan olarak görülmektedir (Müller ve diğerleri, 2014).

Ülkelerin eko-verimlilik düzeyleri ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerin varlığı bölgelere/ülkelere, kirlenici türlerine ve komşuluk ilişkilerine göre farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, kullanılan farklı modelleme tekniklerine ve çevresel göstergelere göre de sonuçlarda çeşitlilik gözlemlenmesinin yanı sıra eko-verimlilik politikalarının tahminleme-ölçümlendirme süreçlerinde, yerel ve ulusal düzeyde bölgelerin-kentlerin-ülkelerin, iktisadi-siyasi-sosyal alanlarda ortak politikalar altında hareket edebilmesi nedeniyle mekânsal ve/veya sınır ilişkilerinin dahil edilmediği ekonometrik yöntemlerin bulgularında yanlış sonuç ve önermeler ortaya çıkabilmektedir. Bu çerçevede, zaman içindeki her bir mekânsal birimdeki gözlemler arasında serisel bağımlılığı barındırması, mekân ve/veya zaman yapılarını ifade eden serilerin gecikmeli değerlerinin alınmasıyla birlikte daha fazla bağımsız değişkeninin içselliğini içermesi ve açıklayıcı değişkenlerin kısa dönemdeki etkilerini analize dahil edilmesi nedeniyle dinamik yapıdaki mekânsal modellerin eko-verimlilik düzeylerinin belirlenmesinde kullanılması daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Mekânsal ilişki temel alınarak oluşturulan çalışmada, kısa dönemdeki mekânsal şokları da dahil ederek dönemsel etkilerinin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır. Eko-verimlilik çalışmalarıyla ilgili literatür incelendiğinde, kısa ve uzun dönem doğrudan-dolaylı mekânsal ilişkilerin gözetilerek yapılan bir çalışmaya rastlanılmamaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen çalışma, konuyla ilgili olarak özgün olma özelliğini taşımaktadır. Makale kapsamında, sürdürülebilir kalkınma olgusu çerçevesinde Türkiye ve seçili Avrupa ekonomilerinin eko-verimlilik düzeyleri belirlenerek ilgili makroekonomik değişkenler ile arasındaki uzun ve kısa dönem dinamik mekânsal ilişkilerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında, birinci bölümde sürdürülebilir kalkınma göstergeleriyle eko-verimliliğin ilişkisine ve ilgili çalışmalara değinildikten sonra ikinci bölümde ele alınan ekonometrik modelin teorik yapısı hakkında bilgi verilmekte ve son bölümde sürdürülebilir kalkınma kapsamında eko-verimlilik uygulanabilirliği üzerindeki dinamik mekânsal etkiler belirlenerek politika önerilerine değinilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Lozano ve Lozano (2017), biyo-kütleli enerjiye dönüştürebilmek için eko-verimlilik analizini kullanarak eko-verimlilik uygulamalarının endüstriyel süreçler için önemli olduğunu ve bilimsel/teknik konuları ekonomik olanlarla birleştirerek dönüşüm süreçleri arasında karar verme aracı olarak kullanılabileceğini vurgulamaktadır. De Almeida Guimaraes ve Leal Junior (2017), eko-verimlilik faaliyetlerinin sosyal boyutunu göz ardı eden ekonomilerin ekonomik ve çevresel performans üzerindeki etkilerini incelemekte ve ekonomilerin, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için eko-verimlilik uygulamalarının önemini belirtmektedir. Carvalho ve diğerleri (2017), eko-verimlilik uygulamalarının, ekonomik ve çevresel performansı hakkında fayda sağlayabileceğini ve ürün, süreç ve hizmetlerin sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için kullanılabileceğini ifade etmektedir. Hadian ve Madani (2015), eko-verimlilik uygulamalarının sürdürülebilirlik kriterlerine göre farklı ağırlık ve göstergeler ile hesaplanmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Park ve diğerleri (2015), teknolojik ilerlemenin eko-verimlilik üzerindeki etkisini ekonometrik yöntemler ile incelenmesinin gerektiğini belirterek eko-verimlilik uygulamalarının, katı atıkların, emisyonların ve potansiyel toksik maddelerin azalmasını sağlayabileceğini ifade etmektedir. Sproedt ve diğerleri (2015), eko-verimlilik iyileştirmeleri için optimizasyon algoritmaları da dahil olmak üzere simülasyon tabanlı yaklaşımın önemini ve işlevselliğini ele almaktadır. Rashidi ve Farzipoor Saen (2015), ekonomilerdeki çevresel kalkınmayı değerlendirebilmek için çevresel performans aracı olan eko-verimlilik uygulamalarını önermektedir. Alves ve Dumke De Medeiros (2015), eko-verimlilik faaliyetlerinin uygulanması durumunda daha iyi sosyal, çevresel ve finansal performansların oluşabileceğini ve inovasyonun ve rekabetin teşvik edilmesinin eko-verimliliği sağlayabileceğini ifade etmektedir. Park ve diğerleri (2015), teknolojik ilerlemenin eko-verimlilik üzerindeki etkisini ekonometrik yöntemler ile incelenmesinin gerektiğini belirterek eko-verimlilik uygulamalarının, katı atıkların, emisyonların ve potansiyel toksik maddelerin azalmasını sağlayabileceğini ifade etmektedir. Hadian ve Madani (2015), eko-verimlilik uygulamalarının sürdürülebilirlik kriterlerine göre farklı ağırlık ve göstergeler ile hesaplanmasının gerekliliğini belirtmekteyken; Huang ve diğerleri (2014), eko-verimlilik uygulamalarında mekânsal etkilerinde analiz sürecine dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Müller ve diğerleri (2014), eko-verimlilik uygulamalarını, çevresel etkileri doğrudan bir tür ekonomik performansla ilişkilendirerek sürdürülebilirliğin geliştirilmiş bir ölçüsü olarak kabul etmektedir. Huang ve diğerleri (2014), gelişmemiş bölgelerde eko-verimliliği teşvik edilmesinin, teknolojik gelişmenin yanı sıra yönetim kapasitesinin de geliştirilmesinin ve çevresel farkındalığın artırılmasının gerekliliğini belirtmektedir. Charmondusit ve diğerleri (2013), eko-verimliliğin sürdürülebilir kalkınmaya yönelik önemli bir unsur olduğunu vurgulamaktadır. Virtanen ve diğerleri (2013), ekonomilerin, üretimi artırma önceliğinin ve rekabet edebilirlikle ilgili endişelerin bulunması durumunda eko-verimlilik uygulamalarının başarıya ulaşamayacağını düşünmektedir. Geng ve diğerleri (2012), karar vericilere bir sistemin durumu hakkında güvenilir bilgi sağlanması için çevresel, ekonomik ve sosyal göstergeler arasında sistematik bir

değerlendirme yapılmasının gerekliliğini belirtmektedir. Van Caneghem ve diğerleri (2010), eko-verimlilik uygulamalarının ülke ekonomilerinin temel politikası olmasının gerekliliğini ifade ederek ülkelerdeki yaşam kalitesinin artırılmasının ve doğal kaynakların korunmasının sağlanabileceğini vurgulamaktadır. Uhlman ve Saling (2010), çevresel yönetim sistemlerinin (ISO 14001, ISO 14040, ISO 14044 vb. gibi) düzeylerinin artırılmasının eko-verimlilik uygulamalarının gelişmesine neden olabileceğini ve eko-verimlilik uygulamalarının üretim-tüketim süreçlerinin tamamında sürdürülebilirliği sağlayabilmek için kullanılabileceğini ifade etmektedir. Hoffren ve Apajalahti (2009), eko-verimlilik uygulamalarını üretim, ekonomik verimlilik ve sosyal faydalar ile birleştirerek, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek için eko-verimlilik uygulamalarının standart bir şekilde operasyonel hale getirilmesi ve geliştirilmesinin önemini belirtmektedir. Kolsch ve diğerleri (2008), sosyal ölçütleri eko-verimlilik uygulamalarına entegre ederek, farklı ürünlerin/süreçlerin çevresel etkilerini belirlemekte ve çevresel-sosyal faydanın sağlanması durumunda çevresel etkiyi düşük seviyelere inebileceğini ve son müşteri için daha düşük maliyetlerin oluşabileceğini ifade etmektedir. Zhang ve diğerleri (2008), sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için eko-verimlilik uygulamalarının sosyal ve kültürel göstergelerinin birleştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Maxime ve diğerleri (2006), eko-verimlilik uygulamalarının üretilen ürünlerin değerini koruduğunu veya artırdığını vurgulamaktayken; eko-verimlilik uygulamalarının sürdürülebilir kalkınma ölçütleri olduğunu belirterek, kaynak ve çevre üzerindeki etkileri azaltabilmek için önem arz ettiğini ifade etmektedir. Cote ve diğerleri (2006), eko-verimlilik uygulamalarının kamu kurum ve kuruluşlarında sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilme noktasında yardımcı olabileceğini ifade etmesinin yanı sıra eko-verimlilik uygulamalarının kamu kurum ve kuruluşlarında sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilme noktasında yardımcı olabileceğini ifade etmektedir. Mickwitz ve diğerleri (2006), bölgesel düzeyde bu gerekliliklerinin sağlanabilmesi için eko-verimlilik uygulamalarını önermesinin yanı sıra eko-verimlilik göstergeleri ve eko-verimlilik uygulamaları hakkında araştırmacılar ve politika yapıcılar arasında diyalog kurulması gerekliliğini öne sürmektedir. Jollands ve diğerleri (2004), eko-verimlilik uygulamalarını mevcut üretim süreçleriyle ilişkili atık sorunlarına yönetsel bir yanıt olarak ortaya çıktığını belirtmektedir. Reith ve Guidry (2003), kaynak verimliliğinin sağlanabilmesi için eko-verimlilik uygulamalarının önemini vurgulamaktadır. Elkington (1998:28), eko-verimlilik uygulamalarının ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlara ulaşabilmesi için bütünsel bir yaklaşım sergilenmesinin gerekliliğini ifade etmektedir.

