



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625

Research Article / Araştırma Makalesi



The Relationship Between Renewable Energy Subsidies and Energy Production: The Case of Türkiye

Yenilenebilir Enerji Destekleri ve Üretim İlişkisi: Türkiye Örneği

Mulla Veli Ablay* - Demet Dönmez**

Abstract: The utilization of renewable energy sources is becoming increasingly significant worldwide for ensuring energy supply security and the sustainability of energy resources. State-provided incentives and the technological and structural developments in the field of renewable energy production play a critical role in shaping the overall progress of the sector. In this study, the effects of the support provided under the Renewable Energy Support Mechanism (YEKDEM) in Türkiye on renewable energy production were analyzed using Bayesian and classical regression methods with monthly data from the 2017-2024 period. In the model used for the analysis, YEKDEM support payments were selected as the dependent variable, while the generation volumes of biomass, solar, hydroelectric, geothermal, and wind energy, as well as unlicensed renewable energy, were selected as independent variables. The data used in the study were compiled from the official website of the Energy Market Regulatory Authority of Türkiye. In Bayesian regression analysis, the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) simulation technique was employed to estimate the probability distributions of model parameters. Relationships between variables were analyzed within the Bayesian framework by evaluating parameter estimates and uncertainty levels based on the posterior distributions obtained using the WinBUGS software. In the study, the effects of biomass, hydroelectric, wind, and unlicensed renewable energy sources on the YEKDEM dependent variable were found to be positive, while the effects of solar and geothermal energy were found to be negative. The findings indicate that the support provided in the renewable energy sector has a significant impact on energy production within this field. Within this context, considering the role of support mechanisms in renewable energy in promoting sustainability and meeting energy demand, it is believed that this study will contribute to the literature for policymakers and future research in the field.

Keywords: Renewable Energy, Sustainability, YEKDEM, Bayesian Method, Classical Regression, Türkiye

* Lect. Dr., Osmaniye Korkut Ata University, Rectorate, Distance Education Application and Research Center
Öğr. Gör. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Rektörlük, Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4027-3949>
mullaveliabl原因@osmaniye.edu.tr

** Corresponding Author: Assoc. Prof. Dr. Osmaniye Korkut Ata University, Department of Public Administration and Political Science, Faculty of Economics and Administrative Sciences
Sorumlu Yazar: Doç. Dr., Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5833-9088>
donmezdemet@gmail.com

Cite as/ Atıf: Ablay, M. V. & Dönmez, D. (2026). The relationship between renewable energy subsidies and energy production: the case of Türkiye / Yenilenebilir enerji destekleri ve üretim ilişkisi: Türkiye örneği. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics* 21(Ö1), 1-39. [Special Issues Dedicated to Prof. Dr. Mahmut Özer], Ankara Bilim University Publications. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.94562>

Received/Geliş: 25 June/Haziran 2025

Accepted/Kabul: 15 September/Eylül 2026

Published/Yayın: 20 September/Eylül 2026

Checked by plagiarism software



Öz: Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, küresel ölçekte enerji arzının güvenliği ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji üretimi alanında devletlerin sağladığı destekler ile bu alandaki teknolojik ve yapısal gelişmeler, sürecin şekillenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Çalışmada, Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında sağlanan desteklerin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkileri, 2017-2024 dönemine ait aylık veriler kullanılarak Bayesyen ve Klasik Regresyon yöntemleriyle analiz edilmiştir. Analizde kullanılan modelde YEKDEM destekleri bağımlı değişken olarak, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve lisanssız yenilenebilir enerji üretim miktarları bağımsız değişken olarak tercih edilmiştir. Kullanılan veriler Türkiye Enerji Piyasası Denetleme Kurumu resmî sitesinden derlenmiştir. Bayesyen regresyon analizinde, model parametrelerinin olasılık dağılımlarını tahmin etmek amacıyla Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) simülasyon tekniğinden yararlanılmıştır. WinBUGS programı kullanılarak elde edilen sonsal dağılımlar üzerinden model parametrelerinin tahminleri ve belirsizlik düzeyleri değerlendirilerek değişkenler arasındaki ilişkiler Bayesyen yaklaşım çerçevesinde analiz edilmiştir. Çalışmada bağımlı değişken üzerinde biyokütle, hidroelektrik, rüzgâr ve lisanssız yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi pozitif yönlü olurken, güneş enerjisi ve jeotermal enerjinin etkisi negatif yönlü olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular yenilenebilir enerji alanında sağlanan desteklerin yenilenebilir enerji alanında enerji üretimini etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda yenilenebilir enerjide sağlanan desteklerin enerji alanında sürdürülebilirlik ve enerji arzını karşılama durumları göz önüne alındığında politika yapıcılara ve bu alanda yapılacak olan araştırmalara literatür olarak katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Sürdürülebilirlik, YEKDEM, Bayesyen Yöntem, Klasik Regresyon, Türkiye

Structured Abstract:

Renewable energy sources are gaining increasing global importance in ensuring energy supply security, supporting environmental sustainability, and reducing dependence on fossil fuels. The Renewable Energy Support Mechanism (YEKDEM), developed to support this process in Türkiye, plays a significant role in promoting the increase in renewable energy production. The primary objective of this study is to statistically analyze the impact of the support provided under the Renewable Energy Support Mechanism (YEKDEM) on renewable energy production and to assess the predictability of this relationship.

Compared to the existing literature, the study demonstrates originality in terms of the statistical methods employed. By going beyond classical methods and applying Bayesian statistical analyses, the accuracy and reliability of the results are enhanced. Additionally, the use of a high-frequency data set provides the opportunity to analyze the effects of support policies on production, including short-term fluctuations. Within the scope of the literature review, it is observed that the relationships between renewable energy consumption and variables such as economic growth, environmental quality, import rates, and public incentives are frequently examined at both national and international levels. In this context, the study provides a new contribution to the literature by analyzing the effects of renewable energy supports on production outputs in the case of Türkiye. In particular, the consistency of the results obtained in studies such as Nicolini and Massimo (2017), Berksoy and Akbaş Akdoğan (2018), Yalçın and Özcan (2021), and Damar and Yıldırım (2023) reinforces the reliability of the findings of this study.

In the study, both the classical multiple regression method and the Bayesian multiple regression method were applied using monthly data from Türkiye covering the period between 2017 and 2024. In the classical method, the analysis was conducted using the SPSS software, while in the Bayesian method, the WinBUGS software was employed. In the model, the amount of support provided under YEKDEM was used as the dependent variable, while the amounts of biomass energy, solar energy, hydroelectric energy, geothermal energy, wind energy, and unlicensed renewable energy production were considered as independent variables.

According to the findings, biomass, hydroelectric, wind, and unlicensed production sources have positive and statistically significant effects on YEKDEM support. In contrast, increases in solar and geothermal energy production were found to have negative effects on the level of support. The consistency of the results from both Bayesian and classical analyses is explained by the use of non-informative prior distributions and the high reliability of the model. In the Bayesian analysis, after 1,500,000 iterations performed using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) technique, the model's convergence and stationarity were achieved, and the obtained results reinforced the validity of the model. In the study, the adjusted R^2 value was calculated as 96%, indicating that the independent variables have a high explanatory power on the dependent variable. The significance levels of the parameter estimates were found to be below the 5% significance level for all variables except wind energy. Holding all other variables constant, a one-unit increase in the BY variable results in a 2.300-unit increase in YEKDEM. Similarly, a one-unit increase in the HD variable is associated with a 0.179-unit increase in YEKDEM; a one-unit increase in the RZ variable corresponds to a 0.062-unit increase; and a one-unit increase in the LS variable corresponds to a 0.092-unit increase in YEKDEM. In contrast, a one-unit increase in the GN variable leads to a 0.123-unit decrease in YEKDEM, while a one-unit increase in the JT variable results in a 1.226-unit decrease in YEKDEM. This indicates that the variables included in the model are determinant factors in the support mechanism. The analysis results provide important insights into understanding the impact of energy support policies on energy production. According to the findings, support can be increased by promoting resources such as biomass and hydroelectric energy, whereas the support structures for solar and geothermal energy resources need to be reassessed. In particular, due to the high installation costs and technical limitations of geothermal energy production, the impact of the support is observed to be negative.

In conclusion, the data obtained from the study reveal that YEKDEM support has a statistically significant impact on renewable energy production. It is understood that the support exhibits different effects according to energy types; therefore, it is recommended that support policies be differentiated based on the type of energy. Furthermore, through comprehensive modeling using both classical and Bayesian analysis methods, the relationship between support policies and production has been strongly demonstrated. In future studies, the installation costs of renewable energy investments, their regional distributions, and long-term sustainability effects can be analyzed in detail. Additionally, the effects of public-private sector partnerships on support mechanisms can also be addressed as a separate research topic. In this context, the study provides

results that are not only academic but also serve as guidance for policymakers in the formulation of energy policies.

Keywords: Renewable Energy, Sustainability, YEKDEM, Bayesian Method, Classical Regression, Türkiye

ملخص منظم:

تكتسب مصادر الطاقة المتجددة أهمية عالمية متزايدة في ضمان أمن إمدادات الطاقة، ودعم الاستدامة البيئية، والحد من الاعتماد التي تم تطويرها لدعم هذه العملية في تركيا، دوراً مهماً في تعزيز (YEKDEM) على الوقود الأحفوري. وتلعب آلية دعم الطاقة المتجددة زيادة إنتاج الطاقة المتجددة. ويتمثل الهدف الرئيسي لهذه الدراسة في إجراء تحليل إحصائي لتأثير الدعم المقدم في إطار آلية دعم الطاقة المتجددة على إنتاج الطاقة المتجددة، وتقييم مدى إمكانية التنبؤ بهذه العلاقة (YEKDEM).

وبالمقارنة مع الأدبيات الحالية، تُظهر الدراسة أصالة من حيث الأساليب الإحصائية المستخدمة. ومن خلال تجاوز الأساليب الكلاسيكية وتطبيق التحليلات الإحصائية البايزية، يتم تعزيز دقة وموثوقية النتائج. بالإضافة إلى ذلك، يتيح استخدام مجموعة بيانات عالية التردد الفرصة لتحليل آثار سياسات الدعم على الإنتاج، بما في ذلك التقلبات قصيرة الأجل. في إطار استعراض الأدبيات، لوحظ أن العلاقات بين استهلاك الطاقة المتجددة ومتغيرات مثل النمو الاقتصادي، وجودة البيئة، ومعدلات الاستيراد، والحوافز العامة، تُدرس بشكل متكرر على الصعيدين الوطني والدولي. وفي هذا السياق، تقدم الدراسة مساهمة جديدة في الأدبيات من خلال تحليل آثار دعم الطاقة المتجددة على مخرجات و (2017) Massimo و Nicolini الإنتاج في حالة تركيا. وعلى وجه الخصوص، فإن اتساق النتائج التي تم التوصل إليها في دراسات مثل يعزز موثوقية نتائج هذه (2023) Yıldırım و Damar، و (2021) Özcan و Yalçın، و (2018) Akbaş و Berksoy الدراسة.

في هذه الدراسة، تم تطبيق كل من طريقة الانحدار المتعدد الكلاسيكية وطريقة الانحدار المتعدد البايزي باستخدام بيانات شهرية من WinBUGS بينما استخدم برنامج SPSS تركيا تغطي الفترة ما بين 2017 و 2024. في المنهج الكلاسيكي، أجري التحليل باستخدام برنامج كمتغير تابع، في حين اعتُبرت كميات إنتاج الطاقة YEKDEM في المنهج البايزي. وفي النموذج، استُخدم مقدار الدعم المقدم في إطار برنامج من الكتلة الحيوية، والطاقة الشمسية، والطاقة الكهرومائية، والطاقة الحرارية الأرضية، وطاقة الرياح، والطاقة المتجددة غير المرخصة متغيرات مستقلة.

ووفقاً للنتائج، فإن مصادر الطاقة الحيوية والطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والإنتاج غير المرخص لها تأثيرات إيجابية وذات دلالة في المقابل، تبين أن الزيادات في إنتاج الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية لها تأثيرات سلبية. YEKDEM إحصائية على دعم برنامج على مستوى الدعم. ويُعزى اتساق النتائج المستمدة من كل من التحليل البايزي والتحليل الكلاسيكي إلى استخدام توزيعات مسبقة غير إعلامية تم (MCMC) والموثوقية العالية للنموذج. وفي التحليل البايزي، بعد إجراء 1,500,000 تكرار باستخدام تقنية سلسلة ماركوف مونت كارلو، المعدلة بنسبة R^2 96 تحقيق تقارب النموذج وثباته، وعززت النتائج التي تم الحصول عليها صحة النموذج. في هذه الدراسة، تم حساب قيمة مما يشير إلى أن المتغيرات المستقلة تتمتع بقدرة تفسيرية عالية للمتغير التابع. وتبين أن مستويات الدلالة الإحصائية لتقديرات المعلمات كانت أقل من مستوى الدلالة الإحصائية البالغ 5٪ لجميع المتغيرات باستثناء طاقة الرياح. وعند إبقاء جميع المتغيرات الأخرى ثابتة، تؤدي الزيادة YEKDEM إلى زيادة بمقدار 2,300 وحدة في BY بمقدار وحدة واحدة في المتغير.

؛ وترتبط الزيادة بمقدار YEKDEM بزيادة بمقدار 0.179 وحدة في HD وبالمثل، ترتبط الزيادة بمقدار وحدة واحدة في المتغير بزيادة بمقدار 0.092 وحدة في LS بزيادة بمقدار 0.062 وحدة؛ وترتبط الزيادة بمقدار وحدة واحدة في المتغير RZ وحدة واحدة في المتغير بينما تؤدي YEKDEM إلى انخفاض بمقدار 0.123 وحدة في GN في المقابل، تؤدي الزيادة بمقدار وحدة واحدة في المتغير YEKDEM. ويشير ذلك إلى أن المتغيرات المدرجة في YEKDEM إلى انخفاض بمقدار 1.226 وحدة في JT الزيادة بمقدار وحدة واحدة في المتغير النموذج تمثل عوامل حاسمة في آلية الدعم. وتوفر نتائج التحليل رؤى مهمة لفهم تأثير سياسات دعم الطاقة على إنتاج الطاقة. ووفقاً للنتائج، يمكن زيادة الدعم من خلال تشجيع موارد مثل الكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية، في حين يتعين إعادة تقييم هياكل الدعم الخاصة بمراد الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية. وعلى وجه الخصوص، ونظراً لارتفاع تكاليف التركيب والقيود التقنية لإنتاج الطاقة الحرارية الأرضية، لوحظ أن تأثير الدعم سلبي.

له تأثير ذو دلالة إحصائية على إنتاج الطاقة المتجددة. ومن YEKDEM وختاماً، تكشف البيانات المستخلصة من الدراسة أن دعم المعلوم أن الدعم يُظهر تأثيرات مختلفة وفقاً لأنواع الطاقة؛ ولذلك، يُوصى بتنوع سياسات الدعم بناءً على نوع الطاقة. علاوة على ذلك، من خلال النمذجة الشاملة باستخدام كل من أساليب التحليل الكلاسيكية والبايزية، تم إثبات العلاقة بين سياسات الدعم والإنتاج بشكل قوي. وفي الدراسات المستقبلية، يمكن تحليل تكاليف تركيب استثمارات الطاقة المتجددة، وتوزيعاتها الإقليمية، وآثار الاستدامة طويلة الأجل بالتفصيل، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضاً تناول تأثيرات الشراكات بين القطاعين العام والخاص على آليات الدعم كموضوع بحثي منفصل. وفي هذا السياق، تقدم الدراسة نتائج ليست أكاديمية فحسب، بل تُعد أيضاً بمثابة إرشادات لصانعي السياسات في صياغة سياسات الطاقة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، الاستدامة

المنهج البايزي، الانحدار الكلاسيكي، تركيا، YEKDEM

Résumé Structuré:

Les sources d'énergie renouvelables revêtent une importance croissante à l'échelle mondiale pour garantir la sécurité de l'approvisionnement énergétique, favoriser la durabilité environnementale et réduire la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles. Le mécanisme de soutien aux énergies renouvelables (YEKDEM), mis en place pour accompagner ce processus en Turquie, joue un rôle significatif dans la promotion de l'augmentation de la production d'énergies renouvelables. L'objectif principal de cette étude est d'analyser statistiquement l'impact du soutien fourni dans le cadre du mécanisme de soutien aux énergies renouvelables (YEKDEM) sur la production d'énergies renouvelables et d'évaluer la prévisibilité de cette relation.

Par rapport à la littérature existante, cette étude se distingue par l'originalité des méthodes statistiques utilisées. En allant au-delà des méthodes classiques et en recourant à des analyses statistiques bayésiennes, la précision et la fiabilité des résultats sont renforcées. De plus, l'utilisation d'un ensemble de données à haute fréquence permet d'analyser les effets des politiques de soutien sur la production, y compris les fluctuations à court terme. Dans le cadre de la revue de la littérature, on constate que les relations entre la consommation d'énergies renouvelables et des variables telles que la croissance économique, la qualité de l'environnement, les taux d'importation et les incitations publiques sont fréquemment examinées tant au niveau national qu'international. Dans ce contexte, la présente étude apporte une nouvelle contribution à la littérature en analysant les effets des aides en faveur des énergies renouvelables sur les volumes de production dans le cas de la Turquie. En particulier, la cohérence des résultats obtenus dans des études telles que celles de Nicolini et Massimo (2017), Berksoy et Akbaş Akdoğan (2018), Yalçiner et Özcan (2021), ainsi que Damar et Yıldırım (2023) renforce la fiabilité des conclusions de la présente étude.

Dans le cadre de cette étude, la méthode classique de régression multiple et la méthode bayésienne de régression multiple ont toutes deux été appliquées à partir de données mensuelles provenant de la Turquie et couvrant la période comprise entre 2017 et 2024. Dans le cadre de la méthode classique, l'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS, tandis que pour la méthode bayésienne, c'est le logiciel WinBUGS qui a été utilisé. Dans le modèle, le montant de l'aide octroyée au titre du programme YEKDEM a été utilisé comme variable dépendante, tandis que les volumes de production d'énergie issue de la biomasse, de l'énergie solaire, de l'énergie hydroélectrique, de l'énergie géothermique, de l'énergie éolienne et des énergies renouvelables non soumises à licence ont été considérés comme des variables indépendantes.

