



**INTERNATIONAL CONFERENCE ON
CLIMATE CHANGE, ENERGY TRANSITION
AND SUSTAINABILITY**

29-30 September, 2023

CONFERENCE PROCEEDINGS BOOK



**Bu bildiri kitabı Inovasyon için Eğitim Vakfı tarafından
978-625-7718-19-6 numarası ile basılmıştır.**

**This proceedings book has been published by Innovation for
Education Foundation with the ISBN Number: 978-625-7718-19-6**

Issued: 30.10.2023

CONTENTS

ORGANIZATION COMMITTEE 7

EDITORIAL BOARD 8

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD 9

ABSTRACTS 14

FULL PAPERS 35

ABSTRACTS

NO:	AUTHORS	PAPER TITLE	PAGE
1	Abdalrahman SKHETA Onur AKAR	UTILIZATION OF PELTIER CHIPSETS IN ELECTRIC VEHICLES TO CHARGE LI-ION BATTERIES PELTIER YONGA SETLERİNİN ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA LI-ION PİLLERİ ŞARJ ETMEK İÇİN KULLANILMASI	15
2	Mohamed SAID	USING SOLAR POWER TO PUMP WATER FOR FARMERS IN SOMALIA: A SUSTAINABLE SOLUTION FOR CLIMATE- RESILIENT AGRICULTURE GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMIYLA SOMALI'DEKİ ÇİFTÇİLERE SU POMPALAMA: İKLİM DAYANIKLI TARIM İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR ÇÖZÜM	17
3	Mujeeb Babatunde ADETAYO	CIRCULARITY APPROACHES TO EMISSIONS AND CLIMATE CHANGE CHALLENGES EMİSYONLARA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ZORLUKLARINA DÖNGÜSELLİK YAKLAŞIMLARI	19
4	Tuana YÜZER	AI-DRIVEN INNOVATIONS IN ENERGY CONVERSION TECHNOLOGIES: UNVEILING SUSTAINABLE PATHWAYS YAPAY ZEKA DESTEKLI ENERJİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİNDE İNOVASYONLAR: SÜRDÜRÜLEBİLİR YOLLARIN ORTAYA ÇIKARILMASI	21
5	Tuana YÜZER	CIRCULAR ECONOMY INTEGRATION IN THE ENERGY SECTOR: CLIMATE CHANGE MITIGATION AND SUSTAINABILITY ENERJİ SEKTÖRÜNDE DÖNGÜSEL EKONOMİ ENTEGRASYONU: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ AZALTIMI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	23

NO:		PAPER TITLE	PAGE
6	Mertcan DUMAN	HOW MUCH YOU EMIT MATTERS EXPLICATIONS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND ECONOMIC COMPLEXITY YEŞİL DÖNÜŞÜM FARK EDER: SERA GAZI EMİSYONLARI İLE EKONOMİK KARMAŞIKLIK ARASINDAKİ İLİŞKİYE İLİŞKİN YORUMLAMALAR	25
7	Ceren CEYLAN İBİŞ Nazlı SAVLAK	SUSTAINABILITY AND LIFE CYCLE ANALYSIS IN THE FOOD SECTOR GIDA SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ	27
8	Abdulkerim KESKİN Mustafa AKTAŞ Yaren GÜVEN Süleyman ERTEN Fatma Nur ERDOĞMUŞ	DESING OF COLD ROOM SUPPORTED BY WIND AND SOLAR POWER RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SOĞUK ODA TASARIMI	29
9	Hasan KAPLAN Yaren GÜVEN Mustafa AKTAŞ Süleyman ERTEN Melis ÖDER	DESING OF COLD ROOM SUPPORTED BY WIND AND SOLAR POWER RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SOĞUK ODA TASARIMI	31
10	Hazal ARIKAN GÜL	INVESTIGATION OF FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD FOR OUTER TIE ROD PUSH-OUT TEST ROTBAŞI İTME ÇIKARMA TESTİ İÇİN SONLU ELEMENLAR ANALİZ METHODUNUN İNCELENMESİ	33

FULL PAPERS

NO:	AUTHORS	PAPER TITLE	PAGE
1	Kübra ZORLU Cahide AYDIN İPEKÇİ Neslihan TÜRKMEÑOĞLU BAYRAKTAR	ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS OF CROSS LAMINATED TIMBER (CLT) BUILDING ENVELOPE IN WARM CLIMATIC REGION: A CASE STUDY IN ANTALYA ÇAPRAZ LAMİNE AHŞAP YAPI KABUĞUNUN SICAK İKLİM BÖLGESİNDE ENERJİ PERFORMANSININ İNCELENMESİ: ANTALYA ÖRNEĞİ	36
2	Oğuz Kaan POLAT Hasan YAMIK	THE RELATIONSHIP WITH ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY ON ENERGY PLANTS OF THE ENVIRONMENTAL POLICIES OF THE EUROPEAN UNION AVRUPA BİRLİĞİNİN ÇEVRE POLİTİKALARININ ENERJİ SANTRALLERİ ÜZERİNDEKİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLİŞKİSİ	56
3	Mehmet Akif KARTAL, Ahmet FEYZİOĞLU	ENERGY EFFICIENCY AND EXERGY ANALYSIS OF IDENTIFIED LOW CARBON ELECTRIC WATER HEATERS DÜŞÜK KARBONLU ELEKTRİKLİ SU ISITICISININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE EKSERJİ ANALİZİ MODELLEMESİ	78
4	Halil İbrahim KURT	EFFICIENCY INCREASED AND TRACEABILITY BY SOFTWARE INTEGRATION INTO THE SOLAR PANEL WASHING ROBOT GÜNEŞ PANELLERİ YIKAMA ROBOTUNA YAZILIM ENTEGRASYONU İLE VERİMLİLİK ARTIRIMI VE İZLENEBİLİRLİĞİ	89

NO:	AUTHORS	PAPER TITLE	PAGE
5	Burak TEMUÇİN Aytekin ÖZGÜVEN Özlem KÖYBAŞI ÖZUÇAK	OBTAINING HIGH TEMPERATURE PROCESS WATER from LOW FLOW AND TEMPERATURE WATER DÜŞÜK DEBİ VE SICAKLIKTAKİ SUDAN YÜKSEK SICAKLIKTA PROSES SUYU ELDE EDİLMESİ	93
6	Betül ÖZKAYA	A COMPARATIVE STUDY ON THE SUSTAINABLE FASHION STRATEGIES OF FAST FASHION BRANDS HIZLI MODA MARKALARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR MODA STRATEJİLERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ARAŞTIRMA	100

CONFERENCE COMMITTEES

ORGANIZATION COMMITTEE

Name & Surname	Institution
Gamze SART, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Funda H. SEZGİN, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Esra YÜKSEL ACI, PhD	Marmara University
Gülsena SAMSUNLU, RA	İstanbul Medipol University

EDITORIAL BOARD

Name & Surname	Institution
Gamze SART, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Funda H. SEZGİN, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Esra YÜKSEL ACI, PhD	Marmara University
Jale YALINPALA ÇOKGEZEN, PhD	Marmara University
Laura DIACONU MAXIM, PhD	Cuza University of Iasi
Yılmaz BAYAR, PhD	Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Name & Surname	Institution
Adnan UL HAQUE, PhD	Yorkville University, Canada
Ali TAVLI, PhD	Tedimer
Ali İ. TEKCAN, PhD	Boğaziçi University
Antoine TRAD, PhD	Institute of Business and Information Systems Transformation Management, France
Aslan Tolga ÖCAL, PhD	Marmara University
Atila ÇİFTER, PhD	Altınbaş University
Aycan HEPSAĞ, PhD	İstanbul University
Ayhan UÇAK, PhD	Trakya University
Bahadır TUNABOYLU, PhD	Marmara University
Barış Erkan YAZICI, PhD	İstanbul Nişantaşı University
Barış KORKMAZ, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Betül Gür, PhD	Istanbul Ticaret University
Burak DARICI, PhD	Bandırma Onyedi Eylül University
Burcu KILINÇ SAVRUL, PhD	Çanakkale Onsekiz Mart University
Burcu ÖZCAN, PhD	Fırat University
Canan DAĞIDIR, PhD	Marmara University
Chinyere Samuel ECOMA, PhD	Veritas University, Nigeria
Çiğdem Arıcıgil ÇILAN, PhD	İstanbul University
Çiğdem NAS, PhD	İktisadi Kalkınma Vakfı

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Name & Surname	Institution
Dan Constantin DĂNULEȚIU, PhD	“1 Decembrie 1918” University of Alba Iulia, Romania.
Danica JOVIC, PhD	Faculty of Economics University of Belgrade
Deniz ATAÇ, PhD	TEMA Vakfi
Devrim DUMLUDAĞ, PhD	Marmara University
Diren BULUT, PhD	İstanbul University
Duygu ERTEN, PhD	İstanbul Medipol University
Ekrem TATOĞLU, PhD	Gulf University for Science and Technology
Elif Haykır HOBİKOĞLU, PhD	İstanbul University
Elif Özge ÖZDAMAR, PhD	Mimar Sinan Güzel Sanatlar University
Ender DULUNDU, PhD	Marmara University
Ercan ÇALIŞ, PhD	Marmara University
Ersin NAMLI, PhD	İstanbul University - Cerrahpaşa
Esra YÜKSEL ACI, PhD	Marmara University
Eylem DENİZ, PhD	Mimar Sinan Güzel sanatlar University
Fatih Kuşçu	Yeşil Hidrojen Üreticileri Derneği
Fatih TÜYSÜZ, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Funda SEZGİN, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Gamze SART, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Giuseppe MAIELLO, PhD	University of Finance and Administration, Czech Republic

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Name & Surname	Institution
Gökçe Tekin TURHAN, PhD	Nişantaşı University
Halil ÖZEKİCİOĞLU, PhD	Akdeniz University
Halil TUNALI, PhD	İstanbul University
Halit KESKIN, PhD	Yıldız Teknik Üniversitesi
Hasan Alp ÖZEL, PhD	Karabük University
İmam Bakır KARLI, PhD	Marmara University
İmre ERSOY, PhD	Marmara University
Jale Yalınpala ÇOKGEZEN, PhD	Marmara University
Kutluk Kağan SÜMER, PhD	Istanbul University
Laura DIACONU MAXIM, PhD	Cuza University of Iasi
Leiashvily PAATA, PhD	Tbilisi State University, USA
Levent DALYANCI, PhD	Çanakkale Onsekiz Mart University
Marius Dan GAVRILETEA, PhD	Babeş-Bolyai University, Romania
Michael Odei ERDIAW-KWASIE, PhD	Charles Darwin University, Australia
Mehmet DEMİRBAĞ, PhD	University of Essex
Mikdat KADIOĞLU, PhD	İstanbul Technical University
Mine Şenuysal ÖZGÜR	IT Director
Muhammed Ali AYDIN, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Muhammet Enis BULAK, PhD	Üsküdar Üniversitesi

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Name & Surname	Institution
Murat Taha BİLİŞİK, PhD	Istanbul Kültür University
Mustafa METE, PhD	İstanbul Aydın Üniversitesi
Muzaffer DARTAN, PhD	Marmara University
Nebiye YAŞAR, PhD	Üsküdar Üniversitesi
Nuray AKKAYA, PhD	Pamukkale Üniversitesi
Oğuz ÖZTÜRK, PhD	İstanbul University
Okşan Kibritçi ARTAR, PhD	Istanbul Ticaret University
Ozan KOCADAĞLI, PhD	Mimar Sinan Güzel sanatlar University
Özge Gökdemir DUMLUDAĞ, PhD	İstanbul University
Patrizia ZAGNOLI, PhD	University of Florence, Italy
Pınar DENİZ, PhD	Marmara University
Predrag BJELIC, PhD	University of Belgrade, Serbia
Rana Atabay Kuşçu	İstanbul Medipol University
Seda BAYRAKDAR, PhD	Kırıkkale University
Selim DEMEZ, PhD	Hakkari University
Selim ZAİM, PhD	İstanbul Sabahattin Zaim University
Semanur SOYYIĞIT, PhD	Kırklareli University
Serra TİTİZ	Mikado Danışmanlık & Gelecek Daha Net Gençlik Platformu
Sevgi KALKAN, PhD	Yeni Yüzyıl University

SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Name & Surname	Institution
Sinem Büyüksaatçi KIRIŞ, PhD	İstanbul University-Cerrahpaşa
Şule DARICAN, PhD	İstanbul Aydın University
Tayfun YILDIZ, PhD	Ardahan University
Tevfik Mesut EREN, PhD	Marmara University
Tuncay ÖZCAN, PhD	Istanbul Teknik University
Turgay MÜNYAS, PhD	Okan University
Ufuk ALKAN, PhD	Marmara University
Umman Tuğba GÜRSOY, PhD	Istanbul University
Ünal Halit ÖZDEN, PhD	İstanbul Ticaret University
Yahya Can DURA, PhD	Istanbul Nişantaşı University
Yew Wong, PhD	Social Sciences and Humanities, University Kebangsaan, Malaysia
Yılmaz BAYAR, PhD	Bandırma Onyedi Eylül University
Yunus BUDAK, PhD	Ağrı İbrahim Çeçen University
Z. Hande SART, PhD	Boğaziçi University

ABSTRACTS

UTILIZATION OF PELTIER CHIPSETS IN ELECTRIC VEHICLES TO CHARGE LI-ION BATTERIES

Abdallahman SKHETA¹, Onur AKAR²

Abstract

Using the Peltier effect for power generation is a relatively new technology that has been gaining attention in recent years. Using Peltier chips for power generation in EVs is an interesting approach that has the potential to provide a renewable and sustainable source of energy. By using the heat generated by the car's components during operation, the Peltier chips can generate electricity, which can be used to charge the battery. This approach has several benefits, including reducing the reliance on fossil fuels, improving the efficiency of the vehicle, and reducing the carbon footprint of the EV. The Peltier effect is a thermoelectric phenomenon that converts temperature differences into electrical energy to generate enough power to recharge an electric vehicle battery, several Peltier chips can be connected in series, and a converter can be used to convert the generated voltage into a sufficient voltage and can charge the battery. In this paper, an in-depth exploration will be conducted to evaluate the overall effectiveness and efficiency of Peltier chips, with a particular focus on simulating the utilization of these chips through the utilization of Proteus software.

Keywords: *EV, Li-Ion Battery, Peltier, Charge Unit*

¹ Ph.D. Student, Marmara University, eng.abdallahman.sk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1600-3495>

² Assistant Professor Dr., Marmara University, onur.akar@marmara.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9695-886X>

PELTIER YONGA SETLERİNİN ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA Lİ-ION PİLLERİ ŞARJ ETMEK İÇİN KULLANILMASI

Abdalrahman SKHETA¹, Onur AKAR²

Özet

Güç üretimi için Peltier etkisinin kullanılması, son yıllarda ilgi görmeye başlayan nispeten yeni bir teknolojidir. EV'lerde güç üretimi için Peltier çiplerinin kullanılması, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlama potansiyeline sahip ilginç bir yaklaşımdır. Çalışma sırasında aracın bileşenleri tarafından üretilen ısıyı kullanan Peltier çipleri, pili şarj etmek için kullanılabilir elektrik üretebilir. Bu yaklaşımın, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak, aracın verimliliğini artırmak ve EV'nin karbon ayak izini azaltmak da dahil olmak üzere çeşitli faydaları vardır. Peltier etkisi, bir elektrikli araç aküsünü şarj etmeye yetecek kadar güç üretmek için sıcaklık farklarını elektrik enerjisine dönüştüren termoelektrik bir olgudur, birkaç Peltier çipi seri olarak bağlanabilir ve üretilen voltajı yeterli bir voltaja dönüştürmek için bir dönüştürücü kullanılabilir ve pili şarj edebilir. Bu makalede, Proteus yazılımı kullanılarak bu yongaların kullanımını simüle etmeye odaklanarak, Peltier yongalarının genel etkinliğini ve verimliliğini değerlendirmek için derinlemesine bir araştırma yürütülecektir.

Anahtar kelimeler: *EV, Li-Ion Pil, Peltier, Şarj Ünitesi*

¹ Doktora Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, eng.abdulrahman.sk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1600-3495>

² Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi, onur.akar@marmara.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9695-886X>

USING SOLAR POWER TO PUMP WATER FOR FARMERS IN SOMALIA: A SUSTAINABLE SOLUTION FOR CLIMATE-RESILIENT AGRICULTURE

Mohamed SAÏD¹

Abstract

This research focuses on the feasibility of utilizing solar energy to power water pumping systems in Somalia's Lower Shabeelle region, with the primary goal of enhancing climate-resilient agriculture among small-scale farmers. The study addresses prevalent challenges stemming from water scarcity and unreliable electricity supply, both of which significantly impede agricultural productivity in the area. Through the application of solar energy for water pumping, this research strives to amplify farmers' access to vital water resources, thereby ameliorating climate-induced risks and promoting sustainable agricultural practices. Additionally, the research entails evaluating the region's solar energy potential in terms of sunlight availability and intensity. Based on this assessment, appropriate solar-powered water pumping technologies suitable for local conditions will be identified. The study will also delve into a comparative analysis of the economic viability of adopting solar-powered systems in contrast to conventional, fossil fuel-based approaches. This research extends further to facilitate capacity-building initiatives aimed at equipping farmers with the necessary skills for proficiently operating and maintaining solar-powered water pumping systems. The anticipated outcomes encompass not only the selection of pertinent solar technologies and their successful implementation but also a quantitative demonstration of the positive impact on agricultural productivity and resilience. Ultimately, this research aspires to contribute to sustainable development in the Lower Shabeelle region by introducing solar-powered water pumping solutions. In doing so, it seeks to uplift small-scale farmers by fortifying their adaptive capacity against climate variability, improving water accessibility, and fostering long-term agricultural sustainability.

Keywords: *Solar Power, Water Pumping, Climate-Resilient Agriculture*

¹ Erciyes University, amohaamduu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1470-4725

GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMIYLA SOMALİ'DEKİ ÇİFTÇİLERE SU POMPALAMA: İKLİM DAYANIKLI TARIM İÇİN SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR ÇÖZÜM

Mohamed SAİD¹

Özet

Bu araştırma, güneş enerjisini kullanarak Su pompalama sistemlerini Somali'nin Lower Shabeelle bölgesinde kullanılabilirliğini incelemekte olup, esas hedefi küçük ölçekli çiftçiler arasında iklim dayanıklı tarımı artırmaktır. Çalışma, bölgedeki su kıtlığı ve güvenilir elektrik arzından kaynaklanan yaygın zorlukları ele almaktadır ki her ikisi de bölgedeki tarımsal üretkenliği önemli ölçüde engellemektedir. Güneş enerjisinin su pompalamada kullanımı yoluyla, bu araştırma çiftçilerin temel su kaynaklarına erişimini artırmayı amaçlayarak iklim kaynaklı riskleri azaltmayı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, araştırma bölgenin güneş enerjisi potansiyelini güneş ışığı mevcudiyeti ve yoğunluğu açısından değerlendirmektedir. Bu değerlendirmeye dayanarak, yerel koşullara uygun güneş enerjili su pompalama teknolojileri belirlenecektir. Çalışma aynı zamanda güneş enerjili sistemlerin geleneksel fosil yakıt temelli yaklaşımlara göre ekonomik geçerliliğinin karşılaştırmalı analizini de ele alacaktır. Bu araştırma, çiftçilere güneş enerjili su pompalama sistemlerini etkili bir şekilde kullanma ve bakımını yapma becerilerini kazandırmayı amaçlayan kapasite oluşturma girişimlerini kolaylaştırmak amacıyla da uzanmaktadır. Beklenen sonuçlar, sadece uygun güneş teknolojilerinin seçimi ve başarılı uygulamasını değil, aynı zamanda tarımsal üretkenlik ve dayanıklılığın olumlu etkisinin nicel bir gösterimini de içermektedir. Sonuç olarak, bu araştırma, güneş enerjili su pompalama çözümlerini Lower Shabeelle bölgesinde tanıtarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bunu yaparak, iklim değişikliğine karşı adaptif kapasitelerini güçlendirerek, su erişimini iyileştirerek ve uzun vadeli tarımsal sürdürülebilirliği teşvik ederek küçük ölçekli çiftçilerin gelişimine yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Güneş Enerjisi, Su Pompalama, İklim Dayanıklı Tarım*

¹ Erciyes Üniversitesi, amohaamduu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1470-4725

CIRCULARITY APPROACHES TO EMISSIONS AND CLIMATE CHANGE CHALLENGES

Mujeeb Babatunde ADETAYO¹

Abstract

Energy transition and energy efficiency are sustainable means of achieving substantial emission mitigation in the short, medium and long-term. However, these processes might not be sufficient to eliminate residual emissions and sustain a low carbon system. For example, effective mitigation approaches are also necessary for emissions from used energy framework materials which might accumulate in the short or long-run. A major concept which is paramount and can complement the energy transition efforts to solve these problems is the linear to circular economy transition process. This will not only mitigate renewable and non-renewable-based emissions, but can also enhance the sustainability of a low carbon system. Circularity approaches include sustainable design, sustainable use, maintenance and recycling. By these, materials can be held within the system for a longer period time, and the impact on the environment will be much reduced. To effectively analyze circularity processes, mathematical descriptions and modelling can be utilized. A generalised and flexible model can be designed to represent any circular process, at any condition, as well as usable in any region. Emission is a function of a number of parameters to which it has proportional relationship. Thus, the circularity approaches are means of reducing the strength of these parameters which in turn result into an overall reduction in the emissions. Summarily, combination of measures like energy transition, energy efficiency and other emission mitigation processes like hydrogen technologies, coupled with the circularity methods will translate into smart approaches with one complementing the other to bring about a low carbon system.

