

Avrupa Ülkelerinde Sıkı Çevre Politikaları ile Üretken Kapasitenin Çevre Kalitesine Etkisi: MMQR Yönteminden Kanıtlar

Çağla BUCAK¹ 

Avrupa Ülkelerinde Sıkı Çevre Politikaları ile Üretken Kapasitenin Çevre Kalitesine Etkisi: MMQR Yönteminden Kanıtlar	The Impact of Stringent Environmental Policies and Productive Capacities on Environmental Quality in European Countries: Evidence from the MMQR Method
Öz Bu çalışma, 23 Avrupa ülkesinde 2000–2020 döneminde piyasa temelli–piyasa dışı çevre politikaları ve üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisini incelemektedir. Ekonometrik analizde, farklı çevresel kalite düzeylerinde değişkenlerin etkisini ölçmeye imkân tanıyan MMQR yöntemi kullanılmıştır. Bulgular, çevre politikalarının tüm kantil düzeylerinde çevresel kaliteyi artırdığını, ancak etki büyüklüklerinin kantillere göre farklılaştığını göstermektedir. Buna karşılık, üretken kapasitenin tüm kantil düzeylerinde çevresel kalite üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, Avrupa ülkelerinde üretkenliğin çevresel bozulmadan ayrıştırılabilmesi için çevre politikalarından elde edilen finansmanın yeşil teknolojiler, temiz enerji ve sürdürülebilir üretim süreçlerine yönlendirilmesinin kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır.	Abstract This study examines how market-based and non-market-based environmental policies, and productive capacities affect the load capacity factor in 23 European countries from 2000 to 2020. Using the MMQR method, which evaluates effects across different environmental quality quantiles, the findings show that environmental policies improve environmental quality across all quantiles. However, the magnitude of these effects varies across quantiles. Conversely, productive capacities reduce environmental quality at all quantile levels. The results suggest that European countries should use revenues from environmental policies to promote technologies, energy, and sustainable production in order to decouple productivity from degradation and strengthen sustainability.
Anahtar Kelimeler: Sıkı Çevre Politikası, Üretken Kapasite, Enerji, Büyüme, Avrupa Bölgesi.	Keywords: Environmental Policy Stringency, Productive Capacities, Energy, Growth, European Region.
JEL Kodları: Q5, O4, H23	JEL Codes: Q5, O4, H23

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı	Bu çalışma etik kurul kararı gerektirmemektedir. Çalışma, bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.
Yazarların Makaleye Olan Katkıları	Çalışmanın tamamı yazar tarafından hazırlanmıştır.
Çıkar Beyanı	Yazar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

¹ Arş. Gör. Dr., Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, cagla.bucak@ege.edu.tr

1. Giriş

Dünyanın karşı karşıya bulunduğu en kritik sorunlardan biri olan iklim krizi ve küresel ısınma, çevresel bozulmayı derinleştirerek çevresel kalitenin giderek azalmasına yol açmaktadır. Avrupa bölgesi, küresel ortalamanın yaklaşık iki katı oranında ısınan bir coğrafya olarak bu süreçten en fazla etkilenen bölgelerden biri hâline gelmiştir. İklim değişikliğinin tetiklediği aşırı hava olayları, günümüzde Avrupa genelinde yaşamın sosyal, ekonomik ve çevresel alanlarını doğrudan tehdit etmektedir. Bu durum, doğal kaynaklara yüksek düzeyde bağımlı olan Avrupa ekonomilerinin rekabet gücünü zayıflatan yapısal bir sorun hâline gelmiştir. Avrupa bölgesi, Paris İklim Anlaşması, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Fit for 55 mevzuatı gibi politika çerçeveleri aracılığıyla iklim değişikliğiyle mücadeleyi kurumsal bir zemine oturtmayı amaçlamaktadır. Her ne kadar bu çabalar çevresel kalitenin iyileştirilmesine belirli ölçüde katkı sağlasa da mevcut göstergeler Avrupa'nın ciddi çevresel baskılarla karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır. Bölgedeki korunan habitatların %80'inden fazlası kötü veya çok kötü durumda olup, toprakların yaklaşık %60–70'i bozulmuş durumdadır. Su kaynakları da benzer şekilde yoğun baskı altındadır; su stresi Avrupa topraklarının %30'unu ve nüfusun %34'ünü doğrudan etkilemektedir. Enerji görünümü ise fosil yakıtlara olan bağımlılığın hâlen yüksek olduğunu göstermekte; fosil yakıtlar AB'nin enerji tüketiminin yaklaşık %70'ini oluşturmaya devam etmektedir. İklim değişikliği hız kazandıkça iklimle ilişkili ekonomik maliyetler de artmaktadır. Nitekim 2020–2023 döneminde hava ve iklimle ilişkili aşırı olaylardan kaynaklanan yıllık ortalama ekonomik kayıplar, 2010–2019 dönemine göre yaklaşık 2.5 kat daha yüksek olarak gerçekleşmiştir (EEA, 2025).

Bu doğrultuda çevresel sorunların azaltılması amacıyla Avrupa bölgesi de dahil olmak üzere hükümetler, daha sıkı çevre politikalarının uygulanması ve bu çerçevede çevresel vergilerin hayata geçirilmesi yönünde çeşitli adımlar atmıştır. Bu politika araçlarının çevresel kalite üzerindeki etkisi ise özellikle son yıllarda iktisat literatüründe yoğun bir şekilde araştırılan konulardan biri hâline gelmiştir. Literatürdeki bazı çalışmalar, sıkı çevre politikalarının firmaların, bireylerin ve ülkelerin davranış kalıplarını dönüştürerek çevresel kaliteyi artırıcı yönde etkiler oluşturduğunu göstermektedir (Yıldırım vd., 2024; Arjun & Mishra, 2025). Bununla birlikte, bu politikaların her koşulda beklenen sonuçları vermediğine işaret eden bulgular da mevcuttur. Özellikle, çevre politikalarının sıkılaştırılması, firmaların üretim faaliyetlerini daha gevşek çevresel düzenlemelere sahip ülkelere kaydırmasına yol açabilmekte olup bu durum literatürde karbon sızıntısı olarak adlandırılmaktadır (European Commission, 2025). Karbon sızıntısı, çevresel düzenlemelerin ulusal düzeyde emisyonları azaltmasına rağmen, üretimin yer değiştirmesi yoluyla küresel ölçekte çevresel kazanımların sınırlı kalmasına neden olabilmektedir. Benzer şekilde, sıkı çevre politikaları firmaların üretim faaliyetlerini çevresel düzenlemelerin daha zayıf olduğu ülkelere kaydırmasına yol açtığında ortaya çıkan bu mekanizma literatürde kirlilik cenneti hipotezi olarak tanımlanmaktadır (Walter & Ugelow, 1979). Ayrıca, çevresel düzenlemelerin sıkılaştırılmasıyla birlikte artan uyum maliyetleri karşısında firmalar, temiz teknoloji yatırımlarını erteleyebilmekte, çevresel araştırma-geliştirme harcamalarını azaltabilmekte veya düzenlemeleri fiilen ihlal edebilmektedir. Bu durum, çevresel düzenlemelerin etkinliğini zayıflatarak beklenen çevresel kazanımların sınırlı kalmasına yol açabilmektedir (Bai vd., 2025; Huang vd., 2025).

Çevresel vergiler ise “kirleten öder” ilkesine dayanmakta olup, çevreye verilen zararın azaltılmasını amaçlamaktadır. Bu vergiler bir yandan çevreye zarar veren faaliyetlerin maliyetini artırırken, diğer yandan yaratılan kamu gelirleri aracılığıyla çevresel iyileştirme projelerinin finansmanına katkı sağlayabilmektedir (Eurostat, 2025a). Ancak çevresel vergi gelirlerinin etkin

biçimde yönlendirilmemesi hâlinde bu vergilerin beklenen çevresel faydayı yaratmaması da mümkündür. Dolayısıyla, çevresel vergilerin ve çevre politikalarının çevresel kalite üzerindeki etkisinin ampirik olarak ortaya konması gerekmektedir. Bu doğrultuda, OECD tarafından hesaplanan sıkı çevre politikası endeksi (environmental policy stringency index- epsi), piyasa temelli politikalar, piyasa dışı politikalar ve teknoloji destek politikaları olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Piyasa temelli politikalar çevresel vergiler ile emisyon ticaret sistemleri ve sertifika mekanizmaları gibi fiyat sinyallerine dayalı araçları kapsarken; piyasa dışı politikalar emisyon sınır değerleri ve teknik standartlar gibi komuta-kontrol araçlarından oluşmaktadır. Teknoloji destek politikaları ise çevre dostu teknolojilere yönelik araştırma-geliştirme harcamaları ile yenilenebilir enerjiye yönelik destekleri içermektedir. Bu bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşturulan sıkı çevre politikası endeksi, ülkelerin çevre politikalarının genel sıklığını ölçmekte olup, endeks değerinin artması daha korumacı ve katı çevre politikalarını ifade etmektedir (OECD, 2022).

Çevresel kaliteyi etkileyen bir diğer önemli unsur ise ülkelerin üretken kapasiteleridir. UNCTAD (2025) tarafından hesaplanan üretken kapasite endeksi, ülkelerin büyüme ve kalkınmasına katkı sağlayan mal ve hizmet üretme yeteneğini belirleyen üretken kaynakları, girişimcilik becerilerini ve üretim bağlantılarını kapsamaktadır. Bu yaklaşım; beşerî sermaye, doğal sermaye, enerji, ulaşım, bilgi ve iletişim teknolojileri, kurumsal kapasite, özel sektör dinamikleri ve yapısal dönüşüm unsurlarını dikkate alarak ülkelerin hem çevresel hem teknolojik hem de kurumsal boyuttaki üretkenlik düzeylerini bütüncül bir çerçevede değerlendirmektedir (UNCTAD, 2025). Üretken kapasitenin doğal kaynak kullanımına, fosil yakıtlara bağımlılığa veya çevreye öncelik vermeyen kurumsal yapılara dayanması durumunda, ülkeler yüksek üretkenlik düzeylerine ulaşırlar dahi çevresel bozulma hızla artabilmektedir. Nitekim literatürde bazı çalışmalar üretken kapasitenin çevresel kaliteyi azalttığını ortaya koymuştur (Lin vd., 2024; Awad vd., 2024; Kartal vd., 2025b). Bununla birlikte, üretken kapasitenin teknolojik gelişme, verimlilik artışı ve sürdürülebilir üretim süreçlerini desteklemesi sayesinde çevresel kaliteyi artırabileceğini öne süren çalışmalar da bulunmaktadır (Oluc vd., 2023; Youssef vd., 2023). Bu nedenle üretken kapasitenin çevresel kalite üzerindeki etkisinin yönü konusunda literatürde bir görüş birliği bulunmamakta olup, üretken kapasitenin etki yapısının ampirik olarak detaylı biçimde analiz edilmesi gerekmektedir.