D'après les résultats, la biomasse, l'hydroélectricité, l'énergie éolienne et la production non soumise à licence ont des effets positifs et statistiquement significatifs sur le soutien au titre du YEKDEM. En revanche, il a été constaté que les augmentations de la production d'énergie solaire et géothermique avaient des effets négatifs sur le niveau de soutien. La cohérence des résultats issus tant de l'analyse bayésienne que de l'analyse classique s'explique par l'utilisation de distributions a priori non informatives et par la grande fiabilité du modèle. Dans l'analyse bayésienne, après 1 500 000 itérations réalisées à l'aide de la technique des chaînes de Markov Monte Carlo (MCMC), la convergence et la stationnarité du modèle ont été atteintes, et les résultats obtenus ont renforcé la validité du modèle. Dans cette étude, la valeur du R^2 ajusté a été calculée à 96 %, ce qui indique que les variables indépendantes possèdent un fort pouvoir explicatif sur la variable dépendante. Les niveaux de signification des estimations des paramètres se sont avérés inférieurs au seuil de 5 % pour toutes les variables, à l'exception de l'énergie éolienne. Toutes les autres variables étant maintenues constantes, une augmentation d'une unité de la variable BY entraîne une augmentation de 2,300 unités de YEKDEM.

De même, une augmentation d'une unité de la variable HD est associée à une augmentation de 0,179 unité de YEKDEM ; une augmentation d'une unité de la variable RZ correspond à une augmentation de 0,062 unité ; et une augmentation d'une unité de la variable LS correspond à une augmentation de 0,092 unité de YEKDEM. En revanche, une augmentation d'une unité de la variable GN entraîne une diminution de 0,123 unité de YEKDEM, tandis qu'une augmentation d'une unité de la variable JT se traduit par une diminution de 1,226 unité de YEKDEM. Cela indique que les variables incluses dans le modèle sont des facteurs déterminants du mécanisme de soutien. Les résultats de l'analyse fournissent des informations importantes pour comprendre l'impact des politiques de soutien énergétique sur la production d'énergie. D'après ces résultats, le soutien peut être renforcé en favorisant des ressources telles que la biomasse et l'énergie hydroélectrique, tandis que les structures de soutien aux ressources énergétiques solaires et géothermiques doivent être réévaluées. En particulier, en raison des coûts d'installation élevés et des contraintes techniques liées à la production d'énergie géothermique, l'impact du soutien s'avère négatif.

En conclusion, les données issues de l'étude révèlent que le soutien YEKDEM a un impact statistiquement significatif sur la production d'énergie renouvelable. Il apparaît que ce soutien produit des effets différents selon les types d'énergie ; il est donc recommandé de différencier les politiques de soutien en fonction du type d'énergie. De plus, grâce à une modélisation exhaustive utilisant à la fois des méthodes d'analyse classiques et bayésiennes, la relation entre les politiques de soutien et la production a été clairement démontrée. Dans le cadre d'études futures, les coûts d'installation des investissements dans les énergies renouvelables, leur répartition régionale et leurs effets sur la durabilité à long terme pourront être analysés en détail. Par ailleurs, les effets des partenariats public-privé sur les mécanismes de soutien pourraient également faire l'objet d'un sujet de recherche distinct. Dans ce contexte, l'étude fournit des résultats qui ne sont pas seulement d'ordre académique, mais qui servent également de lignes directrices aux décideurs politiques dans l'élaboration des politiques énergétiques.

Mots-clés: Énergies renouvelables, Durabilité, YEKDEM, Méthode bayésienne, Régression classique, Turquie

Resumen Estructurado:

Las fuentes de energía renovable cobran una importancia global cada vez mayor para garantizar la seguridad del suministro energético, favorecer la sostenibilidad ambiental y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. El Mecanismo de Apoyo a las Energías Renovables (YEKDEM), diseñado para impulsar este proceso en Türkiye, desempeña un papel destacado en el aumento de la generación renovable. El objetivo principal de este estudio es analizar estadísticamente el efecto del apoyo otorgado en el marco del YEKDEM sobre la producción de energía renovable y evaluar la capacidad predictiva de dicha relación.

Frente a la literatura existente, el estudio aporta originalidad en los métodos estadísticos empleados. Al ir más allá de los enfoques clásicos y aplicar análisis bayesianos, se mejora la precisión y la fiabilidad de los resultados. Asimismo, el uso de datos de alta frecuencia permite examinar los efectos de las políticas de apoyo sobre la producción, incluidas las fluctuaciones de corto plazo. La revisión bibliográfica muestra que, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, se estudian con frecuencia las relaciones entre el consumo de energía renovable y variables como el crecimiento económico, la calidad ambiental, las tasas de importación y los incentivos públicos. En este marco, el trabajo ofrece una contribución novedosa al analizar los efectos del apoyo a las renovables sobre los resultados de producción en el caso de Türkiye. En particular, la coherencia de los resultados con los de estudios como los de Nicolini y Massimo (2017), Berksoy y Akbaş Akdoğan (2018), Yalçınar y Özcan (2021) y Damar y Yıldırım (2023) refuerza la fiabilidad de los hallazgos.

En el estudio se aplicaron tanto la regresión múltiple clásica como la regresión múltiple bayesiana, con datos mensuales de Türkiye correspondientes al período 2017-2024. El análisis clásico se realizó con el programa SPSS y el bayesiano con WinBUGS. En el modelo, el monto del apoyo otorgado bajo el YEKDEM se utilizó como variable dependiente, mientras que las cantidades de energía de biomasa, solar, hidroeléctrica, geotérmica y eólica, así como la producción renovable sin licencia, se consideraron variables independientes.

Según los resultados, las fuentes de biomasa, hidroeléctrica, eólica y de producción sin licencia tienen efectos positivos y estadísticamente significativos sobre el apoyo del YEKDEM. En cambio, los aumentos en la producción solar y geotérmica mostraron efectos negativos sobre el nivel de apoyo. La coincidencia entre los resultados bayesianos y los clásicos se explica por el uso de distribuciones a priori no informativas y por la alta fiabilidad del modelo. En el análisis bayesiano, tras 1 500 000 iteraciones mediante la técnica de Monte Carlo basada en cadenas de Markov (MCMC), se alcanzaron la convergencia y la estacionariedad del modelo, lo que respalda su validez. El R^2 ajustado fue del 96 %, lo que indica que las variables independientes tienen un elevado poder explicativo sobre la variable dependiente. Los niveles de significación de las estimaciones de los parámetros resultaron inferiores al 5 % en todas las variables, salvo en la energía eólica. Manteniendo constantes las demás variables, un aumento de una unidad en BY supone un incremento de 2,300 unidades en el YEKDEM. De igual modo, un aumento de una unidad en HD se asocia con un incremento de 0,179 unidades; en RZ, con uno de 0,062; y en LS, con uno de 0,092. Por el contrario, un aumento de una unidad en GN provoca una disminución de 0,123 unidades en el YEKDEM, y en JT, una disminución de 1,226 unidades. Ello indica que las variables incluidas en el modelo son factores determinantes del mecanismo de apoyo.

Los resultados aportan elementos valiosos para comprender el efecto de las políticas de apoyo energético sobre la producción. De acuerdo con los hallazgos, el apoyo puede aumentarse mediante el fomento de fuentes como la biomasa y la hidroeléctrica, mientras que las estructuras de apoyo a la energía solar y geotérmica requieren una revisión. En particular, debido a los elevados costos de instalación y a las limitaciones técnicas de la generación geotérmica, el efecto del apoyo resulta negativo.

En conclusión, los datos obtenidos muestran que el apoyo del YEKDEM tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la producción de energía renovable. Dado que el apoyo produce efectos distintos según el tipo de energía, se recomienda diferenciar las políticas de apoyo en función de la fuente. Además, mediante una modelización integral con métodos clásicos y bayesianos, se ha evidenciado con solidez la relación entre las políticas de apoyo y la producción. En futuras investigaciones podrían analizarse en detalle los costos de instalación de las inversiones renovables, su distribución regional y sus efectos de sostenibilidad a largo plazo. Asimismo, el papel de las alianzas público-privadas en los mecanismos de apoyo podría abordarse como un tema de investigación independiente. En este sentido, el estudio ofrece resultados que no solo tienen valor académico, sino que también sirven de orientación para quienes formulan las políticas energéticas.

Palabras clave: Energía renovable, sostenibilidad, YEKDEM, método bayesiano, regresión clásica, Türkiye

结构化摘要

在确保能源供应安全、支持环境可持续性以及减少对化石燃料的依赖方面，可再生能源在全球范围内正发挥着日益重要的作用。为支持土耳其这一进程而制定的《可再生能源支持机制》（YEKDEM），在促进可再生能源产量增长方面发挥着重要作用。本研究的主要目标是统计分析《可再生能源支持机制》（YEKDEM）提供的支持对可再生能源产量的影响，并评估这种关系的可预测性。

与现有文献相比，本研究在所采用的统计方法方面具有创新性。通过突破传统方法的局限并应用贝叶斯统计分析，提高了研究结果的准确性和可靠性。此外，高频数据集的应用使得能够分析支持政策对发电量的影响，包括短期波动。在文献综述范围内，可以发现，无论是国家层面还是国际层面，可再生能源消费与经济增长、环境质量、进口率及公共激励措施等变量之间的关系均被频繁探讨。在此背景下，本研究通过分析可再生能源支持政策对土耳其生产产出的影响，为相关文献做出了新的贡献。特别是，Nicolini 和 Massimo (2017)、Berksoy 和 Akbaş Akdoğan (2018)、Yalçiner 和 Özcan (2021) 以及 Damar 和 Yıldırım (2023) 等研究中所得结果的一致性，进一步强化了本研究结论的可靠性。

本研究利用土耳其2017年至2024年期间的月度数据，同时应用了经典多元回归方法和贝叶斯多元回归方法。在经典方法中，分析使用SPSS软件进行；而在贝叶斯方法中，则采用了WinBUGS软件。在模型中，YEKDEM提供的补贴金额被用作因变量，而生物质能、太阳能、水力发电、地热能、风能以及未获许可的可再生能源发电量则被视为自变量。

研究表明，生物质、水电、风电及未获许可的发电来源对YEKDEM补贴具有正向且具有统计学意义的影响。相反，太阳能和地热能发电量的增加则对补贴水平产生负面影响。贝叶斯分析与经典分析结果的一致性，可归因于采用了非信息性先验分布以及模型的高可靠性。在贝叶斯分析中，通过马尔可夫链蒙特卡洛（MCMC）技术进行了1,500,000次迭代后，模型达到了收敛性和平稳性，所得结果进一步证实了该模型的有效性。本研究中，调整后的 R^2 值为96%，表明自变量对因变量的解释能力很强。除风能变量外，所有变量的参数估计值显著性水平均低于5%的显著性水平。在其他所有变量保持恒定的情况下，BY变量每增加1个单位，YEKDEM将增加2.300个单位。同样，HD变量增加1个单位，YEKDEM将增加0.179个单位；RZ变量增加1个单位，YEKDEM将增加0.062个单位；LS变量增加1个单位，YEKDEM将增加0.092个单位。相反，GN变量每增加1个单位，YEKDEM将减少0.123个单位；而JT变量每增加1个单位，YEKDEM将减少1.226个单位。这表明模型中纳入的变量是支持机制中的决定性因素。分析结果为理解能源支持政策对能源生产的影响提供了重要见解。

根据研究结果, 可通过促进生物质能和水电等资源来增加支持力度, 而针对太阳能和地热能资源的支持机制则需要重新评估。特别是由于地热能生产的安装成本高昂且存在技术限制, 观察到其支持效果为负值。

综上所述, 本研究获得的数据表明, YEKDEM支持对可再生能源生产具有统计学上的显著影响。研究表明, 补贴对不同能源类型产生的影响各不相同; 因此, 建议根据能源类型制定差异化的补贴政策。此外, 通过结合经典分析方法和贝叶斯分析方法进行综合建模, 有力地证实了补贴政策与发电量之间的关系。在未来的研究中, 可详细分析可再生能源投资的安装成本、其区域分布以及长期可持续性影响。此外, 公私合作伙伴关系对支持机制的影响也可作为独立的研究课题进行探讨。在此背景下, 本研究得出的结论不仅具有学术价值, 还能为政策制定者制定能源政策提供指导。

关键词: 可再生能源、可持续性、YEKDEM、贝叶斯方法、经典回归、土耳其

Структурированное Резюме:

Возобновляемые источники энергии приобретают все большее значение в мире с точки зрения обеспечения энергетической безопасности, содействия экологической устойчивости и снижения зависимости от ископаемого топлива. Механизм поддержки возобновляемой энергетики (YEKDEM), разработанный для содействия этому процессу в Турции, играет важную роль в стимулировании роста производства энергии из возобновляемых источников. Основная цель данного исследования заключается в статистическом анализе влияния поддержки, предоставляемой в рамках Механизма поддержки возобновляемой энергетики (YEKDEM), на производство энергии из возобновляемых источников, а также в оценке предсказуемости этой взаимосвязи.

По сравнению с существующей литературой данное исследование отличается оригинальностью с точки зрения используемых статистических методов. Выход за рамки классических методов и применение байесовского статистического анализа позволяют повысить точность и достоверность результатов. Кроме того, использование набора высокочастотных данных дает возможность проанализировать влияние политики поддержки на объемы производства, включая краткосрочные колебания. В рамках обзора литературы отмечается, что взаимосвязи между потреблением возобновляемой энергии и такими переменными, как экономический рост, качество окружающей среды, объем импорта и государственные стимулы, часто исследуются как на национальном, так и на международном уровнях. В этом контексте данное исследование вносит новый вклад в научную литературу, анализируя влияние мер поддержки возобновляемой энергетики на объемы производства на примере Турции. В частности, согласованность результатов, полученных в таких исследованиях, как работы Николини и Массимо (2017), Берксоя и Акбаша Акдогана (2018), Ялчинера и Озкана (2021), а также Дамара и Йылдырыма (2023), укрепляет достоверность выводов настоящего исследования.

В рамках исследования были применены как классический метод множественной регрессии, так и байесовский метод множественной регрессии с использованием месячных данных по Турции за период с 2017 по 2024 год. При использовании классического метода анализ проводился с помощью программного обеспечения SPSS, а при применении байесовского метода — с помощью программного обеспечения WinBUGS. В модели в качестве зависимой переменной использовался объем поддержки, предоставляемой в рамках программы YEKDEM, а в качестве независимых переменных рассматривались объемы производства энергии из биомассы, солнечной энергии, гидроэнергии, геотермальной энергии, ветровой энергии и нелегализуемых возобновляемых источников энергии.

Согласно полученным результатам, биомасса, гидроэнергия, ветровая энергия и нелегализуемые источники производства оказывают положительное и статистически значимое влияние на размер поддержки в рамках программы YEKDEM. Напротив, было установлено, что рост производства солнечной и геотермальной энергии оказывает отрицательное влияние на уровень поддержки. Согласованность результатов как байесовского, так и классического анализов объясняется использованием неинформативных априорных распределений и высокой надежностью модели. В байесовском анализе после 1 500 000 итераций, выполненных с использованием метода цепи Маркова-Монте-Карло (MCMC), была достигнута сходимость и стационарность модели, а полученные

результаты подтвердили ее достоверность. В рамках исследования скорректированное значение R^2 составило 96 %, что указывает на высокую объясняющую способность независимых переменных в отношении зависимой переменной. Уровни значимости оценок параметров оказались ниже 5-процентного уровня значимости для всех переменных, за исключением ветровой энергии. При постоянных значениях всех остальных переменных увеличение переменной ВУ на одну единицу приводит к увеличению YEKDEM на 2,300 единиц.

Аналогичным образом, увеличение переменной HD на одну единицу связано с увеличением YEKDEM на 0,179 единицы; увеличение переменной RZ на одну единицу соответствует увеличению на 0,062 единицы; а увеличение переменной LS на одну единицу соответствует увеличению YEKDEM на 0,092 единицы. Напротив, увеличение переменной GN на одну единицу приводит к снижению YEKDEM на 0,123 единицы, в то время как увеличение переменной JT на одну единицу приводит к снижению YEKDEM на 1,226 единицы. Это указывает на то, что переменные, включенные в модель, являются определяющими факторами в механизме поддержки. Результаты анализа дают важные сведения для понимания влияния политики поддержки энергетики на производство энергии. Согласно полученным данным, поддержку можно увеличить за счет продвижения таких ресурсов, как биомасса и гидроэнергия, тогда как структуры поддержки для солнечной и геотермальной энергии необходимо пересмотреть. В частности, из-за высоких затрат на установку и технических ограничений производства геотермальной энергии влияние поддержки оказывается отрицательным.