Keywords: *Emission, circularity, impact factor*

¹ Department of Chemical Engineering, Marmara University, Istanbul, Turkey; mujeebadetayo@marun.edu.tr; 0000-0001-7707-7864

EMİSYONLARA VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ZORLUKLARINA DÖNGÜSELLİK YAKLAŞIMLARI

Mujeeb Babatunde ADETAYO¹

Özet

Enerji dönüşümü ve enerji verimliliği, kısa, orta ve uzun vadede önemli emisyon azaltımları elde etmenin sürdürülebilir araçlarıdır. Ancak bu süreçler, artık emisyonları ortadan kaldırmak ve düşük karbonlu bir sistemi sürdürmek için yeterli olmayabilir. Örneğin, kısa veya uzun vadede birikebilecek, kullanılmış enerji çerçeve malzemelerinden kaynaklanan emisyonlar için de etkili azaltım yaklaşımları gereklidir. Bu sorunları çözmeye yönelik enerji geçişi çabalarını tamamlayabilecek ve çok önemli olan önemli bir kavram, doğrusal ekonomiden dögüsel ekonomiye geçiş sürecidir. Bu sadece yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklı emisyonları azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda düşük karbonlu bir sistemin sürdürülebilirliğini de artıracaktır. Dögüsellik yaklaşımları sürdürülebilir tasarım, sürdürülebilir kullanım, bakım ve geri dönüşümü içerir. Bunlar sayesinde malzemeler daha uzun süre sistem içerisinde tutulabilecek ve çevreye olan etki büyük oranda azalacaktır. Dögüsellik süreçlerini etkili bir şekilde analiz etmek için matematiksel açıklamalar ve modelleme kullanılabilir. Genelleştirilmiş ve esnek bir model, herhangi bir dögüsel süreci, her koşulda temsil edecek ve her bölgede kullanılacak şekilde tasarlanabilmektedir. Emisyon, orantılı bir ilişkiye sahip olduğu bir dizi parametrenin bir fonksiyonudur. Dolayısıyla dögüsellik yaklaşımları, bu parametrelerin gücünü azaltmanın araçlarıdır ve bu da emisyonlarda genel bir azalmaya yol açar. Özetle, enerji geçişi, enerji verimliliği ve hidrojen teknolojileri gibi diğer emisyon azaltım süreçleri gibi önlemlerin dögüsellik yöntemleriyle birleştirilmesi, düşük karbonlu bir sistem oluşturmak için birinin diğerini tamamladığı akıllı yaklaşımlara dönüşecektir.

Anahtar kelimeler: Emisyon, dairesellik, etki faktörü

¹ Kimya Mühendisliği Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye; mujeebadetayo@marun.edu.tr; 0000-0001-7707-7864

AI-DRIVEN INNOVATIONS IN ENERGY CONVERSION TECHNOLOGIES: UNVEILING SUSTAINABLE PATHWAYS

Tuana YUZER¹

Abstract

This research paper will delve into the transformative role of artificial intelligence (AI) in the realm of energy conversion technologies and its significance in achieving sustainability goals amidst climate change challenges. This study unravels substantial improvements achieved through AI integration. Predictive maintenance, powered by AI algorithms, minimizes downtime and reduces maintenance costs in renewable energy installations. Energy forecasting, harnessed with machine learning, enhances grid stability and optimizes resource allocation, leading to more efficient energy distribution. Moreover, AI-driven grid optimization strategies effectively curb energy wastage and greenhouse gas emissions. Beyond technological enhancements, highlights the profound economic and societal implications. Reduced operational costs and augmented energy yields render renewable energy projects more financially viable, stimulating investments in sustainable energy sources. Furthermore, AI contributes to enhanced energy accessibility and affordability, particularly benefiting underserved regions. Also, it addresses questions about the ethical considerations surrounding AI, data security, and the equitable distribution of its benefits in the energy sector. By examining these academic dimensions, this research enriches the scholarly discourse on sustainable energy solutions and underscores the need for interdisciplinary collaborations in addressing complex global challenges. In conclusion, AI's transformative potential in reshaping energy conversion technologies and advancing sustainability objectives. As the world grapples with the complexities of global energy transition, it underscores the vital role of AI in forging a path toward cleaner, more sustainable, and resilient energy systems.

Keywords: *Renewable Energy, Global Energy Transition, Artificial Intelligence*

¹ Ege Bilim College, Turkey, tuanayuzer26@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8453-6405

YAPAY ZEKA DESTEKLİ ENERJİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİNDE İNOVASYONLAR: SÜRDÜRÜLEBİLİR YOLLARIN ORTAYA ÇIKARILMASI

Tuana YUZER¹

Özet

Bu araştırma makalesi, yapay zeka alanındaki enerji dönüşüm teknolojilerindeki dönüşümün rolünü ve iklim değişikliği zorlukları içinde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemini inceleyecektir. Bu çalışma, Yapay Zeka entegrasyonu ile elde edilen önemli iyileştirmeleri açığa çıkarır. Yapay Zeka algoritmalarıyla desteklenen tahminsel bakım, yenilenebilir enerji tesislerindeki işlem dışı süreleri en aza indirir ve bakım maliyetlerini azaltır. Makine öğrenimi ile desteklenen enerji tahmini, ağ istikrarını artırır ve kaynak tahsisi optimizasyonunu iyileştirerek daha verimli enerji dağıtımına yol açar. Dahası, Yapay Zeka tabanlı ağ optimizasyon stratejileri, enerji israfını ve sera gazı emisyonlarını etkili bir şekilde sınırlar. Teknolojik gelişmelerin ötesinde, bu çalışma ekonomik ve toplumsal etkileri derinlemesine ele almaktadır. İşletme maliyetlerinin azalması ve artan enerji verimi, yenilenebilir enerji projelerini finansal olarak daha cazip hale getirirken, sürdürülebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılmasını teşvik etmektedir. Ayrıca, Yapay Zeka, özellikle hizmet verilmeyen bölgeleri faydalandırarak enerji erişimini ve uygunluğunu artırmaya katkı sağlamaktadır. Ayrıca, Yapay Zeka, enerji sektöründe etik düşünce, veri güvenliği ve faydalarının adil bir şekilde dağıtılmasıyla ilgili soruları ele almaktadır. Bu akademik boyutları inceleyerek, bu araştırma sürdürülebilir enerji çözümleri konusundaki bilimsel tartışmayı zenginleştirir ve karmaşık küresel sorunları ele alma konusundaki disiplinler arası işbirliğinin gerekliliğini vurgular. Sonuç olarak, bu çalışma, Yapay Zekanın enerji dönüşüm teknolojilerini yeniden şekillendirmedeki dönüştürücü potansiyelini ve sürdürülebilirlik hedeflerini ilerletmedeki önemini vurgulamaktadır. Dünya, küresel enerji geçişinin karmaşıklığıyla başa çıktığı bu dönemde, temiz, daha sürdürülebilir ve dirençli enerji sistemleri yolunda bir yol çizmede Yapay Zekanın hayati rolünü vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Yenilenebilir Enerji, Küresel Enerji Geçişi, Yapay Zeka*

¹ Ege Bilim Koleji, Türkiye, tuanayuzer26@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8453-6405

CIRCULAR ECONOMY INTEGRATION IN THE ENERGY SECTOR: CLIMATE CHANGE MITIGATION AND SUSTAINABILITY

Tuana YUZER¹

Abstract

The imperative to mitigate climate change and achieve sustainability on a global scale is heavily reliant on renewable energy sources and energy efficiency. However, the effective management of resources and reduction of waste during the energy transition poses significant challenges. This paper aims to explore the integration of circular economy principles into the energy sector as a novel approach to address these challenges. The paper focuses on key areas such as the design and implementation of energy systems that minimize waste and optimize resource utilization. It also highlights the potential for recycling materials commonly found in renewable energy technologies, such as solar panels and wind turbine components, and the economic and environmental benefits associated with reusing these materials within the energy sector. The paper talks about the environmental advantages of adopting circular economy principles within the energy sector, including reduced resource depletion, lower carbon emissions, and tangible cost savings. Additionally, it investigates the role of government policies and regulations in driving the adoption of circular economy practices in the energy sector. In addition to the topics mentioned, the paper will also explore emerging technological innovations that support circular energy systems, including advanced recycling techniques and sustainable energy storage solutions. It will further analyze the potential for job creation and economic growth resulting from circular energy practices, making a compelling case for the societal benefits of this holistic approach to energy transition and sustainability.

Keywords: *Renewable Energy, Sustainability, Circular Economy*

¹ Ege Bilim College, Turkey, tuanayuzer26@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-8453-6405

ENERJİ SEKTÖRÜNDE DÖNGÜSEL EKONOMİ ENTEGRASYONU: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ AZALTIMI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Tuana YUZER¹

Özet

İklim değişikliğini hafifletmek ve küresel düzeyde sürdürülebilirliği sağlama zorunluluğu, yenilenebilir enerji kaynaklarına ve enerji verimliliğine ağır şekilde bağlıdır. Ancak enerji geçişinin etkili bir şekilde kaynakları yönetme ve atığı azaltma gerekliliği ciddi zorluklar sunmaktadır. Bu makale, bu zorlukları ele almak için enerji sektörüne dairesel ekonomi prensiplerinin entegrasyonunu keşfetmeyi amaçlamaktadır. Makale, atığı minimize eden ve kaynak kullanımını optimize eden enerji sistemlerinin tasarımı ve uygulanması gibi ana konulara odaklanmaktadır. Ayrıca güneş panelleri ve rüzgar türbini bileşenleri gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinde yaygın olarak bulunan malzemelerin geri dönüşüm potansiyelini ve bu malzemelerin enerji sektörü içinde yeniden kullanılmasının getirdiği ekonomik ve çevresel faydaları vurgulamaktadır. Makale, enerji sektöründe dairesel ekonomi prensiplerinin benimsenmesinin çevresel avantajlarını da ele almaktadır, bunlar arasında kaynak tükenmesinin azalması, daha düşük karbon emisyonları ve somut mali tasarruflar bulunmaktadır. Ayrıca, enerji sektöründe dairesel ekonomi uygulamalarının benimsenmesini teşvik etmede hükümet politikaları ve düzenlemelerinin rolünü incelemektedir. Bahsedilen konuların yanı sıra, makale, dairesel enerji sistemlerini destekleyen gelişmekte olan teknolojik yenilikleri de keşfedecek, bu da ileri düzey geri dönüşüm teknikleri ve sürdürülebilir enerji depolama çözümleri gibi şeyleri içerecektir. Ayrıca, dairesel enerji uygulamalarından kaynaklanan iş yaratma ve ekonomik büyüme potansiyelini analiz edecek ve enerji geçişinin ve sürdürülebilirliğin bu bütünsel yaklaşımının toplumsal faydaları için güçlü bir argüman sunacaktır.

Anahtar kelimeler: *Sürdürülebilirlik, Yenilenebilir Enerji, Döngüsel Ekonomi*

¹ Ege Bilim Koleji, Türkiye, tuanayuzer26@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-8453-6405

HOW MUCH YOU EMIT MATTERS: EXPLICATIONS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND ECONOMIC COMPLEXITY

Mert Can DUMAN¹

Abstract

Towards the climate mitigation goals of the Paris Agreement, countries face some obstacles in fulfilling the requirements of combating climate change while trying to achieve growth and development. Studies show that global income losses around 0.2 percent to 2 percent due to additional degree of temperature increases. Undoubtedly, limiting the increase of the temperature to 1.5 degree requires radical changes in every single field, however, there could be a resistance for countries in order to achieve technological, productive and sustainable transition. In the first part of this study, it is aimed to analyse how greenhouse gas house emissions affect countries' growth path and complexity. It is indicated in some studies that increase in economic complexity contributes to reduce emissions, and I aim to contribute the literature as analysing how inadaptation to green transition process could diminish countries' ECI values as an indicator of complexity and growth rates. In the second part of the study, Product Emission Intensity Index (PEII) of Romero and Gramkow (2021) will be generated for Türkiye to assess which products are associated with higher emissions. First, it is aimed to study for four-digit-product classification to evaluate emission index, and then it will be aggregated to two-digit-product classification to find in which areas Türkiye emits more. In the last part of the study, it is aimed to state policy suggestions to find some way to reduce emissions properly and effectively towards 2053 Net Zero Emission goals of Türkiye.

Keywords: *Greenhouse Gas Emissions, Sustainable Development, Economic Complexity*

¹ PhD Candidate, Hacettepe University, mertcan.duman@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-6155-7633

YEŞİL DÖNÜŞÜM FARK EDER: SERA GAZI EMİSYONLARI İLE EKONOMİK KARMAŞIKLIK ARASINDAKİ İLİŞKİYE İLİŞKİN YORUMLAMALAR

Mert Can DUMAN¹

Özet

Paris İklim Anlaşması'nın emisyon azaltım hedeflerine doğru giderken ülkeler bir yandan iklim değişikliğiyle mücadelenin gerekliliklerini yerine getirmekte bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Yapılan çalışmalar sıcaklıkta ilave bir derece artışın küresel gelirde %0,2 ila %2 arasında bir kayba sebep olduğunu ortaya koymaktadır. Sıcaklık artışının 1,5 dereceyle sınırlandırılması hiç şüphesiz her alanda köklü değişiklikleri gerektirmektedir. Ancak bu dönüşüm sürecinde teknolojik, üretken ve sürdürülebilir bir geçişin sağlanmasında ülkeler bazı dirençlerle karşı karşıya kalabilmektedir. Bu çalışmanın ilk bölümünde sera gazı emisyonlarının büyüme performansını ve ekonomik karmaşıklığını nasıl etkilediğinin analizi amaçlanmaktadır. Bazı çalışmalarda ekonomik karmaşıklığın artmasının emisyonların azaltılmasında katkıda bulunduğu ortaya konmaktadır. Bu çalışmayla birlikte ise yeşil dönüşüm sürecine uyum sağlanamamasının ekonomik karmaşıklık ve büyüme performansını nasıl etkileyebileceği ortaya konularak literatüre katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde, Türkiye için hangi ürünlerin daha yüksek emisyonla ilişkili olduğunu değerlendirmek amacıyla Romero ve Gramkow'un (2021) Ürün Emisyon Yoğunluğu Endeksi (PEII) çalışılacaktır. Emisyon endeksinin değerlendirilmesi için öncelikle tarife pozisyonu sınıflandırılmasıyla kullanılacak olup sonrasında ise fasıl bazında toplulaştırılma yapılarak Türkiye'nin hangi alanlarda daha fazla emisyon salınımı yaptığı ortaya koyulacaktır. Çalışmanın son bölümünde ise Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedeflerine doğru emisyonları doğru şekilde azaltmanın yolunu bulmaya yönelik politika önerileri ortaya konacaktır.

Anahtar kelimeler: *Sera Gazı Emisyonları, Sürdürülebilir Kalkınma, Ekonomik Karmaşıklık*

¹ Doktora Öğrencisi, Hacettepe Üniversitesi, mertcan.duman@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-6155-7633

SUSTAINABILITY AND LIFE CYCLE ANALYSIS IN THE FOOD SECTOR

Ceren CEYLAN İBİŞ¹, Nazlı SAVLAK²

Abstract

Our natural resources are rapidly depleting as a result of the increase in the world population and unconscious use and sustainability has emerged as one of the most important issues in recent years. In 1987, in the Bruntland report titled “Our Common Future” prepared by the UN World Commission on Environment and Development (WCED) the definition of sustainability is “Development that meets the needs of the present without jeopardizing the ability of future generations to meet their needs”. In order to transfer resources to future generations, interest in sustainability and sustainable food is increasing day by day. Sustainable systems are a necessity for the preservation of environmental balance and the continuity of life. One of these systems is life cycle analysis. Life cycle analysis is a system that examines all stages of food products from raw materials to the disposal of waste in environmental terms. Sustainability is a concept that requires a change in the way of thinking without reducing the quality of life. With this change, it aims to move from being a consumer society to environmental management, social responsibilities and economic solutions based on universal solidarity. In this context, food systems and sustainability are closely related as production must be increased to meet the needs of a growing and more affluent population in the future. This will lead to increased competition for increasingly scarce resources. Environmental sustainability covers issues such as emission reduction, energy efficiency, conservation of natural resources, and waste minimization. Economic sustainability deals with cost reduction, while social sustainability concerns areas such as health, safety and equality. In this study, sustainability considerations in the food sector are reviewed and the effects of life cycle analysis in various food sectors in terms of sustainability are compiled.

Keywords: *Sustainability, sustainable food, life cycle analysis*

¹ Graduate Student, Manisa Celal Bayar University, ceren1991000@hotmail.com, ORCID :0009-0000-1214-1319

² Associate Professor, Manisa Celal Bayar University, nazli.yeyinli@cbu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5139-4105

GIDA SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

Ceren CEYLAN İBİŞ¹, Nazlı SAVLAK²

Özet

Dünya nüfusunun artması ve kaynakların bilinçsiz kullanımı sonucu doğal kaynaklarımız hızla tükenmekte ve sürdürülebilirlik son yıllardaki en önemli sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. 1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından hazırlanan “Ortak Geleceğimiz” başlıklı Bruntland raporunda sürdürülebilirliğin tanımı “Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma” şeklinde tanımlamıştır. Kaynakları gelecek nesillere aktarabilmek için sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir gıdaya olan ilgi gün geçerek artmaktadır. Sürdürülebilir sistemler çevresel dengenin korunması ve hayatın devamlılığı için zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemlerden birisi de yaşam döngüsü analizidir. Yaşam döngüsü analizi gıda ürünlerinde hammaddeden başlayarak atıklarının bertaraf edilmesine kadar olan tüm aşamaları çevresel yönden inceleyen bir sistemdir. Sürdürülebilirlik, yaşam kalitesini düşürmeden, düşünce tarzında değişiklik yapılmasını gerektiren bir kavramdır. Bu değişikliklerle tüketim toplumu olmaktan çıkıp, evrensel açıdan dayanışmayı temel alan çevresel yönetim, toplumsal sorumluluklar ve ekonomik çözümleri hedeflemektedir. Bu bağlamda gıda sistemleri ile sürdürülebilirlik yakından ilişkilidir. Çünkü gelecekteki artan ve daha varlıklı nüfus talebinin ihtiyaçlarını karşılamak için üretim artırılmalıdır. Bu da giderek kıt kaynaklar için artan rekabete yol açacaktır. Çevresel sürdürülebilirlik emisyonların azaltımı, enerji verimliliği, doğal kaynakların korunması, atıkların azaltımı gibi konuları kapsamaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik maliyet azaltımını ele alırken sosyal sürdürülebilirlik sağlık, güvenlik, eşitlik gibi alanlar ile ilgilenir. Bu çalışmada gıda sektöründe sürdürülebilirlikle ilgili dikkat edilmesi gereken noktalar ve yaşam döngüsü analizlerinin sürdürülebilirlik açısından etkileri derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir gıda, yaşam döngüsü analizi*

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, ceren1991000@hotmail.com, ORCID :0009-0000-1214-1319

² Doç. Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, nazli.yeyinli@cbu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5139-4105

DESING OF COLD ROOM SUPPORTED BY WIND AND SOLAR POWER

**Abdulkerim KESKİN¹, Mustafa AKTAŞ², Yaren GÜVEN³, Süleyman ERTEN⁴,
Fatma Nur ERDOĞMUŞ⁵**

Abstract

The demand for energy in the rapidly developing world is increasing with momentum. Efficient use of energy from energy sources is as important as the production of energy. Renewable energy sources are rapidly replacing fossil fuels and rapidly improving their position in the industry. Cold room is used to maintain the cold storage of the produced foodstuffs in a way that preserves the freshness and nutritional values of people's nutritional needs. In this study, a hybrid system was introduced by designing a cold room with wind and solar support. In the designed system, the power consumption of a cold room has been calculated and the system has been developed to meet the entire amount of energy required for this system without interruption from renewable energy sources. This system, which has a room volume of 150 m³, has a power of 8 kW evaporator and R449A refrigerant. Methods have been created in the designated position to find the amount of energy required for the system and the installed powers of the hybrid system have been determined. In addition, the need for wind and sun-produced energy, battery and ice storage were stored for use in times of energy production in the tank for the system to operate every day of the year and to store the products in a healthy manner. In the system, 12.580 kWh was produced from renewable energy sources in the summer, 5.884 kWh in the winter, 8.857 kWh in the spring and 9.330 kWh in the autumn. These production values fully meet the refrigerating load needed by the system and provide uninterrupted refrigerating every day of the year by storing the excess production obtained in batteries and ice storage.