Eko-verimlilik ve uygulamalarına yönelik ilgili literatür incelendiğinde mekânsal ilişkilerin ve etkileşimlerin gözetilerek çalışma yapılmadığı dikkat çekmektedir. Sınır ilişkisi bulunan ülkelerin eko-verimlilik kapasitelerinin belirlenmesinde, mekân-zaman boyutlu dinamik yapıdaki mekânsal model tahmincilerinin yapıları daha tutarlı sonuçlar verebileceği öngörülmektedir. Bu çerçevede, çalışma grubunda bulunan ülkelerin eko-verimlilik düzeylerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışma, dinamik mekânsal panel veri yaklaşımını kullanması nedeniyle ilgili literatürde ilk olmak özelliğini taşımaktadır.

3. YÖNTEM

Ekonometri literatürün alt dalı olarak gelişen mekânsal ekonometri, bölgesel-kentsel düzeyde yaşanan değişimlerin ekonometrik modellere uygulanması ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Matematiksel verilerin mekânsal/coğrafi boyutuna anlam kazandırabilen mekânsal ekonometrik yöntemler, bölgesel-konumsal verilerin modellenmesine, uygun spesifikasyonun belirlenmesine, hipotezlerin test edilmesine ve tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır (Anselin, 1988: 10). Bu kapsamda, son dönemlerde, sınır ilişkilerinin önem kazanması, komşuluk ilişkilerine özgü ortak sosyo-ekonomik politikaların belirlenmesi nedeniyle kuramsal ekonometrik modellemelerine karşın mekân-zaman sürecini analize dâhil eden mekânsal ekonometri yöntemi önem kazanmaktadır.

Mekânsal etkileşim ve mekânsal heterojenlikten kaynaklanabilen mekânsal etki hem coğrafik hem de sosyo-ekonomik uzaklıklar nedeniyle ortaya çıkabilmektedir (Le Gallo, 2002). Mekânsal etkileşim, uzaysal/konumsal alanda olan bir noktanın başka bir konumda olan nokta ile arasındaki etkileşim olarak tanımlanmaktadır (Anselin, 1988: 11). Bazı alınan konuma bağlı olarak ortaya çıkan ve bazı alınan konum ile komşu konum arasındaki ilişkiyi tanımlayan mekânsal etki, yatay kesit bağımlılığı kapsamında komşu konumdaki korelasyonu ifade eden mekânsal bağımlılığa (otokorelasyon) ve yatay kesit heterojenliği kapsamında ilgilenilen değişkenin bir konumdan diğerine sabit olmayan varyansını ifade eden mekânsal heterojenliğe sahip olabilmektedir (Anselin ve diğerleri, 2008: 5). Bu kapsamda, mekânsal birimlerin homojenlikten uzaklaşmasına neden olan mekânsal heterojenlik, ilgilenilen alan üzerindeki noktalarda farklı ilişkinin gözlenmesi olarak tanımlanabilmekteyken, doğrusal regresyon modelinde $i = 1, 2, \dots, n$ gözlemleri için $(1 \times K)$ boyutlu açıklayıcı değişken matrisi x_i , bağımlı değişken vektörü y_i , parametre vektörü β_i ve hata terimi ε_i olmak üzere mekânsal heterojenlik $y_i = f_i(x_i\beta_i, \varepsilon_i)$ şeklinde ifade edilebilmektedir. Rassal değişkenin komşu konumlarda gözlenen değerleri arasındaki korelasyonun sıfırdan farklı olması mekânsal otokorelasyon olarak tanımlanabilirken, i ve j konumları arasındaki korelasyona $Cov(y_i, y_j) = E(y_i y_j) - E(y_i)E(y_j) \neq 0, \forall i \neq j$ ifadesi ile ulaşılabilmektedir (Darmofal, 2006: 6). Ek olarak, i ve j konumları

arasındaki korelasyon sıfırdan farklı olması durumunda mekânsal açıdan ilişki (değer benzerliği ile konum benzerliğinin uyumlu) olduğu söylenebilmektedir. Rassal değişken için düşük/yüksek olan değerlerin kümelenme eğiliminde olduğu durumda pozitif mekânsal otokorelasyon, baz alınan konumun komşu konumlar tarafından çok farklı değerler ile çevrelenmiş olduğu durumda negatif mekânsal otokorelasyon ve değer dağılımlarının belirli bir kalıba uymadığı ve mekânsal otokorelasyondan söz edilemediği durumda rassallık durumu olmak üzere üç farklı mekânsal otokorelasyon bulunmaktadır.

Mekânsal ekonometride konumdan kaynaklı ilişki yapısı coğrafi ağırlıklandırma veya sosyo-ekonomik ağırlıklandırma teknikleriyle matris formu kullanılarak gösterilebilmektedir. Bu nedenle mekânsal etkileşimi belirleyebilmek için, kurulan ekonometrik modele mekânsal bağıntının dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu durum, gözlemler arasında mekânsal etkileşim modellenmesi nedeniyle her bir gözlemin bir dizi komşu gözlemlerle bağlantılı olduğu ve dışsal mekânsal kalıba uygun olan mekânsal ağırlık matrisiyle sağlanabilmektedir. Sonlu-negatif olmayan, stokastik bir süreç içeren ve $N \times N$ boyutlu simetrik-kare olan pozitif mekânsal ağırlık matrisinde (\tilde{W}) satır elemanı i konumu ile sütun elemanı j konumu arasındaki etkileşimin gücü, \tilde{w}_{ij} elemanı ile gösterilmektedir. Gözlemler arasındaki ilişkinin gücü mekânsal ağırlık yapısı ile ifade edilmekteyken, i ve j konumları komşu ise $\tilde{w}_{ij} = 1$, komşu değilse $\tilde{w}_{ij} = 0$ olarak elde edilmektedir. Satırları standardize edilmiş komşuluk matrisi mekânsal ağırlık matrisi $w_{ij} = w_{ij} / \sum_j w_{ij}$ şeklinde elde edilebilmekteyken, mekânsal ağırlık matrisinin standardize edilmesi otoregresif parametrelerin ve mekânsal bağlantı katsayısının ölçülmesinde ve yorumlanmasında avantaj sağlayabilmektedir (Getis and Aldstadt, 2004: 92-93). İlgilenilen birimlerin özelliğine göre ortak sınır paydaşlığı veya belli bir mesafedeki gözlemlerin mekânsal düzenlenmesine dayanan coğrafi ağırlıklandırma, sınırdaşlığa ve uzaklığa bağlı olarak belirlenmektedir (Yücel, 2021:60). Sınırdaşlığa bağlı ağırlıklandırmalarda mekânsal birimler arası ilişki, sınırların ayırt edilebilir harita üzerinden konuma dayalı olarak belirlenmesiyle oluşturulmaktadır. Ortak sınıra sahip alanlar ve birbirini çevreleyen alanlar için bitişik alanların ortak kenar paylaşması üzerine kurulan kale komşuluğu, bitişik alanların ortak bir köşe paylaşması üzerine kurulan fil komşuluğu ve bitişik alanların ortak bir kenar ve köşe paylaşması üzerine kurulan vezir komşuluğu olmak üzere üç komşuluk tanımı bulunmaktadır (Terzioğlu ve diğerleri, 2020). Ek olarak, mekânsal ilişkilerinin uzak olması durumunda açıklayıcılığını yitirmesi nedeniyle mekânsal ağırlık matrisinin ortak köşe ve kenarın paylaşılması anlamına gelen vezir komşuluğu düzenine göre oluşturulması daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir.