В заключение, данные, полученные в ходе исследования, показывают, что поддержка YEKDEM оказывает статистически значимое влияние на производство возобновляемой энергии. Понятно, что поддержка оказывает различное воздействие в зависимости от вида энергии; поэтому рекомендуется дифференцировать политику поддержки в зависимости от вида энергии. Кроме того, посредством комплексного моделирования с использованием как классических, так и байесовских методов анализа была убедительно продемонстрирована взаимосвязь между политикой поддержки и объемами производства. В будущих исследованиях можно детально проанализировать затраты на установку объектов возобновляемой энергетики, их региональное распределение и долгосрочные последствия для устойчивого развития. Кроме того, влияние партнерств между государственным и частным секторами на механизмы поддержки также может стать отдельной темой исследования. В этом контексте данное исследование предоставляет результаты, которые носят не только академический характер, но и служат ориентиром для лиц, ответственных за разработку энергетической политики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, устойчивость, YEKDEM, байесовский метод, классическая регрессия, Турция

संरचित सारांशः

ऊर्जा आपूर्ति सुरक्षा सुनिश्चित करने, पर्यावरणीय स्थिरता का समर्थन करने, और जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम करने में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत वैश्विक स्तर पर बढ़ती हुई महत्वता प्राप्त कर रहे हैं।

तुर्की में इस प्रक्रिया का समर्थन करने के लिए विकसित नवीकरणीय ऊर्जा समर्थन तंत्र (YEKDEM), नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में वृद्धि को बढ़ावा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस अध्ययन का प्राथमिक उद्देश्य नवीकरणीय ऊर्जा समर्थन तंत्र (YEKDEM) के तहत प्रदान किए गए समर्थन के नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन पर प्रभाव का सांख्यिकीय विश्लेषण करना और इस संबंध की पूर्वानुमान क्षमता का आकलन करना है।

मौजूदा साहित्य की तुलना में, यह अध्ययन नियोजित सांख्यिकीय तरीकों के मामले में मौलिकता प्रदर्शित करता है। शास्त्रीय तरीकों से आगे बढ़कर और बेसियन सांख्यिकीय विश्लेषणों को लागू करके, परिणामों की सटीकता और विश्वसनीयता बढ़ जाती है। इसके अतिरिक्त, उच्च-आवृत्ति डेटा सेट का उपयोग उत्पादन पर समर्थन नीतियों के प्रभावों का विश्लेषण करने का अवसर प्रदान करता है, जिसमें अल्पकालिक उतार-चढ़ाव भी शामिल हैं। साहित्य समीक्षा के दायरे में, यह देखा गया है कि नवीकरणीय ऊर्जा खपत और आर्थिक विकास, पर्यावरणीय गुणवत्ता, आयात दरों, और सार्वजनिक प्रोत्साहनों जैसे चरों के बीच संबंधों की अक्सर राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय दोनों स्तरों पर जांच की जाती है। इस संदर्भ में, यह अध्ययन तुर्की के मामले में उत्पादन परिणामों पर नवीकरणीय ऊर्जा सहायता के प्रभावों का विश्लेषण करके साहित्य में एक नया योगदान प्रदान करता है। विशेष रूप से, निकोलिनी और मैसिमो (2017), बक्सोय और अकबाश अकडोगान

(2018), याल्चिनेर और ओज़कन (2021), और दामार और यिलदिirim (2023) जैसे अध्ययनों में प्राप्त परिणामों की संगति इस अध्ययन के निष्कर्षों की विश्वसनीयता को मजबूत करती है।

अध्ययन में, 2017 और 2024 के बीच की अवधि को कवर करने वाले तुर्की के मासिक डेटा का उपयोग करके, शास्त्रीय बहु-प्रतिगमन विधि और बेसियन बहु-प्रतिगमन विधि दोनों को लागू किया गया। शास्त्रीय विधि में, SPSS सॉफ्टवेयर का उपयोग करके विश्लेषण किया गया, जबकि बेसियन विधि में, WinBUGS सॉफ्टवेयर का उपयोग किया गया। मॉडल में, YEKDEM के तहत प्रदान किए गए समर्थन की राशि को आश्रित चर के रूप में उपयोग किया गया, जबकि बायोमास ऊर्जा, सौर ऊर्जा, जलविद्युत ऊर्जा, भू-तापीय ऊर्जा, पवन ऊर्जा और बिना लाइसेंस वाली नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन की मात्राओं को स्वतंत्र चर के रूप में माना गया।

निष्कर्षों के अनुसार, बायोमास, जलविद्युत, पवन और बिना लाइसेंस वाले उत्पादन स्रोतों का YEKDEM समर्थन पर सकारात्मक और सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण प्रभाव है। इसके विपरीत, सौर और भू-तापीय ऊर्जा उत्पादन में वृद्धि का समर्थन के स्तर पर नकारात्मक प्रभाव पाया गया। बेसियन और शास्त्रीय दोनों विश्लेषणों के परिणामों की स्थिरता का कारण गैर-सूचनात्मक पूर्व वितरणों (non-informative prior distributions) का उपयोग और मॉडल की उच्च विश्वसनीयता को बताया गया है। बेसियन विश्लेषण में, मार्कोव चेन मोंटे कार्लो (MCMC) तकनीक का उपयोग करके किए गए 1,500,000 पुनरावृत्तियों के बाद, मॉडल का अभिसरण (convergence) और स्थिरता (stationarity) प्राप्त हो गई, और प्राप्त परिणामों ने मॉडल की वैधता को मजबूत किया। अध्ययन में, समायोजित R^2 मान 96% की गणना की गई, जो यह दर्शाता है कि स्वतंत्र चरों की आश्रित चर पर उच्च व्याख्यात्मक शक्ति है। पैरामीटर अनुमानों के महत्व स्तर पवन ऊर्जा को छोड़कर सभी चरों के लिए 5% महत्व स्तर से नीचे पाए गए। सभी अन्य चरों को स्थिर रखते हुए, BY चर में एक-इकाई की वृद्धि YEKDEM में 2.300-इकाई की वृद्धि का परिणाम देती है।

इसी तरह, HD चर में एक-इकाई की वृद्धि YEKDEM में 0.179-इकाई की वृद्धि से संबंधित है; RZ चर में एक-इकाई की वृद्धि 0.062-इकाई की वृद्धि के अनुरूप है; और LS चर में एक-इकाई की वृद्धि YEKDEM में 0.092-इकाई की वृद्धि के अनुरूप है। इसके विपरीत, जीएन चर में एक-इकाई की वृद्धि से YEKDEM में 0.123-इकाई की कमी आती है, जबकि जेटी चर में एक-इकाई की वृद्धि से YEKDEM में 1.226-इकाई की कमी होती है। यह दर्शाता है कि मॉडल में शामिल चर समर्थन तंत्र में निर्धारक कारक हैं। विश्लेषण के परिणाम ऊर्जा उत्पादन पर ऊर्जा सहायता नीतियों के प्रभाव को समझने में महत्वपूर्ण अंतर्दृष्टि प्रदान करते हैं। निष्कर्षों के अनुसार, बायोमास और जलविद्युत ऊर्जा जैसे संसाधनों को बढ़ावा देकर समर्थन बढ़ाया जा सकता है, जबकि सौर और भू-तापीय ऊर्जा संसाधनों के लिए समर्थन संरचनाओं का पुनर्मूल्यांकन करने की आवश्यकता है। विशेष रूप से, भू-तापीय ऊर्जा उत्पादन की उच्च स्थापना लागत और तकनीकी सीमाओं के कारण, समर्थन का प्रभाव नकारात्मक देखा गया है।

निष्कर्षतः, अध्ययन से प्राप्त डेटा से पता चलता है कि YEKDEM समर्थन का नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन पर सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण प्रभाव है।

यह समझा गया है कि ऊर्जा के प्रकार के अनुसार समर्थन के अलग-अलग प्रभाव होते हैं; इसलिए, यह अनुशंसा की जाती है कि ऊर्जा के प्रकार के आधार पर समर्थन नीतियों को विभेदित किया जाए। इसके अलावा, शास्त्रीय और बेसियन विश्लेषण विधियों दोनों का उपयोग करके व्यापक मॉडलिंग के माध्यम से, समर्थन नीतियों और उत्पादन के बीच संबंध को मजबूती से प्रदर्शित किया गया है। भविष्य के अध्ययनों में, नवीकरणीय ऊर्जा निवेश की स्थापना लागत, उनके क्षेत्रीय वितरण, और दीर्घकालिक स्थिरता प्रभावों का विस्तार से विश्लेषण किया जा सकता है।

इसके अतिरिक्त, समर्थन तंत्रों पर सार्वजनिक-निजी क्षेत्र की साझेदारी के प्रभावों को भी एक अलग शोध विषय के रूप में संबोधित किया जा सकता है। इस संदर्भ में, यह अध्ययन ऐसे परिणाम प्रदान करता है जो न केवल अकादमिक हैं, बल्कि ऊर्जा नीतियों के निर्माण में नीति निर्माताओं के लिए मार्गदर्शन का भी काम करते हैं।

कीवर्ड: नवीकरणीय ऊर्जा, स्थिरता, YEKDEM, बेसियन विधि, क्लासिकल रिग्रेशन, तुर्की

Yapılandırılmış Özet:

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji arz güvenliğinin sağlanması, çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi ve fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması açısından küresel ölçekte giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Türkiye'de bu süreci desteklemek amacıyla geliştirilen Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM), yenilenebilir enerji üretimindeki artışın teşvik edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

(YEKDEM) kapsamında sağlanan desteklerin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini istatistiksel olarak analiz etmek ve bu ilişkinin öngörülebilirliğini değerlendirmektir.

Mevcut literatür ile karşılaştırıldığında, çalışma kullanılan istatistiksel yöntemler açısından özgünlük göstermektedir. Klasik yöntemlerin ötesine geçilerek Bayesyen istatistiksel analizlerin uygulanmasıyla, sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği artırılmaktadır. Ayrıca, yüksek frekanslı bir veri setinin kullanılması, destek politikalarının üretim üzerindeki etkilerinin kısa dönemli dalgalanmaları da kapsayacak şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Literatür taraması kapsamında, yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, çevresel kalite, ithalat oranları ve kamu teşvikleri gibi değişkenler arasındaki ilişkilerin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde sıklıkla incelendiği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda çalışma, Türkiye örneğinde yenilenebilir enerji desteklerinin üretim çıktıları üzerindeki etkilerini analiz ederek literatüre yeni bir katkı sunmaktadır. Özellikle, Nicolini ve Massimo (2017), Berksoy ve Akbaş Akdoğan (2018), Yalçiner ve Özcan (2021) ile Damar ve Yıldırım (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen sonuçlarla gösterilen tutarlılık, bu çalışmanın bulgularının güvenilirliğini pekiştirmektedir.

Çalışmada, 2017–2024 dönemini kapsayan Türkiye'ye ait aylık veriler kullanılarak hem klasik çoklu regresyon yöntemi hem de Bayesyen çoklu regresyon yöntemi uygulanmıştır. Klasik yöntemde analizler SPSS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilirken, Bayesyen yöntemde WinBUGS yazılımından yararlanılmıştır. Modelde, YEKDEM kapsamında sağlanan destek miktarı bağımlı değişken olarak kullanılırken; biyokütle enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve lisanssız yenilenebilir enerji üretim miktarları bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır.

Bulgulara göre, biyokütle, hidroelektrik, rüzgâr ve lisanssız üretim kaynaklarının YEKDEM desteği üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkileri bulunmaktadır. Buna karşılık, güneş ve jeotermal enerji üretimindeki artışların destek düzeyi üzerinde negatif etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Bayesyen ve klasik analizlerden elde edilen sonuçların tutarlılığı, bilgi içermeyen önsel dağılımların kullanılması ve modelin yüksek güvenilirliği ile açıklanmaktadır. Bayesyen analizde, Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) tekniği kullanılarak gerçekleştirilen 1.500.000 iterasyonun ardından modelin yakınsaması ve durağanlığı sağlanmış, elde edilen sonuçlar modelin geçerliliğini pekiştirmiştir. Çalışmada, düzeltilmiş R^2 değeri %96 olarak hesaplanmış olup, bu durum bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde yüksek açıklayıcılık gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Parametre tahminlerinin anlamlılık düzeylerinin, rüzgâr enerjisi dışındaki tüm değişkenler için %5 anlamlılık düzeyinin altında olduğu belirlenmiştir. Diğer tüm değişkenler sabit tutulduğunda, BY değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM'de 2,300 birimlik bir artışa yol açmaktadır. Benzer şekilde, HD değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM'de 0,179 birimlik bir artış ile ilişkilidir; RZ değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM'de 0,062 birimlik bir artışa karşılık gelmekte; LS değişkenindeki bir birimlik artış ise YEKDEM'de 0,092 birimlik bir artışa karşılık gelmektedir. Buna karşılık, GN değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM'de 0,123 birimlik bir azalışa yol açarken, JT değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM'de 1,226 birimlik bir azalışa neden olmaktadır. Bu durum, modelde yer alan değişkenlerin destek mekanizması açısından belirleyici faktörler olduğunu göstermektedir. Analiz sonuçları, enerji destek politikalarının enerji üretimi üzerindeki etkisinin anlaşılmasına yönelik önemli çıkarımlar sunmaktadır. Bulgulara göre, biyokütle ve hidroelektrik enerji gibi kaynakların teşvik edilmesiyle destek artırılabilirken, güneş ve jeotermal enerji kaynaklarına yönelik destek yapılarının yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle, jeotermal enerji üretiminin yüksek kurulum maliyetleri ve teknik sınırlılıkları nedeniyle, desteğin etkisinin negatif olduğu gözlemlenmektedir.

Sonuç olarak, çalışmadan elde edilen veriler YEKDEM desteğinin yenilenebilir enerji üretimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Desteğin enerji türlerine göre farklı etkiler gösterdiği anlaşılmakta olup, bu nedenle destek politikalarının enerji türüne göre farklılaştırılması önerilmektedir. Ayrıca, hem klasik hem de Bayesyen analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen kapsamlı modelleme sayesinde, destek politikaları ile üretim arasındaki ilişki güçlü bir şekilde ortaya konulmuştur. Gelecek çalışmalarda, yenilenebilir enerji yatırımlarının kurulum maliyetleri, bölgesel dağılımları ve uzun dönemli sürdürülebilirlik etkileri ayrıntılı olarak analiz edilebilir. Buna ek olarak, kamu-özel sektör ortaklıklarının destek mekanizmaları üzerindeki etkileri de ayrı bir araştırma konusu olarak ele alınabilir. Bu bağlamda çalışma, yalnızca akademik açıdan değil, aynı zamanda enerji politikalarının oluşturulmasında politika yapıcılara rehberlik edecek nitelikte sonuçlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Sürdürülebilirlik, YEKDEM, Bayesyen Yöntem, Klasik Regresyon, Türkiye.



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625



ANKARA SCIENCE
UNIVERSITY

The Relationship Between Renewable Energy Subsidies and Energy Production: The Case of Türkiye

Introduction

The increasing global demand for energy has brought the search for resources capable of meeting adequate energy needs to the forefront. In the face of limited conventional energy resources, renewable energy sources play a vital role¹. Therefore, in recent years, a growing tendency toward renewable energy sources such as wind energy, solar energy, hydroelectric energy, geothermal energy, and biomass energy has been observed at both national and international levels (International Energy Agency (IEA), 2023, p. 17-22; Renewables 2023 Global Status Report (REN21), 2023, p. 11-12). On the other hand, the need for energy security and its role in reducing carbon emissions has led to a growing demand for renewable energy (Durğun & Durğun, 2018, p. 3).

The transition to renewable energy has become an issue on which countries have reached a broad consensus in terms of ensuring environmental sustainability, leading to extensive efforts at the global level. In general, efforts to accelerate the shift from conventional energy sources such as coal, oil, natural gas, and nuclear energy, which largely depend on fossil fuels, toward renewable energy sources including wind, solar, hydroelectric, geothermal, and biomass energy, as well as initiatives aimed at minimizing the environmental damage caused by traditional energy sources, have increased significantly worldwide. The search for and utilization of alternative energy sources have become inevitable due to several fundamental reasons, including the long formation period of conventional energy resources, their exhaustible and non-renewable nature, their harmful environmental impacts such as greenhouse gas emissions and climate change, and the risks they pose to energy security during economic and political crises (Osman et al., 2023, p. 742; Hassan et al., 2024, p. 1).

Energy production and consumption are largely dependent on fossil fuels, which necessitates a transformation in energy policies. However, this high level of dependence on fossil fuels threatens environmental sustainability and exacerbates global challenges such as climate change. Therefore, in order to reduce the environmental impacts arising from fossil fuels and to ensure the transition to a sustainable energy system, it is necessary to expand the use of renewable energy sources. To achieve this transformation, rapidly increasing investments in renewable energy and restructuring energy policies accordingly are of critical importance. Unlike fossil fuels, renewable energy sources are not dependent on long formation processes, as they can be continuously generated through short-term natural cycles; in this respect, they constitute the foundation of sustainable energy policies (Panwar et al., 2011, p. 1).

¹ For more detailed information, see: (Akpınar & Başbüyük, 2011); (Karakaş, 2014); (İslamova, 2014); (Doğanay, 2015); (Koca & Bulut, 2015); (Elmastaş, 2015); (Yüksel, 2015); (Akzeybek, 2015); (Çoban & Ölmez, 2016); (Erdoğan & Ganiev, 2016); (Özdemir, 2017); (Şeker, 2017); (Özalp, 2018); (Karacan & Yardım Kılıçkan, 2018); (Ulusoy & Atay, 2018); (Akdağ & İskenderoğlu, 2018); (Kurt, 2018); (Dikmen, 2019); (Doğan Çalışkan, 2019); (Cerit Berber & Yıldız, 2019).

Renewable energy sources, which provide environmentally friendly solutions to the continuously increasing global energy demand, exhibit diversity based on different nature-based formation processes. Solar energy is a source of energy for all planets in the universe and is an environmentally friendly, inexhaustible renewable energy source with low operating costs. It also plays a significant role in the formation of other energy sources. Due to its geographical location, Türkiye has a high level of solar irradiation duration and potential, making it well-positioned to effectively utilize this resource. Wind energy is generated through air movements caused by the uneven heating of the Earth by the Sun, and it is used to produce electricity via turbines. Hydroelectric energy refers to energy produced depending on the power of flowing water. Electrical energy is generated by converting the potential energy of water into kinetic energy through turbines. Geothermal energy is a clean and renewable energy source obtained from hot water, steam, and rocks located deep within the Earth. Electricity is generated through power plants established at the points where these resources emerge to the surface. It is also used for heating and therapeutic purposes. Türkiye is rich in geothermal resources, and fields with different temperature levels are utilized for both direct heating and electricity generation. Biomass energy is derived from sources such as plants, animal waste, organic waste, and industrial residues. The use of biomass is gaining importance worldwide as an alternative energy source in response to the depletion of fossil fuels. Türkiye has suitable climate conditions and resources for biomass production, and this energy source is used for electricity generation, heating, and as fuel. Biomass also contributes to economic and regional development while reducing the environmental impacts of waste (Türkşen, 2024, pp. 592–594).

In Türkiye, the Renewable Energy Resources Support Mechanism (YEKDEM) was developed to accelerate the transition toward renewable energy utilization. Through YEKDEM, necessary incentives and financial support have been provided to encourage investments in the renewable energy sector. In this context, YEKDEM has played a significant role in ensuring the institutional sustainability of these incentives and support schemes. Moreover, the increasing level of support over time under YEKDEM is directly associated with the transformation of the energy production structure.

This study aims to statistically analyze the impact of the supports provided under the Renewable Energy Resources Support Mechanism (YEKDEM) on renewable energy production in Türkiye. In this context, the direction and magnitude of the effects of YEKDEM supports on different types of renewable energy sources are examined in detail. In addition, the study seeks to reveal the extent to which these supports contribute to the transformation process of the energy production structure. Accordingly, the research addresses the fundamental question: “To what extent and in what ways do YEKDEM supports affect renewable energy production?” and empirically evaluates the role of the support mechanism in energy production dynamics.