Keywords: *Refrigeration, cold room, wind and solar energy*

¹ Bachelor's Degree, Gazi University, abdulkerim.keskin@gazi.edu.tr, ORCID No: 0009-0007-3892-2157

² Prof. Dr., Gazi University, mustafaaktas@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-1187-5120

³ Res. Assist, Gazi University, yarenguyen@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-0732-4692

⁴ Nurdil Refrigeration Inc., suleymanerten@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-7811-6148

⁵ Nurdil Refrigeration Inc., fatmanurerdogmus@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-8887-6597

RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SOĞUK ODA TASARIMI

**Abdulkerim KESKİN¹, Mustafa AKTAŞ², Yaren GÜVEN³, Süleyman ERTEN⁴,
Fatma Nur ERDOĞMUŞ⁵**

Özet

Hızla gelişen dünyada enerjiye olan talep hızla artmaktadır. Enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin verimli bir şekilde kullanılması, enerjinin üretimi kadar önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtların yerini hızla almakta ve sektördeki yerini hızla geliştirmektedir. Üretilen gıda maddelerinin soğuk muhafazası, insanların besin ihtiyacının tazeliğini ve besinsel değerlerini koruyacak şekilde muhafaza edilmesi için soğuk hava depoları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, rüzgar ve güneş enerjisi destekli soğuk hava deposu tasarımı yapılarak hibrit bir sistem ortaya koyulmuştur. Tasarlanan sistemde bir soğuk hava deposunun güç tüketimi hesaplanmış ve bu sistem için gerekli olan enerji miktarının tamamını yenilenebilir enerji kaynaklarından kesintisiz olarak karşılayacak sistem geliştirilmiştir. 150 m³ oda hacmine sahip olan bu sistem için 8 kW gücünde evaporatör ve R449A soğutucu akışkanı tercih edilmiştir. Sistem için gerekli olan enerji miktarını bulmak için belirlenen konumda yöntemler oluşturulmuş ve hibrit sistemin kurulu güçleri belirlenmiştir. Ayrıca sistemin yılın her günü çalışması ve ürünlerin sağlıklı bir şekilde depolanması için rüzgar ve güneşten üretilen ihtiyaç fazlası enerji, akü ve buz deposunda enerji üretiminin olmadığı zamanlarda kullanılmak üzere depolanmıştır. Sistemde, yenilenebilir enerji kaynaklarından yaz aylarında 12.580 kWh, kış aylarında 5.884 kWh, ilkbahar aylarında 8.857 kWh ve sonbahar aylarında ise 9.330 kWh üretim gerçekleştirilmiştir. Bu üretim değerleri, sistemin ihtiyaç duyduğu soğutma yükünü tamamen karşılamakta ve elde edilen fazla üretimi akülerde ve buz deposunda depolayarak yılın her günü kesintisiz soğutma sağlamaktadır.

***Anahtar kelimeler:** Soğutma, soğuk hava deposu, rüzgar ve güneş enerjisi*

¹ Lisans Mezunu, Gazi Üniversitesi, abdulkerim.keskin@gazi.edu.tr, ORCID No: 0009-0007-3892-2157

² Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, mustafaaktas@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-1187-5120

³ Araştırma Görevlisi, Gazi Üniversitesi, yarenguven@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-0732-4692

⁴ Nurdil Teknik Soğutma A.Ş., suleymanerten@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-7811-6148

⁵ Nurdil Teknik Soğutma A.Ş., fatmanurerdogmus@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-8887-6597

INNOVATIVE DEFROST SYSTEM DESIGN FOR REFRIGERATED DISPLAY CABINETS

Hasan KAPLAN¹, Yaren GÜVEN², Mustafa AKTAŞ³, Süleyman ERTEN⁴, Melis ÖDER⁵

Abstract

It is an important parameter to keep product temperatures homogeneous during defrosting in refrigerated display cabinets. When the evaporators used in this type of cabinets operate at negative temperatures, humidity air causes snow or ice on the evaporator surface. These snow and ice formations adversely affect heat transfer and energy efficiency in the system. Many techniques and methods are used to remove the water transferred to the condensate pan after defrosting in display cabinets. In this study, an innovative defrosting method has been developed to improve the performance of display cabinets and help them achieve sustainability goals by saving energy and time in the defrosting methods used in display cabinets. In this method, the latent heat of refrigerant condensation is discharged into the water and stored in a water storage tank for more efficient defrosting. This thermal storage system prevents energy consumption during the defrosting process and shortens the defrosting time. This innovative defrosting method offers several advantages. The most important of these advantages is energy saving. While traditional defrosting methods usually consume a lot of energy, in this method, the condensation heat is utilized and energy is recovered. In this study, defrosting processes for display type cabinets were analyzed and findings that will shed light on researchers and manufacturers were obtained. In this way, the cost of electrical energy will be significantly reduced. With this defrosting method, the performance of display type cabinets will be improved, environmental impacts will be reduced, less energy will be consumed and carbon emissions will be reduced, contributing to sustainability goals.

Keywords: *Refrigerated display cabinet, defrost efficiency, waste heat recovery*

¹ Bachelor's Degree, Gazi University, hasan.kaplan1@gazi.edu.tr, ORCID No: 0009-0001-1765-6335

² Res. Assist., Gazi University, yarenguyen@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-0732-4692

³ Prof. Dr., Gazi University, mustafaaktas@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-1187-5120

⁴ Nurdil Refrigeration Inc., suleymanerten@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-7811-6148

⁵ Nurdil Refrigeration Inc., melisoder@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-1894-1445

TEŞHİR TİPİ SOĞUTUCULARI İÇİN YENİLİKÇİ DEFROST SİSTEMİ TASARIMI

Hasan KAPLAN¹, Yaren GÜVEN², Mustafa AKTAŞ³, Süleyman ERTEN⁴, Melis ÖDER⁵

Özet

Teşhir tipi soğutucularda defrost işlemi sırasında ürün sıcaklıklarının homojen tutulması önemli bir parametredir. Bu tip soğutucularda kullanılan evaporatörler negatif sıcaklıklarda çalıştığında nemli hava evaporatör yüzeyinde karlanmalara veya buzlanmalara neden olmaktadır. Bu karlanma ve buz oluşumları, sistemdeki ısı transferini ve enerji verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Teşhir tipi soğutucularda defrost işlemi sonrasında yoğuşma tavaasına aktarılan suyun uzaklaştırılması için de birçok teknik ve metot kullanılmaktadır. Bu çalışmada, teşhir tipi soğutucularda kullanılan defrost yöntemlerinde enerji ve zaman tasarrufu sağlayarak teşhir tipi soğutucuların performansını artırmak ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmak için yenilikçi bir defrost yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde, soğutucu akışkan yoğuşma gizli ısısu suya atılarak su depolama tankında depolanarak daha verimli bir defrost işlemi yapılması sağlanmaktadır. Bu ısı depolama sistemi, defrost işlemi sırasında enerji tüketiminin önüne geçerek defrost süresini de kısaltmaktadır. Bu yenilikçi defrost yöntemi çeşitli avantajlar sunmaktadır. Bu avantajların en önemlisi enerji tasarrufunun sağlanmasıdır. Geleneksel defrost yöntemleri genellikle fazla enerji tüketirken, bu yöntemde yoğuşma ısısu değerlendirilerek enerjinin geri kazanılması sağlanmıştır. Bu çalışmada teşhir tipi soğutucular için defrost süreçleri analiz edilerek araştırmacılara ve üreticilere ışık tutacak bulgular elde edilmiştir. Bu sayede elektrik enerjisi maliyeti önemli ölçüde azaltılacaktır. Bu defrost yöntemi ile teşhir tipi soğutucuların performansı artırılabilecek, çevresel etkiler azaltılacak, daha az enerji tüketilerek ve karbon salımı azaltılarak sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlanmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: *Teşhir tipi soğutucu, verimli defrost, atık ısı geri kazanımı*

¹ Lisans Mezunu, Gazi Üniversitesi, hasan.kaplan1@gazi.edu.tr, ORCID No: 0009-0001-1765-6335

² Araştırma Görevlisi, Gazi Üniversitesi, yarenguyen@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-0732-4692

³ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, mustafaaktas@gazi.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-1187-5120

⁴ Nurdil Teknik Soğutma A.Ş., suleymanerten@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-7811-6148

⁵ Nurdil Teknik Soğutma A.Ş., melisoder@nurdil.com.tr, ORCID No: 0000-0002-1894-1445

INVESTIGATION OF FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD FOR OUTER TIE ROD PUSH-OUT TEST

Hazal ARIKAN GÜL¹

Abstract

Tie rod is the part of steering mechanism in vehicle which provides mechanical connection between knuckle and steering rack. These vehicle components are loaded in vehicle by dynamic and static loads during their working conditions. Push-out test is one of the main research points while creating design based on safety requirements of auto manufacturers. This force is the maximum force that found by pushing the ball stud as statically in the axial direction. In customer specifications, this force is limited to a minimum value and test results are expected to be above this value. One of the many challenges that are faced during life cycles of tie rods are high load effects (e.g. buckling loads, impact loads) that are caused by several driving maneuver. High load effects especially axial loads on outer tie rod ball studs may cause pushing out of ball stud from the housing. Nowadays, only way to validate this customer requirement is through testing. However, part production and testing are very long and expensive processes, in terms of cost and time. In parallel the push-out load has critical importance in terms of vehicle and driver safety. In this study, maximum push-out load was predicted during design phase by using virtual methods as a validation tool without any test. Results are compared with test results.

Keywords: *Outer tie rod, finite element analysis, push-out*

¹ ZF Lemförder Aks Modülleri San. ve Tic. A.Ş. Engineering Service Office Izmir, hazal.arikan@zf.com, 0000-0003-0107-7977

ROTBAŞI İTME ÇIKARMA TESTİ İÇİN SONLU ELEMANLAR ANALİZ METHODUNUN İNCELENMESİ

Hazal ARIKAN GÜL¹

Özet

Rot, araçta mafsallık ile direksiyon kremayeri arasındaki mekanik balantıyı sağlayan direksiyon sisteminin bir parçasıdır. Bu araç komponentleri çalışma koşulları boyunca araçta dinamik ve statik olarak yüklenir. İtme çıkarma testi, otomobil üreticilerinin güvenlik gereksinimlerine dayalı bir tasarım oluştururken ana araştırma noktalarından biridir. Bu kuvvet, mafsallık eksenel yönde statik olarak itilmesiyle bulunan maksimum kuvvettir. Müsteri spesifikasyonlarında bu kuvvet, minimum bir değerle sınırlandırılmıştır ve test sonuçlarının bu değer üzerinde olması beklenmektedir. Rot başının kullanım ömrü boyunca karşılaşılan birçok zorluktan biri de çeşitli sürüş manevralarının neden olduğu yüksek yük etkileridir (örn. burkulma yükleri, darbe yükleri). Özellikle eksenel yüksek yük etkileri, rot başı mafsallık milinin yuvadan dışarı doğru itilmesine neden olabilir. Günümüzde bu müşteri gereksinimini doğrulamanın tek yolu test etmektir. Ancak parça üretimi ve testi, maliyet ve zaman açısından oldukça uzun ve pahalı bir süreçlerdir. Buna paralel olarak itme yükü, araç ve sürücü güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada herhangi bir test yapılmadan, doğrulama aracı olarak sanal yöntemler kullanılarak tasarım aşamasında maksimum itme yükü tahmin edilmiştir. Sonuçlar test sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Rot başı, sonlu elemanlar analizi, itme çıkarma

¹ ZF Lemförder Aks Modülleri San. ve Tic. A.Ş. Engineering Service Office İzmir, hazal.arikan@zf.com, 0000-0003-0107-7977

FULL PAPERS

ENERGY PERFORMANCE ANALYSIS OF CROSS LAMINATED TIMBER (CLT) BUILDING ENVELOPE IN WARM CLIMATIC REGION: A CASE STUDY IN ANTALYA

Kübra ZORLU¹, Cahide AYDIN İPEKÇİ², Neslihan TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR³

Abstract

Today, the increase in energy consumption for vital activities, the depletion of non-renewable energy resources necessary to meet this demand, and the adverse environmental effects caused by their utilization processes have become problems that must be solved globally. In recent years, the energy demand has been gradually increasing worldwide. Buildings consume a significant amount of energy throughout their life cycle, including construction, operation, and demolition activities. The European Union's research on global energy demand has found that residential and non-residential buildings contribute 40% of today's energy consumption and 36% of carbon emissions. The operation phase of the building life cycle consumes most of its energy. Realizing optimal comfort conditions in terms of heating, cooling, and lighting also determines the amount of operational energy usage in the building. Thus, it is necessary to determine the energy consumption of buildings for heating and cooling purposes to minimize and efficiently assess carbon emissions and operational energy. Additionally, it is essential to utilize materials with attributes such as low environmental impact, high thermal performance, ease of applicability, recyclability, and non-adverse health effects. In this context, Cross-laminated timber (CLT) presents a promising solution for reducing carbon emissions by having low embodied energy compared to materials such as steel, and its recyclability on the condition of becoming waste. This makes it an attractive option for minimizing carbon emissions in the construction industry. Cross-laminated timber (CLT) is widely utilized globally in building load-bearing and structural systems and components such as walls, floors, and roofs. One of the reasons for its popularity and high demand worldwide is primarily due to its structural reliability, which is achieved through industrial production processes. This framework examines the energy performance of the CLT building envelope to provide a source for CLT applications to be realized in Turkey. In this study, the energy performance of the cross-laminated timber building envelope in Antalya, one of the provinces having hot, humid climate characteristics where temperature gradually increases due to global warming, is addressed in terms of heating, cooling, hot water, and lighting loads. The objective is to display the heating, cooling, hot water, and lighting loads and the effects on carbon emission amounts of different CLT envelope wall alternatives on an exemplary building.

Keywords: *Cross Laminated Timber (CLT), Energy Efficiency, Building Materials*

¹ PhD Student, Gebze Technical University Department of Architecture, kzorlu2020@gtu.edu.tr , ORCID No: 0000-0003-2495-635X

² Associate Professor, Gebze Technical University Department of Architecture, caipekci@gtu.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-5874-3331

³ Associate Professor, Kocaeli University Department of Architecture, nturkmenoglu@kocaeli.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-0059-5721

ÇAPRAZ LAMİNE AHŞAP YAPI KABUĞUNUN SICAK İKLİM BÖLGESİNDE ENERJİ PERFORMANSININ İNCELENMESİ: ANTALYA ÖRNEĞİ

Özet

Günümüzde yaşamsal faaliyetler için harcanan enerji tüketimlerinin artışı, bunları karşılamak üzere gerekli yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenmeye yüz tutması ve kullanım süreçlerinde yarattıkları olumsuz çevresel etkiler küresel boyutta çözülmesi gereken problemler haline gelmiştir. Son yıllarda dünya genelinde enerjiye duyulan talep de giderek yükselmektedir. Binalarda; yapım, kullanım ve yıkım faaliyetlerini içeren tüm yaşam döngüleri boyunca önemli ölçüde enerji harcanmaktadır. Avrupa Birliği'nin dünyadaki enerji talebi ile ilgili yaptığı araştırmada günümüzdeki enerji tüketiminin % 40'ının, karbon emisyonlarının %36'sının konut ve konut dışı binalardan kaynaklandığı belirtilmektedir. Binalarda harcanan enerjinin büyük bir kısmı yapıların kullanımı sırasında tüketilmektedir. Yapılarda ısıtma, soğutma, aydınlatma açısından optimal konfor koşullarının elde edilmesi binanın kullanım enerjisi miktarını belirlemektedir. Bu nedenle, karbon salınımlarının ve kullanım enerjisinin minimize edilmesi, etkin değerlendirilmesi için yapıların ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketim miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, çevresel etkileri az, ısıl performansı yüksek, kolay uygulanabilir, dönüştürülebilir ve kullanıcı sağlığına olumsuz etkisi olmayan malzemeler yapılarda kullanılmalıdır. Bu bağlamda; çapraz lamine ahşap (CLT), karbon emisyonlarını azaltma potansiyeli, çelik gibi malzemelere oranla daha düşük gömülü enerjiye sahip olma, atık haline geldiğinde geri dönüştürülebilirlik gibi özellikleri ile öne çıkmaktadır. Bu sayede yapı sektöründe karbon salınımları minimize edilebilir. CLT küresel ölçekte binaların taşıyıcı sistemlerinde ve duvar, döşeme, çatı gibi yapı bileşenlerinde yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. CLT'nin dünya çapında yoğun talep görmesinin nedenlerinden biri, malzemenin endüstriyel üretimle yapısal güvenilirliğinin artırılmış olmasıdır. Bu çerçevede, Türkiye'de gerçekleştirilecek CLT uygulamalarına kaynak oluşturmak amacıyla çapraz lamine ahşap yapı kabuğunun enerji performansı incelenmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin sıcak nemli iklim özelliklerine sahip ve küresel ısınma etkisi ile sıcaklık artışının giderek yükseldiği illerinden biri olan Antalya'da CLT yapı kabuğunun enerji performansı; ısıtma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma yükleri açısından ele alınmaktadır. Örnek bir yapı üzerinde farklı CLT duvar kabuğu alternatiflerinin; ısıtma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma yükleri ile karbon salım miktarlarına etkilerinin ortaya konulması hedeflenmektedir.

***Anahtar kelimeler:** Çapraz Lamine Ahşap, Enerji Etkinliği, Yapı Malzemesi*

1. INTRODUCTION

Today, the increase in energy consumption for vital activities, the depletion of non-renewable energy resources necessary to meet this demand, and the adverse environmental effects caused by their utilization processes have become problems that must be solved globally. In recent years, the energy demand has been gradually increasing worldwide. Energy consumed in or related to buildings accounts for 33% of worldwide energy usage (Urge et al., 2013, pp. 141-151). In unison with technological developments, it is essential to ensure energy efficiency in construction activities to reduce the environmental impacts of the building sector. In this context, to minimize energy need and usage, carbon emissions, and to provide optimal spatial climatic and

visual comfort conditions in terms of functionality, the trend towards resource-efficient applications, designed with sustainable material preferences by maximizing the potential of physical environmental factors such as the sun and the wind has been gaining momentum at both building and settlement levels.

Buildings consume a significant amount of energy throughout their life cycle, including construction, operation, and demolition activities. The European Union's research on global energy demand has found that residential and non-residential buildings contribute 40% of today's energy consumption and 36% of carbon emissions (EU, 2020). The operation phase of the building life cycle consumes most of its energy. Realizing optimal comfort conditions in terms of heating, cooling, and lighting also determines the amount of operational energy usage in the building. Thus, it is necessary to determine the energy consumption of buildings for heating and cooling purposes to minimize and efficiently assess carbon emissions and operational energy. Additionally, it is essential to utilize materials with attributes such as low environmental impact, high thermal performance, ease of applicability, recyclability, and non-adverse health effects.

In this context, Cross-laminated timber (CLT) presents a promising solution for reducing carbon emissions by having low embodied energy compared to materials such as steel, and its recyclability on the condition of becoming waste (John et al., 2008). This makes it an attractive option for minimizing carbon emissions in the construction industry. Cross-laminated timber (CLT) is widely utilized globally in building load-bearing and structural systems and components such as walls, floors, and roofs. One of the reasons for its popularity and high demand worldwide is primarily due to its structural reliability, which is achieved through industrial production processes.

The first CLT implementation in the world occurred in Switzerland in the early 1990s. The utilization of the material became widespread in the early 2000s with the increase in industrial and academic research on CLT in Austria through 1996. This development has led to the revision of wooden building regulations in Europe with the contribution of green-building approaches (Güzel & Yegüsey, 2015). In 2008, CLT's first use in a high-rise hybrid structure occurred in Berlin's E3 building. In the 15 years following 2008, CLT has been preferred as a wall, floor, and roof panel in many mid-rise and high-rise buildings. The demand for CLT in the construction industry has since been on the rise globally (Araujo & Christofu, 2023).

In Turkey, the awareness of the advantages offered by wooden construction systems has decreased due to factors such as low orientation towards wood, construction systems leaning predominantly on reinforced concrete, and the limited ancient knowledge of traditional wooden construction techniques. The low demand for traditional and industrial woodworking systems also poses an obstacle to the development of current technologies tailored to the conditions of our country and the creation of resources to ensure their continuity. The usage of CLT in Turkey, which is mainly imported and has a high cost, is uncommon. However, it is expected that the usage of CLT will increase in terms of reducing carbon emissions in the construction sector within the scope of the "Law on the Ratification of the Paris Climate Agreement" (ÇŞB, 2021a), which came into force in 2021. In addition, CLT production facilities are increasing on a local scale, while at the same time, CLT is currently being used in building production by prefabrication production companies (KUZKA, 2021; ORAN, 2021).