Kesitsel yapıdaki çalışmaların aksine daha geniş modelleme olanağı sunan mekânsal panel yapılar, son dönemlerde gelişerek ve dinamik regresyon modeller ile birlikte entegre edilerek mekânsal ekonometri çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Mekânsal panel veri modellerinin bağımlı-bağımsız değişkenlerin gecikmelerin alınmasıyla birlikte oluşturulan dinamik mekânsal panel veri modelleri, statik modellerin aksine doğrudan ve dolaylı etkilere ait sonuçları göstererek daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir (Demirkıran ve diğerleri, 2020). Bu kapsamda, bağımlı değişkenin (Y_{t-1}) ve mekânsal etkileşimi ifade eden değişkenin (WY_{t-1}) gecikmeleri alınarak oluşturulan dinamik mekânsal panel veriye (DSPD) ait notasyon Eşitlik 1-3'te verilmiştir.

$$Y_t = \tau Y_{t-1} + \delta WY_t + \eta WY_{t-1} + X_t \beta_1 + WX_t \beta_2 + X_{t-1} \beta_3 + WX_{t-1} \beta_4 + Z_t \theta + v_t \quad (1)$$

$$v_t = \gamma v_{t-1} + \rho Wv_t + \mu + \lambda_t + l_N + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\mu = \kappa W\mu + \xi \quad (3)$$

Eşitlik 1'de, Y_t , t dönemindeki ($t = 1, \dots, T$) her mekânsal birim ($i = 1, \dots, N$) için bağımlı değişkende oluşan $N \times 1$ boyutlu matrisini belirtirken, X_t , dışsal açıklayıcı değişkenlerin bir $N \times K$ boyutlu matrisini ve Z_t , içsel açıklayıcı değişkenlerin $N \times L$ bir boyutlu matrisini ifade etmektedir. W , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumunu ifade eden, negatif olmayan ve baz alınan konumların kendisi ile komşu olamamaları nedeniyle köşegen elemanları sıfır (0) olan $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini göstermektedir. δ , mekân-zaman boylamını gösteren değişkenin (WY_t), ve η , mekân-zaman boylamında gecikmesi alınan bağımlı değişkenin (WY_{t-1}) yanıt parametreleri olarak ifade edilmekteyken, $L \times 1$ boyutlu θ , modeldeki içsel değişkenlerin yanıt parametresini ve $K \times 1$ boyutlu $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 dışsal açıklayıcı değişkenlerin yanıt parametrelerini göstermektedir. Eşitlik 2'de yer alan ve $N \times 1$ boyutlu olan v_t , serisel olarak ve mekânsal düzlemde korelasyonlu/ilişkili olduğu kabul edilen modelin hata teriminin spesifikasyonunu yansıtırken, γ , serisel korelasyon katsayısını ve ρ mekânsal otokorelasyon katsayısını ifade etmekte ve $N \times 1$ boyutlu μ , ($\mu = (\mu_1, \dots, \mu_N)^T$) mekânsal-birimsel etkileri içermektedir. Diğer taraftan, λ_t , zaman periyoduna ($t = 1, \dots, T$) özgü etkilerini göstermekteyken, l_N , $N \times 1$ boyutlu bir vektörü ifade etmektedir. Son olarak, ε_t , ($\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{Nt})^T$) ve ξ elemanları sırasıyla sıfır (0) ortalamaya ve sonlu varyansa sahip (σ^2 ve σ_ξ^2) olan bağımsız-özdeş dağılmış rastgele değişkenlerin bozulma terimlerini belirtmektedir. Dinamik etkilere sahip mekân-zaman modelindeki değişkenlerin kısmi türevlerinin alınması durumunda kısa dönem etkilerine ait notasyon, Eşitlik 4'te yer almaktadır.

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial X_{ik}} \dots \frac{\partial Y}{\partial X_{Nk}} \right]_t = (I - \rho W)^{-1} [\beta_k I_N + \theta_k W] \quad (4)$$

Modelde alınan kısmi türevler, belirli bir konumdaki belirli bir açıklayıcı değişkendeki değişimin, kısa dönemde diğer tüm birimlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini göstermektedir. Benzer şekilde uzun dönem etkileri, Eşitlik 5'te yer almaktadır.

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial X_{ik}} \dots \frac{\partial Y}{\partial X_{Nk}} \right] = [(1 - \tau)I - (\rho + \eta)W]^{-1} [\beta_k I_N + \theta_k W] \quad (5)$$

Kısa dönem ve uzun dönemleri belirleyebilmek amacıyla yapılan işlemlerin sağ tarafında zaman bağlamının (t) olmaması dolaylı-doğrudan etkilerin zaman bağlamından etkilenmediği şeklinde açıklanabilmektedir (Yücel, 2021).

4. BULGULAR

Makale kapsamında, ülkelere özgü çevresel gösterge olarak enerji tüketim miktarı ve tüketim kapasitesi miktarının oranlanmasıyla elde edilen enerji kullanım oranı (EKO), karbondioksit emisyonu yoğunluğu (CO₂), orman örtüsü kaybı (OAK), enerji verimliliği (EV); ülkelere özgü teknolojik gösterge olarak, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı (YEM); ülkelere özgü çevresel inovasyon göstergeleri olarak, içme suyuna erişim (İSE) ve ISO14001 sayısı (ISO); ülkelere özgü demografik gösterge olarak, nüfus yoğunluğu (NY); ülkelere özgü çevresel politika göstergeleri olarak Ar-Ge çalışan kişi sayısı (ARGEK) değişkenleri kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında, ele alınan ülkelerin iktisadi, siyasi ve sosyal yaşamda ortak politikalar altında hareket etmesi ve birçok ülkenin mekan etkisinin görülmesini sağlayan sınır komşuluğuna sahip olması nedeniyle Almanya, Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, Türkiye ve Yunanistan ekonomilerine yönelik, dinamik sürece sahip olan mekânsal ilişkilerin uzun dönem doğrudan-dolaylı ve kısa dönem doğrudan-dolaylı etkilerinin 2010-2018 dönemleri itibarıyla ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, çalışmada kullanılan değişkenlere ait veri seti, Dünya Bankası, Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ve çalışma grubundaki ülkelerin kurumsal istatistik ofislerine ait açık veri kaynaklarından elde edilerek düzenlenmektedir. Çalışma, ülkelerin eko-verimlilik kapasitelerini yansıtmaya amacıyla iki farklı modelden (Model-I ve Model-II) oluşmaktadır. Tablo 1'de kurulan modellerdeki değişkenlere ait kısaltmalar ve tanımlamalara yer verilirken Tablo 2'de kurulan modellerdeki değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır.

Tablo 1. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı kısaltmalar

Değişken	Açıklama
EKO	Enerji Kullanım Oranı (Enerji Tüketimi/Enerji Tüketim Kapasitesi)
EV	Enerji Verimliliği (Satın Alma Gücü Cinsinden)
YEM	Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Enerji Miktarı (Yüzde cinsinden)
CO ₂	Karbondioksit Emisyon Yoğunluğu (Kiloton cinsinden)
OAK	Orman Örtüsü Kaybı (Hektar metrekare cinsinden)
İSE	İçme Suyuna Erişim (Yüzde cinsinden)
ISO	ISO14001 Sayısı (Adet cinsinden)
NY	Nüfus Yoğunluğu (Bin kişi sayısı)
ARGEK	Ar-Ge Çalışan Kişi Sayısı (Nüfus içerisindeki payı)

Tablo 2 . Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
EKO	1,037078	0,0148186	1,016516	1,096565
EV	1,845418	0,455059	0,7030975	2,933857
YEM	2,84552	0,6675821	1,052219	4,287056
CO ₂	0,754565	0,2676335	-0,269753	1,182314
OAK	9,658565	1,47737	5,78996	12,72546
İSE	4,519553	0,1052219	4,005513	4,60517
ISO	7,43853	1,318799	2,944439	10,19073
NY	4,530215	0,8274347	2,772589	6,222576
ARGEK	0,0382722	0,4817482	-1,230317	0,7967411

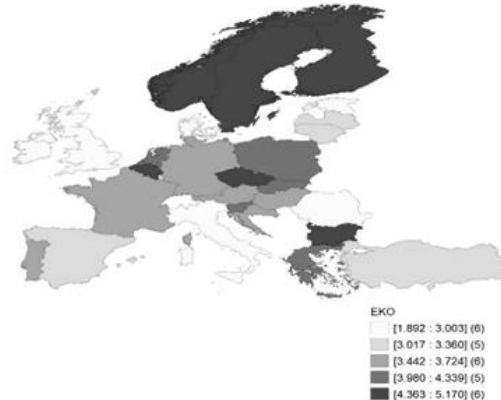
Makale kapsamında kullanılan değişkenlerin, düzeyde üstel bir büyüme ve azalış gösteren serilerde ortaya çıkan aşırı değişimin dengelenebilmesi, doğrusal bir formda ifade edilebilmesi ve değişkenlerin rassal dağılım gösterebilmesi amacıyla logaritmik formları alınarak analiz sürecine dâhil edilmektedir. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerin bulunduğu Tablo 2 incelendiğinde, değişkenlerin ortalama değerleri 0,04 ile 9,65 arasında, standart sapmaları 0,014 ile 1,47 arasında, minimum değerleri -1,23 ile 5,78 arasında ve maksimum değerleri 0,79 ile 12,72 değeri arasında dağılım gösterdiği söylenebilmektedir. Çalışması kapsamında kullanılan modellerde mekânsal komşuluk matrisinin standardize edilerek analiz sürecine dâhil edilmesiyle birlikte durağanlık elde edilebilmektedir. Bu nedenle, kullanılan değişkenlerin birim kök içermediği ve durağan olduğu varsayılmaktadır. Çalışma grubunda bulunan ülke ekonomilerinin eko-verimlilik düzeylerinin belirlenebilmesi amacıyla oluşturulan modeller $i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T$ olmak üzere;

$$EKO_{it} = \beta_0 + \beta_1(EKO)_{i,t-1} + \beta_2 \sum_{j=1}^N \rho W_{ij}(EKO)_{jt-1} + \beta_3 WARGEK_{it} + \beta_4 WYEM_{it} + \beta_5 WEV_{it} + \beta_6 WCo2_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$EV_{it} = \beta_0 + \beta_1(EV)_{i,t-1} + \beta_2 \sum_{j=1}^N \rho W_{ij}(EV)_{jt-1} + \beta_3 WISO_{it} + \beta_4 WİSE_{it} + \beta_5 WOAK_{it} + \beta_6 WNY_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