İklim krizinin ve çevresel sorunların göstergesi olarak uzun yıllar boyunca karbon, metan, azot emisyonu ve sera gazı emisyonu gibi değişkenler kullanılmıştır (örneğin Wang vd., 2020; Alatrash vd., 2025). Ancak bu değişkenlerin yalnızca hava kirliliğini yansıttığı, çevresel sorunların su ve toprak boyutlarını yeterince kapsamadığı yönündeki görüşler son yıllarda literatürde ağırlık kazanmıştır (Kelly & Ndeffo, 2025; Saqib vd., 2025). Bu eksikliği gidermek amacıyla, York University (2025) ekolojik ayak izi verisini geliştirmiştir. Ekolojik ayak izi, ülkelerin tükettikleri doğal kaynakları üretmek ve bu süreçte ortaya çıkan atıkları absorbe etmek için ihtiyaç duydukları ekolojik varlıkları ölçmektedir. Biyokapasite ise doğanın arz yönünü ifade etmekte olup, ülkelerin talep edilen ekolojik varlıkları üretme ve oluşan atıkları bertaraf etme kapasitesini göstermektedir (Global Footprint Network, 2025). Bununla birlikte, ekolojik ayak izinin yalnızca doğanın talep tarafını ölçmesi ve biyokapasiteyi içeren arz tarafını kapsamaması literatürde tartışmalara yol açmıştır. Bu noktada, doğanın hem arz hem talep tarafını dikkate alarak çevresel kaliteyi bütüncül biçimde ölçen yük kapasite faktörü (load capacity factor-lcf) geliştirilmiştir (Bucak & Çatık, 2026). Yük kapasite faktörü, biyokapasitenin ekolojik ayak izine oranlanmasıyla hesaplanmakta olup, ülkelerin mevcut ekolojik taleplerini kendi doğal kaynak

arzlarıyla ne ölçüde karşılayabildiklerini göstermektedir. Bu yönüyle yük kapasite faktörü, çevresel sürdürülebilirliği ekolojik arz–talep dengesi çerçevesinde değerlendiren bütüncül bir göstergedir. Yük kapasite faktörünün 1’in altında olması, mevcut biyokapasitenin ekolojik talebi karşılayamadığını ve ekolojik açık bulunduğunu; 1’in üzerinde olması ise ekolojik arzın talebi karşıladığını ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir yapıya işaret ettiğini göstermektedir. Yük kapasite faktörünün 1’e eşit olması ise sürdürülebilirlik sınırını temsil etmekte olup, çevresel sistemin denge noktasında bulunduğunu ve olası şoklara karşı kırılgan olabileceğini ifade etmektedir (Siche vd., 2010). Bu özellikleriyle yük kapasite faktörü, çevre politikalarının yalnızca emisyon azaltımını değil, ülkelerin ekolojik kapasiteyi koruyarak sürdürülebilirliği sağlayıp sağlayamadığını değerlendirmeye imkân tanıyan uygun bir politika etkinliği göstergesi sunmaktadır. Bu çerçevede, çevresel kaliteyi belirleyen unsurların analiz edilmesi ve yük kapasite faktörünün çevresel kalitenin önemli bir göstergesi olarak kullanılmasıyla birlikte, son yıllarda literatürde giderek artan sayıda çalışmada yük kapasite faktörü göstergesine yer verilmektedir (örneğin Jahanger vd., 2024; Erdogan & Pata, 2025).

Avrupa’nın çevresel sorunları dikkate alınarak, bu çalışmada piyasa dışı çevresel politikaların, piyasa temelli çevresel politikaların ve üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisi, 23 Avrupa ülkesi için 2000–2020 döneminde MMQR (method of moments quantile regression–momentler kantil regresyon) yöntemi kullanılarak analiz edilecektir. Bu yöntem, tek nokta tahmincileri olan CCE (common correlated effects–ortak korelasyonlu etkiler), AMG (augmented mean group–genişletilmiş ortalama grup), FMOLS (fully modified ordinary least squares–tam düzeltilmiş en küçük kareler) ve DOLS (dynamic ordinary least squares–dinamik en küçük kareler) gibi geleneksel yaklaşımların aksine, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin, çevresel kalitenin farklı düzeylerinde nasıl değiştiğini ortaya koyabilmekte ve böylece politika yapıcılar için daha kapsamlı önerilerin tartışılmasına olanak tanımaktadır. Geleneksel panel kantil regresyon yöntemleri, tek nokta tahmincilerine kıyasla dağılımın farklı noktalarına ilişkin önemli bilgiler sunsa da sabit etkilerin kantiller boyunca değişmediğini varsayımları ve bu etkileri yeterince esnek biçimde modelleyememeleri nedeniyle tesadüfi parametre sorununa yol açabilmektedir. Ayrıca bu yöntemler, hesaplama zorluğu ve sabit etkilerin kantiller üzerindeki etkisine ilişkin getirdikleri kısıtlayıcı varsayımlar nedeniyle uygulamada sınırlılıklar taşımaktadır (Machado & Silva, 2019). Bu çalışmada, söz konusu metodolojik sorunlardan kaçınmak ve çevresel kalite düzeylerine göre değişen heterojen etkileri daha sağlıklı biçimde tahmin edebilmek amacıyla, bu sınırlamaları aşmak üzere geliştirilmiş olan MMQR yöntemi tercih edilmiştir. Mevcut literatürde, sıkı çevre politikası endeksinin çevresel kalite üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar (örneğin Arjun & Mishra, 2025; Javed & Rapposelli, 2025) ile çevresel vergilerin çevresel kirlilik üzerindeki etkilerini analiz eden araştırmalar bulunmaktadır (örneğin Jahanger vd., 2024; Erdoğan & Pata, 2025). Bununla birlikte, sıkı çevre politikası endeksinin alt bileşenleri olan piyasa temelli ve piyasa dışı çevre politikalarının çevresel kirlilik göstergeleri üzerindeki etkilerini ele alan sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte (örneğin Guo vd., 2021; Bozatlı & Akca, 2024; Kartal vd., 2025g), bu politikaların yük kapasite faktörü üzerindeki etkilerini Avrupa özelinde kantil bazında inceleyen ve böylece çevresel vergiler ile emisyon sınır değerlerinin etkilerini ayrı ayrı analiz eden herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle çalışma, literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Bu doğrultuda hazırlanan çalışmanın yapısı ise şu şekilde planlanmıştır: Giriş bölümünü takiben ikinci bölümde literatür taraması tartışılacak; üçüncü bölümde ilgili çalışmanın

literatüre katkısı sunulacak; dördüncü bölümde ekonometrik metodoloji detaylandırılacak; beşinci bölümde veri seti ve değişkenler açıklanacak; altıncı bölümde ekonometrik sonuçlar değerlendirilecek ve son bölümde MMQR yönteminden elde edilen bulgulara dayanarak geliştirilmiş politika önerilerine yer verilecektir.

2. Literatür Özeti

2.1. Çevresel Vergiler, Sıkı Çevre Politikaları, Piyasa Temelli ve Piyasa Dışı Çevre Politikaları ile Çevresel Kalite İlişkisi

Çevresel vergilerin çevre kirliliği üzerindeki etkileri literatürde geniş biçimde ele alınmaktadır. Özellikle karbon emisyonları bağlamında yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (örneğin bkz. Wolde-Rufael & Mulat-Weldemeskel, 2021; Kirikkaleli, 2023; Wolde-Rufael & Mulat-Weldemeskel, 2023; Addai vd., 2024; Karlılar Pata vd., 2024; Yeboah vd., 2025). Bu çalışmalar genel olarak çevresel vergilerin karbon emisyonlarını azaltıcı yönde etkiler yarattığını ortaya koymakla birlikte, etkinin büyüklüğü ve sürekliliği ülke özelliklerine ve zaman periyoduna bağlı olarak değişmektedir. Buna paralel olarak, çevresel bozulmayı yalnızca karbon emisyonlarıyla sınırlamayan bir yaklaşımla, ekolojik ayak izi göstergesini kullanan araştırmalar da artış göstermektedir (örneğin Chen vd., 2022; Telatar & Birinci, 2022; Shayanmehrdar vd. 2023; Kelly & Ndeffo, 2025; Saqib vd., 2025; Radulescu vd., 2025a). Bu çalışmaların çoğu çevresel vergilerin çevresel bozulmayı azaltmada önemli bir araç olabileceğini savunmakta olup; bazı ülkelerde ise bu etki vergi yapısının etkin uygulanmaması veya gelirlerin çevresel amaçlı harcamalara yönlendirilmemesi nedeniyle sınırlı kalabilmektedir. Öte yandan, çevresel kalitenin hem arz hem talep yönlerini kapsayan en bütüncül göstergelerden biri olan yük kapasite faktörü ile çevresel vergiler arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu eksiklik, çevresel sürdürülebilirliğin yalnızca emisyon veya ayak izi temelli ölçütlerle değerlendirilememesi gerektiğinden hareketle önemli bir literatür boşluğu yaratmaktadır. Mevcut bulgular, ülkeler arasında önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Kartal (2024), G7 ülkeleri için yaptığı ve kantil regresyon metodu kullandığı analizde çevresel vergilerin İngiltere’de çevre kalitesini artırdığını, Fransa’da kısmen olumlu etkiler yarattığını, ancak Almanya, Japonya ve ABD’de çevre kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu belirlemiştir. Diğer taraftan, Yavuz ve Avcı (2024) 1997-2022 döneminde dinamik en küçük kareler ortalama grup tahmincisi 5 OECD ülkesi; Ali vd. (2024) 1995-2018 döneminde mekânsal ekonometri yöntemini AB ülkeleri; Hossain vd. (2024) 1990-2020 döneminde panel ARDL yöntemini Kuzey ülkeleri; Jahanger vd. (2024) 1994-2018 döneminde MMQR yöntemini sürdürülebilir kalkınma düzeyi en yüksek 10 ülkeler; Abbas vd. (2025) 2010-2020 döneminde GMM yöntemini 30 ülke örnekleme; Bekun vd. (2025) 1990-2020 döneminde ARDL yöntemini Türkiye; Erdoğan ve Pata (2025) 1995Ç1-2021Ç4 döneminde kantil temelli ekonometrik yöntemi Almanya; Gómez (2025) 1995-2020 döneminde kantil yöntemini 14 Latin Amerika ülkesi; Kaya vd. (2025) 1995-2020 döneminde AMG yöntemini 10 AB ülkesi; Rădulescu vd. (2025b) 1994Ç1-2020Ç4 döneminde MMQR yöntemini Romanya ve Xuan vd. (2025) 2000-2022 döneminde Wavelet–kantil regresyon yöntemini Vietnam için kullanarak çevresel vergilerin yük kapasite faktörünü artırıcı etkiler yarattığını ortaya koymuşlardır. Bu bulgular, çevresel vergilerin genel olarak çevre kalitesini destekleyici bir araç olduğunu, ancak etkinliğin bölgesel faktörlere duyarlı olduğunu göstermektedir.

Çevresel bozulmayı etkileyen bir diğer önemli unsur, ülkelerin uyguladığı çevre politikalarının sıklığıdır. Literatürde bu konuyu ele alan çalışmalar, genellikle çevresel kaliteyi temsil eden farklı göstergeler kullanarak çevre politikalarının etkinliğini analiz etmiştir. Örneğin, bazı araştırmalar çevresel kaliteyi karbon, azot, metan emisyonu veya sera gazı emisyonu gibi

dar kapsamlı hava kirliliği göstergeleriyle ölçerken (Wang vd., 2020; Alatrash vd., 2025; Kartal vd., 2025b), diğerleri çevresel bozulmayı daha geniş bir çerçevede değerlendiren ekolojik ayak izi göstergesini tercih etmiştir (Chen vd., 2022; Arjun & Mishra, 2025; Değirmenci & Aydın, 2026; Kartal vd., 2025a). Bununla birlikte, çevresel sürdürülebilirliği hem arz hem talep yönleriyle dikkate alan yük kapasite faktörü ile çevre politikalarının sıklığı arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmaların son dönemde artış gösterdiği görülmektedir. Bu yeni araştırmalar, çevresel kaliteye daha bütüncül bir bakış sunarak, çevre politikalarının çevresel kalite üzerindeki etkisini incelemektedir. Bu kapsamda, Yıldırım vd. (2024) 1992-2020 döneminde CS-ARDL yöntemini BRICS ülkeleri; Arjun ve Mishra (2025) 1990-2022 döneminde MMQR yöntemini BRICS-T ülkeleri; Değirmenci ve Aydın (2025) 1996-2020 döneminde DOLS Fourier yöntemini Fransa; Değirmenci vd. (2025a) 1990-2020 döneminde AMG ve CCE yöntemlerini Danimarka ve Güney Kore; Fatima vd. (2025) 2000-2021 döneminde CS-ARDL ve CCEMG yöntemlerini G11 ülkeleri; Javed vd. (2025) 1990-2019 döneminde CS-ARDL yöntemini G7 ülkeleri; Javed ve Rapposelli (2025) 1990-2019 döneminde CS-ARDL yöntemini G7 ülkeleri ve Sevinç vd. (2025) 1990Ç1-2022Ç4 döneminde MCQR yöntemini ABD için kullanarak sıkı çevre politikalarının yük kapasite faktörünü artırdığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar, sıkı çevre politikalarının çevresel sürdürülebilirliği desteklediği yönünde genel bir eğilime işaret etmektedir. Ancak bulguların tümü bu yönde değildir. Kartal vd. (2025c) 1991Ç1-2020Ç4 döneminde Fransa, Birleşik Krallık ve ABD’de sıkı çevre politikalarının tüm kantillerde, Kanada’da ise yalnızca üst kantillerde yük kapasite faktörünü artırdığını belirlemiştir. Öte yandan, Değirmenci vd. (2025b), 1990-2020 döneminde G7 ülkeleri için gerçekleştirdikleri çalışmada CCEMG ve AMG yöntemlerini kullanmış ve her iki yöneme göre de sıkı çevre politikalarının yük kapasite faktörü üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını bulmuştur. Ancak Huang vd. (2025), 2000-2022 döneminde FGLS yöntemini G20 ülkeleri; Bai vd. (2025) ise 1995-2022 döneminde MMQR yöntemini G7 ülkeleri için kullanarak, sıkı çevre politikalarının yük kapasite faktörünü azalttığını raporlamıştır.