A wide range of academic studies has been conducted on renewable energy sources, covering various fields such as economic growth, investment and financing, energy security, environmental impacts, technological development and innovation, energy policies and incentives, energy consumption patterns, and transformation processes, as well as country- and region-based comparative analyses. In these studies, a variety of methods have been employed, including causality analysis, panel data analysis, boundary testing, and cointegration tests. This study is conducted within a comparative framework by jointly applying classical multiple linear regression and Bayesian multiple regression analyses using monthly data covering the period 2017–2024. The classical model is estimated using SPSS software, while the Bayesian model is implemented using WinBUGS software. The Bayesian approach is preferred due to its ability to more effectively model parameter uncertainty, provide more reliable estimates in small and medium-sized samples, and incorporate prior information. In addition, to strengthen the validity of the method, the results of the classical regression analysis are compared with those obtained from the Bayesian model. The most distinctive feature that differentiates this study from others is its methodological approach. Within this

framework, the findings are expected to contribute to both policymakers and the literature in terms of ensuring the sustainability of energy policies and energy supply security.

Literature Review

In line with sustainable environmental and development objectives, the utilization of renewable energy is of critical importance for mitigating environmental degradation, contributing to economic growth, and ensuring energy security. In this context, numerous academic studies on renewable energy have been conducted across different regions and countries. In particular, research has examined the linkages between renewable energy and various domains, including economic development, energy support mechanisms, energy security, and the promotion of a sustainable environment. These studies are of great significance in providing important empirical findings for future research and for policymakers. Studies based on data from Türkiye have predominantly focused on the effects of renewable energy on variables such as economic growth, imports, and public support mechanisms. Durğun and Durğun (2018), using data from Türkiye for the period 1980–2015, investigated the relationship between economic growth and renewable energy consumption by employing the Augmented Dickey–Fuller (ADF) and Zivot–Andrews unit root tests, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) bounds test, and the Toda–Yamamoto causality test. Their study found that renewable energy consumption increases economic growth. Erdoğan et al. (2018), utilizing data from Türkiye for the period 1998–2015, analyzed the relationship between renewable energy production and economic growth through the Johansen cointegration test and the Vector Error Correction Model (VECM) causality test. They concluded that there is a long-run causal relationship running from economic growth to renewable energy production and that the variables are cointegrated. Arslan and Solak (2019), employing data from Türkiye covering 1984–2017, applied the Vector Autoregression (VAR) model, the ADF test, and the Johansen cointegration test to examine the impact of renewable energy on imports. Their findings indicated that renewable energy consumption increases imports and that a long-run relationship exists among the variables. Yalçiner and Özcan (2021), using monthly data from Türkiye for the period 2017–2019, investigated the production and incentive status of renewable energy through regression analysis. Their results showed that supports provided to renewable energy positively affect the development of bioenergy and photovoltaic energy. Damar and Yıldırım (2023), utilizing data from Türkiye for the period 2017–2023, analyzed the relationships among energy imports, YEKDEM, energy and electricity exports, and renewable energy production by employing a VAR model, the Johansen cointegration test, and the Granger causality test. Their study revealed a unidirectional causal relationship running from the independent variables—Yekdem, energy and electricity exports, and renewable energy production—to energy imports as the dependent variable.

Studies in the international literature have examined the relationships between renewable energy and variables such as energy policies, economic growth, public support and incentives, environmental effects, and foreign trade. In their study, Aslani et al. (2014) used Finnish data for the period 2011–2020 and employed causal-loop diagramming and system dynamics modeling to evaluate dependency-related renewable energy policies. The study found that while electricity/heat consumption increased up to 2020, dependency would decline. Bhattacharya et al. (2016) analyzed the relationship between renewable energy production and economic growth using panel data, based on data from the top 38 countries with the highest renewable energy consumption during 1991–2012. The study found that renewable energy consumption has a significant effect on economic output. Danish et al. (2017) investigated the relationship among renewable and non-renewable energy consumption, carbon dioxide emissions, and economic growth using data for Pakistan over the period 1970–2012. To this end, they applied the ARDL bounds test, VECM Granger causality, Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS), Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS), and Canonical Cointegrating Regression (CCR) tests. The study concluded that renewable and non-renewable energy consumption supports the existence of the Environmental Kuznets Curve (EKC).

In addition, renewable energy consumption was found to have a negative effect on carbon dioxide emissions, whereas the effect of non-renewable energy consumption on emissions was found to be positive. Nicolini and Massimo (2017) used data from 2000–2010 to estimate the relationship between renewable energy policies and incentives provided for energy in five major European countries using Ordinary Least Squares (OLS) and the Hausman–Taylor method. The study found that the effects of policies aimed at promoting renewable energy were significant in both the short and the long run. Berksoy and Akbaş Akdoğan (2018) used panel data to examine public policies, incentives, and support mechanisms related to renewable energy resources in 28 European Union countries and Türkiye over the period 1990–2015. The study showed that the effects of quota obligations and fixed-price guarantees on the development and widespread diffusion of renewable energy were significant and positively oriented. Ganda (2018) analyzed the relationship between environmental quality variables and green energy investments by using panel unit root tests and the system-Generalized Method of Moments (GMM) method, based on OECD country data over the period 2000–2014. The study found that renewable energy use contributes to reductions in harmful gas emissions. Chen et al. (2019) used Chinese data for the period 1980–2014 to examine the relationships among carbon dioxide emissions, Gross Domestic Product (GDP), renewable and non-renewable energy, and foreign trade. They employed the ARDL bounds test and the VECM Granger causality test. The study found evidence of a long-run relationship among the variables. Kaya and Bayraktar (2021) investigated the relationship between installed solar energy capacity and incentive instruments for 28 countries over the period 2001–2015 using panel data analysis. The results showed a positive and statistically significant relationship between installed solar power capacity and tax incentives, feed-in tariff guarantees, GDP, and green certificates. By contrast, a negative and statistically significant relationship was found between energy imports and installed solar power capacity. However, no statistically significant relationship was observed between solar capacity and credit and subsidies. Yang et al. (2022) examined the effect of renewable energy and public–private sector partnerships on testing the EKC hypothesis using data from E7 countries for the period 1995–2018. For this purpose, they employed the Quantile Regression Moments (QRM) method. The study found that renewable energy effectively reduces CO₂ emissions in the lower and upper quantiles, whereas it was not effective in the middle quantile.

Method

In this study, classical multiple linear regression and Bayesian multiple regression methods were jointly applied using monthly data covering the period 2017–2024. The SPSS software, which is used in classical regression analysis to make statistical inferences from data, is an effective and user-friendly statistical program. It can be easily applied not only to simple models but also to complex ones (Hinton et al., 2004, pp. 1–5). In cases of multicollinearity, one of the major problems encountered in classical regression, the Bayesian method, which is not affected by this issue, can be used as an alternative. In the Bayesian approach, random samples can be drawn from the posterior distribution with the help of the WinBUGS software (Ntzoufras, 2009, pp. 83–84). Furthermore, the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) technique makes it possible to generate any desired number of independent samples. In addition, the Bayesian method can be readily applied to both simple and complex problems, and the results obtained are quite close to the true values (McCarthy, 2007, p. 57).

Material YEKDEM

Turkey has significant potential in terms of renewable energy due to its diverse natural resources. In order to effectively utilize this potential, various policy measures and regulations have been implemented to promote renewable energy investments. One of the most important of these regulations is the Renewable Energy Resources Support Mechanism (YEKDEM). The eligible generation facilities under YEKDEM are those based on renewable energy sources defined in Law

No. 5346. Under the mechanism, prices are guaranteed for up to 10 years depending on the commissioning date of the facility, and the relevant periods are regulated by Presidential Decrees. YEKDEM applications are received annually within a predefined schedule, and licensed producers apply to the Energy Market Regulatory Authority (EMRA/EPDK) within the specified periods to be included in the system for the following year. Unlicensed generation facilities, on the other hand, can directly benefit from YEKDEM through the authorized supply companies. YEKDEM is an important market-based support mechanism that both provides revenue guarantees for investors and promotes renewable energy investments (Energy Market Regulatory Authority, 2025). Therefore, the main reason for selecting YEKDEM in this study is that it is the primary mechanism directly encouraging renewable energy investments in Türkiye and that its impact on energy production dynamics is intended to be empirically examined. Moreover, the strong institutional and regulatory structure of the mechanism enhances data reliability and provides a suitable basis for statistical analysis.

In order to illustrate the changes in the supports provided under YEKDEM over time, the temporal evolution of the support amounts is presented in Figure 1.

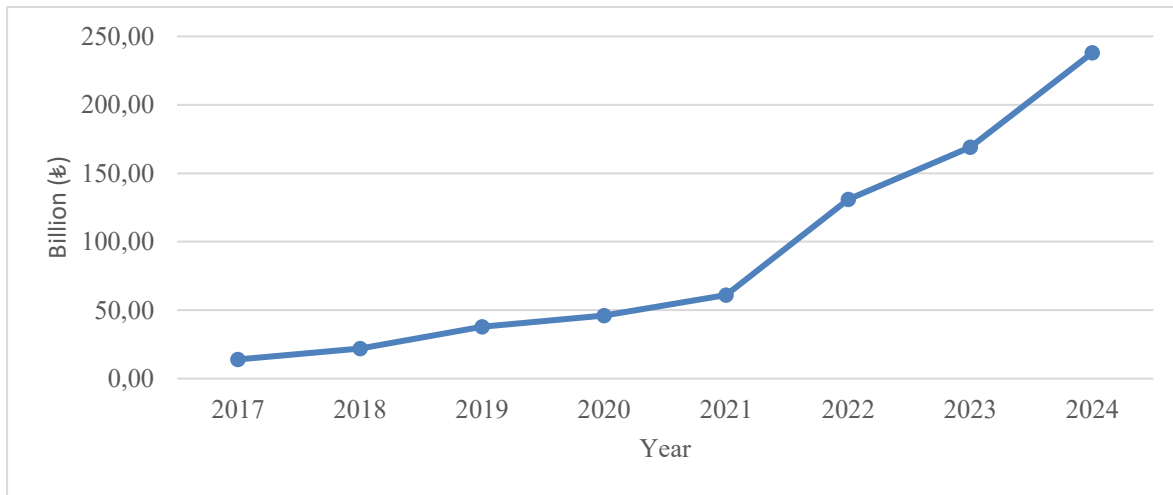


Figure 1: YEKDEM

Source: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (2025)

As shown in Figure 1, it is observed that YEKDEM (Renewable Energy Resources Support Mechanism) supports have increased each year. Between 2017 and 2019, there was a steady increase of 56% in 2018 and 72% in 2019. Although the rate of increase declined in the 2020–2021 period, it continued to rise, with increases of 21.9% in 2020 and 32% in 2021. In the 2022–2024 period, the most dramatic surge occurred in 2022, with an increase of 113.97%. This was followed by increases of 28.79% in 2023 and 40.78% in 2024. Overall, the amount of YEKDEM has shown a continuous upward trend, increasing seventeenfold from 2017 to 2024. This rise is significant in terms of both financial sustainability and energy policy, as YEKDEM values have exhibited a remarkable growth trend in both rate and magnitude.

To illustrate the distribution and development trend of renewable energy production capacity in Türkiye over the years, licensed and unlicensed production data are presented in Figure 2.

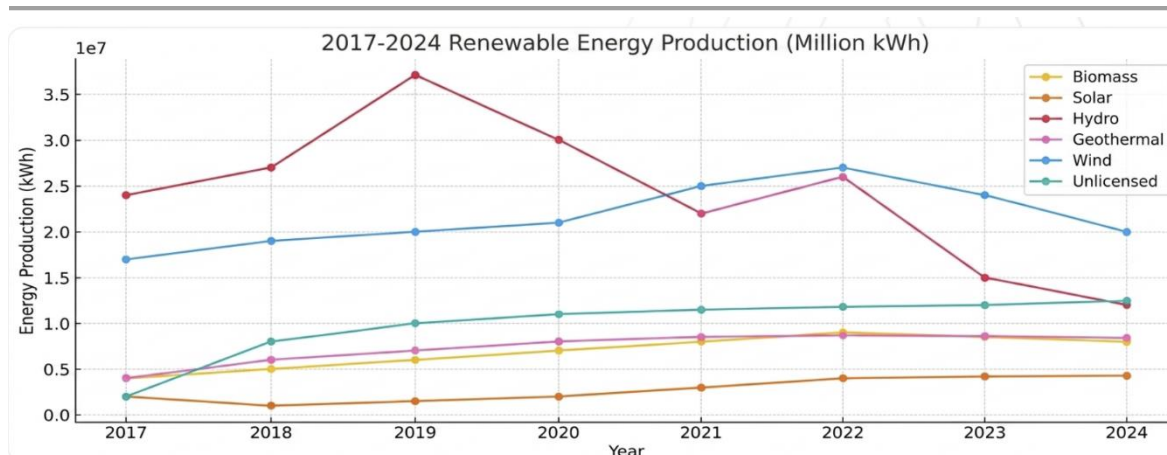


Figure 2: Renewable Energy Production

Source: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (2025)

Upon examination of Figure 2, the year-on-year variations in licensed and unlicensed renewable energy production quantities are observed. Overall, total unlicensed production exhibited a consistent upward trend, reaching its highest level in 2024. Among the licensed sources, biomass, solar, and geothermal energy generally demonstrated an increasing trend. In contrast, hydroelectric production, which had shown continuous growth until 2019, experienced a substantial decline in the subsequent years. Wind energy production also increased until 2022, after which it displayed a slight decrease.

Data Analysis

In the study, classical multiple regression and Bayesian multiple regression analyses were employed to examine the effects of Turkey's YEKDEM supports on renewable energy production. The WinBUGS software was used for the Bayesian regression analysis, while the SPSS software was utilized for the classical analysis. The Turkish data, collected on a monthly basis for the period 2017–2024, cover a total of 96 months. The data were obtained from the official website of the Energy Market Regulatory Authority (EPDK, 2025). The dependent variable is the amount of YEKDEM support, while the independent variables are biomass energy (BY), solar energy (GN), hydroelectric energy (HD), geothermal energy (JT), wind energy (RZ), and unlicensed (LS) renewable energy sources. The model used in the study is presented below:

$$YEKDEM_t = \beta_1 + \beta_2 * BY + \beta_3 * GN + \beta_4 * HD + \beta_5 * JT + \beta_6 * RZ + \beta_7 * LS + \varepsilon_i \quad (1)$$

In this model, β_1 represents the constant term, while $\beta_2 - \beta_7$ denote the coefficients of the independent variables. ε_i represents the error term. The model is constructed within the framework of multiple linear regression in order to analyze the relationship between YEKDEM supports and different types of renewable energy production.

Bayesian Approach

The Bayesian approach takes its name from the English mathematician Thomas Bayes. Bayes introduced a new interpretation of probability theory by formulating the concept known as “inverse probability.” This approach aims to evaluate the probability of an event by combining prior beliefs with current data. Grounded in Bayes' theorem, the method employs both historical information and contemporary data when making inferences about events (Bernardo & Smith, 2000, pp. 1–4).

Let θ be a random variable and $f(y|\theta)$ the likelihood function. The joint density function is given by,

$$h(\theta, y) = f(y|\theta) \cdot g(\theta) = g(\theta|y) \cdot f(y) \quad (2)$$

rearrangement of Equation (2) yields

$$g(\theta|y) = \frac{f(y|\theta) \cdot g(\theta)}{f(y)} = \frac{f(y|\theta) \cdot g(\theta)}{\int f(y|\theta) \cdot g(\theta) d\theta} \quad (3)$$

which is Bayes' theorem. Here $g(\theta|y)$ denotes the posterior distribution, and the integral in the denominator of Equation (3) serves as the normalizing constant for the Bayesian approach and equals 1. Substituting the likelihood function $\ell(\theta|y)$, which is mathematically equivalent to $f(y|\theta)$, and the normalizing constant into Equation (3) produces

$$\begin{aligned} g(\theta|y) &\propto f(y|\theta) \cdot g(\theta) \\ g(\theta|y) &\propto \ell(\theta|y) \cdot g(\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

where the symbol ' $\propto$ ' indicates proportionality (Greenberg, 2008, pp. 14–15). Equation (4) can be expressed verbally as,

posterior distribution $\propto$ likelihood function $\times$ prior distributions

assuming $e \sim N(0, \delta^2 I)$ and applying Equation (4) to the linear regression model $y = x\beta + e$ gives

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \quad (5)$$

The likelihood function is

$$\begin{aligned} \ell(\beta, \sigma | y) &= (2\pi\sigma^2)^{-T/2} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right] \\ &= (2\pi)^{-T/2} \sigma^{-T} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right] \end{aligned} \quad (6)$$

Substituting the ordinary least-squares estimators $b = (x'x)^{-1}x'y$, $\hat{\sigma}^2 = -\frac{(y-xb)'(y-xb)}{v}$, $v = T - K$ into Equation (6) yields the likelihood function.

$$\ell(\beta, \sigma | y) = \sigma^{-T} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \quad (7)$$

For a non-informative prior, the proportional expression

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \delta^{-1} \quad (8)$$

is employed. Under the assumption that the parameters are independent,

$$g(\beta, \sigma) = g(\beta)g(\sigma) \propto \delta^{-1} \quad (9)$$

can be written. Given that $-\infty < \beta < \infty$ and $0 < \sigma < \infty$, and treating $g(\beta)$ as constant, it follows that $g(\sigma) \propto \sigma^{-1}$. Because $\int_{-\infty}^{\infty} g(\beta) d\beta = \infty$, $\int_0^{\infty} g(\sigma) d\sigma = \infty$ substituting Equations (7) and (8) into Equation (5) produces the posterior density function

$$\begin{aligned} g(\beta, \sigma | y) &\propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \\ &\propto \sigma^{-(T+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \end{aligned} \quad (10)$$

(Judge et al., 1986, pp. 97–112; Greenberg, 2008, pp. 41–47).

Results

To examine the effects of YEKDEM supports on biomass energy, solar energy, hydroelectric energy, geothermal energy, wind energy, and unlicensed renewable energy production in Türkiye, both classical multiple regression and Bayesian multiple regression analyses were employed. The results obtained through the SPSS software are presented in Table 1, whereas the findings derived from the WinBUGS software are reported in Table 2.