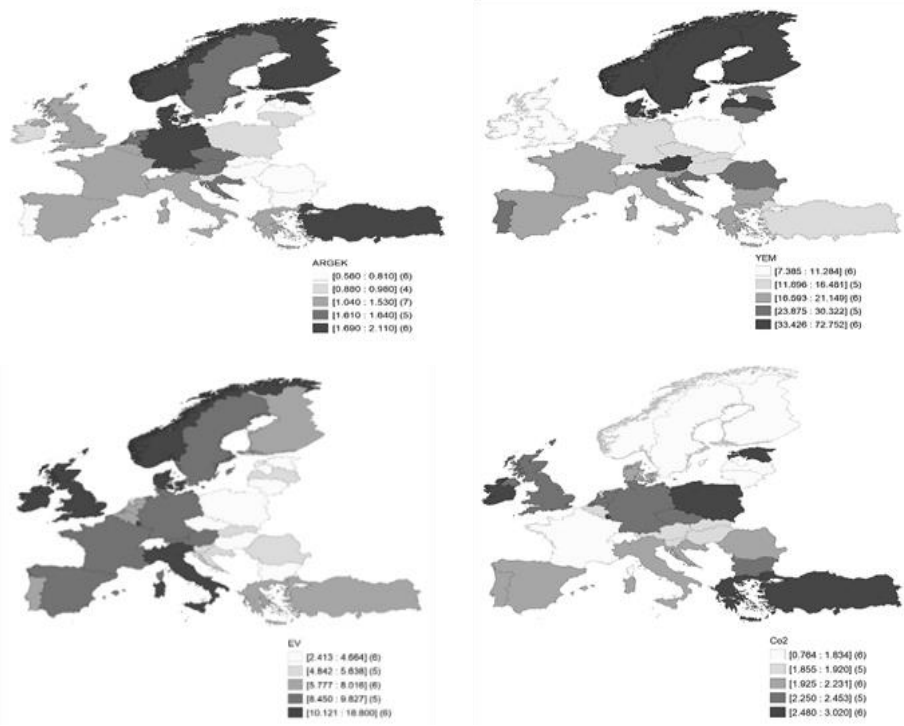
Eşitlik 6 (Model-I) ve Eşitlik 7 (Model-II)'de W_{ij} , her biri $i \neq j$ olmak üzere ülkelerin sınır komşuluk ilişkisi olması durumunda 1 olmaması durumunda 0 olarak ayarlanan standardize edilen ve mekânsal ilişkiyi gösteren mekânsal ağırlık matrisini ifade etmektedir. Mekânsal ilişki sürecini modele dâhil edilmesini sağlayan W_{ij} , bağımlı değişken ile olan etkileşiminin $t - 1$ gecikmesini modele dahil edilerek dinamik mekânsal sürecin anlamlılığı test edilebilmektedir. Her iki eşitlikte yer alan β_2 katsayısı, herhangi bir ülke ile komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkeler arasındaki eşzamanlı mekânsal korelasyonu karakterize eden mekânsal gecikme parametresi olarak adlandırılırken, $\beta_2 = 0$ olması durumunda modellerin, dinamik bir mekânsal süreç içermediği ve geleneksel dinamik panel veri yöntemleri ile çözülmesi gerekliliğini göstermektedir. Eşitlik-6 çerçevesinde, EKO_{it} 'de i konumunda t zamanındaki enerji kullanım düzeyini ve $(EKO)_{i,t-1}$, i konumundaki bir ülkenin $t - 1$ anındaki enerji kullanım düzeyini gösterirken, her dönemdeki enerji kullanım düzeyinin kalıcı özelliğini yansıtabilmektedir. Eşitlik 6'da, $ARGEK_{it}$, i konumunda t zamanındaki Ar-Ge çalışan kişi sayısını, YEM_{it} , i konumunda t zamanındaki yenilenebilir kaynaklarından elde edilen enerji miktarını EV_{it} , i konumunda t zamanındaki enerji verimlilik düzeylerini, $Co2_{it}$, i konumunda t zamanındaki karbondioksit emisyon yoğunluğunu ve ε_{it} , i konumunda t zamanındaki hata terimlerini göstermektedir. Eşitlik-7'de, EV_{it} 'de i konumunda t zamanındaki enerji verimlilik düzeyini ve $(EV)_{i,t-1}$, i konumundaki bir ülkenin $t - 1$ anındaki enerji verimlilik düzeyini göstermekteyken, her ülkenin enerji verimlilik düzeylerinin kalıcı özelliğini yansıtabilmektedir. Son olarak Eşitlik-7'de, ISO_{it} , i konumunda t zamanındaki ISO14001 sayısını, $İSE_{it}$, i konumunda t zamanındaki içme suyuna erişim düzeyini, OAK_{it} , i konumunda t zamanındaki orman alanlardaki kayıp düzeyini, NY_{it} , i konumunda t zamanındaki nüfus yoğunluğunu ve ε_{it} i konumunda t zamanındaki hata terimlerini göstermektedir. Ek olarak, eşitliklerdeki açıklayıcı değişkenlerin önünde yer alan W ifadesi, değişkenlerin mekânsal ilişkisini belirlemek amacıyla eşitliklere dahil edilmektedir.

Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin enerji kullanım düzeyi (EKO) değerlerine ilişkin 2018 yılı baz alınarak, dağılım genişliği beş eşit parçaya ayrılan mekânsal dağılım haritası Şekil 1'de gösterilmektedir. En yüksek enerji kullanım düzeyi 5.170 iken en düşük enerji kullanım düzeyi 1.892 olarak tespit edilmektedir. Mekânsal dağılım haritasında, enerji kullanım düzeylerinin düşük olduğu ülkeler açık renk ile belirtilirken, yüksek düzeyde enerji kullanım düzeyi olan ülkeler koyu renk ile gösterilmektedir. Bu kapsamda, Türkiye ve Avrupa ekonomilerinin 2018 yılına özgü enerji kullanım düzeyleri homojen bir dağılım göstermemekte ve Kuzey ve Orta Avrupa ülkelerinde kümelenme oluşturmaktadır.



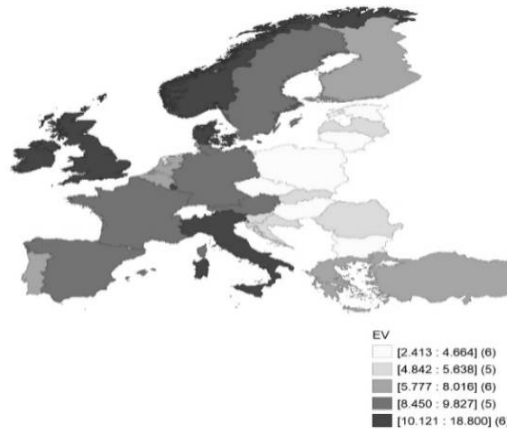
Şekil 1. Enerji kullanım düzeyine ilişkin mekânsal dağılım haritası (2018)

Çalışma grubunda bulunan ülkelere özgü 2018 yıllarına ait Ar-Ge çalışan kişi sayısı, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı, enerji verimlilik düzeyleri ve karbondioksit emisyon yoğunluğu değişkenlerinin mekânsal dağılım haritaları Şekil 2'de yer almaktadır. Açık renkten koyu renge doğru gidildikçe artan, beş eşit parçaya ayrılan ve enerji kullanım oranı faktörlerinin (ARGEK, YEM, EV ve Co₂) mekânsal dağılım haritaları incelendiğinde ilgili değişkenlerin dağılımının rassal olmadığı belirlenebilmektedir.