On a global scale, it is essential to examine the material's performance in geographies with different climatic conditions to enhance the technical properties of CLT for energy efficiency. In Turkey, in the Black Sea Region where wood is generally the local material, as well as in many other settlements such as Karabük, (Safranbolu), Bursa (Cumalıkızık), Ankara (Beypazarı), Es-

kişehir (Odunpazarı), Antalya (Akseki), Bolu (Göynük and Mudurnu) traditional wood systems are prominent in the vernacular architectural identity due to the climatic characteristics of those regions. However, it is essential to also evaluate the performance of wood in different regions of Turkey concerning its performance increase through industrial applications. Thus, the extent of the effects of CLT usage in buildings on energy consumption and carbon emissions in different geographies can be determined. As a result of the data obtained through scientific studies, contributions can be made to the development of technical features of Cross-laminated timber building envelopes based on modern systems. On the other hand, it has been seen through a literature review that only a limited quantity of studies have been conducted to quantify the benefits of CLT in terms of energy (Khavari et al., 2016; Nunes et al., 2020). This framework examines the energy performance of the CLT building envelope to provide a source for CLT applications to be realized in Turkey. With the data obtained from the study, it might be possible to compare CLT applications in specific climatic conditions in terms of building envelope types and energy efficiency.

In this study, the energy performance of the Cross-laminated timber building envelope in Antalya, one of the provinces having hot, humid climate characteristics where temperature gradually increases due to global warming, is addressed in terms of heating, cooling, hot water, and lighting loads. The objective is to display the heating, cooling, hot water, and lighting loads and the effects on carbon emission amounts of different CLT envelope wall alternatives on an exemplary building.

1.2. Cross-laminated Timber Material

Cross-laminated timber (CLT) is a building material that has gained widespread adoption in the international construction industry. Cross-laminated timber is a newer material compared to reinforced concrete and steel materials. First developed in Austria in the 1990s, CLT wood is one of the types of materials referred to as composite or structural wood. CLT is produced by layering solid wood lumber in different directions at a 90-degree right angle to each other (Figure 1) (Teçüner, 2023). The material is usually produced with an odd number of layers, such as 3-layers, 5-layers, 7-layers, or 9-layers, with different depth, width, and height ratios.

CLT has some innovative properties over solid wood. This material undergoes various industrial processing techniques, including cutting, pressing, standardization, gluing, and impregnation, resulting in increased endurance and resistance against biological factors. The international construction sector has widely adopted CLT, particularly in the load-bearing systems of multi-story buildings, either singular or in combination with reinforced concrete and steel materials. The 9-story Murray Groove Building, completed in 2009 in London, is one of the first buildings built with CLT material (Figure 2) (Insapedia, 2023).

Figure 1. Layering Properties of CLT

Source: (Tecümer, 2023).

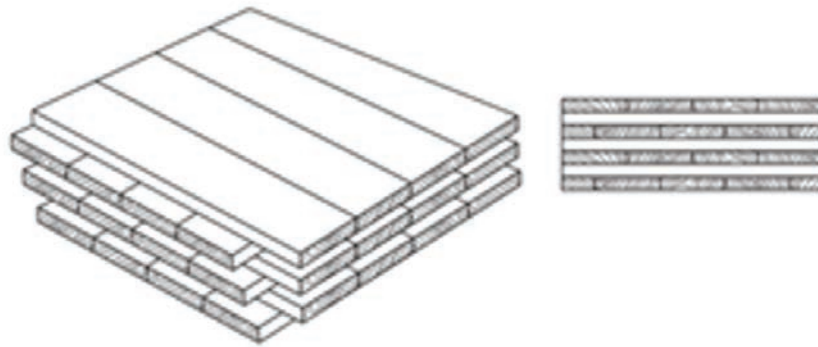


Figure 2. Murray Grove Apartment Building, London, United Kingdom.

Source: (Insapedia, 2018).



Cross-laminated timber is a material whose structural reliability has been increased by industrial production processes. In addition, since it is obtained from nature by cutting and is layered with gluing and pressing processes, its embodied energy is less than alternative materials such as steel. Further, wood is the only building material with a negative carbon footprint. Therefore, CLT holds significant potential in the process of reducing carbon emissions. Moreover, CLT is a recyclable building material, and the composite wood waste can be used as raw material in material processing or production. Also, any excess wood waste that cannot be recycled can still be utilized as biomass fuel, producing energy and reducing waste further (Monahan & Powell, 2011, pp. 179-188).

Cross-laminated timber (CLT) is also a prefabricated material that reduces waste generation during production and allows for on-site assembly, resulting in a shorter construction time and lower labor costs (Monahan & Powell, 2011, pp. 179-188). CLT has less environmental impact

in this context than alternative materials such as concrete or steel. However, CLT construction costs may vary depending on how the raw material is sourced and produced locally. Imported CLT materials, for instance, may increase the cost of construction. Besides, CLT is a relatively new construction material compared to steel and reinforced concrete. The utilization of it on load-bearing systems of buildings only covers the last 15 years since its first production in the 1990s. Therefore, more research is necessary to understand the material's properties, such as its earthquake and fire behavior, as well as its environmental effects in terms of energy (Reynolds et al., 2015, pp. 121-131). On the other hand, in Turkey, the utilization of CLT in buildings is less than that of reinforced concrete systems. According to the research by the Turkish Statistical Institute) on building systems of houses, approximately 93% of the residential buildings completed in 2018 were built with a reinforced concrete load-bearing system (Table 1). In addition, the rate of wood used in structural systems was only 0.01% (TÜİK, 2018). Although the production of wooden structures is quite limited in Turkey, the number of enterprises producing prefabricated wooden structures is 22, according to 2019 data (İMSAD, 2020).

Table 1- Data on the Building Systems of Houses Fully or Partially Completed in 2018

Building System	Number of Buildings	Percentage Ratio
Reinforced Concrete	115.489	93%
Steel	2.068	2%
Wood	235	0.01%

Source: (TÜİK, 2018).

Considering some of the positive features of CLT, its use and widespread use in the construction sector may be an important innovation. However, considering environmental problems such as global warming and greenhouse gas effects, the environmental effects of the material need to be investigated. CLT has a high potential to reduce carbon emissions. In this context, within the scope of the Paris Climate Agreement, countries that are party to the protocol are required to control carbon emissions depending on their activities. As a result, CLT is expected to become increasingly widespread in both Turkey and globally. Additionally, conducting more scientific studies on CLT in Turkey could raise awareness and lead to the development of new applications in the construction sector. One of the environmental problems that arise today is the consumption of natural energy and the failure to protect the resource. Although CLT has a significant potential to reduce carbon emissions, it is also essential to determine how it affects the buildings' operational energy in terms of its utilization.

2. LITERATURE REVIEW

The utilization of structural wood has been progressively increasing on a global scale. There are studies in the literature stating that 45% of the buildings in Japan, 45-70% in Europe, and 90% in North America are built with structural wood (Asdrubali et al., 2017). In this context, a specific type of structural wood, Cross-laminated timber in buildings, is found to be studied in the literature for its environmental, structural, economic, energetical, and internal comfort conditional benefits. The studies within the literature generally focus on the material's performance in terms of energy efficiency and its applications in zero-energy buildings.

During the literature review, similar studies assessing the energy performance of Cross-laminated timber building envelopes related to operational energy were analyzed. Generally, the primary focus was on research that investigated the energy performance of the CLT system, conducted in warm or temperate climatic zones comparable to Antalya during both summer and winter seasons. The goal was to establish a reference point to determine the optimal CLT building envelope layers for hot climatic zones while comparing the performance of the CLT building in terms of heating and cooling energy loads within the scope of the obtained results.

A study titled "Energy Performance of Cross-laminated Timber Panel (X-Lam) Buildings: A Case Study" evaluated the energy performance of a single-story residential building constructed with a Cross-laminated timber system. The study was conducted in Catania, Italy, where Mediterranean climate conditions, similar to those in Antalya, prevail. Bolzano has a cold climate with mild summer and cold winter months. The same type of wall was observed to be used in both Bolzano and Catania, made of Cross-laminated timber (CLT) with rock wool used as thermal insulation material in the CLT wall layers. The study results in Italy show that this combination of rock wool and CLT has excellent energy performance. Based on this research, rock wool was chosen as one of the thermal insulation materials for the CLT wall alternatives in Antalya. The study conducted in Italy revealed that while the CLT panel building has a good energy performance, the cooling requirement of the building was higher than the heating requirement. Although there are no significant differences in the results obtained from both cities regarding heating energy loads, the cooling energy load in Catania necessitates higher energy than in Bolzano. The thickness of the insulation material utilized in the CLT building envelope was observed to increase the cooling energy loads in the summer while balancing the heating needs of the building in the winter (Nocera et al., 2018, pp. 175-182).

In a simulation study conducted by John et al. with the "DesignBuilder" tool in New Zealand, the energy performance of concrete, steel, and CLT materials was compared depending on the operational energy of a 6-story school building with a lifecycle of 60 years. The results showed that increasing the amount of CLT materials used in multi-story buildings can significantly reduce the total lifetime energy use and global warming potential (GWP) of a building (John et al., 2008). CLT wall layers designed in the study were examined. The materials used in the CLT wall layers and their thicknesses were evaluated to determine the CLT building envelope wall types in Antalya. Wall properties of CLT building examples are given in Table 2.

Table 2- Wall Properties of CLT Building Examples.

Study/Source	Country	Climate	CLT Wall Detail
Concept, Design, and Energy Performance of a Net Zero-Energy Building in Mediterranean Climate (Ascione et al., 2016)	Italy, Benevento	Mediterranean Climate	<ul style="list-style-type: none"> Lime/cement plaster (out) Fiber-therm flex CLT Fiber-therm flex Clay panel Internal plaster (in)
Design of an Energy-Efficient and Cost-Effective Cross-laminated Timber (CLT) House in Waikuku Beach, New Zealand (Bournique, 2016)	New Zealand, Christchurch	Temperate Climate	<ul style="list-style-type: none"> External cladding (out) Cavity ventilated Kingspan Kooltherm Air gap CLT (in)
Thermo-energetic performance of wooden dwellings: Benefits of Cross-laminated timber in Brazilian climates (Nunes et al., 2020)	Brazil, Belem Sao Paulo Curitiba	Belem (Warm) Curitiba (Cold) Sao Paulo (Temperate)	<ul style="list-style-type: none"> Timber cladding (out) Air cavity without ventilation PE (polyethylene) 5-layered CLT panel Air cavity without ventilation Gypsum wallboard (in)
Stressing the passive behavior of a Passivhaus: An evidence-based scenario analysis for a Mediterranean case study (Costanzo et al., 2018; 265-277)	Italy, Cesena	Mediterranean Climate	<ul style="list-style-type: none"> Wood cladding (out) Air gap Waterproof membran Glass fiber Wood fiber CLT Rock wool Air gap Plasterboard (in)
Energy retrofit analysis of Cross-laminated timber residential buildings in Seoul, Korea: Insights from a case study of packages (Cho et al., 2019)	Korea, Seul	Continental climate	<ul style="list-style-type: none"> Wood cladding (out) Air gap Vapor retarder EPS Vapor retarder CLT Gypsum board (in) <ul style="list-style-type: none"> Wood cladding (out) Air gap Vapor retarder Glass wool Vapor retarder CLT Gypsum board (in) <ul style="list-style-type: none"> Wood cladding (out) Air gap Vapor retarder Glass wool EPS Vapor retarder CLT Gypsum board (in) <ul style="list-style-type: none"> Plaster (out) MDF board Rock wool Vapor retarder CLT Gypsum board (in)

3. METHODOLOGY

The simulation method was employed to assess the energy performance of the CLT building envelope. Specifically, the DesignBuilder program by Energy Plus was utilized for 3D simulations and related computations. A 3D simulation was carried out to examine the energy performance of the CLT building envelope in Antalya, a hot climate region. Then, a model was created for a single-story CLT residential building by inputting the spatial organization and structural features into the simulation tool. The DesignBuilder simulation program calculated the annual heating and cooling energy loads dependent on the operational energy of the CLT building envelope. Additionally, total annual energy consumption and carbon emissions related to the operational energy were determined. Antalya IWEC files of Energy Plus were used for climate data.

3.1. DATA AND MODELLING

This study examines the energy performance of the CLT building envelope in Antalya, one of Turkey's hot climate regions. For this reason, climatic and structural factors were determined to calculate annual heating and cooling loads. The study used data from literature and enterprises specialized in prefabricated production of CLT for building envelopes to determine the building's floor, wall, and roof layers. The annual heating and cooling energy loads of the CLT building envelope, dependent on the operational energy, were calculated via the DesignBuilder simulation program. The annual total energy consumption and carbon emissions related to operational energy were also determined. The CLT building is in Antalya, Turkey, in the first-degree-day zone defined by TS825. Also, the city holds the characteristics of Turkey's hot, humid climate conditions, where summers are hot and dry, and winters are mild and rainy (Yilmaz, 2006, pp. 190-240). Thermal transmittance value (U), (W/m²K) of wall, floor, and roof components for this climate zone are specified in TS825 (Table 3) (TS825,2013).

Table 3- Antalya's Threshold U Values for Walls, Floors, and Roofs Specified in TS825

Climate Zones	U Wall	U Floor	U Roof	U Window
First-Degree-Day Provinces (Antalya)	0,66	0,66	0,43	1,8

Source: (TS825, 2013).

The plan of the model building was designed to examine the energy performance of the CLT building envelope. The model is a single-story residential structure with specific CLT layers for the walls, floors, and roofs. Refer to Figure 3 for the schematic plan, Figure 4 for the schematic section, and Table 5 for the properties of the 3D simulated building.

Figure 3- The schematic plan of the building

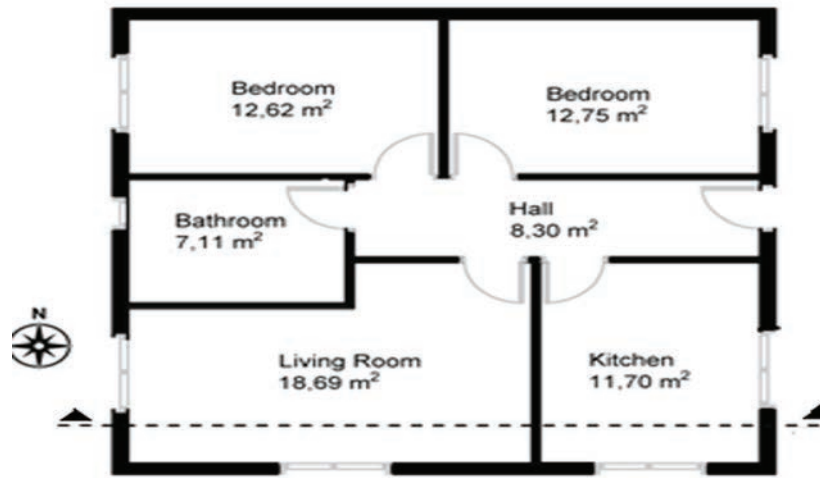


Figure 4- The schematic section of the building

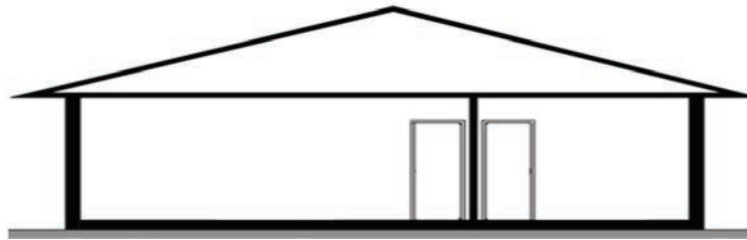


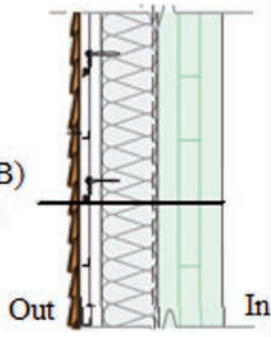
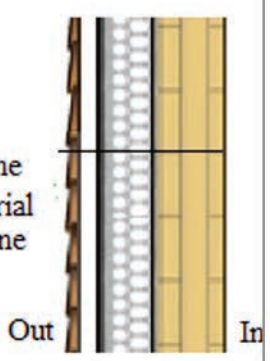
Table 4- The Properties of the Building

Location	Turkey, Antalya			
Climate Type	Warm-Humid			
Orientation	The main living spaces are on the east-west axis facing south, and the north facade is blind			
Thermal Zone Count	Single-storey, 6-zone			
Window-to-Wall Ratio	East	West	North	South
	20%	20%	-	20%
Building Floor Area	71,31 m ²			
Building Height	3 m			
Number of Occupants	1 person			
Heating System	Radiator heating used with natural gas			
Cooling System	Air conditioner used with electricity from grid			
Air Conditioning	Natural ventilation			

Roof, wall, and floor layers were designed for the single-story CLT residential building. This data was then applied to the model building in the DesignBuilder simulation program. To create the CLT building envelope layers, references were taken from data obtained from similar studies, as well as wall, floor, and roof layers used by enterprises specialized in prefabricated production (Nordic, 2022).

Similar studies were analyzed through a literature review in terms of climate type, CLT building envelope layers, and material combinations (John et al., 2008; Nocera et al., 2018; Cho et al., 2019). After analyzing a range of case studies, it was discovered that CLT is typically constructed with an air gap and vapor-proofing membrane, in addition to utilizing a specific type of thermal insulation and cladding material for both internal and external facades (Bournique, 2016; Costanzo et al.; 2018; Cho et al., 2019; Nunes et al., 2020). Based on these data, 2 different wall types were derived for the CLT building envelope (Table 6).

Table 5- Two Different Wall Types for CLT Building Envelopes

Wall Type 1	Wall Type 2
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Timber cladding (out)</p> <p>Air gap</p> <p>Oriented strand board (OSB)</p> <p>Thermal insulation material</p> <p>Vaporproofing membrane</p> <p>CLT (in)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Out In</p> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Timber cladding (out)</p> <p>Air gap</p> <p>Vaporproofing membrane</p> <p>Thermal insulation material</p> <p>Vaporproofing membrane</p> <p>CLT (in)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Out In</p> </div> </div>

For the CLT building envelope, floor, window, and roof layers are considered constant variables. However, the CLT wall layer was considered an independent variable, and eight different scenarios were created by alternating between various CLT configurations and thermal insulation materials for both wall types. Each of the eight scenarios comprised an air gap, vapor-proofing membrane, thermal insulation layer, and CLT wall alternative, making it possible to test the effectiveness of different configurations.

To highlight its aesthetic appeal, CLT was used as a cladding material on the internal facade. Also, alternative wall scenarios were created with 3-layer and 5-layer CLT configurations to determine the energy efficiency of the CLT system. The building features rock wool as a thermal insulation material, which is non-combustible and reduces the risk of fire when used with wood. Besides, it has high performance in terms of insulation, which is the main reason why it was chosen as the thermal insulation material. However, to compare the thermal insulation materials within themselves, Extruded Polystyrene (XPS), a synthetic-based thermal insulation material, was also added as an alternative to rock wool in the study. The study provides the envelope la-

yers and thermal transmittance value (U) for CLT layers in Table 6 and Table 7. Determining the thickness of materials for the CLT envelope layers provides a thermal transmittance value (U) for the Antalya province, according to TS825.