Table 1: Descriptive Statistics Table Obtained Using the Classical Method

Parameter	B	Standard Error	Önem Düzeyi	2.5%	97.5%	R ²	Adjusted R ²
b[1]	2,573	0,695	3,66E-4	1,193	3,953		
b[2]	2,300	0,100	2,77E-39	2,102	2,498		
b[3]	-0,123	0,020	1,4E-08	-0,162	-0,084		
b[4]	0,179	0,039	1,46E-05	0,102	0,257	0,980	0,960
b[5]	-1,226	0,168	1,07E-10	-1,559	-0,893		
b[6]	0,062	0,090	0,496556	-0,118	0,241		
b[7]	0,092	0,045	0,047491	0,001	0,184		

Upon examining the findings presented in Table 1, it is observed that the significance levels of all independent variables, with the exception of wind energy, are below the .05 threshold. This indicates that each independent variable included in the study exerts a statistically significant effect on the dependent variable. In other words, the effects of the independent variables incorporated into the model on the dependent variable are statistically significant. An examination of the coefficients reported in Table 1 reveals that the coefficients for solar and geothermal energy are negative, whereas those for biomass, hydroelectric, wind, and unlicensed energy are positive. The analysis yields an R² value of 0.980 and an adjusted R² value of 0.960. Given that the adjusted R² is the appropriate measure in multiple linear regression, the independent variables collectively account for 96% of the variance in the dependent variable. Based on these results, it can be concluded that the independent variables in the model demonstrate both statistically significant and strong explanatory power with respect to the dependent variable.

Table 2: Descriptive Statistics Table Obtained Using the Bayesian Method

Parameter	B	Standard Error	MC Error	2.5%	97.5%	Initial	Sample
b[1]	2,573	0,713	5,586E-4	1,173	3,975		
b[2]	2,300	0,103	8,224E-5	2,099	2,501		
b[3]	-0,123	0,020	1,645E-5	-0,163	-0,083		
b[4]	0,179	0,040	3,422E-5	0,101	0,258	1001	499000
b[5]	-1,226	0,172	1,356E-4	-1,565	-0,888		
b[6]	0,062	0,093	5,586E-4	1,173	0,244		
b[7]	0,092	0,713	7,194E-5	-0,121	3,975		
tau	130,80	19,590	1,704E-2	95,200	171,800		

In the Bayesian regression analysis, the MC error—used to determine the extent to which the independent variables explain the dependent variable—was observed to be less than 0.05. Examination of Table 2 revealed that the coefficients for solar and geothermal energy were negative, whereas the coefficients for biomass, hydroelectric, wind, and unlicensed energy were positive.

Comparison of Table 1 and Table 2 reveals that the coefficients obtained from the classical regression and Bayesian regression analyses are identical. This outcome is attributable to the use of an uninformative prior in the Bayesian method.

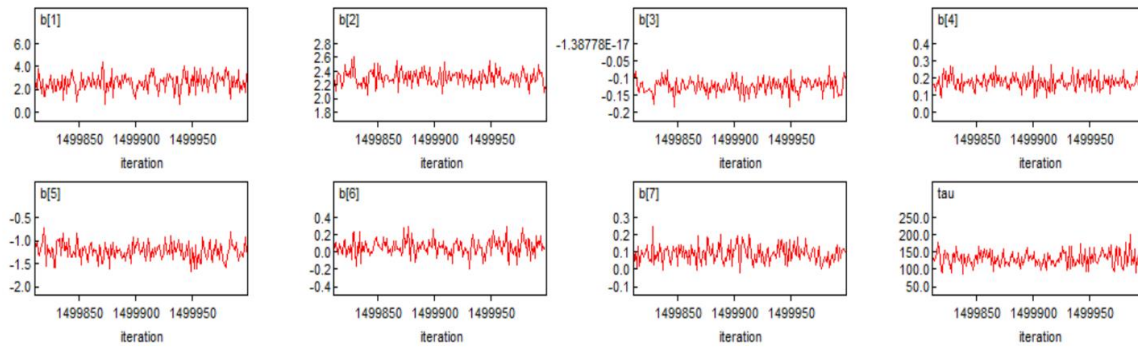


Figure 3: Trace Plot

Examination of the trace plot graph in Figure 3 reveals that it displays the final 200 iterations of the 1,500,000 iterations conducted using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method. Analysis of the last 200 iterations of the posterior distribution indicates that the Markov chain exhibits a reasonable search speed and convergence behavior. It can therefore be concluded that the chain has reached equilibrium and that the obtained samples constitute a reliable representation of the posterior distribution.

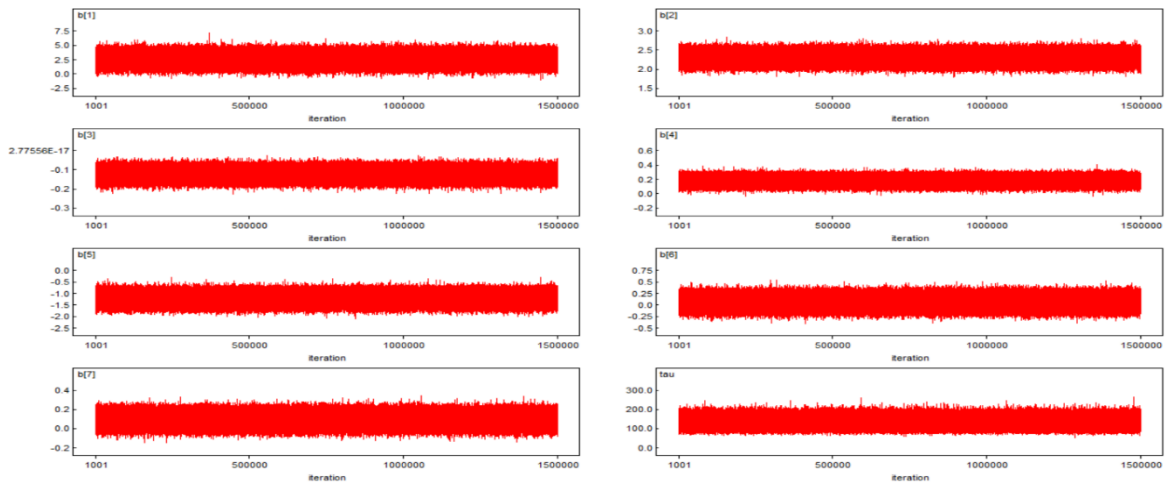


Figure 4: Multiple Chain Trace Plot 1001–1500000

Because the first 1,000 iterations were designated as burn-in in the WinBUGS program, the multiple-chain trace plot commences at iteration 1,001, as shown in Figure 4. The plot presents all iteration values from the 1,500,000 iterations performed using the MCMC method, excluding the burn-in period. The movement of each parameter across iterations is observed in order to obtain the posterior distribution values. Parameter $b[1]$ explores the posterior distribution near the value 2.572 within the range (1.173–3.975); parameter $b[2]$ near 2.300 within (2.099–2.501); parameter $b[3]$ near -0.123 within (-0.163 – 0.083); parameter $b[4]$ near 0.179 within (0.101–0.258); parameter $b[5]$ near -1.226 within (-1.565 – 0.888); parameter $b[6]$ near 0.062 within (-0.121 – 0.244); and parameter $b[7]$ near 0.092 within (-2.49×10^{-4} – 0.185).

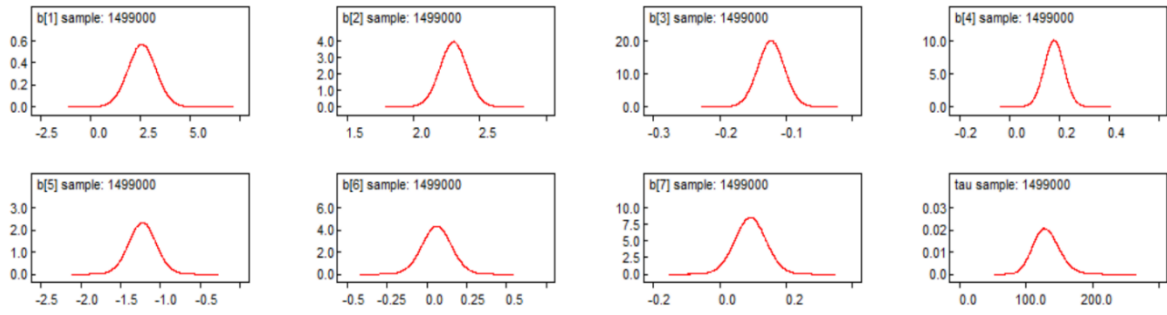


Figure 5: Kernel Density Plot

Figure 5 presents the kernel density plots of the parameters. Based on the kernel density plots, the parameters are observed to follow a normal distribution. This indicates that the model has been appropriately specified and that the sampling process has functioned successfully.

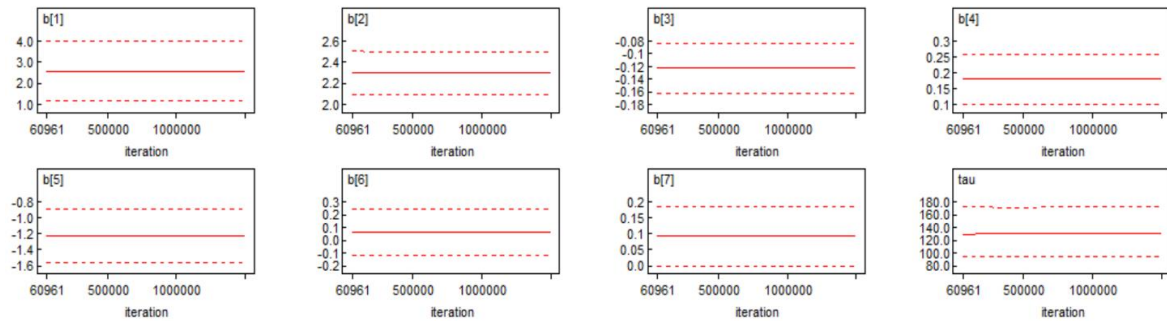


Figure 6: Running Quantiles Plot

Figure 6 presents the running quantiles plot, which examines the stationarity of the posterior distribution within the range assigned by WinBUGS. The obtained findings indicate that the plot is stationary. Examination of Figure 6 reveals that parameter b[1] produces constant values around 2.572, parameter b[2] around 2.300, parameter b[3] around -0.123, parameter b[4] around 0.179, parameter b[5] around -1.226, parameter b[6] around 0.062, and parameter b[7] around 0.092.

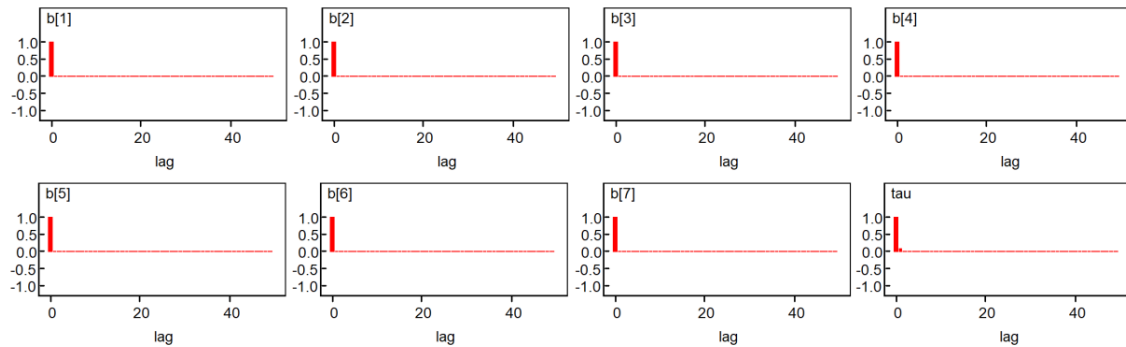


Figure 7: Autocorrelation Plot

Examination of Figure 7 reveals the autocorrelation values for the first 49 iterations. Autocorrelation measures the correlation between successive iterations, with values close to zero being expected. The value of 1 observed for the first iteration in Figure 7 is attributable to the autocorrelation of the iteration with itself. The autocorrelation between the second and first iterations is zero, and Figure 7 further indicates that the autocorrelation between successive iterations remains zero in the subsequent steps. This finding demonstrates the absence of dependence between the MCMC chains.

Conclusion

In this study, classical and Bayesian multiple regression analyses were applied using data from Türkiye covering a 96-month period from 2017 to 2024. In both approaches, the YEKDEM support amount was treated as the dependent variable, while biomass energy, solar energy, hydroelectric energy, geothermal energy, wind energy, and unlicensed renewable energy production served as the independent variables.

In the study, the analyses were conducted using two distinct approaches: classical and Bayesian. Classical regression analyses were performed using SPSS software, whereas Bayesian regression analyses were carried out with the assistance of the WinBUGS program. The widespread adoption of algorithms such as Markov Chain Monte Carlo (MCMC) and advancements in information technologies have significantly broadened the application domains of Bayesian methods, establishing them as fundamental components of modern statistics and artificial intelligence applications. The Bayesian approach incorporates existing knowledge and beliefs into the model through prior distributions, thereby enabling the updating of this information in light of new observations and facilitating probability-based inferences.

The analysis results obtained from both methods were found to be identical. The use of non-informative prior distributions in the Bayesian approach contributed to the consistency of these results. Upon examination of the findings, biomass, hydroelectric, wind, and unlicensed renewable energy sources were found to exert a positive effect on the YEKDEM dependent variable, whereas solar energy and geothermal energy exhibited a negative effect. Furthermore, each independent variable was found to explain a statistically significant proportion of the variance in the dependent variable. These findings indicate that the support mechanisms provided in the renewable energy sector significantly influence renewable energy production.

In the study, 1,500,000 samples were drawn from the Bayesian model with non-informative priors using the WinBUGS software, and the first 1,000 iterations were discarded as burn-in. The analysis results revealed that the estimates obtained from both the classical and Bayesian methods were identical. Holding all other variables constant, a one-unit increase in the BY variable corresponded to a 2.300-unit increase in YEKDEM; a one-unit increase in the HD variable corresponded to a 0.179-unit increase in YEKDEM; a one-unit increase in the RZ variable corresponded to a 0.062-unit increase in YEKDEM; and a one-unit increase in the LS variable corresponded to a 0.092-unit increase in YEKDEM. In contrast, a one-unit increase in the GN variable corresponded to a 0.123-unit decrease in YEKDEM, and a one-unit increase in the JT variable corresponded to a 1.226-unit decrease in YEKDEM.

The support mechanisms provided in the renewable energy sector contribute to increasing renewable energy capacity and enable the country to achieve greater production in the field of renewable energy. The findings obtained in the present study are consistent with those reported by Nicolini and Massimo (2017), Berksoy and Akbaş Akdoğan (2018), Yalçiner and Özcan (2021), and Damar and Yıldırım (2023).

The present study analyzed the effects of Turkey's YEKDEM supports on renewable energy production and yielded important findings regarding the current situation. However, the scope of future research aimed at analyzing the impacts of renewable energy policies could be broadened. For instance, the installation conditions, technological requirements, and regional distribution differences of investments in the renewable energy sector could be examined. In addition, comparative analyses of installation and operating costs across different energy types could be conducted to evaluate the payback period of investments and their contribution to the national economy. Furthermore, the effects of public-private sector partnership models on renewable energy support mechanisms, as well as the effectiveness of policies, could be tested, thereby providing policymakers with guiding recommendations.



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625

ANKARA SCIENCE
UNIVERSITY

Yenilenebilir Enerji Destekleri ve Üretim İlişkisi: Türkiye Örneği

Giriş

Küresel bağlamda enerjiye olan ihtiyacın artması, beraberinde yeterli enerjiyi karşılayabilecek kaynak arayışını akla getirmektedir. Kısıtlı enerji kaynaklarıyla karşılaşıldığında yenilenebilir enerji kaynakları hayati rol oynamaktadır². Bundan dolayı son yıllarda ulusal ve uluslararası düzeyde rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim olduğu gözlemlenmektedir (International Energy Agency (IEA), 2023, s. 17-22; Renewables 2023 Global Status Report (REN21), 2023, s. 11-12). Diğer taraftan enerji güvenliğine duyulan ihtiyaç ve karbon salınımını azaltmadaki rolü yenilenebilir enerjiye olan talebin her geçen gün artmasını da sağlamıştır (Durğun & Durğun, 2018, s. 3).

Yenilenebilir enerjiye geçiş sürdürülebilir çevrenin sağlanması aşamasında ülkelerin hemfikir olduğu ve küresel boyutta çalışmaların yapıldığı bir konu haline gelmiştir. Genellikle fosil yakıtlara dayanan kömür, petrol, doğal gaz, nükleer enerji gibi konvansiyonel enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçişin hızlanması veya alışılmış enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararı en aza indirmek için çabalar küresel boyutta önemli oranda artış göstermektedir. Konvansiyonel enerji kaynaklarının oluşumu için uzun zamana ihtiyaç duyulması, tükenbilir ve yenilenemez olması, sera gazı salınımı ve iklim değişikliği gibi çevreye zararları, ekonomik ve siyasi krizlerde enerji güvenliği riski taşımaları gibi temel nedenlerden dolayı alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanılması kaçınılmaz olmaktadır (Osman vd., 2023, s. 742; Hassan vd., 2024, s. 1).

Enerji üretimi ve tüketimi büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlı olup, bu durum enerji politikalarında dönüşüm ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Ancak fosil yakıtlara olan bu yüksek bağımlılık, çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmekte ve iklim değişikliği gibi küresel sorunları derinleştirmektedir. Bu nedenle, fosil yakıtlardan kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması ve sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişin sağlanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için, yenilenebilir enerji alanındaki yatırımların hızla artırılması ve enerji politikalarının bu doğrultuda yeniden yapılandırılması büyük önem taşımaktadır. Çünkü fosil yakıtların aksine, yenilenebilir enerji kaynakları kısa süreli doğal döngülerle sürekli olarak üretilbildikleri için, uzun oluşum süreçlerine bağımlı değildirler ve bu yönleriyle sürdürülebilir enerji politikalarının temelini oluşturmaktadırlar (Panwar vd., 2011, s. 1).

² Daha ayrıntılı bilgi için bk. (Akpınar & Başıbüyük, 2011); (Karakaş, 2014); (İslamova, 2014); (Doğanay, 2015); (Koca & Bulut, 2015); (Elmastaş, 2015); (Yüksel, 2015); (Akzeybek, 2015); (Çoban & Ölmez, 2016); (Erdoğan & Ganiev, 2016); (Özdemir, 2017); (Şeker, 2017); (Özalp, 2018); (Karacan & Yardım Kılıçkan, 2018); (Ulusoy & Atay, 2018); (Akdağ & İskenderoğlu, 2018); (Kurt, 2018); (Dikmen, 2019); (Doğan Çalışkan, 2019); (Cerit Berber & Yıldız, 2019).