Şekil 2. Enerji kullanım düzeyi göstergelerinin mekânsal dağılım haritaları (2018)

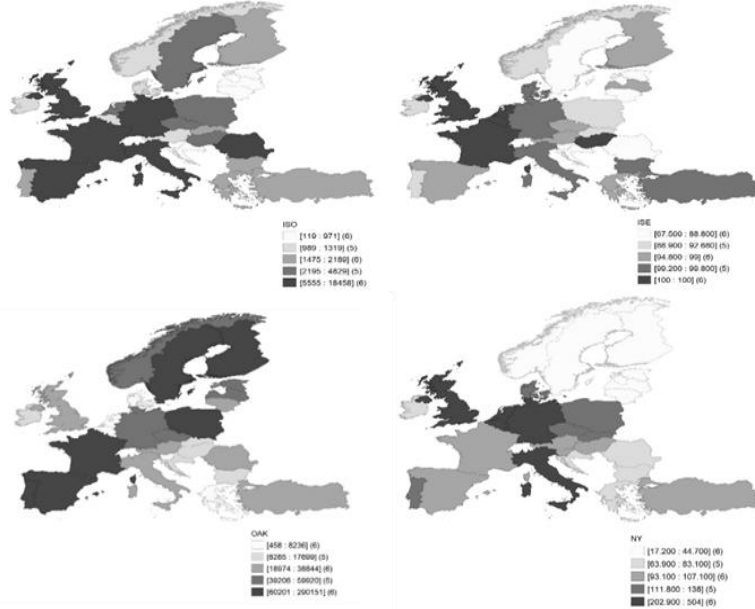
Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin enerji verimlilik düzeylerinin (EV) değerlerine ilişkin 2018 yılı baz alınarak, dağılım genişliği 5 eşit parçaya ayrılan mekânsal dağılım haritası Şekil 3'te gösterilmektedir. Bu kapsamda, en yüksek enerji verimlilik düzeyi 18.800 iken en düşük enerji verimlilik düzeyi 2.413 olarak tespit edilmektedir. Mekânsal dağılım haritasında, enerji verimlilik düzeyinin düşük olduğu ülkeler açık renk ile gösterilirken, yüksek düzeyde enerji verimliliği olan ülkeler koyu renk ile gösterilmektedir. Bu kapsamda, Türkiye ve Avrupa ekonomilerinin 2018 yılına özgü enerji verimlilik düzeyi homojen bir dağılım göstermemekte ve enerji verimliliği yüksek olan ülkeler, Kuzey, Orta ve Batı Avrupa ülkelerinde (Norveç, İngiltere, İrlanda vb. gibi) kümelenme eğilimi göstermektedir.



Şekil 3. Enerji verimlilik düzeylerine ilişkin mekânsal dağılım haritası (2018)

Çalışma grubunda bulunan ülkelere özgü 2018 yıllarına ait ISO 14001 sayısı, içme suyuna erişim düzeyi, orman alanı kaybı ve nüfus yoğunluğu değişkenlerinin mekânsal dağılım haritaları Şekil 4'te yer

almaktadır. Açık renkten koyu renge doğru gidildikçe artan, beş (5) eşit parçaya ayrılan ve enerji verimlilik düzeyi faktörlerinin (ISO, İSE, OAK ve NY) mekânsal dağılım haritaları incelendiğinde ilgili değişkenlerin dağılımının homojen olmadığı belirlenebilmektedir.



Şekil 4. Enerji verimlilik düzeyi göstergelerinin mekânsal dağılım haritaları (2018)

Dinamik yapıya sahip mekânsal panel veri analizlerinde, hata terimi ve açıklayıcı değişkenler arasında mekânsal otokorelasyonun bulunması, baz alınan konumların bitişik bir yapı sergilemesi ve mekânsal ağırlık matrisinde tanımlanmayan öğelerin bulunmaması nedeniyle tesadüfi etkiler modeli anlamsız sonuçlar vermekte ve bu nedenle sabit etkiler modeli kullanılmaktadır. Bu kapsamda, dinamik mekânsal panel veri analizlerinde Hausman testi yapılmamaktadır. Tablo 3'te Model-1'in mekânsal etkileşimin anlamlılığı, dinamik yapı içerip içermediği ve uygun dinamik mekânsal panele veri modeline karar verilerek, kısa ve uzun dönemdeki doğrudan ve dolaylı etkileri yer almaktadır.

Tablo 3. Enerji kullanım düzeyinin kısa ve uzun dönem mekânsal etkileri

	EKO_{t-1}	ARGEK	YEM	EV	CO_2
	0,61077*	-0,00004	0,00018	0,00347	0,0026
	(0,0583)	(0,0019)	(0,0014)	(0,0033)	(0,0032)
	$W.EKO$	$W.ARGEK$	$W.YEM$	$W.EV$	$W.CO_2$
	0,0585**	0,0093*	-0,0045***	-0,0089**	0,011*
	(0,0832)	(0,0031)	(0,0025)	(0,0043)	(0,0042)
Kısa Dönem Etki					
Doğrudan		-0,000048	-0,000294	0,003724	0,002565
		(0,0018)	(0,0014)	(0,00331)	(0,00316)
Dolaylı		0,0091*	-0,0004**	-0,008**	0,0109*
		(0,00323)	(0,0025)	(0,00042)	(0,00395)
Toplam		0,009169*	-0,00453***	-0,0497***	0,01349*
		(0,00390)	(0,0025)	(0,0046)	(0,00481)
Uzun Dönem Etki					
Doğrudan		0,0039	-0,0123	0,0063	0,0117
		(0,06316)	(0,00416)	(0,00901)	(0,00919)
Dolaylı		0,00399**	-0,0160***	-0,0260***	0,0042**
		(0,01580)	(0,01011)	(0,16037)	(0,02003)
Toplam		0,0372***	-0,0172	-0,0197	0,0541**
		(0,02055)	(0,01222)	(0,02063)	(0,02586)
Wald Testi _{LAG} (λ)	11.50**				
Wald Testi _{ERROR} (ρ)	11.55**				
R ²	0.7054				

*, ** ve ***, sırasıyla, %1, %5 ve %10 önem düzeyini göstermektedir. Ek olarak, parantez içerisindeki değerler değişkenlere ait standart hataları belirtmektedir.

Model-I'e ait bağımlı değişkenin yaklaşık %71'i bağımsız/açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Panel bir yapıya sahip veri setinin mekânsal bağımlılığın anlamlılığı Wald testi ile incelemektedir. Bu kapsamda, kurulan modele ilişkin test sonuçları, gecikme ve hata değerlerinin %5 önem düzeyinde reddedildiğini göstermekte ve uygun mekânsal panel model SDM (Spatial Durbin Model) model olarak belirlenmektedir. Model-I'e ilişkin mekânsal bağımlılığın katsayısının ($W.EKO$) istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif olması, bağımlı değişkenler ile açıklayıcı değişkenler arasında pozitif mekânsal etkileşimin olduğunu göstergesi olarak kabul edilebilmekte ve herhangi bir ülkedeki enerji kullanım eğilimi ne yönde ise o ülkenin komşularında da aynı yönde olacağı şeklinde yorumlanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, her bir ülke için enerji kullanımı, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki ilgili bağımsız değişkenlerden etkilendiği söylenebilmektedir. Bir önceki döneme ait enerji kullanım düzeyini ifade eden EKO_{t-1} istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif çıkması, bir önceki dönemde enerji kullanım düzeyindeki değişimlerin bir sonraki dönemde enerji kullanım düzeyini değiştirmede pozitif bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bir önceki döneme ait enerji kullanım düzeyinin mekânsal etkileşimini ifade eden $W.EKO_{t-1}$ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif çıkması komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerde bir önceki dönemde enerji kullanım düzeyindeki değişimlerin, bir sonraki dönemde enerji kullanım düzeyini değiştirmede pozitif bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bu nedenle, kurulan modele ilişkin mekânsal bir dinamik sürecin olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 3'te yer alan ana sonuçlar incelendiğinde, enerji kullanım oranına, araştırma-geliştirme harcamaları istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkide bulunmaktayken, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı, enerji verimliliği ve karbondioksit yoğunluğu istatistiksel olarak anlamsız çıkmaları nedeniyle herhangi bir etkide bulunmamaktadır. Tablo 1'de yer alan ve mekânsal etkinin dahil edildiği sonuçlar ise enerji kullanım oranına, araştırma-geliştirme harcamaları ve karbondioksit yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı ve enerji verimliliğini istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Bu kapsamda, herhangi bir ülkenin komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerde, araştırma-geliştirme harcamalarının ve karbondioksit yoğunluğunun artması enerji kullanımını artırmaktayken, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarının ve enerji verimliliğinin artması enerji kullanımını azaltmaktadır.

Dinamik olmayan mekânsal modeller açıklayıcı değişkenlerin yalnızca uzun dönem etkilerini tahmin ederken, dinamik mekânsal modeller ise kısa dönem etkilerin de tahmin sürecine dâhil edilmesini sağlamaktadır. Makale kapsamında, Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin enerji kullanım düzeylerini incelemek üzere kurulan Model-I'in dinamik bir yapı sergilediği bilinmektedir. Bu çerçevede herhangi bir ülkedeki enerji kullanım oranının, uzun ve kısa döneme ait dolaylı ve doğrudan etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Dolaylı etkiler, açıklayıcı değişkendeki değişimin, mekânsal etkileşimde bulunan komşu ülke(ler)deki bağımlı değişken üzerindeki değişimi gösterirken doğrudan etkiler, aynı ülkedeki açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki değişimi ifade etmektedir. Toplam etkiler ise mevcut bir ülkedeki açıklayıcı değişkenler ile komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki açıklayıcı değişkenlerdeki değişimin mevcut ülkedeki bağımlı değişkene olan etkisini yani dolaylı ve doğrudan (mekânsal) etkilerin toplamını ifade etmektedir. Ek olarak, doğrudan etkiler mekânsal ağırlık matrisinin köşegen elemanlarının ortalamasını, dolaylı etkiler ise matrise ait köşegen olmayan öğelerin satır/sütun toplamalarının ortalamasını belirtmektedir. Bu kapsamda, ülkelere ait enerji kullanım düzeylerinin uzun, kısa ve toplam dolaylı-doğrudan etkilerine ait sonuçlar, Tablo 3'te kısa ve uzun dönem etki bölümünde gösterilmektedir.