Bu çalışmalara ek olarak, sınırlı sayıda araştırma piyasa dışı ve piyasa temelli sıkı çevre politikalarının çevresel kalite üzerindeki etkilerini incelemiştir. Guo vd. (2021), 2005–2012 döneminde 27 OECD ülkesini kapsayan analizlerinde her iki politika türünün de sera gazı emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur. Bozatlı ve Akca (2024) ise 1990–2020 döneminde Türkiye için yaptıkları çalışmada, piyasa temelli çevre politikalarının yük kapasite faktörünü artırdığını, buna karşılık piyasa dışı politikaların yük kapasite faktörü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığını tespit etmiştir. Kartal vd. (2025g) G7 ülkelerini ele aldıkları çalışmalarında Kanada, Fransa, Japonya ve ABD’de piyasa temelli sıkı çevre politikalarının yük kapasite faktörünü artırdığını; Fransa ve ABD’de ise piyasa dışı sıkı çevre politikalarının yük kapasite faktörü üzerinde pozitif ve anlamlı bir etki yarattığını bulmuştur.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, çevresel vergiler ile sıkı çevre politikalarının çevresel kalite üzerindeki etkilerinin çoğunlukla tek bir politika aracı üzerinden ele alındığı görülmektedir. Çevresel vergilerin değişken olarak kullanılması önemli olmakla birlikte, piyasa temelli çevre politikaları daha kapsayıcı bir çerçeve sunmaktadır. Zira bu politikalar, çevresel vergilerin yanı sıra karbon ve yenilenebilir enerji sertifikaları, enerji verimliliği sertifikalarına yönelik ticaret programları, besleme tarifeleri ve depozito–iade sistemleri gibi çeşitli araçları da içermektedir. Buna ek olarak, piyasa dışı çevre politikaları emisyon sınırları ve doğrudan düzenlemeler yoluyla çevresel bozulmanın kontrol altına alınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu yönüyle, çevre politikalarının bileşenlerini ayrıştırarak inceleyen çalışmalar özellikle Avrupa ülkeleri örnekleme için belirgin bir literatür boşluğuna işaret etmektedir. Ayrıca,

literatürde çevre politikalarının etkilerinin ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik düzeylerine göre farklılaşıp farklılaşmadığı konusu yeterince açıklığa kavuşturulamamıştır. Özellikle çevresel kaliteyi hem ekolojik arz hem de talep boyutlarıyla birlikte ele alan yük kapasite faktörü çerçevesinde; piyasa temelli ve piyasa dışı çevre politikalarının etkilerini eş anlı ve ayrıştırılmış biçimde inceleyen çalışmalar son derece sınırlıdır ve Avrupa ülkeleri için bu yönde bir analiz bulunmamaktadır. Mevcut çalışmaların önemli bir bölümü ortalama etkilere odaklanmakta, çevre politikalarının farklı çevresel kalite düzeylerinde heterojen etkiler yaratabileceği büyük ölçüde göz ardı edilmektedir. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlayarak Avrupa ülkeleri örnekleminde sıkı çevre politikalarının bileşenlerini ayrıştırmakta ve bu politikaların yük kapasite faktörü üzerindeki etkilerini farklı kantil düzeylerinde MMQR yöntemi kullanarak analiz etmektedir.

Yukarıda özetlenen literatür doğrultusunda, bu çalışma aşağıdaki hipotezleri test etmektedir:

H₁: Avrupa ülkelerinde piyasa dışı sıkı çevre politikalarındaki artış yük kapasite faktörünü artırmaktadır.

H₂: Avrupa ülkelerinde piyasa temelli çevre politikalarındaki artış yük kapasite faktörünü artırmaktadır.

H₃: Piyasa temelli ve piyasa dışı çevre politikalarının yük kapasite faktörü üzerindeki etkileri, ülkelerin çevresel kalite düzeylerine göre farklılaşmaktadır.

2.2. Üretken Kapasite ve Çevresel Kalite İlişkisi

Çevresel kaliteyi etkileyen bir diğer önemli unsur, ülkelerin üretken kapasite düzeyidir. Bu kapsamda, Oluc vd. (2023) 2000-2018 döneminde PMG-ARDL yöntemini 38 OECD ülkesinde; Lin vd. (2023) ise 2000-2018 döneminde sys-GMM yöntemini 40 ülkede kullanarak üretken kapasitenin karbon emisyonlarını azalttığını bulmuşlardır. Benzer biçimde, Youssef vd. (2023) 2000-2018 dönemi verilerini kullanarak CS-ARDL yöntemiyle yaptıkları çalışmada, 30 Avrupa ülkesinde üretim kapasitelerinin emisyonların azaltılmasında belirleyici bir rol oynadığını bulmuşlardır. Xin vd. (2023) ise 2000Ç1-2018Ç4 dönemi verilerini kullanarak BARDL yöntemiyle yaptığı analizde, Çin'de üretken kapasitedeki yüzde bir artışın uzun vadede kaynak tüketimini yaklaşık yüzde 0.3 oranında azalttığını göstermiştir. Bu bulgular, üretken kapasitenin çevresel kaliteyi artırıcı yönde işleyebileceğini desteklemektedir. Bununla birlikte, literatürde bu ilişkinin yönü ve biçimi konusunda fikir birliği bulunmamaktadır. Örneğin, Chu vd. (2023) 2000-2018 dönemi için kantil regresyon gerçekleştirmiş ve 34 yüksek, 17 üst orta ile 17 alt orta gelirli ülke için üretken kapasite ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını tespit etmiştir. Ayrıca, ülkelerin gelir düzeyine göre bu ilişkinin N, ters N ve U şeklinde farklı kalıplar sergilediğini göstermiştir. Diğer taraftan, bazı çalışmalar üretken kapasitenin çevresel kaliteyi olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Lin vd. (2024), 2000-2020 döneminde 36 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede üretken kapasitedeki artışın karbon emisyonlarını artırdığını; Awad vd. (2024) ise 2000-2022 döneminde 36 Sahra Altı Afrika ülkesinde üretkenlik artışlarının ekolojik ayak izi üzerinde baskı oluşturabileceğini belirtmiştir. Bu bulgular, üretken kapasite artışının enerji yoğun sektörlerde yoğunlaştığı veya yenilenebilir enerjiye yeterince entegre edilmediği ekonomilerde çevresel bozulmayı artırabileceğini düşündürmektedir. Kartal vd. (2025b) 2000-2022 döneminde Çin'de kurumların ve özel sektörün üretken kapasitesi hariç, toplam üretken kapasitenin ve alt dallarının yük kapasite faktörünü azalttığını bulurken; Guo vd. (2025) 2000-2022 yıllarında N11 ülkelerinde üretken kapasitenin yük kapasite faktörünü artırdığını tespit

etmiştir. Ayrıca, Kartal vd. (2025e) 2000-2022’de 6 gelişmiş ülkede beşeri sermayenin üretken kapasitesinin Birleşik Krallık hariç tüm ülkelerde karbon emisyonlarını azalttığını, buna karşılık ulaşım ve kurumsal üretkenliğin emisyon azaltımında etkisiz olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, üretken kapasitenin çevresel etkisinin hangi sektörde ve hangi üretim biçiminde gerçekleştiğine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Öte yandan, bazı çalışmalar çevresel kaliteyi etkileyen başka bir faktör olarak yapısal değişikliklere odaklanmıştır. Bozatlı ve Akça (2024) Türkiye’de, Karim vd. (2025) G7 ülkelerinde yapısal dönüşümlerin yük kapasite faktörünü iyileştirdiğini ortaya koyarken, Pata ve Destek (2023) Hindistan’da bu değişikliklerin çevresel kalite üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını, Agila vd. (2022) Güney Kore’de; Kartal vd. (2025d) Çin’de olumsuz bir etkisi bulunduğunu belirtmiştir. Bu farklı sonuçlar, yapısal değişimlerin çevre üzerindeki etkisinin ülkenin sanayi yapısı, enerji karışımı ve teknolojik gelişmişlik düzeyine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Yukarıda özetlenen literatürde, üretken kapasitenin çevresel kalite üzerindeki etkisine ilişkin bulguların farklılık gösterdiği görülmektedir. Özellikle üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar son derece sınırlıdır ve Avrupa ülkeleri özelinde kantil bazlı bir analiz bulunmamaktadır. Mevcut çalışmaların büyük bir bölümü ortalama etkilere odaklanmakta olup, üretken kapasitenin çevresel kalite üzerindeki etkisinin farklı sürdürülebilirlik düzeylerinde değişip değişmediği yeterince araştırılmamıştır. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlayarak, Avrupa ülkeleri örnekleminde üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisini MMQR yöntemiyle farklı kantil düzeylerinde analiz etmeyi hedeflemektedir.

Yukarıda özetlenen literatür doğrultusunda, üretken kapasiteye ilişkin aşağıdaki hipotezler test edilmektedir:

H₄: Avrupa ülkelerinde üretken kapasitedeki artış yük kapasite faktörünü istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilemektedir.

H₅: Üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkisi ülkelerin çevresel kalite düzeylerine göre farklılaşmaktadır.

Tablo 1, çevresel vergiler, sıkı çevre politikası endeksi, piyasa temelli ve piyasa dışı çevre politikaları ile üretken kapasitenin çevresel kalite üzerindeki etkisini inceleyen literatüre ilişkin bir özet sunmaktadır.

Tablo 1: Literatür Özeti

Yazar(lar)	Dönem	Ülke	Yöntem	Sonuç
Jahanger vd. (2024)	1994-2018	Sürdürülebilir kalkınma düzeyi en yüksek 10 ülke	MMQR	Çevresel vergiler $\uparrow \rightarrow$ lcf $\uparrow$.
Abbas vd. (2025)	2010-2020	30 ülke	GMM	Çevresel vergiler $\uparrow \rightarrow$ lcf $\uparrow$.
Kaya vd. (2025)	1995-2020	10 AB ülkesi	AMG	Çevresel vergiler $\uparrow \rightarrow$ lcf $\uparrow$.
Yavuz ve Avcı (2024)	1997-2022	5 OECD ülkesi	DOLS	Çevresel vergiler $\uparrow \rightarrow$ lcf $\uparrow$.
Yıldırım vd. (2024)	1992-2020	BRICS ülkeleri	CS-ARDL	epsi $\uparrow \rightarrow$ lcf $\uparrow$.
Bai vd. (2025)	1995-2022	G7 ülkeleri	MMQR	epsi $\uparrow \rightarrow$ lcf $\downarrow$.
Değirmenci ve Aydın (2025)	1996-2020	Fransa	DOLS Fourier	epsi $\uparrow \rightarrow$ lcf $\uparrow$.

Değirmenci vd. (2025b)	1990-2020	G7 ülkeleri	CCEMG, AMG	epsi'nin lcf üzerinde etkisi yoktur.
Huang vd. (2025)	2000-2022	G20	FGLS	epsi $\uparrow$ →lcf $\downarrow$.
Javed vd. (2025)	1990-2019	G7 ülkeleri	CS-ARDL	epsi $\uparrow$ →lcf $\uparrow$.
Guo vd. (2021)	2005-2012	27 OECD ülkesi	Sistem GMM	Piyasa dışı ve piyasa temelli epsi $\uparrow$ →çevre kirliliği $\downarrow$.
Bozatlı ve Akca (2024)	1990-2020	Türkiye	ARDL	Piyasa temelli epsi $\uparrow$ →lcf $\uparrow$. Piyasa dışı epsi'nin lcf üzerinde etkisi yoktur.
Kartal vd. (2025g)	2000-2020	G7 ülkeleri	KRLS	Kanada, Fransa, Japonya ve ABD'de piyasa temelli epsi $\uparrow$ →lcf $\uparrow$. Fransa ve ABD'de piyasa dışı epsi $\uparrow$ →lcf $\uparrow$.
Oluc vd. (2023)	2000-2018	38 OECD ülkesi	PMG-ARDL	pci $\uparrow$ →çevre kirliliği $\downarrow$.
Lin vd. (2023)	2000-2018	40 ülke	Sistem GMM	pci $\uparrow$ →çevre kirliliği $\downarrow$.
Lin vd. (2024)	2000-2020	36 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke	Sistem GMM	pci $\uparrow$ →çevre kirliliği $\uparrow$.
Awad vd. (2024)	2000-2022	36 Sahra Altı Afrika ülkesi	Sistem GMM	pci $\uparrow$ →çevre kirliliği $\uparrow$.
Guo vd. (2025)	2000-2022	N11 ülkeleri	CS-ARDL	pci $\uparrow$ →lcf $\uparrow$.

3. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Mevcut literatür incelendiğinde, çevresel vergiler, sıkı çevre politikaları ve üretken kapasitenin, çevresel sürdürülebilirliğin bütüncül bir göstergesi olan yük kapasite faktörü üzerindeki etkilerinin çoğunlukla ayrı ayrı ele alındığı ve bu alandaki ampirik çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle, sıkı çevre politikalarının alt bileşenleri olan piyasa temelli ve piyasa dışı çevre politikalarının yük kapasite faktörü üzerindeki etkilerini, yalnızca çevresel vergiler gibi tekil göstergelere odaklanmak yerine, çevresel vergiler ve emisyon kısıtlamaları başta olmak üzere farklı politika araçlarını birlikte ele alan kapsamlı bir çalışmaya Avrupa ülkeleri örneklemini özelinde rastlanmamaktadır. Bu bağlamda, 2000–2020 döneminde Avrupa ülkeleri örnekleminde söz konusu değişkenler arasındaki etkileşimin analiz edilmesi, literatürdeki hem bölgesel hem de yönetsel boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu çalışmada MMQR metodolojisinin kullanılması sayesinde, farklı çevresel sürdürülebilirlik düzeylerinde piyasa temelli–piyasa dışı çevre politikalarının ve üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkileri ayrıntılı biçimde incelenecek; böylece çevresel politikaların heterojen etkilerine ilişkin daha derinlemesine bulgular sunulacaktır.

4. Ekonometrik Metodoloji

Bu çalışmada, ekonometrik analize başlamadan önce panel veri setinin temel özelliklerini belirlemek amacıyla yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testleri uygulanacaktır. Analiz yapılırken yatay kesit bağımlılığının varlığı dikkate alınmadığında bu durum, sapmalı ve tutarsız tahminlere yol açabilmektedir. Panel verilerinde yatay kesit bağımlılığını test etmek için LM testi kullanılmakta olup, bu teste ait olasılık değerinin %5 anlam düzeyinden küçük olması durumunda serilerin yatay kesit bağımlılığına sahip olduğu kabul edilmektedir. Serilerin homojen olup olmadığı ise delta testleriyle incelenmekte, olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğunda serilerin heterojen olduğu anlaşılmaktadır. Eğer sonuçlar panelde yatay kesit

bağımlılığı bulunduğunu ve parametrelerin heterojen olduğunu gösteriyorsa, durağanlık analizi için ikinci nesil panel birim kök testlerinden faydalanılmalıdır. Aksi takdirde, yatay kesit bağımlılığını göz önünde bulundurmeyen birim kök testleri, serilerin durağanlığı konusunda yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda en çok tercih edilen yöntem, Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS birim kök testidir. Örneğin, lcf serisinin durağanlığı Denklem (1) ve (2)'de olduğu gibi CIPS testi kullanılarak hesaplanabilir:

$$\Delta \ln lcf_{it} = \partial_i + \mu_i \ln lcf_{it-1} + \vartheta_i \overline{\ln lcf}_{t-1} + \sum_{l=0}^k \tau_{ij} \Delta \overline{\ln lcf}_{it-1} + \sum_{l=1}^k \omega_{ij} \ln lcf_{it-1} + e_{it} \quad (1)$$

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^k t_i(N, T) \quad (2)$$

CIPS değerleri, Denklem (2)'deki t-istatistiklerinin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Eğer CIPS istatistiği, Pesaran (2007) tarafından verilen kritik değerlerden büyüğe sıfır hipotezi reddedilmektedir. Böylece serinin durağanlık derecesi belirlenmektedir. Serilerin tamamının $I(0)$ olması hâlinde eşbütünleşme testi uygulanması ve uzun dönem katsayılarının tahmin edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle doğrudan MMQR yöntemi uygulanmaktadır (Bergougui & Ben-Salha, 2025).

MMQR yöntemi, diğer panel tahmin yaklaşımlarına kıyasla önemli metodolojik avantajlar sunmaktadır. İlk olarak, tek noktalı tahmincilerin aksine MMQR, bağımlı değişkenin tüm koşullu dağılımı boyunca açıklayıcı değişkenlerin etkilerini ölçebilmektedir. Bu özelliği sayesinde, farklı çevresel kalite seviyelerinde değişkenlerin etkisinin nasıl farklılaştığını ortaya koyarak daha ayrıntılı bir analiz imkânı sunmaktadır. İkinci olarak, bir kantil tahmincisi olarak MMQR, uç gözlemlere karşı dayanıklıdır ve böylece klasik ortalama regresyon modellerinde ortaya çıkabilecek uç değer duyarlılığını önemli ölçüde azaltır. Üçüncü olarak, kantil regresyon yaklaşımı, hata terimlerinin normal dağıldığı varsayımına dayanan geleneksel yöntemlerin aksine, hata terimlerinin daha esnek dağılım özelliklerine sahip olmasına imkân tanır (Galvao, 2011; Machado & Silva, 2019). Bu çalışmada kullanılacak modelin MMQR formu aşağıdaki gibidir:

$$\ln lcf_{it} = \alpha_i + X'_{it}\beta + (\delta_i + Z'_{it}\gamma)U_{it} \quad (3)$$

Bu denklemde X'_{it} çalışmada yer alan açıklayıcı değişkenlerden (piyasa dışı sıkı çevre politikaları, piyasa temelli sıkı çevre politikaları, üretken kapasite endeksi) oluşan matrisi ifade etmektedir. β , bu açıklayıcı değişkenlere ait parametre vektörünü göstermektedir; α_i sabit etkileri gösterir; δ_i her yatay kesit için kantilin sabit etkisini gösterir; Z_{it} , $P\{\delta_i + Z'_{it}\gamma > 0\} = 1$ koşulunu sağlayan değişkenlerin türevlenebilir dönüşümlerini içeren vektördür. U_{it} , değişkenlerle korele olmadığı varsayılan gözlemlenemeyen bir bileşeni simgeler. Bu denklemin parametreleri $(\alpha, \beta, \delta, \gamma)$, moment koşullarına dayalı olarak tahmin edilmiştir. Bu yaklaşım, Machado ve Silva (2019) tarafından geliştirilen metodolojiyi izlemektedir. Bu çerçevede model, koşullu kantiller açısından aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$Q_{\ln lcf_{it}}(\tau|X_{it}) = (\alpha_i + \delta_i q(\tau)) + X'_{it}\beta + (Z'_{it}\gamma q(\tau)) \quad (4)$$

Denklem (4), $\ln lcf$ değişkeninin koşullu kantillerini açıklayıcı değişkenlerle ilişkili olarak tahmin etmekte ve birden fazla zaman diliminde gözlemlenen birimlerden oluşan bir panel yapısını dikkate almaktadır. Birim i için τ -kantili sabit etkisi, parantez içinde gösterilen skaler parametre ile ifade edilir: $i(\tau) \equiv (\alpha_i + \delta_i q(\tau))$.

5. Veri Seti

Yük kapasite faktörünün belirleyicilerini incelemek amacıyla bu çalışma, 2000–2020 dönemine ait 23 Avrupa ülkesine² ilişkin yıllık verileri kullanmaktadır. Ülkeler ve dönem aralığı, verilerin erişilebilirliği dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmanın bağımlı değişkeni yük kapasite faktörü (lcf) olup, bu değişkenin artış göstermesi çevresel kalitedeki iyileşmeyi ifade etmektedir. Bağımsız değişkenler³ ise piyasa dışı sıkı çevre politikaları endeksi (nonmarketepsi), piyasa temelli sıkı çevre politikaları endeksi (marketepsi) ve üretken kapasite endeksidir (pci). Piyasa dışı sıkı çevre politikaları, başta azot, sülfür ve partikül madde için emisyon sınır değerleri ile dizel yakıtlardaki kükürt içeriği sınırları olmak üzere, komuta-kontrol araçlarına dayalı düzenlemeleri kapsamaktadır. Bu politikalar, çevresel hedeflere doğrudan yasaklar, sınırlar, izinler ve teknik standartlar yoluyla ulaşmayı amaçlamaktadır. Buna karşılık, piyasa temelli sıkı çevre politikaları, çevresel dışsalılıklara fiyat sinyalleri aracılığıyla müdahale eden araçları içermektedir. Bu kapsamda karbon, sülfür, azot ve dizel yakıt vergileri; karbon-yenilenebilir enerji sertifikaları ve enerji verimliliği sertifikalarına yönelik ticaret programları; besleme tarifeleri ve depozito-iade sistemleri piyasa temelli politika araçları arasında yer almaktadır. Bu çerçevede, piyasa temelli politikalar çevresel vergiler ve ticaret mekanizmaları aracılığıyla fiyat sinyallerine odaklanırken, piyasa dışı politikalar piyasa mekanizmalarına dayanmaksızın doğrudan düzenleyici müdahalelerle çevresel hedefleri gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Endeks değerlerinin artması, çevre politikalarının daha sıkı hâle geldiğini göstermektedir (OECD, 2022). Bu bakımdan, çalışmada hem çevresel vergilerin hem de kirlilik sınır değerlerinin çevresel kalite üzerindeki etkileri ayrı ayrı analiz edilebilecektir. Üretken kapasite endeksi ise, bir bileşik endeks olarak yalnızca ekonomilerin büyüme performansını değil; enerji tüketim yapıları başta olmak üzere büyüme ve ticari entegrasyonu mümkün kılan beşerî sermaye, doğal sermaye, ulaşım, bilgi ve iletişim teknolojileri, kurumsal kapasite, özel sektör dinamikleri ve yapısal dönüşüm gibi çok boyutlu unsurları birlikte ele almaktadır (UNCTAD, 2023). Bu kapsamlı yapısı nedeniyle, üretken kapasite endeksi modele daha kapsayıcı bir kontrol değişkeni olarak dâhil edilmiştir. Bu doğrultuda, enerji tüketimi, ekonomik büyüme, ticari açıklık gibi geleneksel kontrol değişkenlerinin modele eklenmesinden bilinçli olarak kaçınılmıştır.

Yük kapasite faktörü, York University (2025) veri tabanından elde edilen ekolojik ayak izi ve biyokapasite verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Piyasa dışı ve piyasa temelli sıkı çevre politikaları endeksi verileri OECD (2025), üretken kapasite endeksi verileri ise UNCTAD (2025) veri tabanından temin edilmiştir. Tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınarak analizlerde kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan modeller aşağıdaki biçimdedir:

$$\ln lcf_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln nonmarketepsi_{it} + \beta_2 \ln marketepsi_{it} + \beta_3 \ln pci_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Tablo 2, çalışmada kullanılan değişkenleri, değişken tanımlarını, veri tabanlarını ve bağımsız değişkenlerin yük kapasite faktörü üzerindeki beklenen işaretlerini göstermektedir. Literatürdeki çalışmalar ve Avrupa bölgesinin çeşitli çevresel anlaşmalar, düzenlemeler ve politikalar çerçevesinde hayata geçirdiği uygulamalar göz önüne alındığında, bu bölgede piyasa dışı ve piyasa temelli çevresel politikaların çevresel kaliteyi artırması beklenmektedir. Ancak

² Ülke listesi için bkz. Ek 1.

³ EPSI endeksinin üçüncü alt bileşeni olan teknoloji destek politikalarının, bazı ülkelerde uzun bir dönem boyunca sıfır değerler alması ve sıfırdan farklı değerlerinin zaman içinde sınırlı varyans göstermesi nedeniyle logaritmik dönüşüme ve MMQR çerçevesinde sağlıklı kantil tahminlerine imkân vermediği tespit edilmiştir. Bu nedenle teknoloji destek politikaları bilinçli olarak analiz kapsamı dışında bırakılmıştır.

Avrupa'nın üretken kapasitesi yüksek olsa da üretim ve enerji yapısı hâlâ fosil yakıtlara ve doğal kaynaklara önemli ölçüde bağımlıdır (Thomas & Rosenow, 2020; EEA, 2025; Eurostat, 2025b). Bu bağımlılık üretken kapasitenin çevresel bozulmayı artırıcı etkiler yaratabileceğini düşündürmektedir. Bu çerçevede, Avrupa örneği, çevresel düzenlemelerin ve üretken kapasitenin etkileşiminin karmaşıklığını anlamak açısından önemli bir çalışma alanı sunmaktadır.