Table 6- Thermophysical Properties of Building Materials

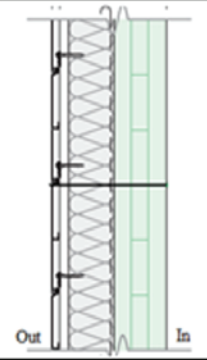
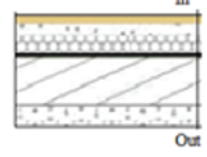
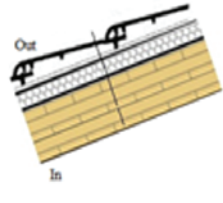
Building Component	Material	Thickness	Thermal conductivity	Density	Specific heat capacity	Thermal transmittance value	Detail
		(m)	W/mK	kg/m ³	J/kg.K	U (W/m ² .K)	
CLT External Wall	Timber Cladding (out)	0,03	0,13	700	1200	0,311	
	Air gap	0,015	-	-	-		
	Oriented strand board (OSB)	0,06	0,13	750	1700		
	Rock wool	0,05	0,035	40	840		
	Vaporproofing membrane	0,001	2,3	130	2300		
	3-Layer CLT (in)	0,1	0,13	470	1600		
Window	PVC joinery					1,322	-
	Argon Filled Double Glazing	Glass					
		Argon Gas					
		Glass					
Ground Flooring	Wood flooring (in)	0,03	0,13	700	1200	0,480	
	Adhesive	-	-	-	-		
	Cement finish	0,05	1,40	1200	840		
	Rock wool	0,05	0,035	150	840		
	Double-Layer waterproofing membrane	0,002	0,23	1,3	1000		
	Reinforced Concrete Raft Foundation	0,08	2,5	2400	1000		
	Lean concrete (out)	0,1	1,3	1800	1000		
Roof	Roof tile (out)	0,03	1	2000	800	0,317	
	Bitumen waterproofing membrane (Double-layer)	0,002	0,23	1,3	1000		
	Rock wool	0,05	0,035	150	840		
	Vaporproofing membrane	0,001	2,3	130	2300		
	5-Layer CLT (in)	0,2	0,13	470	1600		

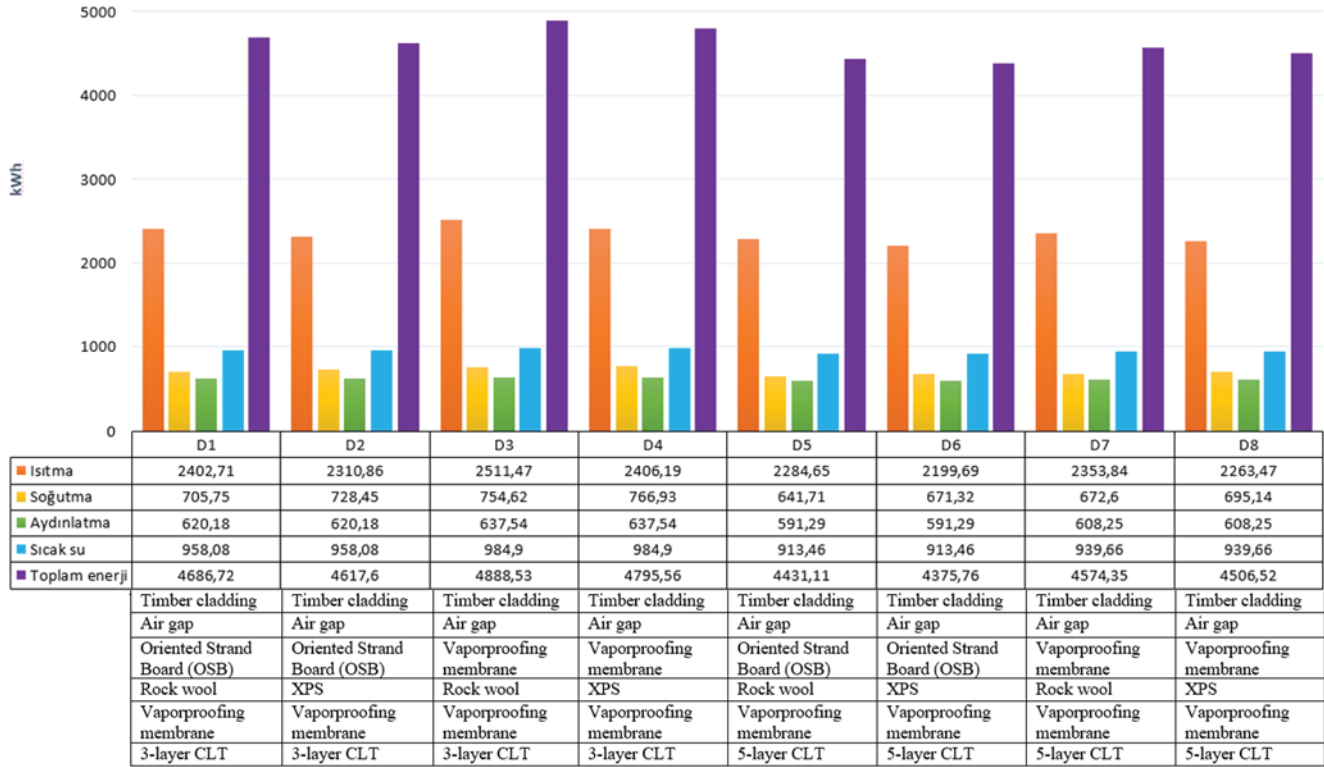
Table 7- Eight Scenarios Created for CLT Wall Alternatives

3-Layer CLT Wall Types	CLT Wall Detail	Thermal transmittance value	5-Layer Wall Types	CLT Wall Detail	Thermal transmittance value
		U (W/m ² .K)			U (W/m ² .K)
D1	<p>Timber cladding (out) Air gap Oriented strand board (OSB) Rock wool Vaporproofing membran 3-Layer CLT (in)</p>	0,311	D5	<p>Timber cladding Air gap Oriented strand board (OSB) Rock wool Vaporproofing membran 5-Layer CLT</p>	0,251
D2	<p>Timber cladding (out) Air gap Oriented strand board (OSB) Extruded Polystyrene (XPS) Vaporproofing membran 3-Layer CLT</p>	0,285	D6	<p>Timber cladding (out) Air gap Oriented strand board (OSB) Extruded Polystyrene (XPS) Vaporproofing membran 5-Layer CLT</p>	0,234
D3	<p>Timber cladding Air gap Vaporproofing membran Rock wool Vaporproofing membran 3-Layer CLT</p>	0,364	D7	<p>Timber cladding Air gap Vaporproofing membran Rock wool Vaporproofing membran 5-Layer CLT</p>	0,284
D4	<p>Timber cladding Air gap Vaporproofing membran Extruded Polystyrene (XPS) Vaporproofing membran 3-Layer CLT</p>	0,328	D8	<p>Timber cladding Air gap Vaporproofing membran Extruded polystyrene (XPS) Vaporproofing membran 5-Layer CLT</p>	0,262

4. ANALYSIS FINDINGS

The energy efficiency of a single-story residential building's CLT envelope is analyzed using the DesignBuilder program. The obtained data are presented with graphics. Changes in the annual total energy consumption amount for heating, cooling, lighting, and hot water of the CLT building envelope according to wall alternatives are seen in Figure 4. Figure 5 presents data on the annual fuel consumption of the CLT building envelope based on the operational energy. Additionally, the annual carbon emissions of the CLT building envelope depending on the operational energy are given in Figure 6.

Figure 4- Differences in Total Annual Energy Consumptions Dependent on CLT Wall Alternatives



Based on the findings in Figure 4, it is evident that wall type D6, which consists of XPS as thermal insulation material, 5-layer CLT, and wall type 1 (timber cladding, air gap, oriented strand board, thermal insulation material, vaporproofing membrane, CLT), has the least amount of energy consumption. The total annual energy load for wall type D6 is 4375.76 kWh. On the other hand, the highest energy consumption is observed in D3, which consists of rock wool as thermal insulation material, 3-layer CLT, and wall type 2 (timber cladding, vaporproofing membrane, thermal insulation material, vaporproofing membrane, CLT). The total annual energy load for wall type D3 is 4888.53 kWh. The order of the total annual energy demand for all wall types from highest to lowest is D3 (4888.53 kWh), D4 (4795.56 kWh), D1 (4686.72 kWh), D2 (4617.6 kWh), D7 (4574.35 kWh), D8 (4506.52 kWh), D5 (4431.11 kWh), D6 (4375.76 kWh). The layers of wall alternatives are detailed in Figure 4. Among 8 different wall types, the options with the best energy performance were obtained in wall types using 5-layer CLT. D6, D5, D8, and D7 are wall types created with 5-layer CLT. Additionally, it has been observed that the use of an oriented strand board (OSB) instead of vaporproofing membrane positively affects the energy performance of wall types. All wall types incorporate either XPS or rock wool as thermal insulation material. It has been determined that wall types combined with XPS insulation material and CLT provide better energy performance than rock wool.

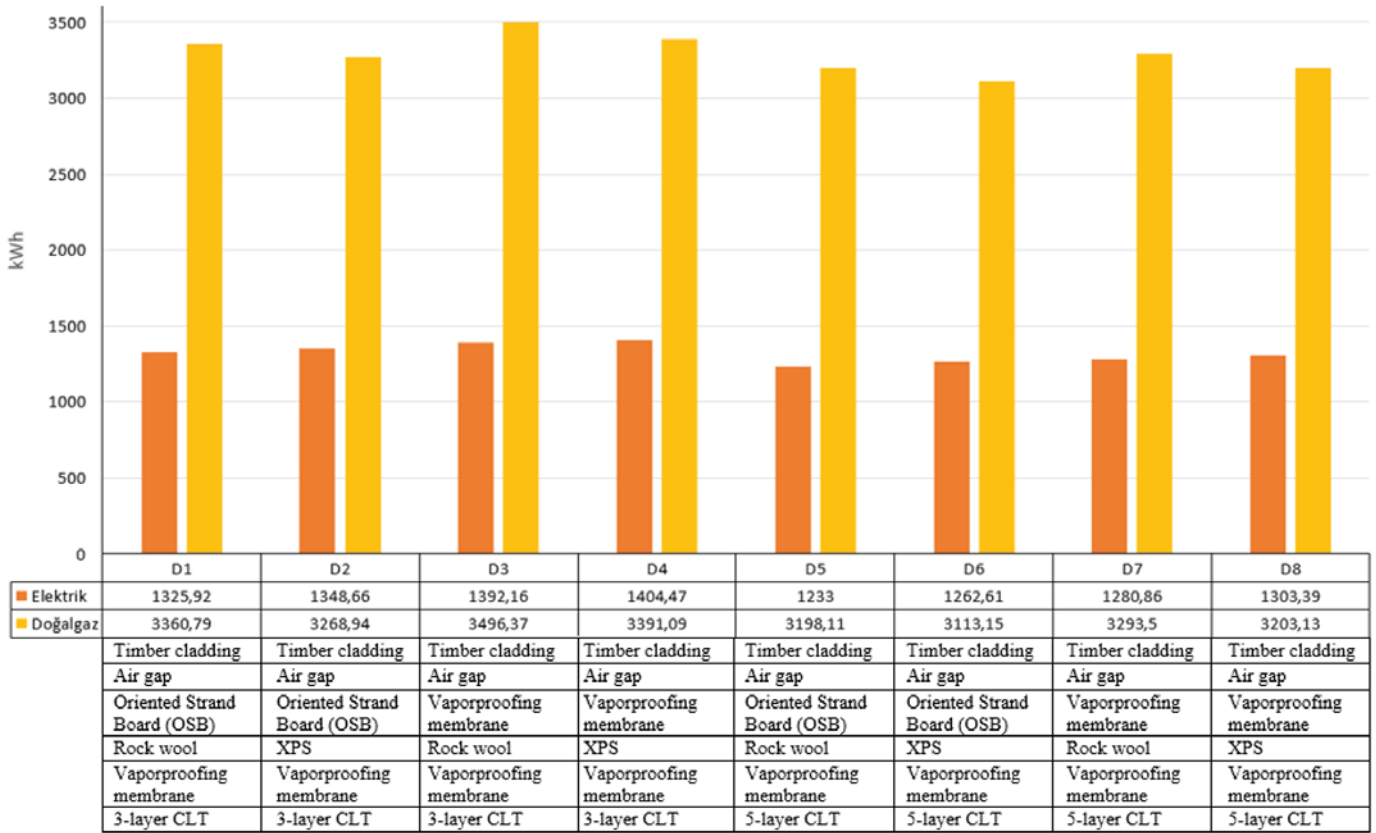
In general, it is observed that the CLT building envelope consumes most of the annual energy for heating and hot water purposes in all wall types. However, cooling requires the least amount of energy. Despite Antalya being located in a hot climate region, the heating energy loads of CLT building envelope alternatives remain higher than cooling loads. Among various material combinations utilized in wall types, 5-layer CLT is observed to provide better performance than the 3-layer alternative. Of the eight different wall alternatives, options containing wall type 1 have better energy efficiency than those containing wall type 2. Regarding thermal performance, XPS insulation material has a better energy performance than rock wool.

The research conducted by Nocera et al. (2018) investigated how the CLT building envelope performs in Catania and Bolzano, Italy, which have climate conditions similar to Antalya. Their findings showed that the cooling energy loads of the single-story CLT building were more significant than the heating energy loads. In contrast, this study analyzed the energy performance of the CLT building envelope in Antalya and found that the building's heating energy need was higher. When the reason for obtaining different results in two hot climate regions was investigated, it was seen that double layers of thermal insulation material were used for CLT wall layers in the wall types created by Nocera et al. In the study in Italy; Wood fiber insulation was used in the outer layer of the CLT wall and rock wool insulation was used in the inner layer. However, in Antalya, the CLT building envelope was formed with a single-layer thermal insulation material. The double insulation thickness used by Nocera et al. elevated the cooling energy requirement of the CLT building envelope. In contrast, the single-layer insulation used in Antalya increased the heating energy requirement. The results emphasize the importance of achieving the optimal thickness in combination with CLT with thermal insulation materials.

A study by Cho et al. (2019) in Korea investigated the energy performance of cross-laminated timber (CLT) by various wall types with different thermal insulation materials and CLT. The study utilized EPS, glass wool, rock wool, and a combination of glass wool and EPS as insulation materials in different wall types. The data obtained from the study demonstrate that the wall type created with the utilization of CLT and rock wool exhibited better energy performance than the other alternatives. However, the energy demand of wall types created by the combination of EPS and glass wool with CLT was found to be higher than that of rock wool. These wall types showed lower energy performance than rock wool-insulated and CLT-applied types.

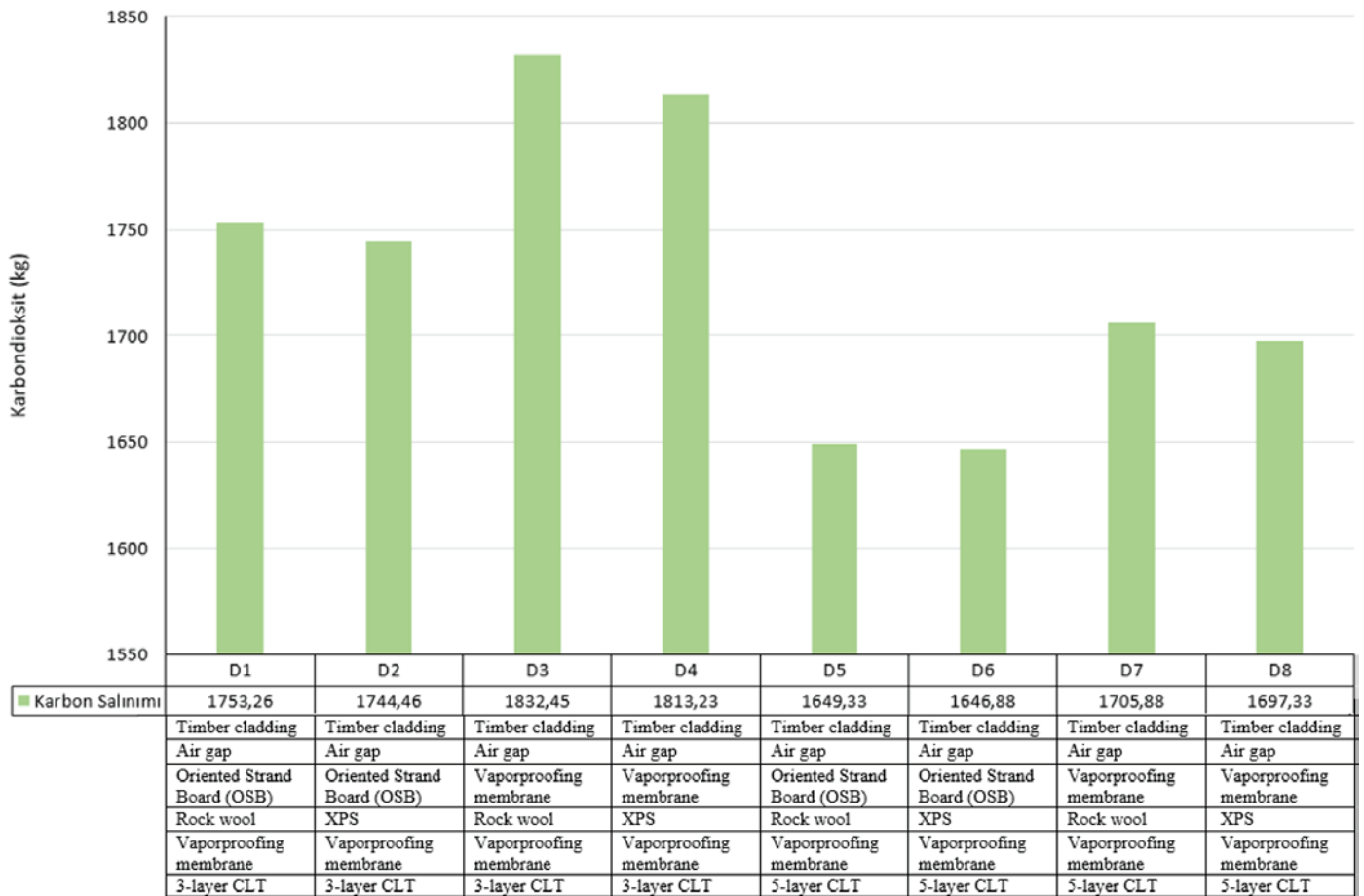
However, in the energy performance analysis of the CLT building envelope in Antalya, it was seen that XPS performed better than rock wool in CLT wall types used together with XPS and rock wool. Different results were obtained for the energy performance of rock wool in two studies. The study demonstrates that energy performance is influenced by various factors such as climatic properties of the geographical region, insulation thickness, wall type, and spatial organization of the buildings. Therefore, it is crucial to evaluate energy performance based on the location where the CLT building is to be constructed and select appropriate insulation layers and thicknesses suitable for the local climatic conditions. Ultimately, the material's energy analysis should be tailored to the specific climate and geography of the site, as this could significantly impact the effectiveness of CLT building applications.

Figure 5- Annual Fuel Consumptions



Upon evaluating the data presented in Figure 5, it becomes evident that natural gas is the most used energy source, which is likely due to heating and hot water requirements. Since CLT requires less cooling, its electricity consumption is also lower than that of natural gas. The highest annual energy consumption occurs in the D3 wall alternative. Out of all wall alternatives, D3 has the highest annual energy consumption. Specifically, the annual natural gas and electricity consumption of the D3 alternative are 3496.37 kWh and 1392.16 kWh, respectively. On the other hand, the D6 wall alternative has the lowest energy consumption. The annual natural gas and electricity consumption of the D6 alternatives are 3113.15 kWh and 1262.61 kWh, respectively.

Figure 6- Carbon Emissions



The findings in Figure 6 show the annual carbon emission of the CLT building envelope, dependent on operational energy. Energy unit prices for calculation were obtained from official institutions (EPDK, 2023). The data in Figure 6 only covers annual carbon emissions dependent on operational energy. The annual carbon emission is the least in D6 which contains XPS as thermal insulation material, 5-layer CLT, and wall type 1 (timber cladding, air gap, oriented strand board, thermal insulation material, vaporproofing membrane, CLT). The highest annual carbon emission is obtained in D3, which contains rock wool as thermal insulation material, 3-layer CLT, and wall type 2 (timber cladding, vaporproofing membrane, thermal insulation material, vaporproofing membrane, CLT). The annual carbon emission value of the D6 wall type is 1646.88 kg CO₂, while the D3 wall type emits 1832.45 kg CO₂ annually.

Additionally, carbon emissions due to embodied energy were calculated in this study. According to the life cycle assessment of the CLT building, carbon emissions due to embodied energy were detected for 'the cradle-to-gate' stage. The results obtained, in order from least to maximum, D5 (1347.04 kg), D6 (1349.04 kg), D8 (1390.63 kg), D7 (1393.93 kg), D2 (1430.41 kg), D1 (1433.86 kg), D4 (1487.14 kg), D3 (1499.43 kg).

5. CONCLUSIONS

Based on the data obtained within the scope of this study, it is determined that the heating need of the CLT building envelope in Antalya is more than the cooling need. Moreover, using synthetic-based XPS material reduces the annual energy need in comparison to rock wool. The 5-layer option provides more energy efficiency than the 3-layer option within all scenarios. Furthermore, among the two wall alternatives created for CLT, wall type 1 (timber cladding, air gap, oriented strand board, thermal insulation material, vaporproofing membrane, CLT) is found to have better energy performance.

Comparing the findings in this study with the data obtained from studies on the energy performance of CLT buildings in the literature, it is observed that the energy demand of the buildings varies related to the climate properties, spatial organization, building height, floor area, transparency-opacity ratio on the facade, building envelope layer types and thicknesses. Therefore, multiple factors have a decisive role in the energy performance of the CLT building envelope, and the applications of CLT in different geographies need to be specified and specialized to the conditions of the region in place. Increasing scientific studies on CLT in different geographies is essential in terms of both being able to make comparisons and the realization of successful CLT-building applications.

In this context, studies on the energy performance of CLT in Turkey are limited. When considering the environmental effects of building materials, such as reducing carbon emissions, scientific studies on CLT can provide an essential innovation potential for reducing the environmental impact caused by the building sector. In addition, since CLT is a relatively new material, extensive scientific research on its behavior in different scenarios, such as energy efficiency, earthquake resilience, and fire safety, is crucial. Thus, successful applications on a global scale throughout the construction sector related to CLT can be further expanded.