Küresel olarak devamlı artan enerji ihtiyacına çevre dostu çözümler sunan yenilenebilir enerji kaynakları farklı doğa temelli oluşumlara dayanarak çeşitlilik göstermektedir. Güneş enerjisi evrendeki tüm gezegenler için enerji kaynağı olup çevre dostu, tükenmeyen ve düşük işletme maliyetine sahip bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Aynı zamanda diğer enerji kaynaklarının oluşumunda önemli bir paya sahiptir. Bulunduğu konum itibari ile Türkiye, yüksek güneşlenme süresi ve potansiyeli ile bu kaynaktan etkin yararlanabilecek bir durumdadır. Rüzgâr enerjisi, Güneş'in yeryüzünü eşit ısıtmaması nedeni ile oluşan hava hareketlerinden rüzgâr vasıtasıyla türbinler kullanılarak elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılmaktadır. Hidroelektrik enerji akarsuların gücüne bağlı olarak üretilen enerjilerdir. Suyun potansiyel enerjisinin türbinler aracılığıyla kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle elektrik enerjisi elde edilmektedir. Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki sıcak su, buhar ve kayalardan elde edilen temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Bu kaynakların yeryüzüne çıktığı noktalarda kurulan elektrik santralleri sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Aynı zamanda ısıtma olarak veya tedavi amaçlı kullanımlar da mevcuttur. Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından zengin olup, farklı sıcaklıklardaki sahalar hem doğrudan ısıtma hem de elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Biyokütle enerjisi; bitkiler, hayvan gübreleri, organik çöpler ve sanayi atıkları gibi kaynaklardan elde edilmektedir. Biyokütle kullanımı fosil yakıt tükenmesi sorununa karşı alternatif enerji olarak dünya ülkelerinde önem kazanan bir konuma gelmektedir. Türkiye, biyokütle üretimi için uygun iklim ve kaynaklara sahip olup, bu enerji kaynağı elektrik üretimi, ısıtma ve yakıt olarak kullanılmaktadır. Biyokütle, atıkların çevresel etkilerini azaltırken ekonomik ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlamaktadır (Türkşen, 2024, s. 592-594).

Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımı dönüşümünü hızlandırmak için Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) geliştirilmiştir. YEKDEM sayesinde yenilenebilir enerji alanında yapılacak yatırımlara gerekli destek ve teşvikler sağlanmaya başlanmıştır. Bu sayede yapılan teşvik ve desteklerin kurumsal olarak sürdürülebilirliğinin sağlanması için YEKDEM önemli bir rol üstlenmiştir. Çünkü YEKDEM kapsamında desteklerin zaman içinde artış göstermesi, enerji üretim yapısındaki dönüşümle doğrudan bağlantılıdır.

Çalışmada, Türkiye'de YEKDEM kapsamında sağlanan desteklerin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, YEKDEM desteklerinin farklı yenilenebilir enerji türleri üzerindeki etkilerinin yönü ve büyüklüğü ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Ayrıca, bu desteklerin enerji üretim yapısındaki dönüşüm sürecine ne ölçüde katkı sağladığını ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda araştırma, YEKDEM destekleri yenilenebilir enerji üretimini hangi ölçüde ve hangi yönlerde etkilemektedir? temel araştırma sorusuna yanıt aramakta ve destek mekanizmasının enerji üretim dinamikleri üzerindeki rolünü ampirik olarak değerlendirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerine; ekonomik büyüme, yatırımlar ve finansman, enerji güvenliği, çevresel etkiler, teknolojik gelişmeler ve yenilik, enerji politikaları ve teşvikler, enerji tüketim desenleri ve dönüşüm süreci ile ülke ve bölge bazlı karşılaştırmalı analizleri içeren çeşitli alanlarda birçok akademik çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda Nedensellik analizleri, panel veri analizi, sınır testleri, eşbütünleşme testleri gibi birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Çalışma, 2017-2024 dönemine ait aylık veriler kullanılarak klasik çoklu doğrusal regresyon ve Bayesyen çoklu regresyon analizlerinin birlikte uygulandığı karşılaştırmalı bir yaklaşım çerçevesinde yürütülmüştür. Klasik model SPSS, Bayesyen model ise WinBUGS yazılımı kullanılarak tahmin edilmiştir. Bayesyen yaklaşım, parametre belirsizliğini daha etkin biçimde modelleyebilmesi, küçük ve orta ölçekli örneklerde daha güvenilir tahminler sunabilmesi ve önsel bilgi kullanımına imkân tanınması nedeniyle tercih edilmiştir. Ayrıca yöntemin geçerliliğini güçlendirmek amacıyla klasik regresyon analizi sonuçları ile Bayesyen model sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran en önemli özellik kullanılan yöntem olarak ön plana çıkmasıdır. Bu çerçevede elde edilen bulguların, enerji politikalarının sürdürülebilirliği ve enerji arz

güvenliğinin sağlanması açısından hem politika yapıcılara hem de literatüre katkı sunması beklenmektedir.

Literatür Taraması

Sürdürülebilir çevre ve kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kullanımı; çevresel bozulmaların azaltılması, ekonomik büyümeye katkı sağlaması ve enerji güvenliğinin sağlanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji ile ilgili birçok akademik araştırmada farklı bölgeler ve ülkeler baz alınarak incelemeler yapılmıştır. Özellikle yenilenebilir enerjinin ekonomik gelişim, enerji destekleri, enerji güvenliği ve sürdürülebilir çevre oluşumunun sağlanması gibi birçok alanla ilişkisini araştıran çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar, gelecekte yapılacak araştırmalar ve politika yapıcılar için önemli ampirik bulgular sunması bakımından büyük öneme sahiptir. Türkiye verileri ile yapılan araştırmalar, yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme, ithalat ve kamu destekleri gibi değişkenler üzerindeki etkilerini araştırmaya yoğunlaşmıştır. Durğun ve Durğun (2018) çalışmalarında, 1980-2015 yıllarında Türkiye verilerini kullanarak ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ADF ve Zivot-Andrews birim kök, Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (ARDL) sınır ve Toda-Yamamoto nedensellik testlerini kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi arttıracığı sonucu tespit edilmiştir. Erdoğan ve arkadaşları (2018) çalışmalarında, 1998-2015 yılları Türkiye verilerini kullanarak yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Johansen Eşbütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) nedensellik testleri ile analiz etmişlerdir. Çalışmada ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji üretimine doğru uzun dönemli bir nedensellik olduğu ve değişkenlerin eşbütünleşik oldukları tespit edilmiştir. Arslan ve Solak (2019) çalışmalarında, 1984-2017 yılları Türkiye verilerini kullanarak yenilenebilir enerjinin ithalat üzerindeki etkisini analiz etmek için VAR, ADF ve Johansen eşbütünleşme testlerini uygulamışlardır. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ithalatı arttırdığı ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu bulunmuştur. Yalçın ve Özcan (2021) çalışmalarında, 2017-2019 yılları arasında aylık Türkiye verilerini kullanarak yenilenebilir enerjinin üretim ve teşvik durumunu regresyon analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada yenilenebilir enerjiye sağlanan desteklerin biyoenerji ve fotovoltaik enerji gelişimini olumlu etkilediği elde edilmiştir. Damar ve Yıldırım (2023) çalışmalarında, 2017-2023 yılları Türkiye verilerini kullanarak enerji ithalatı, YEK-DEM, enerji ve elektrik ihracatı ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkiyi analiz etmek için VAR modeli, Johansen eş bütünleşme ve Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışmada YEK-DEM, enerji ve elektrik ihracatı, yenilenebilir enerji bağımsız değişkenlerinden enerji ithalatı bağımlı değişkenine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi elde edilmiştir.

Uluslararası literatürde yapılan çalışmalar, yenilenebilir enerji ile enerji politikaları, ekonomik büyüme, kamu destek ve teşvikleri, çevresel etkiler ve dış ticaret gibi değişkenler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Aslani ve arkadaşları (2014) çalışmalarında, 2011-2020 yıllarında Finlandiya verilerini kullanarak bağımlılığa bağlı yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirmek için Nedensel döngüler diyagramı ve sistem dinamikleri modelini kullanmışlardır. Çalışmada 2020 yılına kadar elektrik/ısı tüketiminde artış gerçekleşirken bağımlılığın azalacağı tespit edilmiştir. Bhattacharya ve arkadaşları (2016) çalışmalarında, 1991-2012 yıllarında en çok yenilenebilir enerji tüketen ilk 38 ülke verileri kullanılarak yenilenebilir enerji üretimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri ile analiz etmişlerdir. Çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik çıktı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Danish ve arkadaşları (2017) çalışmalarında, 1970-2012 yıllarında Pakistan verilerini kullanarak yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmak için ARDL sınır testi, VECM Granger nedensellik, Tam Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS), Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (DOLS) ve Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (CCR) testlerini uygulamışlardır. Çalışmada yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin Çevresel Kuznets

Eğrisinin varlığını sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonu üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu tespit edilirken, yenilenemeyen enerji tüketiminin emisyon üzerindeki etkisinin olumlu olduğu belirlenmiştir. Nicolini ve Massimo (2017) çalışmalarında, 2000-2010 yılları verilerini kullanarak beş büyük Avrupa ülkesinde yenilenebilir enerji politikaları ile enerjiye verilen teşvik arasındaki ilişkiyi En Küçük Kareler Yöntemi (OLS) ve Hausman Taylor yöntemleri ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada yenilenebilir enerjiyi teşvik etmede politikaların etkisinin kısa ve uzun dönemde etkili olduğu bulunmuştur. Berksoy ve Akbaş Akdoğan (2018) çalışmalarında, 1990- 2015 yılları arasında 28 Avrupa birliği ülkesi ve Türkiye verilerini kullanarak yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili kamu politikaları, teşvik ve destek durumlarını incelemek için panel veri kullanmışlardır. Çalışmada yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasında kota yükümlüğünün ve sabit fiyat garantisinin etkisinin anlamlı ve pozitif yönlü olduğu bulunmuştur. Ganda (2018) çalışmasında, 2000-2014 yılları arasında OECD ülkelerinin verileri kullanılarak çevre kalitesi değişkenleri ile yeşil enerji yatırımları arasındaki ilişkiyi analiz etmek için panel birim kök testleri ve sistem-Genelleştirilmiş Momentler Yöntemini (GMM) kullanmış. Çalışmada yenilenebilir enerji kullanımının zararlı gaz emisyonlarında azalma sağladığı tespit edilmiştir. Chen ve arkadaşları (2019) çalışmalarında, 1980- 2014 yıllarında Çin verilerini kullanarak karbondioksit emisyonu, GSYİH, yenilenebilir ve yenilenemez enerji ve dış ticaret arasındaki ilişkiyi araştırmak için ARDL sınır testini ve VECM Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışmada değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kaya ve Bayraktar (2021) çalışmalarında, 2001-2015 yıllarında 28 ülke için güneş enerjisi kurulu kapasitesi ile teşvik araçları arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile araştırmışlardır. Çalışmada, güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi ile vergi teşvikleri, tarife garantisi, gayrisafı yurt içi hasıla (GSYH) ve yeşil sertifika arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna karşılık, enerji ithalatı ile güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuş, kredi ve sübvansiyonlar ile ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Yang ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, 1995-2018 yıllarında E7 ülkelerinin verileri kullanılarak EKC hipotezini test etmede yenilenebilir enerji ve kamu-özel sektör ortaklığının etkisini incelemek için Kantil Regresyon Momentleri Yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada yenilenebilir enerjinin CO2 emisyonlarını azaltmada alt ve üst kantillerde etkili iken orta kantilde etkili olmadığı tespit edilmiştir.

Yöntem

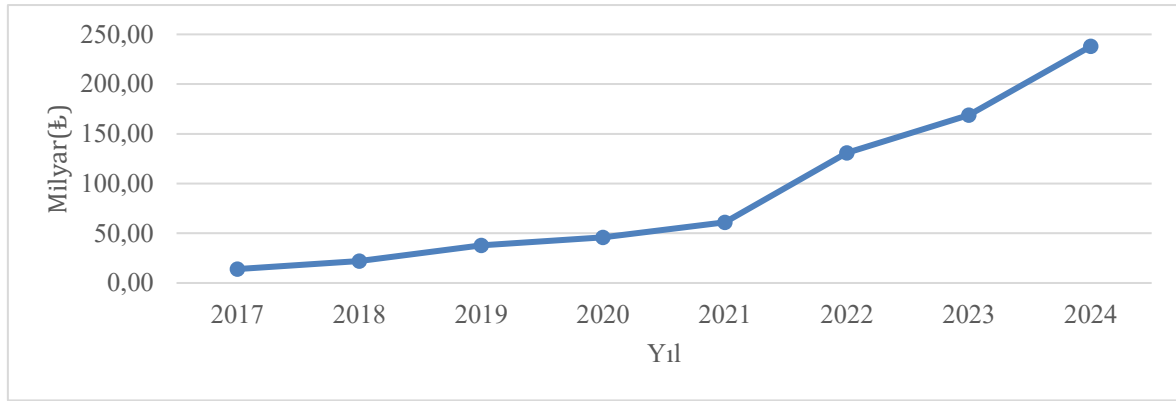
Çalışmada, 2017–2024 dönemine ait aylık veriler kullanılarak klasik çoklu doğrusal regresyon ve Bayesyen çoklu regresyon yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Klasik regresyon analizinde verilerden istatistiksel çıkarımlar yapmak amacıyla kullanılan SPSS programı, etkili ve kullanıcı dostu bir istatistiksel yazılımdır. Basit modellere uygulanabildiği gibi, karmaşık modellere de kolaylıkla uygulanabilmektedir (Hinton ve arkadaşları, 2004, s. 1-5). Klasik regresyonda karşılaşılan önemli sorunlardan biri olan çoklu doğrusallık durumunda ise, bu sorundan etkilenmeyen Bayesyen yöntem alternatif olarak kullanılabilir. Bayesyen yöntemde, WinBUGS yazılımı yardımıyla sonsal dağılımdan rastgele örneklem üretilebilir (Ntzoufras, 2009, s. 83-84). Ayrıca, Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) tekniği ile birbirinden bağımsız istenilen sayıda örneklem üretmek mümkündür. Ayrıca Bayesyen yöntem, basit ve karmaşık problemlere rahatlıkla uygulanabilmekte ve elde edilen sonuçlar gerçek değere oldukça yakın bulunmaktadır (McCarthy, 2007, s. 57).

YEKDEM Materyali

Türkiye, sahip olduğu doğal kaynak çeşitliliği sayesinde yenilenebilir enerji açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin etkin biçimde değerlendirilmesi amacıyla, yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmeye yönelik çeşitli politika ve düzenlemeler hayata geçirilmiştir. Bu düzenlemelerden en önemlilerinden biri YEKDEM'dir. YEKDEM kapsamında desteklenebilecek üretim tesisleri, 5346 sayılı Kanun'da tanımlanan yenilenebilir enerji kaynaklarına

dayalı tesislerdir. Mekanizma kapsamında uygulanan fiyatlar, tesisin işletmeye giriş tarihine göre 10 yıla kadar değişen sürelerde garanti edilmekte olup, ilgili dönemler Cumhurbaşkanlığı Kararları ile düzenlenmektedir. YEKDEM başvuruları her yıl belirlenen takvim çerçevesinde alınmakta; üretim lisansı sahipleri belirlenen sürelerde EPDK'ya başvurarak bir sonraki yıl için sisteme dahil edilmektedir. Lisanssız üretim tesisleri ise görevli tedarik şirketleri aracılığıyla YEKDEM'den doğrudan yararlanabilmektedir. YEKDEM, hem yatırımcılar için gelir garantisi sağlayan hem de yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik eden önemli bir piyasa temelli destek mekanizmasıdır (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2025). Bu nedenle YEKDEM'in çalışmada tercih edilmesinin temel nedeni, Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarını doğrudan teşvik eden ana mekanizma olması ve enerji üretim dinamikleri üzerindeki etkisinin ampirik olarak değerlendirilmek istenmesidir. Ayrıca mekanizmanın kurumsal ve düzenleyici yapısının güçlü olması, veri güvenilirliğini artırmakta ve istatistiksel analizler için uygun bir zemin oluşturmaktadır.

YEKDEM kapsamında sağlanan desteklerin yıllar içindeki değişimini göstermesi amacıyla, destek miktarlarının zaman içerisindeki gelişimi Şekil 1'de sunulmuştur.

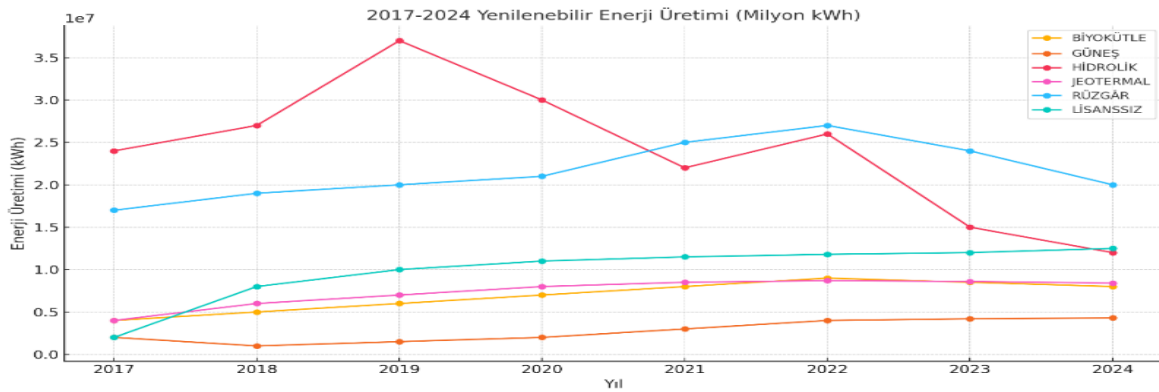


Şekil 1: YEKDEM

Kaynak: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (2025)

Şekil 1 incelendiğinde YEKDEM desteklerinin her geçen yıl artış gösterdiği gözlemlenmektedir. 2017- 2019 yılları arasında 2018'de %56 ve 2019'da %72 oranında istikrarlı bir artış söz konusudur. 2020-2021 döneminde artış oranı düşmekle beraber yükselmeye devam etmiştir. 2020'de %21,9 ve 2021'de %32 oranında bir artış olmuştur. 2022-2024 döneminde en dramatik sıçrama %113,97 ile 2022 yılında olmuştur. 2023'te %28,79 ve 2024'te %40,78 oranında bir artış söz konusudur. Sonuç olarak YEKDEM miktarı devamlı artarak 2017'den 2024'e gelindiğinde son sekiz yılda 17 katına çıkmıştır. Bu artış finansal sürdürülebilirlik ve enerji politikası açısından önemli bir durumdur. Çünkü YEKDEM miktarları hem oran hem de miktar açısından dikkate değer bir artış trendi yakalamış durumdadır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin yıllara göre dağılımı ve gelişim eğilimini ortaya koymak amacıyla lisanslı ve lisanssız üretim verileri Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Yenilenebilir Enerji Üretimi

Kaynak: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) (2025)

Şekil 2 incelendiğinde toplam lisanssız üretimin sürekli bir artış göstererek 2024 yılında en üst seviyede yer aldığı gözlemlenmektedir. Lisanslı üretimlerden biyokütle, güneş, jeotermal genel olarak artış trendi göstermektedir. Ancak hidrotermal 2019 yılına kadar sürekli artış gösterdikten sonra sonraki yıllarda ciddi oranda düşüş göstermiştir. Rüzgâr enerjisi de 2022 yılına kadar artış göstermiş sonraki yıllarda hafif bir düşüş sergilemiştir.