Tablo 2: Değişkenler, Veri Tabanları ve Değişkenlerin Beklenen İşareti

Değişken	Değişken Kısaltması	Değişken Tanımı	Veri Tabanı	Beklenen İşaret
Yük Kapasite Faktörü	lcf	Biyokapasitenin ekolojik ayak izine oranı; değerin artması çevresel kalitenin yükseldiğini göstermektedir.	York University (2025) veri tabanı kullanılarak yazar tarafından hesaplanmıştır.	
Piyasa Dışı Sıkı Çevre Politikası Endeksi	nonmarketepsi	Endeks 0–6 aralığında değer almakta olup, daha yüksek değerler daha sıkı çevre politikalarını ifade etmektedir.	OECD (2025)	(+)
Piyasa Temelli Sıkı Çevre Politikası Endeksi	marketepsi	Endeks 0–6 aralığında değer almakta olup, daha yüksek değerler daha sıkı çevre politikalarını ifade etmektedir.	OECD (2025)	(+)
Üretken Kapasite Endeksi	pci	Endeks 0–100 aralığında değer almakta olup, daha yüksek değerler daha yüksek üretken kapasiteyi ifade etmektedir.	UNCTAD (2025)	(-)

Tablo 3, çalışmada kullanılan değişkenlere ait betimleyici istatistikleri göstermektedir. Tabloya göre nonmarketepsi ve pci değişkenlerinin çarpıklık değerleri negatif olarak bulunmuştur. Buna karşılık, lcf ve marketepsi değişkenleri pozitif çarpıklık sergilemektedir. Basıklık değerleri incelendiğinde, nonmarketepsi ve pci değişkenlerinin sivri (leptokurtik) bir dağılıma sahip olduğu, diğer değişkenlerin ise basık (platikurtik) bir dağılım sergilediği görülmektedir. Jarque–Bera normallik testi sonuçları ise değişkenlerin normal dağılım gösterdiği varsayımını reddetmektedir. Bu bulgular, değişkenlerin dağılım özellikleri dikkate alındığında, doğrusal yöntemler yerine MMQR yönteminin kullanılmasının daha güvenilir tahminler sunacağını göstermektedir.

Tablo 3: Betimleyici İstatistikler

	Ortalama	Std Sapma	Min	Maks	Çarpıklık	Basıklık	JB olasılık değeri
lnlcf	-0.81	0.73	-2.39	0.81	0.18	2.69	0.08
lnnonmarketEPSI	1.48	0.33	0	1.79	-2.17	7.99	0.00
lnmarketEPSI	0.24	0.52	-1.09	1.42	0.31	2.55	0.00
lnpci	4.10	0.09	3.72	4.27	-0.81	4.30	0.02

6. Ekonometrik Sonuçlar

Tablo 4, çalışmada kullanılan veri setinde yatay kesit bağımlılık test sonuçlarını göstermektedir. *LM*, *LM adj* ve *LM CD* testlerinin tümü anlamlı çıkmış ve olasılık değerleri 0.00 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, paneldeki birimler arasında güçlü bir yatay kesit bağımlılığı

olduğunu göstermektedir. Ayrıca *delta* ve *delta adj* homojenlik testlerine göre seriler heterojen olarak bulunmuştur.

Tablo 4: Yatay Kesit Bağımlılık ve Homojenlik Test Sonuçları

Test	İstatistik	Olasılık Değeri
LM	642.3	0.00
LM adj	35.46	0.00
LM CD*	19.03	0.00
Delta	10.25	0.00
Delta adj	11.74	0.00

Seriler arasında yatay kesit bağımlılığı olduğu ve seriler heterojen olduğu için, Tablo 5'te ikinci nesil panel birim kök testlerinden olan CIPS panel birim kök testine ait sonuçlar sunulmuştur. CIPS panel birim kök test sonuçlarına göre, tüm değişkenler düzeyde durağandır (I(0)).

Tablo 5: CIPS Panel Birim Kök Test Sonuçları

	Inlcf	Innonmarketepsi	Inmarketepsi	Inpci
Düzy	-3.02***	-4.54***	-2.36**	-1.73**

Not: ***, ** ve *, sonuçların sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tüm değişkenlerin I(0) olması nedeniyle, eşbütünleşme analizleri durağan olmayan ve aynı bütünleşme derecesine sahip değişkenler (I(1)) için geçerli olduğundan, çalışmada fark alma veya eşbütünleşme testi uygulanmasına gerek bulunmamaktadır. Serilerin seviye değerlerinde durağan olmaları nedeniyle, sahte regresyon riski olmaksızın MMQR güvenle uygulanabilmektedir (Bergougui & Ben-Salha, 2025). Analizde 0.10, 0.25, 0.50, 0.75 ve 0.90 kantil düzeylerinin tercih edilmesinin temel nedeni, örneklemde yer alan Avrupa ülkelerinin çevresel kalite düzeyleri bakımından belirgin bir heterojenlik sergilemesidir. Yük kapasite faktörü açısından değerlendirildiğinde, Finlandiya, İsveç, Norveç ve Estonya gibi ülkeler görece yüksek çevresel sürdürülebilirlik düzeylerine sahipken; Türkiye, Polonya, Yunanistan ve İtalya gibi ülkeler daha düşük veya kırılğan çevresel kalite seviyelerinde yer almaktadır. Bu bağlamda, alt kantiller (0.10 ve 0.25), çevresel kalite açısından görece dezavantajlı ülkeleri; orta kantil (0.50), örneklemnin ortalama sürdürülebilirlik düzeyini; üst kantiller (0.75 ve 0.90) ise çevresel performansı yüksek ülkeleri temsil etmektedir. Bu kantil yapısı sayesinde, çevre politikalarının ve üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkilerinin çevresel kalite düzeyine bağlı olarak farklılaşıp farklılaşmadığı analiz edilecektir.

Tablo 6, MMQR yöntemine ait analiz sonuçlarını göstermektedir. MMQR sonuçlarına göre, piyasa dışı ve piyasa temelli sıkı çevre politikaları yük kapasite faktörünü artırırken, üretken kapasite yük kapasite faktörünü azaltmaktadır. Spesifik olarak, piyasa dışı ve piyasa temelli sıkı çevre politikalarının %1 artışı yük kapasite faktöründe sırasıyla %0.127'lik ve %0.071'lik bir artışa yol açmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda H_1 ve H_2 hipotezleri kabul edilmektedir. Buna karşılık, üretken kapasite endeksindeki %1'lik artış yük kapasite faktörünü %1.306 oranında azaltmaktadır. Bu bulgu doğrultusunda H_4 hipotezi kabul edilmektedir. Sıkı çevre politikalarının çevre kalitesini artırdığı sonucu Yıldırım vd. (2024), Arjun ve Mishra (2025), Değirmenci ve Aydın (2025), Değirmenci vd. (2025a), Fatima vd. (2025), Javed vd. (2025), Javed ve Rapposelli (2025), Sevinç vd. (2025) ve Kartal vd. (2025g)'nin çalışmalarının bulgularıyla paralellik göstermektedir. Literatürdeki birçok çalışmadan farklı olarak elde edilen bu bulgular piyasa dışı çevre politikalarının, özellikle emisyonlara getirilen sınırların, çevresel kalite üzerindeki etkisini genel

çevre politikası sıklığından ayrıştırarak ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, Avrupa Birliği bağlamında emisyonlara yönelik sınırların daha da sıkılaştırılmasının çevresel kaliteyi artırmada etkili bir politika aracı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, düzenleyici emisyon standartlarının güçlendirilmesi çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir rol oynayabilir. Piyasa temelli çevre politikaları ise büyük ölçüde çevresel vergilerle ilişkilidir ve elde edilen bu sonuçlar, çevresel vergilerin de çevresel kaliteyi artırdığına işaret etmektedir. Çevresel vergilerin çevre kalitesini artırdığı yönündeki bu bulgu, Yavuz ve Avcı (2024), Ali vd. (2024), Hossain vd. (2024), Jahanger vd. (2024), Abbas vd. (2025), Bekun vd. (2025), Erdogan ve Pata (2025), Gómez (2025), Kaya vd. (2025), Radulescu vd. (2025b) ve Xuan vd. (2025) çalışmalarının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Bu sonuç, “kirleten öder” ilkesine dayanan çevresel vergilerin, çevreye verilen zararın azaltılmasına yönelik ekonomik bir teşvik mekanizması olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Çevresel vergiler, bir yandan çevreye zarar veren faaliyetleri maliyetli hâle getirerek sürdürülebilir davranışları teşvik ederken, diğer yandan da elde edilen gelirlerle çevresel iyileştirme projelerinin finansmanına katkı sağlamaktadır. Bu durum, çevre vergilerini Avrupa Birliği’nin rekabet gücünü artırma ve iklim nötrlüğü hedefleri doğrultusunda stratejik bir politika aracı haline getirmektedir (Eurostat, 2025a). Ayrıca, çevresel vergilerin firmalar ve ülkeler açısından kirliliğin ekonomik maliyetini artırması, temiz üretim teknolojilerine geçişi ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmektedir. Bu tür politikalar, kirlletici faaliyetleri sınırlandırmakla kalmayıp, aynı zamanda doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını teşvik etmekte ve çevresel performansı düşük firmaları doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Örneğin, hükümetlerin getirdiği çevresel düzenlemeler ve standartlar, firmaların üretim süreçlerinde daha temiz teknolojiler kullanmasını zorunlu kılarak enerji ve hammadde verimliliğini artırmaktadır. Aynı şekilde, çevresel vergiler ve kirlleteni cezalandıran yaptırımlar, çevreye zarar veren faaliyetlerin maliyetini artırmak suretiyle firmaları daha sürdürülebilir uygulamalara yönlendirmektedir. Bu tür mekanizmalar aracılığıyla sıkı çevre politikaları hem endüstriyel hem de toplumsal düzeyde çevresel bilinci artırmakta ve çevrenin ve doğanın korunmasına önemli katkılar sunmaktadır.

Öte yandan, üretken kapasitenin çevresel bozulmayı artırdığı yönündeki bulgu, Lin vd. (2024), Awad vd. (2024) ve Kartal vd. (2025d) tarafından elde edilen sonuçlarla tutarlıdır. Bu durum, Avrupa bölgesinde üretken kapasite artışının büyük ölçüde sanayileşme, enerji tüketimi ve doğal kaynak kullanımının yoğunlaşması yoluyla gerçekleştiğini göstermektedir. Dolayısıyla, üretken kapasite artışının çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaması için sıkı çevre politikalarının daha etkin biçimde uygulanması gerekmektedir. Ancak üretken kapasite artışını doğrudan sınırlamaya yönelik politikalar, sürdürülebilir kalkınma sürecine zarar verebilir. Bu nedenle, Avrupa bölgesinde çevre kalitesinin korunması için temel hedef, üretkenliği azaltmak değil, üretken kapasiteyi fosil yakıtlara bağımlı olmayan, doğal sermayeyi koruyan ve yeşil teknolojilere dayalı bir yapıya dönüştürmek olmalıdır.

Kantil düzeyinde elde edilen MMQR sonuçlarına göre, piyasa dışı sıkı çevre politikaları değişkeni tüm kantillerde yük kapasite faktörünü istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir. Etki büyüklüğü 0.10 kantilinde 0.124; 0.25 kantilinde 0.125; 0.50 kantilinde 0.127; 0.75 kantilinde 0.129 ve 0.90 kantilinde 0.130 olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgular, yüksek çevresel sürdürülebilirlik düzeylerinde (yük kapasite faktörünün yüksek olduğu kantillerde) piyasa dışı sıkı çevre politikalarının daha güçlü ve etkili olduğunu; çevresel kalite azaldıkça bu etkinin giderek azaldığını, ancak pozitif ve istatistiksel olarak anlamlılığını koruduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, çevresel koşulların güçlü olduğu ülkelerde

uygulanan piyasa dışı sıkı çevre politikaları, çevresel iyileşmenin sağlanmasında daha yüksek bir etkiye sahiptir. Bu doğrultuda H_3 hipotezi kabul edilmektedir. Politika açısından değerlendirildiğinde, bu sonuçlar emisyon sınırları ve teknik standartlar gibi doğrudan düzenleyici araçların, özellikle çevresel performansı belirli bir seviyeye ulaşmış ekonomilerde çevresel kaliteyi daha ileri taşımada tamamlayıcı ve güçlendirici bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, çevresel sürdürülebilirliğin farklı düzeylerinde politika etkinliğinin değiştiği dikkate alınarak, piyasa dışı çevre politikalarının kantil bazlı ve aşamalı bir biçimde tasarlanması AB çevre politikalarının etkinliğini artırıcı rol oynayabilecektir.