REFERENCES

- ARAUJO, V. D., CHRISTOFORO, A. (2023). The Global Cross-Laminated Timber (CLT) Industry: A Systematic Review and a Sectoral Survey of Its Main Developers, Sustainability, 15(10), 7827; <https://doi.org/10.3390/su15107827>.*
- ASCIONE, F., BIANCO, N., DE ROSSI, F., DE MASI, R. F., VANOLI, G. P. (2016). Concept, Design, and Energy Performance of a Net Zero-Energy Building in Mediterranean Climate. Procedia Engineering, 169, 26-37.*
- ASDRUBALÌ, F., FERRACUTÌ, B., LOMBARDÌ, L., GUATTARÌ, C., EVANGELISTÌ, L., GRAZIESCHÌ, G. (2017). A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications. Build. Environ., 114*
- AYDIN, M. (2020). "Askeri Harcamalar, Ekonomik Büyüme ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Yapısal Kırılmalı Nedensellik Testinden Kanıtlar". Ekonomi, Politika&Finans Araştırmaları Dergisi, 5(2): 261-275.*
- BİLDİRİCİ, M. E. (2017a). The causal link among militarization, economic growth, CO2 emission, and energy consumption. Environmental Science and Pollution Research, 24(5), 4625-4636.*

- BİLDİRİCİ, M. E. (2017b). The effects of militarization on biofuel consumption and CO2 emission. Journal of Cleaner Production, 152, 420-428.*
- BOURNIQUE, G. (2016). Design of an Energy-Efficient and Cost-Effective Cross-laminated Timber (CLT) House in Waikuku Beach. KTH School of Industrial Engineering and Management, Master's thesis, Stockholm, New Zealand.*
- EPDK. (2023). Enerji Tarifeleri Listesi, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-96/tarife>, (Erişim Tarihi: 06.10.2023).*
- WORLD BANK (2022). World Development Indicators. available in: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>. (7.09.2022).*
- CHO, H. M., PARK, J. H., Wİ, S., CHANG, S. J., YUN, G. Y., KİM, S. (2019). Energy retrofit analysis of cross-laminated timber residential buildings in Seoul, Korea: Insights from a case study of packages. Energy & Buildings, 202.*
- COSTANZO, V., FABBRİ, K., PİRACCİNİ, S. (2018). Stressing the passive behavior of a Passivhaus: An evidence-based scenario analysis for a Mediterranean case study. Building and Environment, 142, 265-277.*
- ÇŞB. (2021a). Paris Antlaşması. Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, <https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587>, (Erişim Tarihi: 13.11.2021).*
- ÇŞB. (2021b). Bina Sektörü Enerji Verimliliği Atlası. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Erişim: https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/icerikler/atlas_ocak_small-20210126120540.pdf, (31.07.2023)*
- EU. (2020). Building Stock Observatory database. <https://ec.europa.eu/energy/en/eu-buildings-database>. (4.08.2023).*
- GÜZEL, N., YEGÜSEY, C. (2015). “Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme ile Çok Katlı Ahşap Yapılar”. Mimarlık Dergisi, 382.*
- INSAPEDIA, (2018). Çapraz Lamine Ahşap Teknolojisi. Erişim:<https://insapedia.com/capraz-lamine-ahsap-teknolojisi-clt-cross-laminated-timber/>, (Erişim Tarihi: 04.08.2023)*
- İMSAD, (2020), Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu 2020, https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD_Yapi_Sektoru_Raporu_2020.pdf, (1.06.2022).*
- JOHN, S., NEBEL, B., PEREZ, N., BUCHANAN, A. (2008). Environmental Impacts of Multi-Storey Buildings Using Different Construction Materials. Teknik Rapor, Department of Civil and Natural Resources Engineering University of Canterbury Christchurch, New Zealand.*
- KHAVARİ A., PEİ S., TABAREZ VELASCO P., (2016), Energy Consumption Analysis of Multistorey Cross-Laminated Timber Residential Buildings: A Comparative Study, Journal of Architectural Engineering, DOI: 10.1061 / (ASCE) AE.1943-5568.0000206.*
- KUZKA, (2021), Kastamonu İli CLT (Çapraz Lamine Ahşap) Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu, T.C. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı.*
- MONAHAN, J., POWELL, J. C. (2011). An Embodied Carbon and Energy Analysis of Modern Methods of Construction in Housing: A Case Study Using a Lifecycle Assessment Framework. Energy and Buildings, 43 (1), 179-188.*
- NOCERA, F., GAGLIANO, A., DETOMMASO, M. (2018). Energy performance of cross-*

laminated timber panel (X-Lam) buildings: A case study. Mathematical Modelling of Engineering Problems, 5 (3), 175-182.

NORDIC. (2022). Nordic Structural Details, <https://www.nordic.ca/en/documentation/technical-documents#nordicxlam>, (01.08.2023).

NUNES, G., MOURA, J. D., GÜTHS, S., ATEM, C., GİGLİO, T. (2020). Thermo-energetic performance of wooden dwellings: Benefits of cross-laminated timber in Brazilian climates. Journal of Building Engineering, 32, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101468>.

ORAN, (2021), YOZGAT İli CLT (Çapraz Lamine Ahşap) Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu, Orta Anadolu Kalkınma Ajansı.

REYNOLDS, T., HARRIS, R., CHANG, W. S., BREGULLA, J., BAWCOMBE, J. (2015). Ambient Vibration Tests of a Cross-laminated Timber Building. Proc. Inst. Civ. Eng Constr Mater, 168(3), 121–131.

TECÜMER, E.B. (2023). Lamine Ahşap Rehberi 01: Çapraz Lamine Ahşap – CLT. Arkitera, <https://www.arkitera.com/haber/lamine-ahsap-rehberi-01-capraz-lamine-ahsap-clt/>, (8.08.2023).

TUİK. (2018). 2018 yılında tamamen veya kısmen tamamlanan konut yapılarında yapım sistemi. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Building-Permits-January-March,-2018-27754> (8.08.2023).

URGE-VORSATZ, D., PETRICHENKO, K., STANIĆ, M., EOM, J. (2013). Energy use in buildings in a long-term perspective. Curr. Opin. Electrochem, 5, 141–151.

YILMAZ, Z. (2006). Türkiye ve İrlanda Binaların Enerji Etkin Tasarım ve Yapımı için Sürdürülebilirlik Stratejileri, 190-240, İTÜ, Araştırma Fonu, Proje No:30657.

AVRUPA BİRLİĞİNİN ÇEVRE POLİTİKALARININ ENERJİ SANTRALLERİ ÜZERİNDEKİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İLİŞKİSİ

Oğuz Kaan POLAT¹, Prof. Dr. Hasan YAMIK²

Özet

Ülkemizde kömür ile çalışan termik santrallerde linyit, taş kömürü ve ithal kömür kullanılmaktadır. Kömüre dayalı termik santrallerde pulverize kömür yakma teknolojileri ve akışkan yataklı yakma teknolojisi olmak üzere iki yakma teknolojisi ön plandadır. Pulverize kömür yakma teknolojileri kendi içinde; pulverize subkritik, pulverize süperkritik ve pulverize ultra süperkritik olarak üçe ayrılmaktadır. Ülkemizde bulunan termik santrallerin büyük çoğunluğu pulverize subkritik kazan teknolojisine sahip olup oldukça sınırlı sayıda akışkan yatak kazan teknolojisi, pulverize süperkritik ve pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi ile çalışan santraller de bulunmaktadır. Bu çalışmada kömürle çalışan termik santrallerin çevresel etkileri yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemiyle belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Mevcut durum olarak pulverize subkritik kazan teknolojisi kullanılan kömür santralleri ele alınmış olup alternatif teknoloji olarak pulverize süperkritik, pulverize ultra süperkritik ve akışkan yatak kazan teknolojileri değerlendirilmiştir. Bu teknolojiler karşılaştırılarak yaşam döngüsü değerlendirmesinin kategoriler üzerinde etkisi incelenmiştir. Karşılaştırma, SimaPro 9.1 yazılımı kullanılarak ReCiPe 2016 Midpoint (H) metodu ile yapılmıştır. Karakterizasyon kategorilerinde; tatlı su ötrofikasyonu potansiyeli ve fosil kaynak tüketim potansiyeli dışında tüm etki kategorileri açısından akışkan yatak teknolojisinin pulverize sistemlere göre çevresel etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Pulverize sistemlerde ise çevresel etkinin subkritik sistemlerde daha fazla olduğu, süper kritik sistemlerin partikül madde oluşum potansiyeli (%8,9), ozon oluşumu karasal ekotoksitesitesi potansiyeli (% 18,7) ve karasal asidifikasyon potansiyeli (%8,8) hariç tüm kategorilerde ultra süperkritik sistemlerden daha fazla etki gösterdiği görülmüştür.

***Anahtar kelimeler:** Çevresel etki, Enerji, Kömür, Termik santral, Yaşam döngüsü değerlendirmesi*

THE RELATIONSHIP WITH ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY ON ENERGY PLANTS OF THE ENVIRONMENTAL POLICIES OF THE EUROPEAN UNION

Abstract

Lignite, hard coal and imported coal are used in coal-fired thermal power plants in our country. In coal-based thermal power plants, two combustion technologies are at the forefront: pulverized coal combustion technologies and fluidized bed combustion technology. Pulverized coal

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği, oguzkaanpolat34@gmail.com, ORCID No : 0009-0000-0765-2499

² Prof. Dr. , Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, hasan.yamik@bilecik.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-6269-8606

burning technologies in themselves; It is divided into three types: pulverized subcritical, pulverized supercritical and pulverized ultra-supercritical. The majority of thermal power plants in our country have pulverized subcritical boiler technology, but there are also a very limited number of power plants operating with fluidized bed boiler technology, pulverized supercritical and pulverized ultra-supercritical boiler technology. In this study, the environmental impacts of coal-fired thermal power plants were determined and compared using the life cycle assessment method. Coal power plants using pulverized subcritical boiler technology were considered as the current situation, and pulverized supercritical, pulverized ultra-supercritical and fluidized bed boiler technologies were evaluated as alternative technologies. By comparing these technologies, the impact of life cycle assessment on the categories was examined. The comparison was made with the ReCiPe 2016 Midpoint (H) method using SimaPro 9.1 software. In characterization categories; It has been observed that fluidized bed technology has a higher environmental impact than pulverized systems in terms of all impact categories except freshwater eutrophication potential and fossil resource depletion potential. In pulverized systems, the environmental impact is greater in subcritical systems, and in all categories except the particulate matter formation potential of supercritical systems (8.9%), ozone formation terrestrial ecotoxicity potential (18.7%) and terrestrial acidification potential (8.8%), ultra-high pressure is observed in all categories. It has been observed that it has more effect than supercritical systems.

Keywords: *Environmental impact, Energy, Coal, Thermal power plant, Life cycle assessment*

1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ve sanayileşmenin sonucu olarak elektrik enerjisine ihtiyaç da artmaktadır. Dünyada bu ihtiyacın karşılanmasında çeşitli enerji kaynakları kullanılmakta ve enerji ihtiyacının %61,3'ü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıtların tercih edilme sebebi ekonomik olarak ucuz ve bulunma ağının geniş olmasıdır. Elektrik üretiminde en çok tercih edilen fosil yakıt türü kömürdür. Dünyada 2019 yılında üretilen 9.914.448 GWh elektrik enerjisi kömür kullanılan termik santrallerden üretilmiştir (http-1, 2023). Ülkemizde ise 2021 yılında elektrik üretiminin % 63,1 'i fosil yakıtlı santrallerden sağlanmış, hidrolik santraller %16,79 rüzgar santralleri % 9,41, güneş santralleri %3,92, jeotermal %3,27, biyokütle %1,91'li payı oluşturmuştur (EÜAŞ, 2023). Ülkemizde kömür ile çalışan termik santrallerde linyit, taş kömürü ve ithal kömür kullanılmaktadır.

Kömüre dayalı termik santrallerde pulverize kömür yakma teknolojileri ve akışkan yataklı yakma teknolojisi olmak üzere iki yakma teknolojisi ön plandadır. Pulverize kömür yakma teknolojileri kendi içinde; pulverize subkritik, pulverize süperkritik ve pulverize ultra süperkritik olarak üçe ayrılmaktadır. Ülkemizde bulunan termik santrallerin büyük çoğunluğu pulverize subkritik kazan teknolojilerine sahip olup oldukça sınırlı sayıda akışkan yatak kazan teknolojisi, pulverize süperkritik ve pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi ile çalışan santraller de bulunmaktadır.

Her üretim türünde olduğu gibi kömürle çalışan termik santrallerden enerji üretiminin de çevresel etkileri bulunmaktadır. Mevcut teknolojilerden kaynaklanan çevresel etkiler detaylı bir şekilde belirlenip, etkilerinin azaltılması için alternatif teknolojiler uygulanmalıdır. Bu çevresel etkilerin belirlenmesinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assesment- LCA) faydalı bir yöntemdir. Bu çalışmada kömürle çalışan termik santrallerin, pulverize subkritik kazan

teknolojisi, pulverize süperkritik kazan teknolojisi, pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi ve akışkan yatak kazan teknolojisi kullanılması durumunda çevresel etkileri LCA yöntemiyle belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır.

2. TEORİK LİTERATÜR

2.1. Çevre Sorunları

Genel olarak çevre; “Bir organizmanın yaşama ve gelişmesini etkileyen tüm dış şart ve faktörler toplamı” şeklinde tanımlanmaktadır (Görmez, 2007: 7). Doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılır. Bunlardan doğal çevre insan müdahalesinin olmadığı bu nedenle de değişikliğe uğramamış çevre iken, yapay çevre insanın müdahalesi ile oluşturduğu çevre olarak tanımlanmıştır (Görmez, 2007: 8). Çeşitli toplumsal faaliyetlerin, doğal çevrenin düzenini bozması ve taşıma kapasitesini zorlaması sonucu yenilenemez kaynakların hızla tükenmesi, yenilenebilir kaynakların tahribi ve fiziki çevrenin kirlenmesi gibi sorunlara neden olmaktadır. 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren nüfusun hızlı artması, çarpık kentleşme ve doğal çevreyi önemsemeyen endüstrileşme sonucu çevre sorunları oluşmuştur (Ertürk, 1998: 45-46).

1869 yılında çevre sorunlarının ilk defa ele alındığı ABD Massachusetts Halk Sağlığı Komitesi'nin yayınladığı bildiride, her insanın temiz hava, su ve toprağa ihtiyacı olduğu ve bunların kirlenmemesi gerektiği belirtilmiştir (Bozyiğit ve Karaaslan, 1998: 5). Çevre sorunları, hava, su, toprak kirlenmesiyle başlayıp bitki örtüsü ve hayvan topluluklarının yok olmasına kadar uzanmaktadır. Londra'da 1952 yılında kirli hava yüzünden 1 hafta içinde yaklaşık 4000 kişinin hayatını kaybetmesi ilk örneklerden biridir. Kirli sulardan elde edilen su ürünleriyle beslenenlerde görülen toplu ölümler ise toplumun dikkatini çeken diğer bir çevre sorunu olmuştur (Keleş ve Hamamcı, 1997: 15-16).

Günümüzdeki toplumların doğal çevre sorunları dünya çapında ve geniş bölgeleri etkileyen uluslararası boyutlarda çeşitli şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu dünya çapındaki sorunlar; CO2 gazının artması sonucu oluşan iklim değişikliği, kansere neden olan ışınları süzen ozon tabakasının incilmesi ve delinmesi, tropikal ormanların tahribi sonucu bitki ve hayvan türlerinin yok olma tehlikesi ve büyük çaplı nükleer kirlenmelerdir. Uluslararası sorunlar arasında ise asit yağmurları, çölleşme, toksit atıklar, kimyasal ilaçlar, petrolün denizleri kirlenmesi ve civa kirlenmesi sayılabilir (Ertürk, 1998: 48).

Çevreyi insan faaliyetlerinin tümü etkilemektedir. Taşıtların çoğalması hava kirliliğine, hızlı nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler doğal kaynakların aşırı bir şekilde tüketilmesine neden olmaktadır. Çevre sorunları türleri genel olarak hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, sera etkisi-küresel ısınma ve iklim değişikliği, enerji üretimi ve radyasyon kirliliği, gürültü kirliliği, atıklar ve ozon tabakasının incelmelerinden oluşmaktadır.

2.2. Enerji Kaynakları

Etimolojik açıdan incelendiğinde enerji kavramının eski Yunanca da kullanılmış bir kavram olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Yunanca aktif anlamına gelen “εν” kelimesinin ile “iş” anlamına gelen “εργον” kelimesinin bir araya gelmesinden enerji kavramı ortaya çıkmıştır. Günlük hayatta madde ile doğrudan bir temas mümkün iken aynı durum enerji ile mümkün değildir.

Madde dokunulabilir, formu tarif edilebilir ve çevremizde olduğu gibi ayaklarımızın altında da var olmaktadır. Ancak enerji için durum farklıdır. Enerjinin endirekt etkileri sadece yapısındaki değişikliklerden yani maddenin moleküler veya atomik bileşimindeki değişikliklerden veya bir su akışı veya rüzgâr esintisi gibi uzaydaki konumunda meydana gelen değişikliklerden kaynaklanan potansiyel enerjiden hissedilmektedir. Her iki durumda da hareket, ısı veya ışık gibi etkiler, yaklaşık 2000 yıldan beri enerji dediğimiz şeyin varlığını ortaya çıkarmaktadır. Yaratılamayacağı gibi yok edilemeyen ancak bir formdan başka bir forma dönüşen enerjide; kimyasal enerji, ısı enerjisi, nükleer enerji, potansiyel enerji, mekanik enerji, manyetik enerji, kinetik enerji ve elektrik enerjisi başlıca enerji türlerini oluşturmaktadır (Öztürk, 2013: 1-10). Dolayısıyla enerji, “maddenin iş, ısı veya radyasyona dönüştürülebilir bir özelliği” olarak tanımlanabilmektedir (Malanima, 2014: 2).

Fizik biliminde enerji, “iş yapabilme yeteneği/kapasitesi” olarak tanımlanmaktadır ki bu tanım en sık rastlanan tanımların başında gelmektedir. Bu kısa tanımda geçen “iş” kelimesi ile “uzaktan uygulanan güç” ifade edilmek istenmektedir (Salinas, 2017: 11).

20. yüzyılın en önemli fizikçilerinden olan ve Nobel Fizik Ödülü sahibi Richard Feynman enerjii, “Enerji algılanabilir bir şey değil, kapsamlı bir kurallar dizisi kullanılarak hesaplanması gereken akıcılık” olarak tanımlamıştır (Sefton, 2004: 2).

Öztürk (2013: 1), enerjii, “Fiziksel bir sistemin ne kadar iş veya ne kadar ısı transfer yapabileceğini belirleyen bir durum fonksiyonu” şeklinde tanımlamıştır.

2.2.1. Enerji Kaynaklarının Türleri

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması ile ilgili olarak literatürde birincil ve ikincil enerji kaynakları, konvansiyonel olan enerji kaynakları ve konvansiyonel olmayan enerji kaynakları, ticari olan enerji kaynakları ve ticari olmayan enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olarak farklı şekillerde sınıflandırmalara rastlanmaktadır. Birincil enerji kaynakları enerjinin bir başka enerjiye dönüşmemiş halidir. Kömür, petrol, doğal gaz, nükleer, biokütle, hidrolik, güneş, rüzgâr, dalga enerjisi birincil enerji kaynakları arasında yer almaktadır (Aydın, 2014: 26). Birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi sonucunda elde edilen enerji kaynakları ise ikincil enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları arasında sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), elektrik, hava gazı, ikincil kömür, Petro kök, benzin, motorin ve mazot gibi enerji kaynakları yer almaktadır (Şenel, 2012: 2).

Ticari olan enerji kaynakları hem ulusal hem de uluslararası pazarlarda talep edilen ve özellikle modern endüstrinin enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan petrol, elektrik, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, hidrolik gibi enerji kaynaklarıdır. Ticari olmayan enerji kaynakları ise geleneksel endüstrinin enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik olan odun, tarımsal atıklar ve hayvan atıkları gibi enerji kaynaklarıdır (Bilginoğlu, 1991: 123).

Literatürde en çok rastlanan sınıflandırma türü, yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemeyen enerji kaynakları şeklinde olanıdır. Yenilenemez enerji kaynakları, bir kez tüketildiğinde gelecekte yerine yenisinin konamayacağı sınırlı nitelikteki enerji kaynaklarıdır. Bu sınıfta yer alan enerji kaynakları kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kaynaklı ve nükleer kaynaklı enerjiler olmak üzere kendi içinde iki gruba ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi gibi tüketilmesi halinde yerine yenisi gelen ve gelecekte tükenme ihtimali olmayan enerji kaynaklarını ifade etmektedir (Moud, 2012: 1).