Veri Analizi

Çalışmada, Türkiye’de YEKDEM desteklerinin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla 2017–2024 dönemine ait aylık veriler kullanılmış olup, söz konusu veri seti toplam 96 aylık gözlemden oluşmaktadır. Veriler Enerji Piyasası Denetleme Kurumu resmî sitesinden elde edilmiştir (EPDK, 2025). Bağımsız değişken YEKDEM destek miktarı olup bağımsız değişkenler; biyokütle enerjisi (BY), güneş enerjisi (GN), hidroelektrik enerji (HD), jeotermal enerji (JT), rüzgâr enerjisi (RZ) ve lisanssız (LS) yenilenebilir enerjilerdir. Çalışmada kullanılan model aşağıda verilmiştir:

$$YEKDEM_t = \beta_1 + \beta_2 * BY + \beta_3 * GN + \beta_4 * HD + \beta_5 * JT + \beta_6 * RZ + \beta_7 * LS + \varepsilon_i \quad (1)$$

Bu modelde β_1 sabit terimi, $\beta_2 - \beta_7$ ise bağımsız değişkenlere ait katsayıları temsil etmektedir. ε_i hata terimini ifade etmektedir. Model, YEKDEM destekleri ile yenilenebilir enerji üretim türleri arasındaki ilişkiyi çoklu doğrusal regresyon çerçevesinde analiz etmek amacıyla kurulmuştur.

Bayesyen yaklaşım

Bayes yaklaşımı, adını İngiliz matematikçi Thomas Bayes’ten alır. Bayes, "ters olasılık" olarak bilinen bir kavramı ortaya koyarak olasılık teorisine yeni bir yorum getirmiştir. Bu yaklaşım, bir olayın olasılığını mevcut veriler ışığında, önceden sahip olunan inançlarla birleştirilerek değerlendirmeyi amaçlar. Temelini Bayes teoreminden alan bu yöntem, olaylara dair çıkarımlarda bulunurken hem geçmiş bilgileri hem de güncel verileri birlikte kullanır (Bernardo & Smith, 2000, s. 1-4).

θ rastgele değişken ve $f(y|\theta)$ benzerlik fonksiyonu için yoğunluk fonksiyonu,

$$h(\theta, y) = f(y|\theta).g(\theta) = g(\theta|y).f(y) \quad (2)$$

olup Eşitlik 2

$$g(\theta|y) = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{f(y)} = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{\int f(y|\theta).g(\theta)d\theta} \quad (3)$$

Eşitlik 3 şeklinde yeniden düzenlenirse Bayes teoremi elde edilir. $g(\theta|y)$ sonsal dağılım olup Eşitlik 3’ün paydasındaki $\int f(y|\theta).g(\theta)d\theta$ eşitliği Bayesyen yaklaşım için normalleştirme sabiti olup 1’e

eşittir. $f(y|\theta)$ benzerlik fonksiyonu ile matematiksel olarak aynı olan $\ell(\theta|y)$ olabilirlik fonksiyonu ve normalleştirme sabiti Eşitlik 3'te yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} g(\theta|y) &\propto f(y|\theta) \cdot g(\theta) \\ g(\theta|y) &\propto \ell(\theta|y) \cdot g(\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

ifadesi elde edilir. Burada $' \propto '$ sembolü orantılı olduğunu göstermektedir (Greenberg, 2008, s. 14-15). Eşitlik 4 ile verilen ifade sözel olarak,

sonsal dağılım $\propto$ olabilirlik fonksiyonu $\times$ önsel dağılım

şeklinde ifade edilir. $e \sim N(0, \delta^2 I)$ olup, Eşitlik 4, $y = x\beta + e$ doğrusal regresyon modeline uygulanırsa,

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ell(\beta, \sigma | y) &= (2\pi\sigma^2)^{-T/2} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right] \\ &= (2\pi)^{-T/2} \sigma^{-T} \exp\left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2}\right] \end{aligned} \quad (6)$$

elde edilir $b = (x'x)^{-1}x'y$, $\hat{\sigma}^2 = -\frac{(y-xb)'(y-xb)}{v}$, $v = T - K$ değerleri Eşitlik 6'da yazılırsa

$$\ell(\beta, \sigma | y) = \sigma^{-T} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \quad (7)$$

olabilirlik fonksiyonu elde edilir. Bilgi vermeyen önsel için

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \delta^{-1} \quad (8)$$

orantılı ifadesi kullanılmaktadır. β, σ parametrelerinin bağımsız olduğu varsayımı altında

$$g(\beta, \sigma) = g(\beta)g(\sigma) \propto \delta^{-1} \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $-\infty < \beta < \infty$ ve $0 < \sigma < \infty$ olup $g(\beta)$ sabit kabul edilirse $g(\sigma) \propto \sigma^{-1}$ olur. Burada, $\int_{-\infty}^{\infty} g(\beta) d\beta = \infty$, $\int_0^{\infty} g(\sigma) d\sigma = \infty$ olup, Eşitlik 7 ve Eşitlik 8, Eşitlik 5'te yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} g(\beta, \sigma | y) &\propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \\ &\propto \sigma^{-(T+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)]\right\} \end{aligned} \quad (10)$$

sonsal yoğunluk fonksiyonu elde edilir (Judge vd., 1986, s. 97-112; Greenberg, 2008, s. 41-47).

Bulgular

Türkiye'de YEKDEM desteklerinin biyokütle enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve lisansız yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini analiz etmek için klasik çoklu regresyon ve Bayesyen çoklu regresyon analizleri kullanılmıştır. SPSS programı ile elde edilen sonuçlar Tablo 1 ile WinBUGS programı ile elde edilen sonuçlar Tablo 2 ile verilmiştir.

Tablo 1: Klasik Yöntem ile Elde Edilen Tanımlayıcı İstatistik Tablosu

Parametre	B	Standart Hata	Önem Düzeyi	2.5%	97.5%	R ²	Ayarlanmış R ²
b[1]	2,573	0,695	3,66E-4	1,193	3,953		
b[2]	2,300	0,100	2,77E-39	2,102	2,498		
b[3]	-0,123	0,020	1,4E-08	-0,162	-0,084		
b[4]	0,179	0,039	1,46E-05	0,102	0,257	0,980	0,960
b[5]	-1,226	0,168	1,07E-10	-1,559	-0,893		
b[6]	0,062	0,090	0,496556	-0,118	0,241		
b[7]	0,092	0,045	0,047491	0,001	0,184		

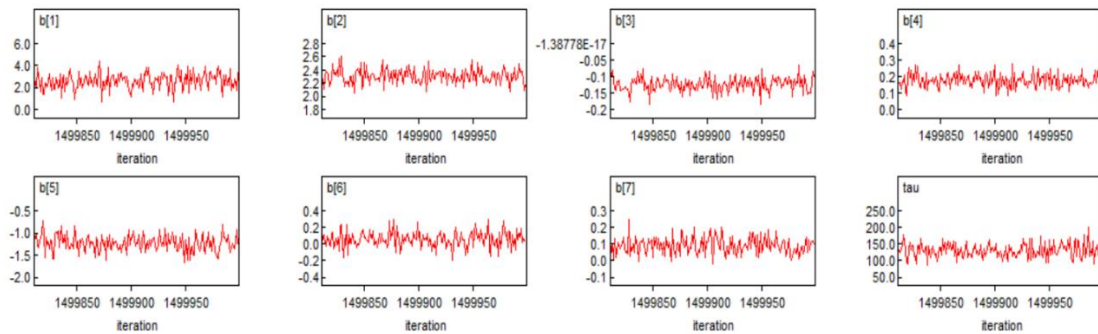
Tablo 1’de yer alan bulgular incelendiğinde, bağımsız değişkenlerin anlamlılık düzeylerinin, rüzgâr enerjisi dışındaki tüm değişkenler için .05’in altında olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmada kullanılan her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifade ile modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Tablo 1’deki katsayılar incelendiğinde güneş ve jeotermal enerjinin katsayılarının negatif, biyokütle, hidroelektrik, rüzgâr ve lisansız enerjinin katsayılarının pozitif olduğu bulunmuştur. Çalışmada R² değeri 0,980 ve ayarlanmış R² değeri ise 0,960 olarak bulunmuştur. Çoklu doğrusal modelde ayarlanmış R² değeri dikkate alındığından, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni %96 oranında açıkladığı gözlemlenmektedir. Bu bulgular doğrultusunda, modelde yer alan bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni açıklama düzeylerinin istatistiksel olarak hem anlamlı hem de güçlü olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 2: Bayesyen Yöntem ile Elde Edilen Tanımlayıcı İstatistik Tablosu

Parametre	B	Standart Hata	MC Hata	2.5%	97.5%	Başlangıç	Örnekl
b[1]	2,573	0,713	5,586E-4	1,173	3,975		
b[2]	2,300	0,103	8,224E-5	2,099	2,501		
b[3]	-0,123	0,020	1,645E-5	-0,163	-0,083		
b[4]	0,179	0,040	3,422E-5	0,101	0,258	1001	499000
b[5]	-1,226	0,172	1,356E-4	-1,565	-0,888		
b[6]	0,062	0,093	5,586E-4	1,173	0,244		
b[7]	0,092	0,713	7,194E-5	-0,121	3,975		
tau	130,80	19,590	1,704E-2	95,200	171,800		

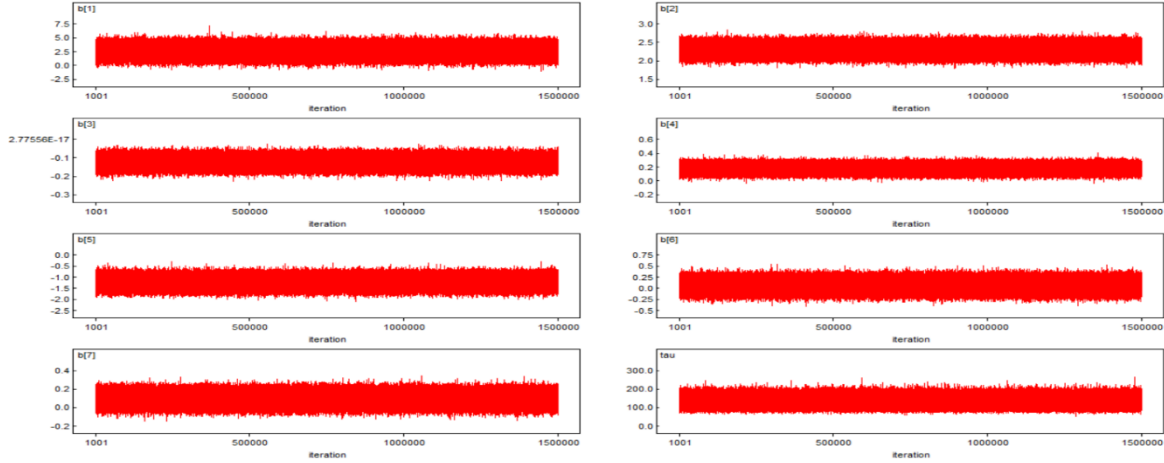
Bayesyen regresyonda bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama düzeyini belirlemede kullanılan MC hatanın .05’ten küçük olduğu gözlemlenmektedir. Tablo 2 incelendiğinde güneş ve jeotermal enerjinin katsayılarının negatif, biyokütle, hidroelektrik, rüzgâr ve lisansız enerjinin katsayılarının pozitif olduğu elde edilmiştir.

Tablo 1 ve Tablo 2 karşılaştırıldığında klasik regresyon ile Bayesyen regresyon analiz sonucunda elde edilen katsayıların aynı olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum Bayesyen yöntemde belirsiz önsel ile çalışılmasından kaynaklanmaktadır.



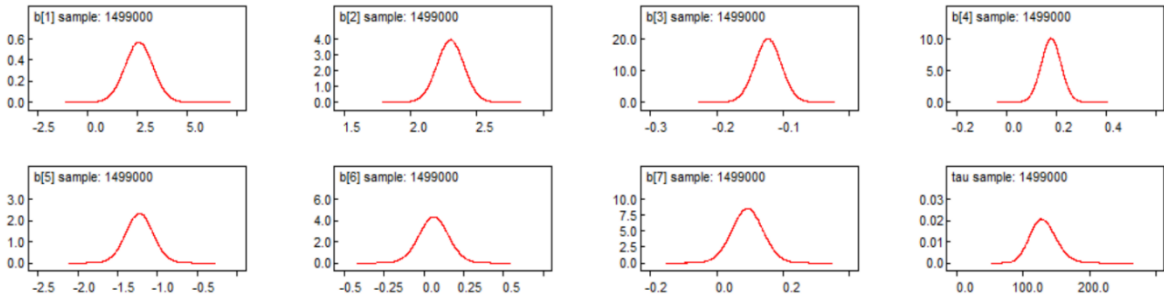
Şekil 3: İz Çizimi

Şekil 3'teki iz çizim grafiği incelendiğinde, Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) yöntemine dayalı olarak gerçekleştirilen 1500000 iterasyonun son 200 iterasyonunu göstermektedir. Burada sonsal dağılımın son 200 iterasyonunun incelenmesi yapıldığında, Markov zincirinin arama hızının ve yakınsama davranışının makul düzeyde olduğu gözlemlenmektedir. Zincirin denge durumuna ulaştığı ve elde edilen örneklerin sonsal dağılımın güvenilir bir temsili olduğu sonucuna varılabilir.



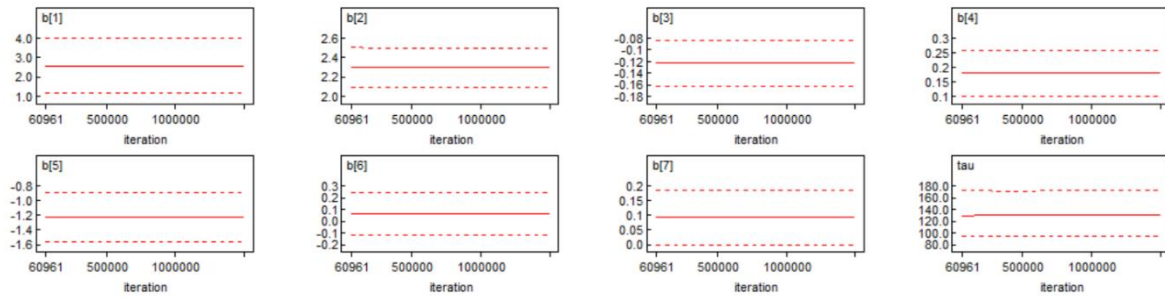
Şekil 4: Çoklu Zincir İzleme Hareket Grafiği; 1001-1500000

Başlangıçta WinBUGS programında ilk 1000 adım yanma olarak belirlendiği için çoklu zincir izleme grafiği Şekil 4'te gözlemlendiği gibi 1001. adımdan başlamıştır. MCMC yöntemine dayalı olarak gerçekleştirilen 1 500 000 iterasyonun yanma hariç tüm iterasyon değerlerinin grafiği Şekil 4 ile verilmiştir. Parametrelerin sonsal dağılım değerlerini elde etmek için her bir iterasyon için hareket ettiği noktalar gözlemlenmektedir. Burada b[1] parametresi (1,173- 3,975) aralığında 2,572, b[2] parametresi (2,099- 2,501) aralığında 2,300, b[3] parametresi (-0,163- -0,083) aralığında -0,123, b[4] parametresi (0,101- 0,258) aralığında 0,179, b[5] parametresi (-1,565- -0,888) aralığında -1,226, b[6] parametresi (-0,121- 0,244) aralığında 0,062, b[7] parametresi (-2,49E-4- 0,185) aralığında 0,092 değerine yakın noktalarda sonsal dağılımı aramaktadır.



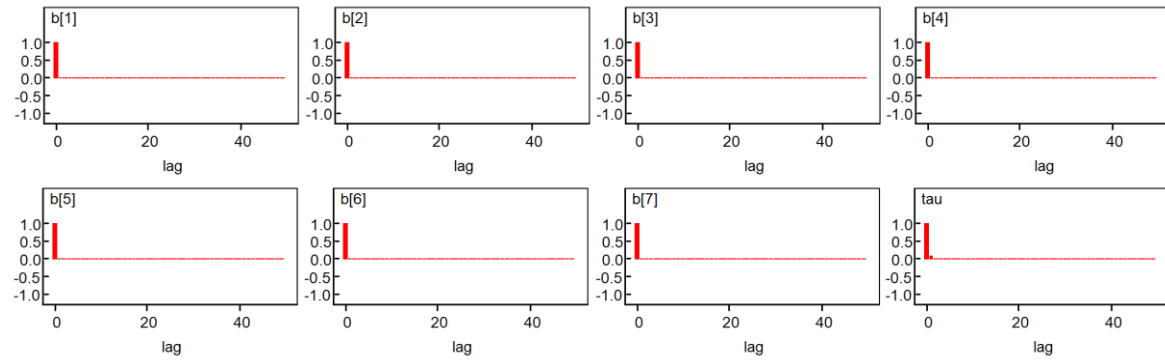
Şekil 5: Kernel Yoğunluk Çizimi

Şekil 5'te parametrelerin Kernel yoğunluk grafikleri sunulmuştur. Kernel yoğunluk grafiğine göre parametrelerin normal dağılım gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu durum modelin uygun bir şekilde tanımlandığını ve örnekleme sürecinin başarılı bir şekilde çalıştığını göstermektedir.