Öte yandan, piyasa temelli sıkı çevre politikalarının da tüm kantillerde yük kapasite faktörü üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu etkinin büyüklüğü kantiller yükseldikçe azalmaktadır. Buna göre, piyasa temelli çevre politikalarının katsayıları sırasıyla 0.10, 0.25, 0.50, 0.75 ve 0.90 kantillerinde 0.082, 0.077, 0.071, 0.064 ve 0.059 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar da H_3 hipotezini desteklemektedir. Bu bulgular, piyasa temelli çevre politikalarının çevresel kalite üzerindeki etkisinin tüm kantillerde pozitif olmakla birlikte, çevresel sürdürülebilirlik düzeyi arttıkça etki büyüklüğünün kademeli olarak azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla çevresel kalitesi düşük ülkelerde piyasa temelli çevre politikaların uygulanması çevresel kalitenin artırılmasında daha etkilidir.

Her iki bulgu birlikte değerlendirildiğinde, Avrupa bölgesinde çevresel kalitenin bölgesel ve yapısal farklılıklar dikkate alınarak ele alınması gerektiği açıkça ortaya çıkmaktadır. Çevresel kalite düzeyi yüksek olan ülkelerde piyasa dışı, özellikle emisyon sınırlarına dayalı sıkı düzenlemelerin çevresel performansı artırma açısından daha uygun olduğu görülmektedir. Buna karşılık, çevresel kalitesi görece düşük ülkelerde piyasa temelli araçların, özellikle çevresel vergilerin ve fiyat sinyallerinin güçlendirilmesi, çevresel iyileşmenin sağlanmasında daha etkili olacaktır. Bu çerçevede, Avrupa'da çevre politikalarının farklılaştırılmış ve çevresel sürdürülebilirlik düzeyine duyarlı politikalarla tasarlanması hem etkinlik hem de politika uyumu açısından kritik bir önem taşımaktadır.

Buna karşın, üretken kapasite değişkeni tüm kantillerde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla -1.294, -1.299, -1.306, -1.314, -1.319). Bu bulgu, çevresel sürdürülebilirlik düzeyi yükseldikçe üretken kapasite artışının çevresel baskıları daha da belirgin hâle getirdiğine işaret etmektedir. Elde edilen sonuçlar, çevresel kalite bakımından yüksek düzeylere ulaşmış ekonomilerde ilave üretkenlik artışlarının çevresel yükü artırabileceğini göstermektedir. Bu bulgular doğrultusunda H_5 hipotezi kabul edilmektedir. Bu nedenle, Avrupa ülkelerinde üretken kapasitenin artırılmasına yönelik faaliyetlerin temiz teknolojiler ve enerji verimliliği uygulamalarıyla desteklenmesi kritik önem taşımaktadır. Aksi takdirde, üretkenlik artışı çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişebilecektir.

Tablo 6: MMQR Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçlar

Bağımlı Değişken: Inlcf	Katsayı	Std. Hata
lokasyon		
Innonmarketepsi	0.127***	0.023
Inmarketepsi	0.071***	0.015
Inpci	-1.306***	0.176
sabit	4.344***	0.697
Kantil 0.10		
Innonmarketepsi	0.124***	0.024
Inmarketepsi	0.082***	0.016
Inpci	-1.294***	0.191
sabit	4.186***	0.760
Kantil 0.25		
Innonmarketepsi	0.125***	0.022
Inmarketepsi	0.077***	0.015
Inpci	-1.299***	0.175
sabit	4.247***	0.693
Kantil 0.50		
Innonmarketepsi	0.127***	0.023
Inmarketepsi	0.071***	0.015
Inpci	-1.306***	0.176
sabit	4.343***	0.696
Kantil 0.75		
Innonmarketepsi	0.129***	0.029
Inmarketepsi	0.064***	0.020
Inpci	-1.314***	0.210
sabit	4.444***	0.831
Kantil 0.90		
Innonmarketepsi	0.130***	0.033
Inmarketepsi	0.059***	0.023
Inpci	-1.319***	0.241
sabit	4.503***	0.954

Not: ***, ** ve *, sonuçların sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 7, Tablo 6'da sunulan bulguların dayanıklılığını test etmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu doğrultuda, bağımlı değişken olarak çevresel kirliliğin kapsamlı bir göstergesi olan ekolojik ayak izi kullanılmıştır. Tabloda yer alan MMQR sonuçlarına göre, piyasa dışı ve piyasa temelli çevre politikalarının artması ekolojik ayak izini, dolayısıyla çevresel kirliliği azaltmaktadır (sırasıyla -0.143 ve -0.094). Üretken kapasite endeksinin ise ekolojik ayak izini artırdığı görülmektedir (1.178). Bu sonuçlar, Tablo 6'da elde edilen bulgularla uyumludur. Kantil düzeyindeki sonuçlar incelendiğinde, piyasa dışı çevre politikalarının ekolojik ayak izini tüm kantillerde azalttığı, ancak bu etkinin üst kantillerde daha da güçlendiği görülmektedir. Başka bir ifadeyle, çevresel kirlilik düzeyi yüksek olan ülkelerde bu politikaların etkisi daha kuvvetlidir. Piyasa temelli çevre politikalarının etkisi ise tüm kantillerde anlamlı ve negatif olup, bu etkinin alt kantillerde, yani çevresel kirlilik düzeyi daha düşük olan ülkelerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çerçevede, Tablo 6 ve Tablo 7'de elde edilen sonuçlar yön ve istatistiksel anlamlılık açısından tutarlı olmakla birlikte, katsayı büyüklüklerinin kantiller boyunca dağılımı bakımından kısmi farklılıklar göstermektedir. Bununla birlikte, yük kapasitesi faktörünün, ekolojik ayak izine kıyasla daha kapsayıcı bir gösterge olması ve doğanın arz tarafını da dikkate alması, bu değişkenin çevresel sürdürülebilirliği ölçmede göreceli üstünlüğüne ilişkin tartışmayı güçlendirmekte; ayrıca bu kapsayıcılığın elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olabileceği yönündeki argümanı desteklemektedir (Bucak & Çatık, 2026). Ayrıca, üretken kapasitenin etkisi

tüm kantillerde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olup, üretken kapasitedeki artışın çevresel bozulmayı artırdığı görülmektedir. Bu bulgu da Tablo 6'daki sonuçlarla tutarlıdır. Bu doğrultuda H_1 , H_2 , H_3 , H_4 ve H_5 hipotezlerinin kabul edildiği teyit edilmektedir.

Tablo 7: MMQR Yöntemine Ait Sonuçlar (Dirençlilik Testi–Bağımlı Değişken: Ekolojik Ayak İzi)

Bağımlı Değişken: Inef	Katsayı	Std. Hata
lokasyon		
Innonmarketepsi	-0.143***	0.026
Inmarketepsi	-0.094***	0.017
Inpci	1.178***	0.181
sabit	2.846***	0.712
Kantil 0.10		
Innonmarketepsi	-0.127***	0.039
Inmarketepsi	-0.109***	0.026
Inpci	1.225***	0.275
sabit	3.181***	1.079
Kantil 0.25		
Innonmarketepsi	-0.134***	0.032
Inmarketepsi	-0.103***	0.021
Inpci	1.206***	0.229
sabit	3.043***	0.898
Kantil 0.50		
Innonmarketepsi	-0.144***	0.026
Inmarketepsi	-0.094***	0.017
Inpci	1.176***	0.179
sabit	2.835***	0.706
Kantil 0.75		
Innonmarketepsi	-0.152***	0.024
Inmarketepsi	-0.086***	0.016
Inpci	1.150***	0.172
sabit	2.655***	0.682
Kantil 0.90		
Innonmarketepsi	-0.158***	0.025
Inmarketepsi	-0.080***	0.018
Inpci	1.132***	0.191
sabit	2.527***	0.757

Not: ***, ** ve *, sonuçların sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

7. Sonuç ve Tartışma

Avrupa'nın iklim krizinin olumsuz etkilerini azaltmak ve çevresel kalitenin belirleyicilerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma, 23 Avrupa ülkesine ait 2000–2020 dönemi verilerini kullanarak piyasa dışı çevre politikalarının, piyasa temelli çevre politikalarının ve üretken kapasitenin yük kapasite faktörü üzerindeki etkilerini MMQR metodolojisi çerçevesinde incelemiştir. Elde edilen bulgular, tüm kantil düzeylerinde çevre politikalarının çevresel kalite üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Piyasa temelli çevre politikaları özellikle düşük ve orta kantil düzeylerinde yük kapasite faktörünü pozitif yönde etkilemektedir. Bu durum, çevresel kalitenin görece düşük olduğu düzeylerde politika müdahalelerinin daha etkili olduğunu göstermekte; çevre politikalarının ve vergisel araçların çevresel iyileşmeyi desteklediğini doğrulamaktadır. Buna karşılık, piyasa dışı çevre politikalarının etkisinin üst kantil düzeylerinde daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu durum, emisyon sınırları ve doğrudan düzenlemelerin çevre kalitesi görece yüksek ülkelerde daha etkili

bir politika aracı olabileceğini göstermektedir. Çalışmada elde edilen diğer bir sonuca göre üretken kapasite tüm kantillerde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Bu sonuç, üretim ve üretkenlik dinamiklerinin mevcut formuyla çevresel kaliteyi olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Genel olarak bu çalışma, çevresel vergilerin, emisyon sınırlarının ve sıkı çevre politikalarının Avrupa’da çevresel kaliteyi artırmada etkili araçlar olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık, üretken kapasite artışının fosil yakıtlara ve doğal kaynaklara olan bağımlılık azaltılmadan gerçekleşmesi durumunda, sürdürülebilir bir çevresel iyileşme yaratamadığı görülmektedir. Bu bulgu, Avrupa ülkelerinde üretkenlik artışının hâlâ büyük ölçüde enerji yoğun ve kaynak tüketimine dayalı bir üretim yapısı üzerinden gerçekleştiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla, çevresel kaliteyi kalıcı biçimde iyileştirebilmek için, üretkenlik artışının çevresel bozulmadan ayrıştırılmasını hedefleyen politikaların daha kararlı ve kapsamlı biçimde uygulanması gerekmektedir. Bu çerçevede, Avrupa ülkelerinde çevre politikalarının etkinliği yalnızca politika sıklığından değil, aynı zamanda bu politikaların nasıl tasarlanıp uygulandığından da önemli ölçüde etkilenmektedir. Çevresel vergilerden ve karbon fiyatlandırma araçlarından elde edilen gelirlerin özellikle ulaştırma, enerji yoğun sanayi ve altyapı gibi çevresel baskının yüksek olduğu alanlarda enerji verimliliği yatırımlarına, yenilenebilir enerji altyapısına ve düşük karbonlu üretim teknolojilerine yönlendirilmesi hayatidir. Ayrıca, Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) kapsamında elde edilen gelirlerin çevre dostu araştırma-geliştirme faaliyetlerini ve temiz teknoloji adaptasyonunu destekleyecek biçimde kullanılması, üretken kapasite artışının çevresel bozulmadan ayrıştırılmasına katkı sağlayacaktır. Böylece çevresel vergiler, emisyon sınırları ve ETS kapsamında elde edilen gelirlerin, üretken kapasitenin temiz teknolojilere ve sanayiye geçişini hızlandıracak yatırımların finansmanında kullanılması enerji verimliliğini artırırken çevresel bozulmayı azaltacaktır. Bu durum, Avrupa’nın doğal kaynak kullanımını daha sürdürülebilir hâle getiren bir üretim ve üretkenlik yapısına geçişini mümkün kılacaktır. Bu bağlamda, çevre politikalarından elde edilen gelirlerin ve desteklerin yeşil dönüşüme tahsis edilmesi (earmarking), politika etkinliğini artıran temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, üretken kapasitenin çevresel kalite üzerindeki negatif etkisi, üretken kapasite endeksinin bazı alt bileşenlerinin Avrupa ülkelerinde çevresel baskı yaratabilecek bir yapıya sahip olmasından kaynaklanabilir. Özellikle enerji, ulaştırma ve doğal sermayeye dayalı üretkenlik artışlarının fosil yakıt bağımlılığıyla birlikte gerçekleşmesi ekolojik kaynak tüketimini ve emisyon baskısını artırmaktadır. Bu durum, Avrupa’da çevresel kaliteyi artırmak için yalnızca çevre politikalarının sıkılaştırılmasının değil, aynı zamanda üretken kapasitenin bileşenlerinin çevresel hedeflerle uyumlu biçimde yeniden yapılandırılmasının gerekliliğini de göstermektedir.