2.2.2. Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarının Çeşitleri ve Önemi

Karbon bazlı klasik enerji kaynakları olarak da adlandırılan yenilenemez enerji kaynakları, adından da anlaşılacağı üzere tüketildikten sonra yerine yenisinin konulamayacağı enerji kaynaklarıdır. Petrol, kömür, doğal gaz, nükleer enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları kategorisinde yer almaktadır. Tarihi süreçte yenilenemeyen, diğer adıyla fosil enerji kaynaklarından farklı biri önemli hale gelmiştir. Çinliler tarafından kullanılan kömür insanların tüketmeye başladıkları ilk yenilenemeyen enerji kaynağıdır. Zaman içinde petrolün kullanım alanlarının genişlemesi kömürün eski önemini yitirmesine zemin hazırlamıştır. Ancak 1973-1974 yılında petrol krizinin yaşanması enerji ihtiyacının karşılanmasında nükleer enerji kaynağının kullanımını gündeme taşımıştır. Ancak nükleer enerjinin kullanımının neden olduğu çevresel sorunların ciddiyeti doğal gazın alternatif olarak önem kazanmasında etkili olmuştur. Ancak günümüz enerji tüketiminin artması ve bilinçsiz tüketim, yenilenemeyen enerji kaynaklarının da tükenme sınırlarına yavaş yavaş yaklaşıldığını bilimsel verilerle ortaya koymaktadır. Bir başka ifade ile tüm yenilenemeyen enerji kaynaklarının da yakın gelecekte önemini yitirerek yerini yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakacağı tartışılmaz bir gerçektir (Pamir, 2005: 58-59).

2.3. Avrupa Birliği Çevre Politikası

AB, birlik üyesi ve birlik dışı ülkeler açısından çevre dostu politikalar oluşturma konusunda son derece önem arz etmektedir. Koyduğu kurallar ve üye dışı devletlerle yoğun ilişkileri dünyanın ekolojik dengesinin korunmasına büyük etki göstermektedir. AB yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve bunu birlik genelinde ortak bir düzeye yükseltmek adına çevre sorunlarına büyük önem vermektedir.

Günümüzde doğal kaynaklar üzerindeki baskı giderek arttığı için ekonominin sürdürülebilirliği sorunu gündeme gelmiş, iklim değişikliği gibi yeni sorun alanları oluşmuştur. Kentsel ve kırsal yerleşim yerlerinde sağlık önlemleri alınması ve bölgesel dengesizliklerin giderilmesi sadece sağlıklı ve dengeli bir çevreyi mümkün kılan çevre dostu enerji politikalarının hayata geçirilmesi ile mümkündür (Duru, t.y. 2).

2.3.1. Avrupa Birliği Çevre Politikasının Temelleri

Çalışmanın bu bölümünde AB çevre dostu yenilenebilir enerji politikasının temel ilkeleri ve uygulamaları ele alınmaktadır. Bu kapsamda AB 'nin Çevre Eylem Programları, Avrupa Birliği Çerçeve Programları ile Avrupa Birliği çevre politikasının temel araçları bu kısımda anlatılmaktadır.

2.3.1.1. Avrupa Birliği'nin Çevre Eylem Programları

AB, çevre politikalarını çevre eylem programları (ÇEP) ile hayata geçirmektedir. ÇEP, AB'nin çevre sorunlarını belirleyen ve birlik genelinde amaçlar sıralayan programlar olup, AB'nin çevre politikalarının gelişiminde oldukça etkili olmuştur.

ÇEP Avrupa Komisyonu tarafından genellikle Konsey beyanı şeklinde ortaya konularak uygulanır. Komisyon, düzenleyici ve mali araçlar, yatay önlemler ve mali destek mekanizmalarının geniş kapsamlı birleşimini sağlamaya çalışır. Söz konusu programlarda dikey ve sektörel yaklaşım ele alınmıştır. Her programda kirlilikle mücadele, çevreyi ilgilendiren tüm konuların topluluk

aktivitelerine entegresi amaçlanır. Eylem programları istenen eylemin hukuki kuralların hazırlanmasını gerektirdiğinden mevzuatların gelişimine katkı sağlar (Sarıkaya, 2004: 3).

2.3.1.2. Avrupa Birliği Çerçeve Programları

Amaçları ve bütçesi belli bir dönem için tasarlanan ve çok yıllık olan AB Çerçeve Programları (ÇP), üye ülkelerin bilim, teknoloji, politika ve uygulamalarının birbirine yakınlaştırılması için oluşturulmuştur (TÜBİTAK, 2023).

AB’nde yenilenebilir enerji projelerine ÇP ile de destek sağlanmaktadır. Aşağıda 2000-2006 döneminde yürütülen 6. ÇP, 2007-2013 yıllarını kapsayan 7. ÇP ve 2014-2020 yılı arası yürürlükte olan Horizon 2020’nin yenilenebilir enerji ile ilgili kısımları ele alınmaktadır.

2.3.1.3. Avrupa Birliği Çevre Politikasının Temel Araçları

AB, birtakım çevre politikası araçları kullanarak üye ülkeleri yönlendirir, mevcut sistemde gerekli değişiklikleri yapar ve üye ülkeler arasındaki farklı uygulamaların önüne geçmeye çalışır.

2.3.2. Avrupa Birliğinde Uygulanan Enerji Politikaları

AB çevre dostu enerji politikalarını oluştururken, topluluğun rekabet edebilirliğine katkı sağlamak, enerji arz güvenliğini oluşturmak ve sürdürülebilir kalkınma temelinde çevrenin korunmasına hizmet etmekten oluşan üç amaç arasında bir denge kurmaya çalışır (T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, Fasil-15 Enerji).

Enerji çalışmalarının başlangıcı olarak kabul gören 1951 yılında Paris Antlaşması ile Kömür ve Çelik Topluluğu, 1958 yılında Roma Antlaşmasıyla Atom Enerjisi Topluluğu kuruldu. O dönemlerde kömür ve güç santralleri, enerji politikalarının ortak yürütülmesinde ve AB ülkeleri arasındaki gerginliğin giderilmesinde önemli faktörlerdi. 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizlerinden sonra petrolün önem kazanmaya başlamasıyla 1973 yılında Arap-İsrail savaşında petrol üreten ülkeler kendi aralarında OPEC’i kurdular. Bu durum dünya petrol üretiminin neredeyse %60’ına sahip bir kartel olarak petrol ithal eden AB ülkelerinin zor duruma düşmesine neden olmuştur (Aydın, 2014: 541-542).

AB ülkeleri ile diğer petrol ithal eden ABD, Kanada, Avustralya ve Japonya gibi ülkeler tarafından OPEC’in bir karşılığı olarak petrol stoklarının tutulmasına yönelik petrol güvenliği açısından IEA kuruldu (Aydın, 2014: 542).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), ülkelerin sürdürülebilir bir enerji geleceğine geçişlerini destekleyen hükümetler arası bir kuruluştur. Yenilenebilir enerji konusunda uluslararası işbirliği için politika, teknoloji, kaynak ve finansal bilgi deposu olarak hizmet vermektedir. IRENA, uluslararası bir yetkiyle hükümetleri yenilenebilir enerji yatırımları için etkin politikalar benimsemeye teşvik eder, yenilenebilir enerji dağıtımını hızlandırmak için gerekli araçlar ve politika tavsiyeleri sağlar.

180’den fazla ülkeye hizmet veren IRENA, yaşanabilir bir gelecek için yenilenebilir kaynak ve teknolojileri desteklemekte ve ülkelerin yenilenebilir enerji potansiyellerine ulaşmalarına yardımcı olmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda IRENA, aşağıdaki ürün ve hizmetleri sunmaktadır (IRENA, t.y.):

- Yenilenebilir enerji kapasitesi istatistikleri,
- Yenilenebilir enerji maliyet çalışmaları,
- Ülkelere göre yenilenebilir enerji gelişiminin artırılmasına yardımcı olmak için hükümetler ve bölgesel kuruluşlarla ortaklaşa yürütülen Yenilenebilir Hazırlık Değerlendirmeleri,
- Kaynak potansiyelini kaynağa ve konuma göre haritalayan Global Atlas;
- Yenilenebilir enerji faydaları çalışmaları,
- 2030 yılına kadar dünyada iki kat yenilenebilir enerji kullanımı için bir yol haritası olan REmap,
- YET özetleri,
- Bölgesel yenilenebilir enerji planlamasının kolaylaştırılması,
- Proje Gezini, Sürdürülebilir Enerji Pazarı gibi yenilenebilir enerji proje geliştirme araçları.

AB'nin kuruluş aşamasında ortak bir çevre politikası yoktur. Birliği kuran Paris ve Roma anlaşmalarında çevreye ilişkin herhangi bir hüküm de yer almamıştır. Fakat ilerleyen dönemlerde kirliliğin artması nedeniyle ortak bir çevre politikasının oluşturulması kararı alınmıştır. 1972 yılında çevre sorunlarının BM düzeyinde ele alınması için Stockholm Konferansı, yine aynı yıl içinde Paris Konferansı yapılmıştır (Yıldız, 2005: 166-167). 1992 yılında Rio Zirvesinde biyolojik çeşitlilik, iklim değişikliği ile mücadele konularında önemli sorunlar sözleşmeye dönüştürülmüştür. Bu sözleşmeler; Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (BMBÇS), Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (BMÇMS), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'den oluşmaktadır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011: 9).

Avrupa Konseyi tarafından ilk kez 1983 yılında AB'ye, kendi enerji politikasını oluşturması için yetki verilmiştir. Birkaç yıllık çerçeve programları oluşturularak söz konusu programlarda her üye ülke için enerji etkinliğini artırmak, ithalat bağımlılığını azaltmak, yurtiçi enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasını sağlamak ve yeni enerji teknolojilerini teşvik etmek gibi ortak görev ve hedefler belirlenmiştir (Bayraç, 2009: 123).

1993 yılında Kopenhag'da üye devletler ile AT'nun çevre konusunda tarafsız, güvenilir ve kıyaslanabilir nitelikte veri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) kurulmuştur. Üye devletler, Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı (Eionet) çerçevesinde ulusal çevresel bilgi ağının ana unsurlarına ilişkin AÇA'ya çevresel bilgi toplamak ve analiz etmekle yükümlüdürler. AÇA aynı zamanda çevre raporları yayınlamakta ve üye devletlere de tavsiyelerde bulunmaktadır (Bölgesel Çevre Merkezi (REC), 2010: 44). Birlik üyesi olmayan ülkelerin katılımı da kabul edilmektedir. AÇA, OECD ile birlikte çevre politikalarına ilişkin bir veri tabanı hazırlamıştır (Bölgesel Çevre Merkezi (REC), 2010: 103).

AÇA, devlet için de önemli bir kaynak teşkil eder. Türkiye'de AÇA üyesidir. AÇA'nın üye ülkelere katkıları şunlardır (Ökmen ve Demir, 2010: 267-268):

- Çevre ve diğer alanlarda AB müktesebatına uyum için gerekli olan verilerin AB standartlarına uygun şekilde toplanarak, gerekli tüm verilerin temin edilmesi,
- Karar vericilere, politika oluşturulması aşamasında tüm veri ve bilgilerin teminini sağlaması,

- AB'ne aday ülkelerin hazırladığı projelerin ÇED aşamasında gerekli olan tüm veri ve bilginin temini,
- Çevre durumunun izlenerek raporlanması,
- Eionet sisteminin üye ülkelerde etkinleştirilmesi,
- Çevre ile ilgili verilere halkın ulaşabilmesini sağlamasıdır.

Amsterdam Antlaşması (1999) ise, çevrenin korunması ve geliştirilmesi için alınacak olan tedbirlere değinmiştir. O tarihten bu yana yasama ve politika faaliyetlerinde bir artış gözlemlenmiştir (Corporate and Public Strategy Advisory Group, 2012: 13).

13.04.2000 tarihinde kurulan Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi (EREC), YE alanında faaliyet gösteren sanayi, ticaret ve araştırma kurumlarını biraraya getiren bir organizasyondur. Konsey, 2020 yılında AB enerji ihtiyacının %20'sinin YEK'den karşılanmasını önermiştir. 31.03.2009'da "Binaların Enerji Performans Yönergesi" kabul edilmiş olup söz konusu raporda AB'nin 2020 yılı yenilenebilir enerji yol haritasındaki %20 yenilenebilir enerji hedefi için Ar-Ge çalışmalarının hızlandırılması ve yatırımların artması için özel sektörün desteklenmesi gereğinden bahsedilmiştir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2019: 78-79).

EREC, Avrupa Birliği'nin 2050 yılındaki enerji arzının YEK'den tamamen karşılanabileceğini ve aynı zamanda 6 milyondan fazla sürdürülebilirliğin sağlanabileceğini gösteren bir senaryo sunmuştur. Bu senaryoya göre yüzyılın ortalarına kadar 2,8 trilyon Avro tutarında birikimli yatırımı tetikliyor. EREC, 2050'de %100 yenilenebilir hedefini takip etmenin aynı zamanda en iddialı iklim azaltma hedeflerine de ulaşacağına dikkat çekmiştir. %100 YEK'ler 2050 yılında sadece enerji sektörünün neredeyse tamamen karbondan arındırılmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir büyüme ve sürdürülebilir işler de sağlar (Hinrichs Rahlwes, 2013: 14).

Lizbon Antlaşması (2009) uyarınca, iklim değişikliğiyle mücadele, AB'nin çevre politikasının öncelikli hedeflerinden biri olarak belirlenmiştir. 2010 yılında Avrupa Komisyonu çatısı altında "İklim Genel Müdürlüğü" kurulmuştur (T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, 2023: 24). Çevre, AB ile üye ülkeler arasında paylaşılan yetki alanı olmuştur. Lizbon Antlaşması gereğince, birliğin çevre politikası aşağıdaki hedeflere katkı sağlamaktadır (T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, 2023):

- Çevre kalitesinin iyileştirilmesi,
- İnsan sağlığının korunması,
- Doğal kaynakların rasyonel kullanımı,
- Uluslararası düzeyde alınacak tedbirlerle iklim değişikliğiyle mücadele edilmesi.

2.3.3. AB ile Türkiye Arasındaki Mali İşbirliğine Dayalı Çevre Dostu Enerji Politikaları

Çevre dostu enerji politikaları bağlamında Türkiye ile AB arasındaki mali işbirliği dört dönem itibariyle ele alınabilir. Birinci dönem, 1963 yılında Türkiye-AT Ortaklık Anlaşması'nın imzalanmasıyla başlayan ortaklık ilişkisinden, resmi adaylık statüsü verilmesine kadar geçen süredir. Bu dönem kendi içinde Gümrük Birliği öncesi dönem ve Gümrük Birliği dönemi olarak ikiye ayrılmaktadır. 2000 yılından günümüze kadar olan dönem ise ikinci dönem olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde kendi içerisinde AB'nin mali yardım programlarının tek bir

çerçeve mekanizma kapsamına alındığı 2007 yılına kadar olan süre ve sonrası olarak ikiye ayrılmaktadır (İktisadi Kalkınma Vakfı, 2016).

Gümrük Birliği'nin yürürlüğe girmesinden önceki dönemde (1964-1995), 1,433 milyon Avro tutarında yardım öngörülmüş fakat 830 milyon Avro kullanılmıştır. Gümrük Birliği Dönemi (1996-1999)'nde verilen mali yardım ise Türkiye'nin yeni rekabet şartlarına uyum sağlayabilmesi, ekonomik farklılıkların azaltılması ve özellikle karayolları, limanlar ve demiryolları gibi alanlarda altyapının geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır (İktisadi Kalkınma Vakfı, Türkiye-AB Katılım Süreci Mali İşbirliği).

Katılım Öncesi Mali Yardım Dönemi (2000-2006) ise Türkiye'nin AB'ye üyelik adaylığının resmi olarak tanınmasından AB'nin mali yardım proje ve programlarının tek bir çerçeve mekanizma kapsamına alınmasına kadar olan süreci kapsamaktadır. Türkiye'ye 250 milyon Avro yardım verilmiştir. 2007 yılından itibaren AB'nin 2006 yılına kadar sağladığı mali yardım programları PHARE, ISPA, SAPARD, CARDS ve IPA kapsamına alınmıştır (İktisadi Kalkınma Vakfı, 2016).

AB ve Akdeniz ülkeleri arasındaki işbirliğini arttırmak amacıyla Akdeniz için Birlik kapsamında oluşturulan yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğine ilişkin çalışma ilkelerini içeren belgeler Türkiye'nin de görüşleri alınarak son halini almıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2016: 83-86).

Türkiye 2006 yılında Enerji Topluluğu'na gözlemci olarak katılmıştır. AB katılım müzakereleri kapsamında, "Enerji Faslı"nın tarama süreci 2007 yılında son halini almıştır. Türkiye ile AB arasındaki enerji alanında işbirliğinin geliştirilmesi amacıyla Yüksek Düzeyli Enerji Diyalogu tesis edilmiştir. Birinci toplantı 2015 yılında Ankara'da, ikincisi 2016 yılında İstanbul'da düzenlenmiştir (T.C. Dış İşleri Bakanlığı, 2016).

2.3.4. AB Çevre Dostu Uygulamalarının Türkiye'deki Çevre Dostu Enerji Politikalarına Etkileri

AB, 17.12.2004 tarihinde Türkiye ile müzakerelerin başlatılması kararı almıştır. AB çevre müktesabatına uyum sağlanarak etkin bir şekilde uygulanmasına yönelik birçok çalışma başlatılmıştır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2009: 78). İlk olarak Türkiye'nin çevre mevzuatı ile AB çevre mevzuatı arasındaki yasal boşlukların analiz edilmesi için Avrupa Komisyonunun MEDA fonu kapsamında Çevre Bakanlığı tarafından "Türkiye'de Çevre Mevzuatının Analizi" projesi gerçekleştirilmiştir. Projeye göre Türkiye'nin AB'nin çevre direktiflerine uygun olarak yatırımın tahmini maliyetleri 2001 yılı fiyatları ile 27 milyar Avro olarak belirlenmiştir. Söz konusu müktesabatın uygulanmasından dolayı oluşacak çevresel faydanın tahmini değeri ise uyum maliyetinin 4 katından daha fazla olduğu yönündedir (Sarıkaya, 2004: 7).

Türkiye, 2024 yılına kadar AB çevre mevzuatının uyumlaştırılmasına yönelik olarak "Toplam Yatırım Miktarı Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlaması için Teknik Yardım Projesi" adı verilen bir proje yapmıştır. Projede çevre direktiflerinde uyumun maliyeti hesaplanarak dokuz başlık altında ele alınmıştır (Tuncay, 2006: 16). Türkiye ile AT Arasında "Türkiye Cumhuriyeti'nin AÇA ve Avrupa Bilgi ve Gözlem Ağı'na Katılımı Anlaşması" 2000 yılında imzalanmıştır (Ökmen ve Demir, 2010: 267).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Hedef ve Kapsam Tanımı

Bu LCA çalışmasının amacını kömürle çalışan termik santrallerde kullanılan mevcut pulverize toz kömürlü subkritik kazan teknolojisi ve buna alternatif olarak, pulverize süperkritik kazan, pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi ve akışkan yatak teknolojisinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması oluşturmaktadır. Çalışmanın fonksiyonel birimi, 1 kWh elektrik üretimi olarak belirlenmiştir.

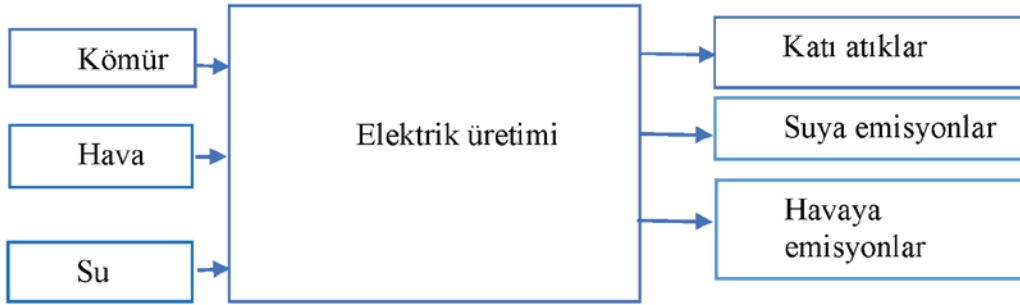
3.1.1. Sistemlerin tanıtımı

Kömürle çalışan termik santrallerde pulverize subkritik kazan teknolojisi, pulverize süperkritik kazan teknolojisi, pulverize ultrasüperkritik kazan teknolojisi ve akışkan yatak kazan teknolojisi gibi teknolojiler kullanılmaktadır.

3.1.2. Sistem sınırları

Sistem elektrik üretim süreci ve buna bağlı çevresel etkilerin belirlenmesiyle sonlanır. Beşikten mezara yaklaşımı yöntemi uygulanmıştır. Sistem sınırları elektrik üretimi için girdi olarak kömür, hava ve su tüketimini içerir. Elektrik üretiminin çıktıları olarak katı atıklar, suya emisyonlar ve havaya emisyonlar yer alır.