Şekil 6: Çalışan Nicelikler Grafiği

Şekil 6’da WinBUGS tarafından atanan aralıkta sonsal dağılımın durağan olup olmadığını incelendiği çalışan nicelikler grafiği sunulmuştur. Elde edilen bulgular sonucunda grafiğin durağan olduğu gözlemlenmektedir. Şekil 6 incelendiğinde b[1] parametresinin 2,572, b[2] parametresinin 2,300, b[3] parametresinin -0,123, b[4] parametresinin 0,179, b[5] parametresinin -1,226, b[6] parametresinin 0,062 ve b[7] parametresinin 0,092 değeri boyunca sabit değerler ürettiği gözlemlenmektedir.



Şekil 7: Otokorelasyon Çizimi

Şekil 7 incelendiğinde ilk 49 iterasyonun otokorelasyonu gözlemlenmektedir. Otokorelasyon ardışık iterasyonlar arasındaki otokorelasyonu ölçmekte olup sıfıra yakın değerler olması beklenmektedir. Şekil 7’de ilk iterasyonun 1 olması ilk iterasyonun kendisi ile olan otokorelasyonundan kaynaklanmaktadır. İkinci iterasyon ile birinci iterasyon arasında otokorelasyon sıfır olup bundan sonraki adımlarda da ardışık iterasyonlar arasındaki otokorelasyon sıfır olduğu Şekil 7’den gözlemlenmektedir. Bu durum MCMC zincirleri arasında bir bağımlılık olmadığını göstermektedir.

Sonuç

Çalışmada, 2017-2024 yılları arasında 96 aylık bir dönemi kapsayan Türkiye verileri kullanılarak klasik ve Bayesyen çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Her iki yöntemde de bağımlı değişken olarak YEKDEM destek miktarı, bağımsız değişken olarak; biyokütle enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve lisansız yenilenebilir enerji üretimi dikkate alınmıştır.

Çalışmada, analizler Klasik ve Bayesyen olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir. Analizlerde klasik regresyon SPSS yazılımı kullanılarak, Bayesyen regresyon ise WinBUGS programı yardımıyla yürütülmüştür. Özellikle Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) gibi algoritmaların yaygınlaşması ve bilişim teknolojilerinin gelişimi, Bayesyen yöntemlerin uygulama alanlarını genişletmiş; bu yöntemleri modern istatistik ve yapay zekâ uygulamalarının temel

bileşenlerinden biri haline getirmiştir. Bayesyen yaklaşım, mevcut bilgi ve inançları önsel dağılımlar aracılığıyla modele dâhil ederek, gözlemler sonucunda bu bilgilerin güncellenmesini ve olasılığa dayalı çıkarımlar yapılmasını mümkün kılmaktadır.

Her iki yöntem ile yapılan analiz sonuçlarının aynı olduğu bulunmuştur. Sonuçların aynı çıkmasında Bayesyen yaklaşımda belirsiz önsel dağılımın kullanılması etkili olmuştur. Elde edilen bulgular incelendiğinde YEKDEM bağımlı değişkeni üzerinde biyokütle, hidroelektrik, rüzgâr ve lisanssız yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi pozitif yönlü olurken, güneş enerjisi ve jeotermal enerjinin etkisi negatif yönlü olarak bulunmuştur. Ayrıca her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama oranı anlamlı olarak bulunmuştur. Bu bulgular yenilenebilir enerji alanında sağlanan desteklerin yenilenebilir enerji alanında enerji üretimini anlamlı olarak etkilediğini göstermektedir.

Çalışmada WinBUGS yazılımı aracılığıyla Bayesyen belirsiz önsel dağılım modelinde 1500000 örneklem türetilmiş ve ilk 1000 adımın yanmasına izin verilmiştir. Analiz sonucunda hem klasik hem de Bayesyen yöntemle elde edilen değerlerin aynı olduğu gözlemlenmiştir. Her iki analiz için diğer değişkenler sabit tutulduğunda BY değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM’de 2,300 birimlik bir artışa, HD değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM’de 0,179 birimlik bir artışa, RZ değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM’de 0,062 birimlik bir artışa, LS değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM’de 0,092 birimlik bir artışa karşılık gelirken, GN değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM’de 0,123 birimlik bir azalışa ve JT değişkenindeki bir birimlik artış YEKDEM’de 1,226 birimlik bir azalışa karşılık gelmektedir.

Yenilenebilir enerji alanında sağlanan desteklerin yenilenebilir enerji kapasitesini arttırmada ve ülkenin yenilenebilir enerji alanında daha çok üretim yapmasına olanak sağlamaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar Nicolini ve Massimo (2017), Berksoy ve Akbaş Akdoğan (2018), Yalçiner ve Özcan (2021), Damar ve Yıldırım (2023) çalışmaları ile benzerlik göstermektedir.

Çalışma, Türkiye YEKDEM desteklerinin yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini analiz ederek mevcut duruma ilişkin önemli bulgular ortaya koymuştur. Ancak, yenilenebilir enerji politikalarının etkilerini analiz etmek için gelecekte yapılacak araştırmaların kapsamı farklılaştırılabilir. Yenilenebilir enerji alanında yapılacak olan yatırımların kurulum şartları, teknolojik gereklilikleri ve bölgesel dağılım farklılıkları incelenebilir. Ek olarak, farklı enerji türleri için kurulum ve işletme maliyetlerinin karşılaştırmalı analizleri yapılarak, yatırımın geri dönüş süresi ve ülke ekonomisine katkısı değerlendirilebilir. Ayrıca, kamu-özel sektör iş birliği modellerinin yenilenebilir enerji destek mekanizmalarına etkisi ve politikaların etkinliği test edilerek, politika yapıcılara yol gösterici öneriler sunulabilir.

References

- Akdağ, S., & İskenderoğlu, Ö. (2018). Avrupa Birliğine üye ve aday ülkelerde yenilenemeyen enerji, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. *Turkish Studies - Economics, Finance and Politics*, 13(30), 1–14. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14423>
- Akpınar, E., & Başbüyük, A. (2011). Jeoekonomik önemi giderek artan bir enerji kaynağı: Doğalgaz. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 6(3), 119–136. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.2640>
- Akzeybek, R. (2015). Enerji güvenliği bağlamında Çin'in Afrika politikası. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(16), 25–42. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.9031>
- Arslan, E., & Solak, A. (2019). Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin ithalat üzerindeki etkisi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 10(17), 1380-1407. <https://doi.org/10.26466/opus.521269>
- Aslani, A., Helo P. & Naaranoja M. (2014). Role of renewable energy policies in energy dependency in Finland: System dynamics approach. *Applied Energy*, 113, 758-765. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.015>
- Berksoy, T., & Akbaş Akdoğan, D. (2018). Yenilenebilir enerjide kamu politikaları ve Türkiye. *Journal of Life Economics*, 5(3), 19-42. <https://doi.org/10.15637/jlecon.251>
- Bernardo, J., M., & Smith, A. F. M. (2000). *Bayesian theory*. John Wiley & Sons. Ltd.
- Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I. & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.104>
- Cerit Berber, N., & Yıldız, D. (2019). Mühendislik fakültesi öğrencilerinin enerji kavramı ile ilgili bilişsel yapılarının kelime ilişkilendirme testi ile incelenmesi / An investigation of the cognitive structures of engineering faculty undergraduates related to the energy concept through word association test. *Turkish Studies*, 14(3), 445-460. <http://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.22708>
- Chen, Y., Wang, Z. & Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.047>
- Çoban, M. N., & Ölmez, Ü. (2016). Mavi ekonomi ve mavi büyüme. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 11(2), 155–166. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.11122>
- Damar, A., & Yıldırım, F. (2023). Türkiye enerji ithalatında yenilenebilir enerji üretimi ve makro ekonomik değişkenler. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(48), 1077-1100. <https://doi.org/10.46928/iticusbe.1339691>
- Danish, Zhang, B., Wang, B., & Wang, Z. (2017). Role of renewable energy and non-renewable energy consumption on EKC: Evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 156, 855-864. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.203>
- Dikmen, A. Ç. (2019). Türkiye’de güneş ve rüzgârdan elektrik üretiminin sera gazı emisyonları ve çevre maliyetinin azalmasına katkıları. *Turkish Studies - Economics, Finance and Politics*, 14(1), 275–293. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.15149>

- Doğan Çalışkan, Z. (2019). Enerji ithalatı ve büyüme ilişkisi: MINT ülkeleri için analiz. *Turkish Studies - Economics*, 14(4), 2195–2204. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.22929>
- Doğanay, R. (2015). Enerji savaşları güncelinde tarihe bir atf: Chester Projesi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(9), 169–192. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.8449>
- Durğun, B. & Durğun, F. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisi: Türkiye örneği. *International Review of Economics and Management*, 6(1), 1-27. <https://doi.org/10.18825/iremjournal.347200>
- Elmastaş, N. (2015). Türkiye'nin enerji sektörü açısından şeyl (kaya) gazı potansiyeli ve önemi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(14), 291–310. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.8854>
- EPDK. *Elektrik piyasası aylık sektör raporları*. (2025). *Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23-3/elektrikaylik-sektor-raporlar> (Erişim tarihi: 19.03.2025).
- Erdoğan, M., & Ganiev, J. (2016). Orta Asya ülkelerinde CO₂ emisyonu, iktisadi ve finansal gelişme ve fosil yakıt enerji tüketimi ilişkisi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 11(7), 471–486. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.11214>
- Erdoğan, S., Dücan, E., Şentürk, M., & Şentürk, A. (2018). Türkiye’de yenilenebilir enerji üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine ampirik bulgular. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 233-246. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.382686>
- Ganda, F. (2018). The influence of green energy investments on environmental quality in OECD countries. *Environmental Quality Management*, 28(2), 17-29. <https://doi.org/10.1002/tqem.21595>
- Greenberg, E. (2008). *Introduction to Bayesian econometrics*. Cambridge University Press.
- Hassan, Q., Viktor, P., Al-Musawi, T.J., Ali, B.M., Algburi, S., Alzoubi, H.M., Al-Jiboory, A.K., Sameen, A.Z., Salman, H.M., & Jaszczur, M. (2024). The renewable energy role in the global energy transformations. *Renewable Energy Focus*, 48, 100545. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2024.100545>
- Hinton, P.R., Brownlow, C., McMurray, I., & Cozens, B. (2004). *SPSS explained*. Routledge.
- International Energy Agency. (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (Erişim tarihi: 02.06.2025)
- İslamova, P. (2014). Hazar Denizi'nin statüsü hakkında görüşmeler ve bu sürecin yerel ve bölgesel enerji güvenliğine etkisi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9(11), 483–490. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.7673>
- Judge, G. G., Griffiths, W. E., Hill, R. C., Lütkepohl, H., & Lee, T. C. (1986). *The theory and practice of econometrics* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Karacan, R., & Yardım Kılıçkan, Z. (2018). Türkiye’de enflasyonun, petrol fiyatları, döviz kuru açısından değerlendirilmesi. *Turkish Studies - Economics, Finance and Politics*, 13(22), 185–194. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14218>

- Karakaş, A. (2014). OECD ve OECD dışı ülkelerde elektrik tüketimi, nüfus ve gelir ilişkisi: 1990–2011 dönemi için bir panel veri analizi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9(2), 845–853. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.6546>
- Kaya, H., & Bayraktar, Y. (2021). Kamu teşvik mekanizmalarının yenilenebilir enerji kaynakları üzerine etkisi: AB Ülkeleri ve Türkiye’de güneş enerjisine yönelik dinamik panel veri analizi. *Sosyoekonomi*, 29(48), 181–204. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2021.02.10>
- Koca, N., & Bulut, R. (2015). Sosyal bilgiler öğretmen adaylarının Türkiye’nin enerji kaynaklarına ilişkin görüşleri. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(11), 1007–1022. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.8481>
- Kurt, Ü. (2018). Türkiye ekonomisinde finansal gelişme, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Turkish Studies - Economics, Finance and Politics*, 13(30), 599–614. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14928>
- McCarthy, M.A. (2007). *Bayesian methods for ecology*. Cambridge University Press.
- Nicolini M. & Massimo M. (2017). Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 412–423. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.032>
- Ntzoufras, I. (2009). *Bayesian modeling using WinBUGS*. Wiley.
- Osman, A.I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D.W., & Yap, P.S. (2023). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: A review. *Environ Chem Lett*, 21, 741–764. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8>
- Özalp, M. (2018). Küresel ölçekte Türkiye’nin enerji arz ve talep güvenliği. *Turkish Studies - Economics, Finance and Politics*, 13(22), 537–552. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14140>
- Özdemir, V. (2017). Sibirya ve Rus Uzakdoğusu’nun Rusya Federasyonu açısından jeoekonomik potansiyeli. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 12(35), 543–556. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13037>
- Panwar, N.L., Kaushik, S.C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513–1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
- REN21. (2023). *Renewables 2023 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- Şeker, B. Ş. (2017). Deniz enerji güvenliği: Doğu Akdeniz’deki güncel gelişmelerin jeopolitik dengelere etkisi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 12(36), 207–228. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13079>
- Türkşen, Ö. (2024). Türkiye’deki biyokütle enerji santrallerinin mekânsal istatistiksel yöntemlerle analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 22(2), 588–613. <https://doi.org/10.33688/aucbd.1524087>
- Ulusoy, T., & Atay, H. (2018). İl özel idarelerinde alternatif finansman kaynakları: Karbon sertifikaları ve kullanımı. *Turkish Studies - Economics, Finance and Politics*, 13(30), 477–494. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14303>

-
- Yalçın, A.Y., & Özcan, O. (2021). Yenilenebilir enerji üretimi ve destekleri üzerine bir tahmin modeli önerisi. *Journal of Life Economics*, 8(2), 263-272. <https://doi.org/10.15637/jlecon.8.2.10>
- Yang, Q., Huo, J., Saqib, N., & Mahmood, H. (2022). Modelling the effect of renewable energy and public-private partnership in testing EKC hypothesis: Evidence from methods moment of quantile regression. *Renewable Energy*, 192, 485-494. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.123>
- Yüksel, M. A. (2015). Afrika jeopolitiği ve ABD'nin Afrika politikası. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(15), 1389–1408. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.9001>

ETHICAL DECLARATIONS

Research and Publication Ethics

The author(s) declare that this manuscript is an original work prepared in accordance with the principles of scientific research and publication ethics. The manuscript has not been previously published and is not currently under consideration for publication elsewhere. All sources used in the preparation of this study have been properly cited and referenced. The author(s) confirm that the work contains no plagiarism, fabrication, falsification, or manipulation of data. The research findings are presented honestly and transparently in accordance with the principles of academic integrity.

Author Contributions

All authors have significantly contributed to the conception, design, analysis, and preparation of the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript and agree to its submission and publication.

Conflict of Interest

The author(s) declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

Funding

This research did not receive any specific grant, financial support, or funding from any public, commercial, or non-profit funding agencies.

Artificial Intelligence (AI) Usage Disclosure

During the preparation of the article, artificial intelligence tools were utilized to a limited extent solely for language editing, translation support, and the improvement of expression. Any AI-assisted translations or language corrections were carefully reviewed and verified by the author(s). Artificial intelligence tools were not used to generate the core scientific content, research design, analysis, or scholarly conclusions. All academic responsibility for the content of the manuscript rests entirely with the author(s).

Copyright and Permissions

The author(s) confirm that all necessary permissions for copyrighted materials have been obtained where required and that the manuscript does not violate any intellectual property rights.

Author Approval

All authors confirm that they have read and approved the final version of the manuscript and consent to its submission and publication.

ETİK BEYANLAR

Araştırma ve Yayın Etiği

Yazar(lar), bu makalenin özgün bir çalışma olduğunu ve bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hazırlandığını beyan eder. Makale daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış olup başka bir dergide değerlendirme sürecinde değildir.

Çalışmada kullanılan tüm kaynaklar akademik kurallara uygun biçimde atıflanmıştır. Yazar(lar), çalışmanın intihal, veri uydurma, veri tahrifi veya manipülasyon içermediğini; araştırma bulgularının bilimsel dürüstlük ilkelerine uygun şekilde sunulduğunu beyan eder.

Yazar Katkısı

Tüm yazarlar çalışmanın tasarlanması, yürütülmesi, analizi ve makalenin hazırlanmasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son hâlini okuyup onaylamış ve yayımlanmasını kabul etmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), bu makalenin yayımlanmasına ilişkin herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Finansal Destek

Bu araştırma herhangi bir kamu kurumu, ticari kuruluş veya kâr amacı gütmeyen kuruluş tarafından finansal olarak desteklenmemiştir.

Yapay Zekâ Kullanım Beyanı

Makalenin hazırlanması sürecinde yapay zekâ araçlarından yalnızca dil düzenleme, çeviri desteği ve anlatım iyileştirmesi amacıyla sınırlı ölçüde yararlanılmıştır. Yapay zekâ araçları tarafından yapılan çeviri ve dil düzenlemeleri yazar(lar) tarafından dikkatle kontrol edilmiştir. Yapay zekâ araçları çalışmanın bilimsel içeriğinin, araştırma tasarımının, analizlerinin veya akademik sonuçlarının oluşturulmasında kullanılmamıştır. Makalenin içeriğine ilişkin tüm akademik sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Telif Hakları ve İzinler

Yazar(lar), telif hakkı gerektiren materyaller kullanılmışsa gerekli izinlerin alındığını ve çalışmanın herhangi bir fikrî mülkiyet hakkını ihlal etmediğini beyan eder.

Yazar Onayı

Tüm yazarlar makalenin son hâlini okuduklarını, onayladıklarını ve yayımlanmasını kabul ettiklerini beyan eder.

Authors' Contribution Statement / Yazarların Katkı Oranı Beyanı

The researchers' contribution statement is as follows / Araştırmacıların katkı oranı beyanı şu şekildedir:

First author / 1. Yazar %50,

Second author / 2. Yazar %50.