Bu çalışma, gelecekte farklı yönlerden genişletilmeye açıktır. Üretken kapasite endeksinin bileşik yapısı, modele çok boyutlu bir kontrol değişkeni sağlamasına rağmen; ekonomik büyüme, ticari açıklık ile yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi gibi değişkenlerin ayrı etkilerine bu çalışmada yer verilmemektedir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda çevre politikalarının alt bileşenlerinin, üretken kapasite endeksi dışlanarak; ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji tüketimi göstergeleriyle birlikte alternatif model kurguları içinde analiz edilmesi, bulguların sağlamlığını test etmek açısından faydalı olacaktır. Ayrıca, modele kurumsal kalite, enerji riski, demokrasi, küreselleşme gibi ek belirleyicilerin dâhil edilmesi, çevresel kalite dinamiklerinin daha kapsamlı biçimde analiz edilmesine olanak sağlayabilir. Ayrıca, farklı ülke grupları veya bölgesel örneklemeler üzerinde yapılacak uygulamalar, bulguların genellenebilirliğini test etme açısından faydalı olacaktır. İleride veri tabanlarında veri setinin

güncellenmesiyle birlikte 2020 sonrası dönemin de analize eklenmesi, özellikle pandemi sonrası ekonomik dönüşümün ve Avrupa'daki yeşil politika çerçevelerinin etkisinin değerlendirilmesine katkı sunacaktır.

Kaynakça

- Abbas, N., Hassan, M., & Shaheen, W. A. (2025). Sustainability in action: An examination of human capital, green finance, green growth, and environmental taxation on load capacity factors. *Journal of Climate and Community Development*, 4(1), 91-104.
- Addai, K., Geitany, S. H. Al, Athari, S. A., Farmanesh, P., Kirikkaleli, D., & Saliba, C. (2024). Do environmental tax and energy matter for environmental degradation in the UK? Evidence from Novel Fourier-Based Estimators. *Energies*, 17(22), 5732. <https://doi.org/10.3390/en17225732>
- Agila, T. A. B., Khalifa, W. M. S., Saint Akadiri, S., Adebayo, T. S., & Altuntaş, M. (2022). Determinants of load capacity factor in South Korea: Does structural change matter? *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 69932–69948. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20676-2>
- Alatrash, M. B. A., Bein, M. A., & Samour, A. (2025). The impact of world uncertainty, environmental policy stringency, and technological innovation on environmental sustainability: Evidence from high-income countries. *Sustainability*, 17(3), 1134. <https://doi.org/10.3390/su17031134>
- Ali, E. B., Radmehr, R., Ofori, E. K., Shayanmehr, S., & Agbozo, E. (2024). Spatio-temporal investigation of economic growth and environmental quality nexus in EU countries: New guidelines regarding green goods and eco-tax. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 45564–45587. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34107-x>
- Arjun, & Mishra, B. R. (2025). Asymmetric role of environmental policy stringency, fiscal, and monetary policy on environmental sustainability: Evidence from BRICS-T countries. *Natural Resources Forum*, 49(2), 1187–1218. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12434>
- Awad, A., Baity, M. AL, Ozturk, I., Hussain, M. A., & Rahman, A. R. A. A. (2024). Pathway to environmental sustainability: Assessing the role of productive capacity, remittances, and uncertainty in sub-Saharan Africa. *Journal of Environmental Management*, 366, 121816. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121816>
- Bai, Y., Hassan, A., Niu, X., & Nassani, A. A. (2025). How renewable energy, environmental policy stringency, trade diversification index, impact environmental sustainability in G-7 Nations. *Natural Resources Forum*, 49(1), 911–925. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12595>
- Bekun, F. V., Yadav, A., Onwe, J. C., Fumey, M. P., & Ökmen, M. (2025). Assessment into the nexus between load capacity factor, population, government policy in form of environmental tax: Accessing evidence from Turkey. *International Journal of Energy Sector Management*, 19(4), 841–867. <https://doi.org/10.1108/IJESM-08-2024-0032>
- Bergougui, B., & Ben-Salha, O. (2025). How does the circular economy asymmetrically affect clean energy adoption in EU economies? *Sustainability*, 17(21), 9523. <https://doi.org/10.3390/su17219523>
- Bozatli, O., & Akca, H. (2024). Does the composition of environmental regulation matter for ecological sustainability? Evidence from Fourier ARDL under the EKC and LCC hypotheses. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26, 4305–4323. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02838-7>
- Bucak, Ç., & Çatık, A. N. (2026). Spillover effects of economic complexity on load capacity factor in the EU: a spatial econometrics perspective. *Journal of Environmental Planning and Management*, 69(6), 1809–1842. <https://doi.org/10.1080/09640568.2025.2462229>
- Chen, M., Jiandong, W., & Saleem, H. (2022). The role of environmental taxes and stringent environmental policies in attaining the environmental quality: Evidence from OECD and non-OECD countries. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 972354. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.972354>
- Chu, L. K., Doğan, B., Dung, H. P., Ghosh, S., & Alnafrh, I. (2023). A step towards ecological sustainability: How do productive capacity, green financial policy, and uncertainty matter? Focusing on different income level countries. *Journal of Cleaner Production*, 426, 138846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138846>

- Degirmenci, T., Acikgoz, F., Guney, E., & Aydin, M. (2025a). Decoupling sustainable development from environmental degradation: Insights from environmental policy stringency, renewable energy, economic growth, and load capacity factor in high-income countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 2547–2563. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-03037-0>
- Degirmenci, T., & Aydin, M. (2026). A path towards the sustainable environment from environmental governance: Testing the LCC and EKC Hypotheses with the environmental policy stringency and government effectiveness in France. *Journal of the Knowledge Economy*, 17, 981–1007. <https://doi.org/10.1007/s13132-025-02665-1>
- Degirmenci, T., Sofuoglu, E., Aydin, M., & Adebayo, T. S. (2025b). The role of energy intensity, green energy transition, and environmental policy stringency on environmental sustainability in G7 countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 2981–2993. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02968-y>
- EEA. (2025). *Europe's environment 2025*. <https://www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025>
- Erdogan, S., & Pata, U. K. (2025). Uncovering time-, frequency- and quantile-based impacts of energy, fiscal policy instruments, and economic growth on sustainable development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 32(1), 65–79. <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.2398708>
- European Commission. (2025). *Carbon leakage*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/carbon-leakage_en#:~:text=The%20term%20'carbon%20leakage'%20refers,countries%20with%20weaker%20emission%20constraints
- Eurostat. (2025a). *Environmental tax statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_tax_statistics
- Eurostat. (2025b). *Final energy consumption in industry-detailed statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Final_energy_consumption_in_industry_-_detailed_statistics
- Fatima, T., Razzaq, A., Nghiem, X. H., & Meo, M. S. (2025). How environmental policy stringency, green investment, and renewable energy contribute to environmental pollution and load capacity factor in G11 countries? *Natural Resources Forum*, 49(4), 3967–3983. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12573>
- Galvao, Jr. A. F. (2011). Quantile regression for dynamic panel data with fixed effects. *Journal of Econometrics*, 164(1), 142–157. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2011.02.016>
- Global Footprint Network. (2025). *Ecological footprint*. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>
- Gómez, M. (2025). The effect of environmental tax and economic complexity on environmental sustainability in Latin America (1995–2020). *Paradigma Económico*, 17(2), 5–27. <https://doi.org/10.36677/paradigmaeconomico.v17i2.25839>
- Guo, X., Fu, L., & Sun, X. (2021). Can environmental regulations promote greenhouse gas abatement in OECD countries? Command-and-control vs. market-based policies. *Sustainability*, 13(12), 6913. <https://doi.org/10.3390/su13126913>
- Guo, Y., Alnafrah, I., Hou, X., Almenweer, R. A., & Mehmood, U. (2025). How natural resources and technological advancements affect environmental quality: Evidence from load capacity factor in N-11 nations. *Natural Resources Forum*, 49(2), 1769–1794. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12442>
- Hossain, M. S., Mohammad Ridwan, Akhter, A., Nayeem, M. B., Choudhury, M. T. H., Asrafuzzaman, M., Shoha, S., Abir, S. I., & Sumaira. (2024). Exploring the LCC Hypothesis in the Nordic Region: The

- role of AI innovation, environmental taxes, and financial accessibility via Panel ARDL. *Global Sustainability Research*, 3(3), 54–80. <https://doi.org/10.56556/gssr.v3i3.972>
- Huang, G., Huang, P.-H., Khattak, S. I., & Khan, A. (2025). Load capacity factor as metrics for land and forests sustainability assessment in G20 Economies: Fresh insight from policy, technology, and economy perspectives. *Forests*, 16(11), 1654. <https://doi.org/10.3390/f16111654>
- Jahanger, A., Ogwu, S. O., Onwe, J. C., & Awan, A. (2024). The prominence of technological innovation and renewable energy for the ecological sustainability in top SDGs nations: Insights from the load capacity factor. *Gondwana Research*, 129, 381–397. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.05.021>
- Javed, A., & Rapposelli, A. (2025). Transition towards environmental sustainability: Evaluating the role of green investment, environmental policy, and financial development on the load capacity factor in G-7 countries. In A. Pollice & P. Mariani (Eds.), *Methodological and Applied Statistics and Demography IV*. Springer.
- Javed, A., Usman, M., & Rapposelli, A. (2025). Transition toward a sustainable future: Exploring the role of green investment, environmental policy, and financial development in the context of load capacity factor in G-7 countries. *Sustainable Development*, 33(2), 1589–1609. <https://doi.org/10.1002/sd.3192>
- Karim, R., Bhowmik, R. C., Faruq, M. O., Roshid, M. M., Islam, S., & Ramachandaran, S. D. (2025). Harnessing growth for ecological sustainability through exploring the drivers of load capacity factor in G7 nations. *Discover Sustainability*, 6(821), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01757-x>
- Karlilar Pata, S., Erdogan, S., Kartal, M. T., & Pata, U. K. (2024). Navigating the role of transport and energy taxes on carbon neutrality in Poland: A Fourier-based approach. *Energy and Environment*, 1–14. <https://doi.org/10.1177/0958305X241270249>
- Kartal, M. T. (2024). Impact of environmental tax on ensuring environmental quality: Quantile-based evidence from G7 countries. *Journal of Cleaner Production*, 440(140874). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140874>
- Kartal, M. T., Kim, E., Mukhtarov, S., Taşkın, D., Kirikkaleli, D., Kılıç Depren, S., & Park, J. (2025a). Effect of AI-related patents, energy transition, environmental policy stringency, income, and energy consumption sub-types on the environmental sustainability: Evidence from China by KRLS approach. *Journal of Environmental Management*, 395, 127924. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127924>
- Kartal, M. T., Magazzino, C., Mukhtarov, S., Kirikkaleli, D., Costantiello, A., & Mammadov, J. (2025b). The effect of productive capacity changes, income, and clean energy on ecological sustainability in China by novel KRLS approach. *Scientific Reports*, 15, 33642. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12325-8>
- Kartal, M. T., Mukhtarov, S., & Kirikkaleli, D. (2025c). Achieving environmental quality through stringent environmental policies: Comparative evidence from G7 countries by multiple environmental indicators. *Geoscience Frontiers*, 16(1), 101956. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101956>
- Kartal, M. T., Mukhtarov, S., Pata, U. K., & Mammadov, J. (2025d). Role of environmental policy stringency, energy transition, and income in ensuring low-carbon environment: A time-frequency analysis. *Energy and Environment*, 1–26. <https://doi.org/10.1177/0958305X251315407>
- Kartal, M. T., Santosh, M., Taşkın, D., Kılıç Depren, S., & Ayhan, F. (2025e). Impact of productive capacity shifts, energy-related R&D investments, energy use, and income on environmental degradation: Evidence from leading developed countries. *Renewable Energy*, 251, 123338. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123338>
- Kartal, M. T., Gafarlı, G., Taşkın, D., Depren, Ö., & Ayhan, F. (2025g). Role of market and nonmarket-based environmental policies, energy use, and income on environmental sustainability: The case of G7