Model-I kapsamında kısa dönemde açıklayıcı değişkenlerin istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle enerji kullanım düzeyine doğrudan etkide bulunmamaktadır. Öte taraftan, kısa dönemde dolaylı (mekânsal) etkilerde araştırma-geliştirme harcamaları ve karbondioksit yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı ve enerji verimliliği istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilenmektedir. Dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamı olarak bilinen kısa dönemdeki toplam etkilerde ise enerji kullanım düzeyleri, araştırma-geliştirme harcamaları ve karbondioksit yoğunluğundan istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı ve enerji verimliliğinden istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilenmektedir.

Model-I kapsamında, enerji kullanım düzeyi uzun dönemde araştırma-geliştirme harcamaları, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı, enerji verimliliği ve karbondioksit yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle doğrudan etkilenmediği görülmektedir. Öte taraftan, uzun dönemde enerji kullanım düzeyi araştırma-geliştirme harcamaları ve karbondioksit yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı ve enerji verimliliği istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde dolaylı (mekânsal) bir şekilde etkilenmektedir. Dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamı olarak bilinen uzun dönemdeki toplam etkilerde ise enerji kullanım düzeyi, araştırma-geliştirme harcamaları ve karbondioksit yoğunluğundan istatistiksel olarak

anamlı ve pozitif yönde etkilenirken yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı ve enerji verimliliğinden istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle etkilenmemektedir.

Tablo 4'te, Model-II' ye ait mekânsal etkileşimin anlamlılığı, dinamik yapı içerip içermediği ve uygun dinamik mekânsal panele veri modeline karar verilerek, kısa ve uzun dönemdeki doğrudan ve dolaylı etkileri yer almaktadır.

Tablo 4. Enerji verimlilik düzeyinin kısa ve uzun dönem mekânsal etkileri

	EV_{t-1}	ISO	İSE	OAK	NY
	0,66676*	-0,0387*	0,1713	0,0008	-0,0951
	(0,0510)	(0,0122)	(0,1213)	(0,0070)	(0,1235)
	W.EV	W.ISO	W.İSE	W.OAK	W.NY
	0,3155**	0,00377*	-0,0045***	-0,0089**	0,0110*
	(0,0721)	(0,0748)	(0,0031)	(0,0043)	(0,0042)
Kısa Dönem Etki					
Doğrudan		-0,0421*	0,1511	0,0015	-0,1116
		(0,0121)	(0,1215)	(0,0067)	(0,1186)
Dolaylı		0,0549*	-0,4261**	-0,04976***	0,46357**
		(0,1993)	(0,2105)	(0,0081)	(0,2489)
Toplam		0,0970*	-0,2749	-0,0168**	0,5780**
		(0,0276)	(0,2401)	(0,0085)	(0,2772)
Uzun Dönem Etki					
Doğrudan		0,1507*	0,3327	0,0098	0,5183
		(0,0509)	(0,4351)	(0,0216)	(0,5005)
Dolaylı		0,02611	-1,5397	-0,0620	-2,0266
		(0,1698)	(1,1273)	(0,0455)	(1,8735)
Toplam		0,4119*	-1,207	-0,0719	-2,5450
		(0,2110)	(0,1394)	(0,0544)	(2,2361)
Wald Testi _{LAG} (λ)	30,05*				
Wald Testi _{ERROR} (ρ)	61,97*				
R ²	0,6322				

*, ** ve ***, sırasıyla, %1, %5 ve %10 önem düzeyini göstermektedir. Ek olarak, parantez içerisindeki değerler değişkenlere ait standart hataları belirtmektedir.

Model-II'ye ait bağımlı değişkenin yaklaşık %63'ü bağımsız/açıklayıcı değişkenler tarafından açıklanmaktadır. Panel bir yapıya sahip veri setinin mekânsal bağımlılığın anlamlılığı Wald testi ile incelemektedir. Bu kapsamda, kurulan modele ilişkin test sonuçları, gecikme ve hata değerlerinin %5 önem düzeyinde reddedildiğini göstermekte ve uygun mekânsal panel model SDM (Spatial Durbin Model) model olarak belirlenmektedir. Model-II'ye ilişkin mekânsal bağımlılığın katsayısının ($W.EV$) istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif olması, bağımlı değişkenler ile açıklayıcı değişkenler arasında pozitif mekânsal etkileşimin olduğunu göstergesi olarak kabul edilmekte ve herhangi bir ülkedeki enerji verimliliği eğilimi ne yönde ise o ülkenin komşularında da aynı yönde olacağı şeklinde yorumlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle, her bir ülke için enerji verimliliği değişimi, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerdeki ilgili bağımsız değişkenlerden etkilendiği söylenebilmektedir. Model-II kapsamında, bir önceki döneme ait enerji kullanım oranını ifade eden EV_{t-1} değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif çıkması, bir önceki dönemde enerji verimlilik düzeyi değişimlerinin bir sonraki dönemde enerji kullanım oranını değiştirmede pozitif bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bir önceki döneme ait enerji verimlilik düzeyinin mekânsal etkileşimini ifade eden $W.EV_{t-1}$ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif çıkması, komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerde bir önceki dönemdeki enerji verimlilik düzeyinin bir sonraki dönemdeki enerji verimlilik düzeyini değiştirmede pozitif bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Bu nedenle, kurulan modele ilişkin mekânsal bir dinamik sürecin olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4'te yer alan ana sonuçlar incelendiğinde, enerji verimliliğine ISO14001 sayısı istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkide bulunmaktayken, içme suyuna erişim oranı, orman alanı kaybı ve nüfus yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamsız çıkmaları nedeniyle herhangi bir etkide bulunmamaktadır. Tablo 4'te yer alan ve mekânsal etkinin dâhil edildiği sonuçlar ise enerji verimliliğine, ISO14001 ve nüfus yoğunluğuna istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde mekânsal etkide bulunmaktayken, içme suyuna erişim oranı ve orman alanı kaybı istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde mekânsal etkide bulunduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, herhangi bir ülkenin komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki, ISO14001 sayısının ve nüfus yoğunluğunun artması kullanılan mevcut enerjinin verimliliğini arttırmaktayken, orman alanlarındaki kaybın ve içme suyuna erişilebilirliğinin artması enerji verimliliğini azaltabilmektedir.