- countries. *Environmental and Sustainability Indicators*, 28, 101006. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.101006>
- Kaya, F., Mia, B., Aktar, M. A., Hossain, M. S., Hassan, M. M., Rahaman, M. A., & Voumik, L. C. (2025). Impact of environmental taxes, hydroelectricity consumption, economic globalization, and gross domestic product (GDP) on the load capacity factor in the selected European Union (EU) member countries. *Regional Sustainability*, 6(2), 100210. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100210>
- Kelly, A. M., & Ndeffo, L. N. (2025). Aid or sanction? Comparing the effectiveness of climate finance and environmental taxation in mitigating environmental degradation in Africa. *Innovation and Green Development*, 4(3), 100241. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2025.100241>
- Kirikaleli, D. (2023). Does environmental tax matter for environmental degradation in the Netherlands? Evidence from novel Fourier-based estimators. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 57481–57489. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26583-4>
- Lin, S., Razzaq, A., & Yi, K. (2023). Heterogenous influence of productive capacities pillars and natural resources on ecological sustainability in developing Belt and Road host countries. *Resources Policy*, 85, 103776. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103776>
- Lin, T. X., Gozgor, G., Rather, K. N., Mahalik, M. K., & Lau, C. K. M. (2024). How do natural resource rents and productive capacity affect carbon emissions? Evidence from developed and developing countries. *Resources Policy*, 93, 105095. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105095>
- Machado, J. A. F., & Silva, J. M. C. S. (2019). Quantiles via moments. *Journal of Econometrics*, 213(1), 145–173. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2019.04.009>
- OECD. (2022). *Measuring environmental policy stringency in OECD countries: An update of the OECD composite EPS indicator*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/03/measuring-environmental-policy-stringency-in-oecd-countries_5655fe2c/90ab82e8-en.pdf
- OECD. (2025). OECD Environmental Policy Stringency Index. [https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_EPS%40DF_EPS&df\[ag\]=OECD.ECO.MAD&dq=.A..&pd=%2C&to\[TIME_PERIOD\]=false&vw=tb](https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_EPS%40DF_EPS&df[ag]=OECD.ECO.MAD&dq=.A..&pd=%2C&to[TIME_PERIOD]=false&vw=tb)
- Oluc, I., Ben Jebli, M., Can, M., Guzel, I., & Brusselsaers, J. (2023). The productive capacity and environment: Evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 3453–3466. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22341-0>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Pata, U. K., & Destek, M. A. (2023). A sustainable development assessment for the Load Capacity Factor and carbon footprint in India: The role of information and communication technologies, renewable energy, and structural changes. *Journal of Environment and Development*, 32(4), 392–412. <https://doi.org/10.1177/10704965231205024>
- Radulescu, M., Hossain, M. R., Alofaysan, H., & Mohammed, K. S. (2025a). Do emission trading systems, green technology, and environmental governance matter for environmental quality? Evidence from the European Union. *International Journal of Environmental Research*, 19(6). <https://doi.org/10.1007/s41742-024-00667-6>
- Radulescu, M., Panait, M., Mohammed, K. S., Alofaysan, H., Raza Shah, S. A., & Marza, B. (2025b). LCC hypothesis in the context of environmental taxes, renewable energy, and trade flow in Romania. *Energy Exploration and Exploitation*, 43(5), 1974–1995. <https://doi.org/10.1177/01445987251346986>
- Saqib, N., Usman, M., Radulescu, M., Şerbu, R. S., Kamal, M., & Belascu, L. A. (2025). Synergizing green energy, natural resources, global integration, and environmental taxation: Pioneering a

- sustainable development goal framework for carbon neutrality targets. *Energy and Environment*, 36(6), 2966–2990. <https://doi.org/10.1177/0958305X231215319>
- Sevinç, H., Kizildere, C., Eweade, B. S., & Gyamfi, B. A. (2025). Drivers of ecological quality: do environmental policy stringency and urbanization play a role? *Environmental Sciences Europe*, 37(148). <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01200-y>
- Shayanmehr, S., Radmehr, R., Ali, E. B., Ofori, E. K., Adebayo, T. S., & Gyamfi, B. A. (2023). How do environmental tax and renewable energy contribute to ecological sustainability? New evidence from top renewable energy countries. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 30(6), 650–670. <https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2186961>
- Siche, R., Pereira, L., Agostinho, F., & Ortega, E. (2010). Convergence of ecological footprint and emergy analysis as a sustainability indicator of countries: Peru as case study. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 15(10), 3182–3192. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2009.10.027>
- Telatar, O. M., & Birinci, N. (2022). The effects of environmental tax on ecological footprint and carbon dioxide emissions: A nonlinear cointegration analysis on Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 44335–44347. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18740-y>
- Thomas, S., & Rosenow, J. (2020). Drivers of increasing energy consumption in Europe and policy implications. *Energy Policy*, 137, 111108. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111108>
- UNCTAD. (2023). *UNCTAD launches new index for countries to better measure economic potential*. <https://unctad.org/press-material/unctad-launches-new-index-countries-better-measure-economic-potential>
- UNCTAD. (2025). *Productive capacities index, annual, 2000-2024 (analytical)*. <https://unctadstat.unctad.org/datacentre/dataviewer/US.PCI>
- Walter, I., & Ugelow, J.L. (1979). Environmental policies in developing countries. *Ambio*, 8(2-3), 102–109.
- Wang, K., Yan, M., Wang, Y., & Chang, C. P. (2020). The impact of environmental policy stringency on air quality. *Atmospheric Environment*, 231, 117522. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117522>
- Wolde-Rufael, Y., & Mulat-Weldemeskel, E. (2021). Do environmental taxes and environmental stringency policies reduce CO2 emissions? Evidence from 7 emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 22392–22408. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11475-8>
- Wolde-Rufael, Y., & Mulat-Weldemeskel, E. (2023). Effectiveness of environmental taxes and environmental stringent policies on CO2 emissions: The European experience. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 5211–5239. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02262-1>
- Xin, Y., Ajaz, T., Shahzad, M., & Luo, J. (2023). How productive capacities influence trade-adjusted resources consumption in China: Testing resource-based EKC. *Resources Policy*, 81, 103329. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103329>
- Xuan, H. T., Hai, N. C., & Hung, N. T. (2025). The dynamic effects of green growth, environmental taxes, renewable energy consumption, financial development, and globalization on the load capacity factor in Vietnam: Novel findings from wavelet quantile regression. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 18, 28. <https://doi.org/10.1007/s12076-025-00421-2>
- Yavuz, E., & Avci, T. (2024). Revisiting the Double Dividend Hypothesis with the Load Capacity Factor. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 332–346. <https://doi.org/10.47097/piar.1553076>
- Yeboah, K. E., Feng, B., Jamatutu, S. A., Nyarko, F. E., & Charles, A. G. (2025). Impact of green financing on energy efficiency and CO2 emissions in Africa: The role of environmental tax and FDI. *Journal of Cleaner Production*, 521, 146258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146258>

- Yıldırım, M., Destek, M. A., & Manga, M. (2024). Foreign investments and load capacity factor in BRICS: the moderating role of environmental policy stringency. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 11228–11242. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31814-9>
- York University. (2025). *National Ecological Footprint and Biocapacity Accounts*. <https://footprint.info.yorku.ca/data/>
- Youssef, A. Ben, Dahmani, M., & Mabrouki, M. (2023). The impact of environmentally related taxes and productive capacities on climate change: Insights from European Economic Area countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 99900–99912. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29442-4>

Ek 1: Analize Dahil Edilen Ülke Listesi

Almanya	İsviçre
Avusturya	İtalya
Belçika	Lüksemburg
Çekya	Macaristan
Danimarka	Norveç
Estonya	Polonya
Finlandiya	Portekiz
Fransa	Slovakya
Hollanda	Slovenya
İrlanda	Türkiye
İspanya	Yunanistan
İsveç	

Extended Summary

The Impact of Stringent Environmental Policies and Productive Capacities on Environmental Quality in European Countries: Evidence from the MMQR Method

Environmental degradation stands as a critical global challenge today, particularly in the European region, where temperatures are rising almost twice as fast as the global average. These environmental issues pose significant risks not only to environmental quality but also to the long-term competitiveness of European economies, many of which remain heavily reliant on fossil fuels. Rising temperatures, increasing frequency of extreme weather events, and declining biodiversity represent pressing challenges with far-reaching social, economic, and ecological consequences. In response, the European Union has implemented ambitious climate and environmental policies, including the Paris Agreement, the European Green Deal, and the Fit for 55 package. These initiatives aim to achieve climate neutrality by 2050, improve environmental quality, reduce greenhouse gas emissions, and facilitate a transition toward sustainable economic development. Despite these efforts, fossil fuels continue to constitute a significant portion of Europe's energy mix, underscoring the complexity of balancing economic growth with environmental sustainability. These persistent challenges highlight the need for a deeper understanding of the factors that influence environmental quality. In this regard, this study investigates the impact of market-based and non-market-based environmental policies, and productive capacities on the load capacity factor across 23 European countries over the 2000–2020 period. The load capacity factor, defined as the ratio of biocapacity to ecological footprint, provides a comprehensive measure of environmental quality by integrating both the supply and demand sides of the environment. Unlike traditional indicators, such as carbon or greenhouse gas emissions, which capture only the atmospheric dimension of environmental degradation, the load capacity factor offers a holistic perspective, reflecting the balance between human demand for natural resources and their availability. It also addresses the limitations of the ecological footprint indicator, which considers only the demand side, enabling a more complete assessment of environmental sustainability. The empirical analysis in this paper employs the Method of Moments Quantile Regression (MMQR) technique. Unlike traditional estimators, MMQR allows for the estimation of variable effects across different quantiles of environmental quality. This approach is particularly relevant because European countries differ widely in terms of environmental performance, and the effects of policy interventions may vary accordingly. Prior to applying MMQR, several preliminary tests were conducted. Cross-sectional dependence tests confirmed strong interdependencies across countries, reflecting the interconnected nature of European economies and environmental systems. Homogeneity tests indicated heterogeneity among countries. Accordingly, a second-generation panel unit root test (CIPS) was applied, showing that all variables are integrated of order zero. Since all variables are integrated of order zero ($I(0)$), the risk of spurious regression is avoided, providing a robust foundation for the direct application of the MMQR approach. The MMQR results yield several important and policy-relevant findings. Firstly, market-based environmental policies exert a positive and statistically significant effect on environmental quality across all quantiles. However, their effects are more nuanced and pronounced in the lower quantiles. This suggests that in countries with relatively poor environmental performance, market-based environmental policies play a more substantial role in improving environmental outcomes. Secondly, non-market-based environmental policies also improve environmental quality, with statistically significant positive effects observed across all quantiles. However, the magnitude of the effect gradually increases across quantiles, indicating that such policies are most effective where environmental degradation is relatively low. Thirdly, productive capacities exhibit a negative and statistically significant effect on environmental quality across all quantiles. This indicates that increasing productive capacities—driven by capital accumulation, industrial expansion, energy consumption, and resource extraction—tends to exacerbate environmental pressures. The negative impact of productive capacities raises critical concerns about the sustainability of Europe's growth model and emphasizes the need to decouple economic expansion from environmental degradation. From a policy perspective, the study presents several important implications. The positive effects of environmental policies highlight the vital role of regulatory and fiscal instruments in promoting sustainability. Conversely, the negative impact of productive capacities indicates that European countries must adopt strategies to reduce the environmental footprint of economic growth. This can be achieved through investments in renewable energy, energy efficiency, green technologies, circular economy practices, and sustainable production systems. Importantly, revenues generated from environmental regulatory measures should be strategically allocated to support these green transformations. By channeling these funds into clean production, green innovation, and environmentally sound technologies, European countries can improve environmental quality while maintaining and enhancing productivity. In conclusion, this study provides robust empirical evidence on the determinants of environmental quality in Europe. The findings highlight the effectiveness of stringent environmental policies while illustrating the environmental risks associated with increasing productive capacities. These insights contribute to the growing literature on environmental policy effectiveness and offer practical guidance for achieving sustainable development in the European context. Future research could extend this analysis by incorporating additional determinants, such as institutional quality, political stability, globalization,

energy risks, and democratic governance, as well as by updating the dataset as new environmental indicators become available. While the composite productive capacities index offers a multidimensional control variable, it prevents the separation of individual impacts from economic growth, trade openness, and renewable and non-renewable energy consumption. Future research could explore alternative models that replace the productive capacity index with these conventional indicators and environmental policy sub-components to enhance the robustness of findings. Such research would further enhance understanding of the complex interactions between policy, economic activity, and environmental sustainability, ultimately supporting more effective interventions to protect natural resources and promote long-term ecological and economic resilience.