Makale kapsamında kurulan Model-II'nin dinamik bir yapı sergilediği bilinmektedir. Bu nedenle, herhangi bir ülkedeki enerji verimliliğinin, uzun, kısa ve toplam uzun-kısa döneme ait dolaylı ve doğrudan etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, ülkelere ait enerji kullanım düzeylerinin uzun, kısa ve toplam dolaylı-doğrudan etkilerine ait sonuçlar Tablo 4'te kısa ve uzun dönem etkiler bölümünde gösterilmektedir. Kısa dönemde enerji verimliliğini ISO14001 sayısı istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde doğrudan etkilerken, kurulan modelde içme suyuna erişim, orman alanı kaybı ve nüfus yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamsız çıkmaları nedeniyle enerji verimliliğine doğrudan etkide bulunmamaktadır. Öte taraftan, kısa dönemde dolaylı (mekânsal) etkilerin ISO14001 sayısı ve nüfus yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif, içme suyuna erişim ve orman alanı kaybı istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği görülmektedir. Dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamı olarak bilinen kısa dönemdeki toplam etkilerde ise enerji verimliliğine, ISO14001 ve nüfus yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde, orman alanı kaybı istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkide bulunmaktayken, içme suyuna erişim oranının istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Model-II kapsamında, enerji verimliliğine uzun dönemde ISO14001 sayısı istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde doğrudan etkide bulunmaktayken, içme suyuna erişimi, orman alanında kayıp yaşanması ve nüfus yoğunluğunun istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle doğrudan bir etkide bulunmamaktadır. Öte taraftan, enerji verimliliği uzun dönemde, bütün açıklayıcı değişkenlerin istatistiksel olarak anlamsız çıkması nedeniyle dolaylı (mekânsal) bir şekilde etkilenmemektedir. Dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamı olarak bilinen uzun dönemdeki toplam etkilerde ise enerji verimliliğine, ISO14001 sayısı istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkide bulunmaktayken, içme suyuna erişim oranı, orman alanında kayıp yaşanması ve nüfus yoğunluğuna herhangi bir etkide bulunmamaktadır.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Heterojenik yapı sergileyen az gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerin, verimlilik artışı sağlamak istemesi, pazar odaklı büyüme istemesi, endüstriyel üretim mekanizmalarında değişim yaşanması ve çıktı büyüklüğünde artış yaşanması çevresel-ekolojik alanda atılması gereken yapısal reformların gecikmesine ve bölgesel sera gazlarının salınımının gelişimini etkileyerek küresel boyutta alınması-uygulanması gereken stratejileri sekteye uğratmaktadır. Çevresel verimlilik olarak da bilinen eko-verimlilik kavramı, toplumların kaynakları üretme-tüketme biçimindeki temel değişikliklerin teşvik edilmesi ve yeşil büyümedeki ilerlemeyi ölçmek için temel bir unsur olarak tanımlanmaktadır. Eko-verimlilik, doğanın mallar ve hizmetler açısından ekonomik etkinliğin ne kadar verimli olduğunu ifade etmede önemli bir rol oynamaktadır. Üretim modellerinde eko-verimlilik ilkelerinin benimsenmesi hükümet politikaları/düzenlemeleri, piyasaya dayalı araçlar ve teknolojik gelişmeler ile zorunlu kılınabilmektedir. Bununla birlikte, tüketim modellerinde eko-verimliliğinin iyileştirilmesi, toplum kültürü ve sosyo-ekonomik sistemler nedeniyle üretim modellerinden daha karmaşık ve zorlayıcı olabilmektedir. Eko-verimlilik ilkesi mikro seviyede uygulanarak, doğal-sermaye üzerindeki baskı hafifletilemezken, geri tepme etkisi ortaya çıkmaktadır. Diğer bir ifadeyle, birim başına kaynak kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi, mallara olan talepteki mutlak artış ve tüketimdeki kaynak verimliliğinin bozulması ile geride bırakılmaktadır. Bu nedenle, eko-verimlilik kavramının üretim-tüketim modellerine uygulandığı gibi makro düzeylerde de uygulanması gerekmektedir. Sanayileşmenin çevreye negatif yönde etkileşimde bulunması, rekabet gücünün zayıflaması, kıt kaynakların azalması, ülkelerin dâhil olduğu uluslararası yaptırımlar-standartlar vb. gibi nedenlerden dolayı, sürdürülebilir çevrenin en önemli paydaşlarından birisi olan eko-verimlilik (temiz üretim) politikasının ve çevre dostu teknolojilerin yaygınlaşması gerekmektedir. Enerji alanındaki teknolojik-yapısal reformlarla, temiz enerjili (elektrik, hibrit vb. gibi) araçların kullanılması, güneş enerjisinden faydalanacak akıllı yolların inşa edilmesi, şehir içi kullanılan enerji sistemleri ve kentsel yönetim faaliyetleri (atık toplama, toplu taşıma vb. gibi) dijital sistemlerle entegre edilerek, akıllı-verimli enerjide sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Bu nedenle ülkelerin, enerji, teknolojik yatırım ve endüstriyelleşme politikalarında yapısal-inovatif adımlar atarak ekonomik ve hukuki düzenlemeleri gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında eko-verimlilik dinamik mekânsal açıdan incelenerek, mekânsal bir etkileşimin olduğu belirlenmektedir. Bununla birlikte, çalışma, daha önce literatürde dinamik yapıda mekânsal olarak eko-verimlilik ve göstergelerine yönelik inceleme yapılmadığından, ilk olma özelliğini taşımaktadır. Model-I kapsamında kısa dönemde, herhangi bir ülkedeki enerji kullanım düzeyi, aynı zamanda komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerdeki araştırma-geliştirme faaliyetleri ve karbondioksit yoğunluğundan pozitif, yenilenebilir enerji kaynaklardan elde edilen enerji miktarından ve enerji verimliliğinden negatif yönde etkilendiği şeklinde yorum yapılabilmektedir. Bu durum, kısa dönemde ülkelerin, enerji kullanım yoğunluğunu azaltımı için yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği politikalarını kendi ülkelerindeki dinamikleri gözetererek yapmasının gerekliliğini göstermektedir. Ek olarak, karbondioksit yoğunluğu ve araştırma-geliştirme faaliyetleri alanındaki değişimler, enerji kullanım düzeyini artırması nedeniyle ilgili politikaların komşuluk ilişkileri gözetererek kolektif bir bilinç ile oluşturulması gerekmektedir.

Model-I kapsamında uzun dönemde, herhangi bir ülkedeki enerji kullanım düzeyi aynı zamanda komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerdeki Ar-Ge harcamalarından pozitif, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarından negatif, enerji verimliliğinden negatif ve karbondioksit yoğunluğundan pozitif yönde etkilendiği şeklinde yorum yapılabilmektedir. Ülkelerin uzun dönemde kullanılabilir potansiyel enerji düzeyinin azaltım ve verimliliğini artırmaya yönelik politikalarını komşuluk ilişkileri gözetilerek oluşturulması gerekmektedir. Ek olarak, kısa dönemde, Ar-Ge harcamaları, yenilenebilir enerji kullanım düzeyi ve mevcut enerji verimliliğini artırmaya ve karbondioksit emisyon yoğunluğunu azaltmaya yönelik politikaların kısa dönemde pozitif/negatif yönde etkide bulunabilmekteyken, uzun dönemde yenilenebilir enerji ve mevcut enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikaların anlamsız çıkması ülkelerin, enerji kullanım düzeyini azaltmaya yönelik politikaların kısa dönemde adım atılması gerekliliğini göstermektedir.

Enerji ihtiyacının büyük bir kısmının sağlandığı fosil kaynakların kullanımı sonucu ortaya çıkan çeşitli zehirli gazlar, dolaylı ya da doğrudan çeşitli kirlenici etkilerde bulunarak çevresel bozulmaya neden olabilmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan Model-I'in analiz sonuçları, yenilenebilir enerji kaynaklarının verimli kullanılmaması eko-verimliliğe negatif bir etkide bulunabileceğini ve enerji tüketimi ile çevresel bozulma arasında pozitif bir korelasyonun olabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda sonuçlar, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin eko-verimliliğin artmasına neden olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, çalışma grubunda bulunan ülkelerin, enerji kullanımının azaltılmasından çok enerji verimliliğini artıran politikaları uygulaması gerekmektedir. Öte taraftan, eko-verimlilik, daha düşük olumsuz çevresel etkilerle daha fazla değer elde edilmesinde makroekonomik politikalar için yararlı olabilmesi nedeniyle ülkelerin, eko-verimlilik politikalarını ekonomik üretim modellerinin ötesinde de uygulanması gerekmektedir.

Model-II kapsamında kısa dönemde, çalışma grubunda bulunan herhangi bir ülkedeki enerji verimliliği düzeyini artırmaya yönelik politikaları aynı zamanda komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülke(ler)deki ISO14001 sayısından ve nüfus yoğunluğunda pozitif yönde, içme suyuna erişim oranı ve orman alanı kaybından negatif yönde etkilendiği şeklinde yorum yapılabilmektedir. Bu durum, ülkelerin kısa dönemde enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikalarını komşuluk ilişkileri gözeterek oluşturması gerekliliğini göstermektedir. ISO14001 sayısının kısa dönemde dolaylı-doğrudan etkilerde ters işaretli çıkması, ülkelerin çevresel inovasyonda yatırım ve atılım yapması kendi ülkelerinde enerji verimliliğinin artmasına kısa dönemde negatif etkide bulunmaktayken, uzun dönemde tersine dönebilmektedir. Bu durum, çalışma grubunda bulunan ülkelerin, çevresel inovasyonda atacakları adımların enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasına neden olabileceğini göstermektedir. Özetle, çevresel inovasyon (eko-inovasyon) kısa-uzun vadede herhangi bir ülke ve komşuluk ilişkilerinin bulunduğu ülkelerdeki enerji verimliliğinin artmasına neden olabilmektedir.

Model-II kapsamında elde edilen bulgular, sürdürülebilir çevrenin en önemli paydaşlarından birisi olan eko-verimlilik (temiz üretim) politikalarının ve çevre dostu teknolojilerin yaygınlaşması gerekliliğini göstermektedir. Enerji alanındaki teknolojik-yapısal reformlarla, temiz enerjili (elektrik, hibrit vb. gibi) araçların kullanılması, güneş enerjisinden faydalanacak akıllı yolların inşaa edilmesi, şehir içi kullanım enerji sistemleri ve kentsel yönetim faaliyetleri (atık toplama, toplu taşıma vb. gibi) dijital sistemlerle entegre edilerek, akıllı-verimli enerjide sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Bu nedenle ülkelerin, enerji, teknolojik yatırım, çevresel inovasyon ve düzenleme, demografik ve kalkınma politikalarında yapısal-inovatif adımlar atarak ve komşuluk ilişkilerini gözeterek ekonomik ve hukuki düzenlemeleri gerçekleştirmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye ve seçili Avrupa ülkelerinin eko-verimlilik düzeylerinin dinamik mekânsal ilişkisini incelemek amacıyla kurulan iki modelde, yenilenebilir kaynaklı enerji yatırımlarının teşvik edilmesi, enerji tüketiminden tasarruf sağlamak için araştırma-geliştirme yatırımlarının artması, geri dönüşüm sisteminin desteklenip geliştirilmesi, kaynakların korunarak etkin kullanımının sağlanması, emisyon hacimlerinde ve kaynak kullanımında işbirliklerinin oluşturulması, çevresel bozulma yaratan alanlardan desteklerin kaldırılması, altyapı, inovasyon, enerji verimliliği vb. gibi alanlarda politikalar geliştirilmesi, temiz üretim teknolojilerini kullanarak maksimum düzeyde enerji üretimi sağlanması, enerji verimliliği seviyesini en yüksek seviyelere çıkarmak için teşviklerin oluşturulması, su kaynakları ve orman arazilerinin korunması, ulaşım faaliyetlerinin geliştirilmesi gerekliliğini göstermektedir. Ek olarak sonuçlar, çalışma grubunda bulunan ülkelerin komşuluk ilişkilerini gözeterek, daha fazla ürün/hizmet sunumu daha az enerji/doğal kaynak ile sağlanabilmesine neden olan eko-verimlilik uygulamalarını benimsemesi ile birlikte çevresel alanda sürdürülebilirlik ve verimlilik sağlayabileceğini ve herhangi bir ülkenin eko-verimlilik politikalarını benimsemesi durumunda, komşu ülkelerin de kendi ülkelerinde benzer politikaları benimseyerek uygulayabileceğini göstermektedir. Aksi takdirde, belirli bir konumun, çevresel sürdürülebilirlik yerine ekonomik kalkınma hedeflerini gerçekleştirmesi durumunda, komşu ülkelerin ekonomik kalkınma açısından rekabet edebilmek için benzer şekilde çevresel düzenlemeleri gevşetmesi muhtemel olabilmektedir. Bu nedenle, çalışma grubunda bulunan ülkelerin, çevresel düzenleme politikalarını gözden geçirerek ve

bölgesel müşterek oluşturarak çevresel sürdürülebilirlik normlarına uygun bir şekilde düzenlemesi gerekmektedir. Eko-verimlilik ve göstergelerinin kısa-uzun dönemdeki doğrudan-dolaylı mekânsal etkilerinin ortaya çıkarılmasında, gelecek çalışmalarda, hibrit model yapılarının geliştirilmesiyle birlikte uygulanabilir kamu politikalarının ortaya konulmasının ve farklı model yapılarının mekansallaştırılmasıyla eko-verimlilik alanında daha gerçekçi adımların atılması ve katma değer yaratılmasının sağlanabileceği düşünülmektedir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Mehmet Ali Yücel: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *M. Kenan Terzioğlu:* Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Fon Desteđi / Funding

Bu çalışma herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği almamıştır.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Alves, J.L.S. ve Denise D.M. (2015). Eco-Efficiency in Micro-Enterprises and Small Firms: A Case Study in the Automotive Services Sector, *Journal of Cleaner Production*, 108, 595-602.
- Anselin, L., Julie, G. ve Hubert, J. (2008). Spatial Panel Econometrics, *The Econometrics of Panel Data*, Springer, Berlin, Heidelberg, 625-660.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic Boston, MA.
- Carvalho, H., Govindan, K., Azevedo, S.G. ve Cruz-Machado, V. (2017). Modelling Green and Lean Supply Chains: An Eco-Efficiency Perspective, *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 75-87.
- Charmondusit, K., Phatarachaisakul, S. ve Prasertpong P. (2014). The Quantitative Eco-Efficiency Measurement for Small and Medium Enterprise: A Case Study of Wooden Toy Industry, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(5), 935-945.
- Côté, R., Booth, A. ve Louis, B. (2006). Eco-Efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada, *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 542-550.
- Darmofal, D. (2006). Spatial Econometrics and Political Science, Society for Political Methodology Working Paper, Archive: <http://polmeth.wustl.edu/workingpapers.php>.
- De Almeida Guimarães, V. ve Junior, I.C.L. (2017). Performance Assessment and Evaluation Method for Passenger Transportation: A Step Toward Sustainability, *Journal of Cleaner Production*, 142, 297-307.
- Demirkiran, S., Yücel, M.A. ve Terzioğlu, K.M. (2020). Dijitalleşmenin Düzenleyici Kalite Üzerindeki Etkisi, SADAB 7th International Conference on Social Researches and Behavioral Sciences, Ekim 2020, Antalya, Türkiye.
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business*, New Society Publishers, Gabriola Island.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J. ve Xue, B. (2012). Towards a National Circular Economy Indicator System in China: An Evaluation and Critical Analysis, *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 216-224.
- Getis, A. ve Aldstadt, J. (2004). Constructing the Spatial Weights Matrix Using a Local Statistic, *Geographical Analysis* 36(2), 90-104.
- Hadian, S. ve Madani, K. (2015). A System of Systems Approach to Energy Sustainability Assessment: Are All Renewables Really Green?, *Ecological Indicators*, 52, 194-206.
- Hoffrén, J. ve Apajalahti E.L. (2009). Emergent Eco-Efficiency Paradigm in Corporate Environment Management, *Sustainable Development*, 17(4), 233-243.
- Huang, J., Yang, X., Cheng, G. ve Wang, S. (2014). A Comprehensive Eco-Efficiency Model and Dynamics of Regional Eco-Efficiency in China, *Journal of Cleaner Production*, 67, 228-238.
- Huang, J., Yang, X., Cheng, G. ve Wang, S. (2014). A Comprehensive Eco-Efficiency Model and Dynamics of Regional Eco-Efficiency in China, *Journal of Cleaner Production*, 67, 228-238.
- Jollands, N., Lermitt, J. ve Patterson, M. (2004). Aggregate Eco-Efficiency Indices for New Zealand- A Principal Components Analysis, *Journal of Environmental Management*, 73, 293-305.
- Kolsch, D., Saling, P., Kicherer, A., Grosse-Sommer, A. ve Schmidt, I. (2008). How to Measure Social Impacts? A Socio-Eco-Efficiency Analysis by the Seebalance Method, *International Journal of Sustainable Development*, 11(1), 1-23.
- Le Gallo, J. (2002). Econométrie Spatiale: l'autocorrélation Spatiale Dans les Modèles de Régression Linéaire, *Economie Prevision*, (4), 139-157.
- Lozano, F.J. ve Lozano R. (2018). Assessing the Potential Sustainability Benefits of Agricultural Residues: Biomass Conversion to Syngas for Energy Generation or to Chemicals Production, *Journal of Cleaner Production*, 172, 4162-4169.
- Maxime, D., Marcotte, M. ve Arcand, Y. (2006). Development of Eco-Efficiency Indicators for the Canadian Food and Beverage Industry, *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636-648.
- Mickwitz, P., Melanen, M., Rosenstrom, U. ve Seppala, J. (2006). Regional Eco-Efficiency Indicators a Participatory Approach, *Journal of Cleaner Production*, 14, 1603-1611.
- Müller, K., Holmes, A., Deurer, M. ve Clothier, B.E. (2015). Eco-Efficiency as a Sustainability Measure for Kiwifruit Production in New Zealand, *Journal of Cleaner Production*, 106, 333-342.
- Park, Y.S., Egilmez, G. ve Kucukvar, M. (2015). A Novel Life Cycle-Based Principal Component Analysis Framework for Eco-Efficiency Analysis: Case of the United States Manufacturing and Transportation Nexus, *Journal of Cleaner Production*, 92, 327-342.

- Rashidi, K. ve Saen, R.F. (2015). Measuring Eco-Efficiency based on Green Indicators and Potentials in Energy Saving and Undesirable Output Abatement, *Energy Economics*, 50, 18-26.
- Reith, C.C. ve Guidry, M.J. (2003). Eco-Efficiency Analysis of an Agricultural Research Complex, *Journal of Environmental Management*, 68, 219-229.
- Sproedt, A., Plehn, J., Schonsleben, P. ve Herrmann, C. (2015). A Simulation-Based Decision Support for Eco-Efficiency Improvements in Production Systems, *Journal of Cleaner Production*, 105, 389-405.
- Terzioğlu, M.K., Yücel, M., Demirkiran, S. ve Acarođlu, D. (2020). Kentsel İnovasyonun Kentleşme Üzerine Mekânsal Etkisi, *İdealkent*, 11(30), 592-620.
- Uhlman, B.W. ve Saling, P. (2010). Measuring and Communicating Sustainability Through Eco-Efficiency Analysis, *Chemical Engineering Progress*, 106(12), 17-26.
- Van Caneghem, J., Block, C., Cramm, P., Mortier, R. ve Vandecasteele, C. (2010). Improving Eco-Efficiency in the Steel Industry: The ArcelorMittal Gent Case, *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 807-814.
- Virtanen, T., Tuomaala, M. ve Pentti, E. (2013). Energy Efficiency Complexities: A Technical and Managerial Investigation, *Management Accounting Research*, 24, 401- 416.
- Xu, T., You, J., Li, H. ve Shao, L. (2020). Energy Efficiency Evaluation based on Data Envelopment Analysis: A Literature Review, *Energies*, 13(14), 3548.
- Yücel, M.A. (2021). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Eko-Verimlilik ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekansal Panel Veri Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Zhang, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z. ve Ge, J. (2008). Eco-Efficiency Analysis of Industrial System in China: A Data Envelopment Analysis Approach, *Ecological Economics*, 68, 306-316.