Şekil 1. Sistem sınırı



3.2. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi

Karşılaştırmada ele alınan pulverize subkritik kazan teknolojisi, pulverize süperkritik kazan teknolojisi, pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi ve akışkan yatak teknolojisine ait veriler sırasıyla Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 1. Pulverize subkritik kazan teknolojisine dair veriler (fb: 1kWh)

Girdiler	Miktar
Kömür tüketimi (kg) (linyit)	1,07a
Soğutma suyu tüketimi (m3)	0,00082b
Proses suyu tüketimi (m3)	0,0014b
Çıktılar	Miktar
Atıksu oluşumu (m3)	0,00064c
Atıksudaki kirletici parametreler m (mg)	
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	19,32 c
Askıda katı madde (AKM)	64,40 c
Yağ ve gres	6,44 c
Toplam siyanür	0,32 c
Atmosferik emisyonlar	
SO ₂ (g)	3,61 d
NO _x (g)	3,3 e
PM ₁₀ (g)	0,33 f
CO (g)	0,095 g
CO ₂ (kg)	1,05h
HCl (mg)	7,1k
HF (mg)	3,07 j
Uçucu kül (kg)	0,28 ı
Cüruf (kg)	0,061 ı

a http-5, http-6, http-7, Cui vd., 2012 ve Günkaya vd., 2016 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

b http-5 değeri kullanılmıştır;

c http-8 değeri kullanılmıştır;

d http-9, Ersoy, Ö. 2014, http-10, Dölek, E. 2007, http-8, Cui vd., 2012, Koornnef vd.,2008 ve Mengshu vd., 2022 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

e http-9, Ersoy, Ö. 2014, http-10, Dölek, E. 2007, http-8, Cui vd., 2012, Günkaya vd., 2016, Koornnef vd.,2008 ve Mengshu vd., 2022 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

f http-9 ve Dölek, E. 2007 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

g http-9, Ö. 2014 ve http-10 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

h Cui vd., 2012, Günkaya vd., 2016, Koornnef vd.,2008 ve Mengshu., vd, 2022 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

ı Ersoy, Ö. 2014 ve http-5 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

j http-5, http-6, http-13 ve Cui vd., 2012 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

k http-5, http-6 ve http-7 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

m Termik santraller için atıksu deşarj limitleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, KOİ 30 mg/L, SSM 100 mg/L, Yağ ve Gres 10 mg/L, Toplam Siyanür 0,5 mg/L, sıcaklıkta 35 °C (http-11, 2022).

Tablo 2. Pulverize süperkritik kazan teknolojisine dair veriler (fb: 1kWh)

Girdiler	Miktar
Kömür tüketimi (kg) (linyit)	0,38 a
Soğutma suyu tüketimi (m3)	0,00166 b
Proses suyu tüketimi (m3)	0,00166 c
Çıktılar	Miktar
Atıksu oluşumu (m3)	0,00012 d
Atıksudaki kirletici parametreler m (mg)	
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	3,87 d
Askıda katı madde (AKM)	12,9 d
Yağ ve gres	1,29 d
Toplam siyanür	0,064 d
Atmosferik emisyonlar	
SO ₂ (g)	0,44 e
NO _x (g)	0,56 f
PM ₁₀ (g)	0,18 g
CO (g)	0,053 f
CO ₂ (kg)	0,70 h
HCl (mg)	0,56 ı
HF (mg)	0,21 j
Uçucu kül (kg)	0,07 k
Cüruf (kg)	0,00001 l

a Rasheed vd., 2021, Cui vd., 2012 ve Tang ve You 2018 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

b Rasheed vd., 2021 değeri kullanılmıştır; (Toplam tüketilen su miktarının yarısı soğutma suyu olarak kullanılmıştır.)

c Rasheed vd., 2021 değeri kullanılmıştır; (Toplam tüketilen su miktarının yarısı proses suyu olarak kullanılmıştır.)

d Cui vd., 2012 ve Tang ve You 2018 değeri kullanılmıştır; (Tang ve You 2018de su tüketimi değeri atıksu miktarı olarak alınmıştır.)

e Rasheed vd., 2021, Cui vd., 2012 ve Tang ve You 2018 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

f Rasheed vd., 2021 ve Tang ve You 2018 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

g Cui vd., 2012 ve Tang ve You 2018 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

h Rasheed vd., 2021, Cui vd., 2012 ve Tang ve You 2018 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

ı Veri eksikliğinden dolayı süper kritik ve ultra süper kritik teknolojilerdeki HF verilerinden bir yaklaşımda bulunarak hesaplama yapılmıştır.

j Tang ve You 2018 değeri kullanılmıştır;

k Rasheed vd., 2021 değeri kullanılmıştır;

l Rasheed vd., 2021 değeri kullanılmıştır.

m Termik santraller için atıksu deşarj limitleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, KOİ 30 mg/L, SSM 100 mg/L, Yağ ve Gres 10 mg/L, Toplam Siyanür 0,5 mg/L, sıcaklıkta 35 °C (http-11, 2023).

Tablo 3. Pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisine dair veriler (fb: 1kWh)

Girdiler	Miktar
Kömür tüketimi (kg) (linyit)	0,29 a
Soğutma suyu tüketimi (m3)	0,235 b
Proses suyu tüketimi (m3)	0,0062 b
Çıktılar	Miktar
Atıksu oluşumu (m3)	0,0000257 c
Atıksudaki kirletici parametreler m (mg)	
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	0,771 c
Askıda katı madde (AKM)	2,57 c
Yağ ve gres	0,257 c
Toplam siyanür	0,01285 c
Atmosferik emisyonlar	
SO ₂ (g)	0,5 d
NO _x (g)	1,8 d
PM ₁₀ (g)	0,0531 e
CO (g)	0,53 f
CO ₂ (kg)	0,61 d
HCl (mg)	7,68 g
HF (mg)	2,9 h
Uçucu kül (kg)	0,040 c
Cüruf (kg)	0,0089 c

a Cui vd., 2012., http-14 ve Koornnef vd.,2008 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

b http-12 değeri kullanılmıştır;

c Cui vd., 2012 değeri kullanılmıştır;

d SO₂, ve NO_x, emisyonu; Cui., vd., 2012 ve Koornnef vd.,2008 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

e http-12 değeri kullanılmıştır;

f Cui., vd., 2012 değeri kullanılmıştır;

g Koornnef vd.,2008 değeri kullanılmıştır.

h http-12 ve Koornnef vd.,2008 değerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

ı http-12 değeri kullanılmıştır.

m Termik santraller için atıksu deşarj limitleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ,KOİ 30 mg/L, SSM 100 mg/L, Yağ ve Gres 10 mg/L, Toplam Siyanür 0,5 mg/L, sıcaklıkta 35 °C (http-11, 2023).

Tablo 4. Akışkan yatak kazan teknolojisine dair veriler (fb: 1kWh)

Girdiler	Miktar
Kömür tüketimi (kg) (linyit)	1,05 a
Soğutma suyu tüketimi (m3)	0,0020 b
Proses suyu tüketimi (m3)	0,00065 b
Çıktılar	Miktar
Atıksu oluşumu (m3)	0,00046 b
Atıksudaki kirletici parametreler m (mg)	
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	13,83 b
Askıda katı madde (AKM)	46,10 b
Yağ ve gres	4,6 b
Toplam siyanür	0,23 b
Atmosferik emisyonlar	
SO ₂ (g)	5,1 c
NO _x (g)	3,9 c
PM ₁₀ (g)	0,59 d
CO (g)	1,6 c
CO ₂ (kg)	1,25 e
HCl (mg)	470 f
HF (mg)	70 g
Uçucu kül (kg)	0,28 h
Cüruf (kg)	0,45 h

a http-13, http-14 ve http-15 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

b http-18 değeri kullanılmıştır;

c http-14, http-16 ve Mengshu., vd, 2022 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

d http-12 değeri kullanılmıştır;

e Mengshu., vd, 2022 ve Whitaker ., vd 2012 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

f http-14, http-16 ve http-17 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

g http-14 ve http-18 değerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır;

h http-17 ve http-18 değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

m Termik santraller için atıksu deşarj limitleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ,KOİ 30 mg/L, SSM 100 mg/L, Yağ ve Gres 10 mg/L, Toplam Siyanür 0,5 mg/L, sıcaklıkta 35 °C (http-11, 2023).

3.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

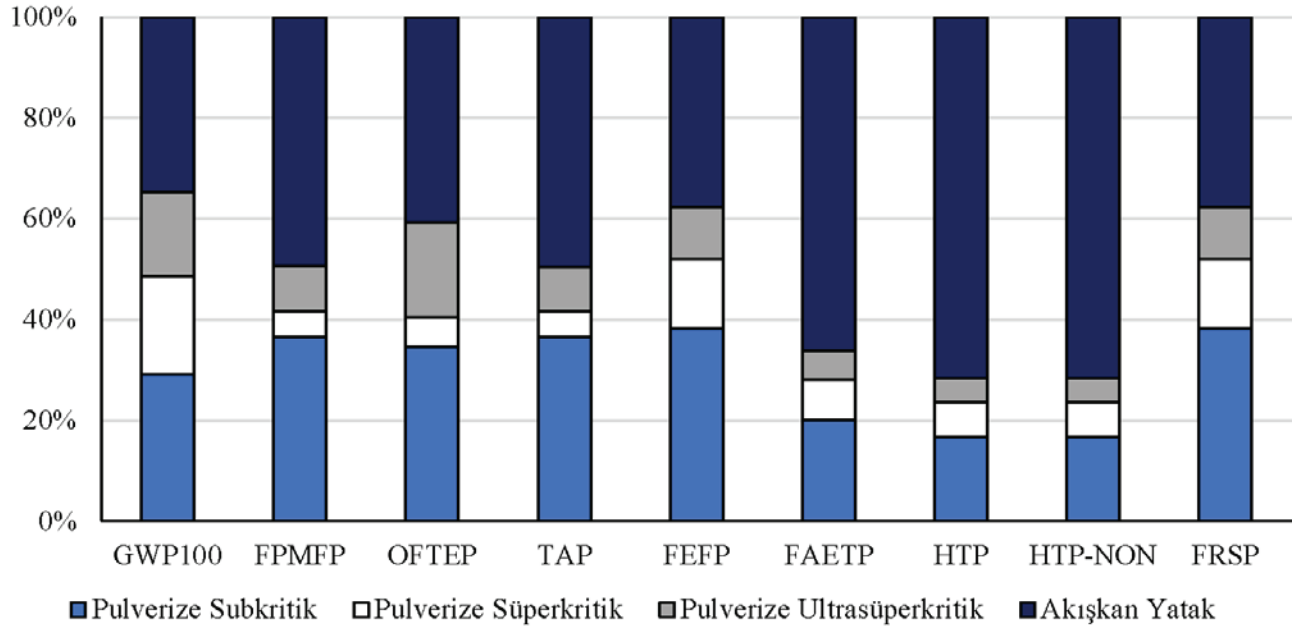
LCA hesaplamaları, lisanslı SimaPro 9.1 yazılımı kullanılarak karakterizasyon aşaması için Re-CiPe 2016 Midpoint (H) metodu kullanılmış ve sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir. Bu tabloda yöntemde bulunan tüm etki kategorileri gösterilmektedir. Şekil 3’de ise kazan teknolojileri seçili etki kategorileri bazında yüzdesel olarak karşılaştırılmıştır. Bu grafiğe bakıldığında fosil kaynak tüketim potansiyeli (%66) dışında tüm etki kategorileri açısından akışkan yatak teknolojisinin pulverize sistemlere göre çevresel etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Pulverize sistemlerde ise çevresel etkinin subkritik sistemlerde daha fazla olduğu, süper kritik sistemlerin partikül madde oluşum potansiyeli, ozon oluşumu karasal ekosistem potansiyeli ve karasal asidifikasyon potansiyeli hariç tüm kategorilerde ultra süperkritik sistemlerden daha fazla etki gösterdiği görülmüştür.

Tablo 5. Tüm kazan teknolojilerine ait karakterizasyon sonuçları

Etki Kategorileri	Birim	Pulverize Subkritik	Pulverize Süperkritik	Pulverize Ultra süperkritik	Akışkan Yatak
Küresel Isınma	Kg CO2 ed.	1,07	0,71	0,61	1,27
Stratosferik ozon incelmesi	Kg CFC-11 ed.	4,96E-09	1,77E-09	1,36E-09	4,87E-09
İyonlaştırıcı Radyasyon	kBq Co-60 ed.	5,52E-04	1,96E-04	1,51E-04	5,41E-04
Ozon Oluşumu, İnsan Sağlığı	Kg NOx ed.	3,34E-03	5,73E-04	1,81E-03	3,93E-03
Partikül Madde Oluşumu	Kg PM _{2,5} ed.	1,43E-03	1,96E-04	3,48E-04	1,93E-03
Ozon Oluşumu, Karasal Ekosistem	Kg NOx ed.	3,34E-03	5,73E-04	1,81E-03	3,94E-03
Karasal Asidifikasyon	Kg SO2 ed.	4,84E-03	6,59E-04	1,16E-03	6,55E-03
Tatlı Su Ötrofikasyonu	Kg P ed.	2,59E-04	9,21E-05	7,03E-05	2,55E-04
Tuzlu Su Ötrofikasyonu	Kg N ed.	1,90E-06	6,76E-07	5,16E-07	1,87E-06
Karasal Ekotoksitesitesi	Kg 1,4-DCB	7,61E-03	2,71E-03	2,08E-03	7,47E-03
Tatlı Su Ekotoksitesitesi	Kg 1,4-DCB	3,22E-04	1,27E-04	9,11E-05	1,06E-03

Tuzlu Su Ekotoksitesitesi	Kg 1,4-DCB	4,58E-04	1,81E-04	1,30E-04	1,51E-03
İnsanlar Üzerine Olan Toksikite (Kanserojen)	Kg 1,4-DCB	8,41E-03	3,45E-03	2,42E-03	3,59E-02
İnsanlar Üzerine Olan Toksikite (Kanserojen Olmayan)	Kg 1,4-DCB	0,2306	0,0946	0,0663	0,9878
Arazi Kullanımı	m2a crop ed.	8,98E-04	3,19E-04	2,43E-04	8,81E-04
Maden Kaynak	Kg Cu ed.	4,49E-06	1,60E-06	1,22E-06	4,40E-06
Fosil Kaynak Tüketimi	Kg oil ed.	0,2387	0,0848	0,06472	0,2343
Su Tüketimi	m3	0,08411	0,0308	0,02903	0,08293

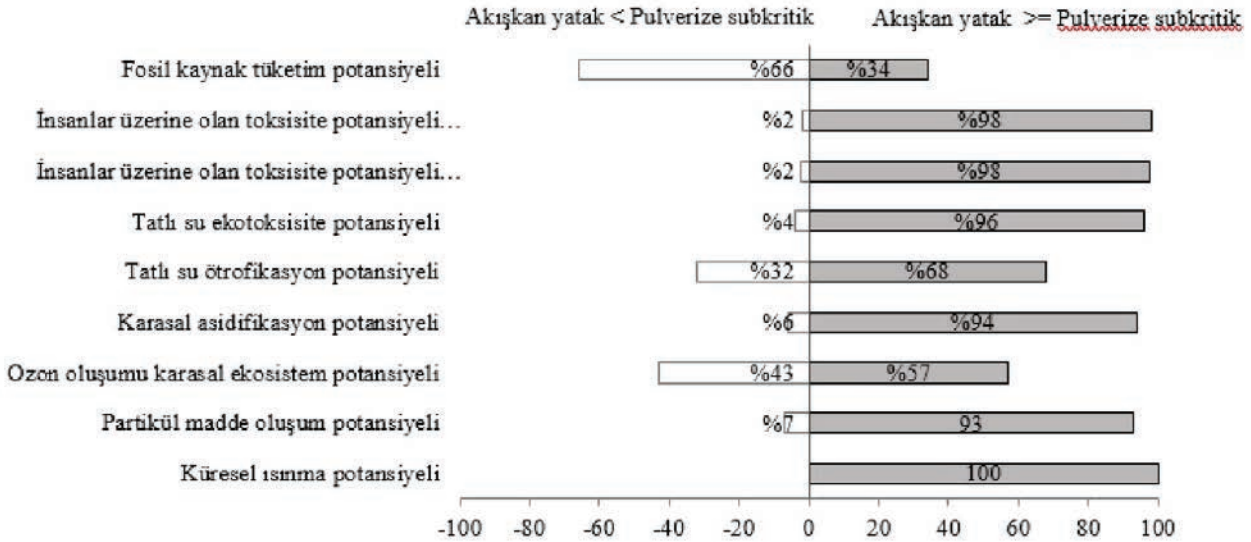
Şekil 2. Kazan teknolojilerinin etki kategorileri bazında karşılaştırılması



(GWP100;küresel ısınma potansiyeli, FPMFP; partikül madde potansiyeli, OFTEP; ozon oluşumu, karasal eko sistem potansiyeli, TAP; karasal asidifikasyon potansiyeli, FEFP; tatlı su ötrofikasyonu potansiyeli, FAETP; tatlı su ekotoksitesite potansiyeli, HTP; insanlar üzerine olan toksisite potansiyeli (kanserojen), HTP-NON; insanlar üzerine olan toksisite potansiyeli (kanserojen olmayan), FRSP; fosil kaynak tüketimi potansiyeli)

Pulverize subkritik ve akışkan yatak kazan teknolojileri arasındaki LCA karşılaştırmalarındaki belirsizlikleri tahmin etmek için Monte Carlo simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Monte Carlo simülasyon analizi (SimaPro 9.1 yazılımında bulunan Monte Carlo fonksiyonu ile), %95 güven aralığında $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde 1000 sabit çalıştırma gerçekleştirilmiştir. Monte Carlo analizi sonuçları Şekil 3’de verilmiş olup grafik değerleri sol tarafta akışkan yatak teknolojisinin karakterizasyon sonuçlarının pulverize subkritik kazan teknolojisinin sonuçlarından düşük olma, sağ tarafta ise yüksek olma olasılık değerlerini göstermektedir. Bu grafiğe göre; akışkan yatak kazan teknolojisi fosil kaynak tüketim potansiyeli, ozon oluşumu karasal ekosistem potansiyeli ve tatlı su ötrofikasyonu potansiyeli dışında tüm göstergelerde yüksek oranda (%93’ün üzerinde) pulverize subkritik kazan teknolojisinden daha yüksek çevresel etki göstermektedir.

Şekil 3. Monte Carlo analizi (akışkan yatak - pulverize subkritik kazan teknolojileri)



GWP100 etkisi termik santrallerde kömürün yanmasıyla havaya salınan CO₂ emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde küresel ısınmaya en fazla neden olan faktörün tüm kazan teknolojilerinde CO₂ emisyonları (%98-%99) olduğu saptanmıştır. Küresel ısınmaya en fazla etki eden kazan teknolojileri akışkan yatak ve pulverize subkritik kazan teknolojileri olmuştur. Süperkritik ve ultra süperkritik kazan teknolojileri ise diğer teknolojilere göre daha az etki etmiş olup bu durum süperkritik ve ultra süperkritik kazan teknolojilerinde kömür tüketiminin daha az olmasına bağlıdır.

FPMFP etkisi termik santrallerde kömürün yanmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde partikül madde oluşum potansiyeline tüm kazan teknolojilerinde en fazla SO₂ ve NO neden olmuştur. Pulverize subkritik kazan teknolojisi için bu değer %73,8 SO₂ ve %25,5 ile NO olmuştur. Pulverize süperkritik kazan teknolojisi için %66,8 SO₂ ve %32,14 NO olmuştur. Pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi için %65 SO₂ ve %34,2 NO olmuştur. Akışkan yatak kazan teknolojisi için ise %77 SO₂ ve %22,36 NO olmuştur. Pulverize subkritik ve akışkan yatak kazan teknolojisi için SO₂ ve NO giderim sistemlerinin veriminin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

OFTEP etkisi kömürün yanmasından ve kömürün en fazla tüketildiği kazan teknolojisine bağlı olarak açıklanmaktadır. Yapılan analizlerde ozon oluşumu, karasal ekosistem etki potansiyeline tüm kazan teknolojilerinde ağırlıklı olarak NO_x emisyonları neden olmuştur. NO_x emisyonlarının bu etkideki payının sırasıyla pulverize subkritik için %99,4 pulverize süperkritik için %98,8, pulverize ultra süperkritik için %99,7 ve akışkan yatak için %99,5 olduğu belirlenmiştir.

TAP etkisi kömürün yanmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde karasal asidifikasyona neden olan faktörler SO₂ ve NO_x olmuştur. Bu emisyonların yüzde değerleri pulverize subkritik için %75 SO₂ ve %24,6 NO_x, pulverize süperkritik için %68 SO₂ ve %30,9 NO_x, pulverize ultra süperkritik için %66,7 SO₂ ve %33, NO_x ve akışkan yatak için %78 SO₂ ve %21,5 NO_x olarak hesaplanmıştır.

FEFP etkisi kömür külünün bertarafından ve kömür madenciliği atıklarından kaynaklanmaktadır. Yapılan analizlerde tüm kazan teknolojilerinde tatlı su ötrofikasyonuna en fazla neden olan faktör fosfat olmuştur (%100).

FAETP etkisine külün depolanması sebep olmaktadır. Yapılan analizlerde pulverize subkritik kazan teknolojisi için tatlı su ekotoksitesine en fazla neden olan faktörler %34,6 arsenik, %27,12 krom VI, %20,75 çinko ve %5,73 oranında nikel olmuştur. Pulverize süperkritik kazan teknolojisinde bu etkiye en fazla neden olan faktörler; arsenik (%36,16), krom VI (%28,2) ve çinko (%18,71) oranında olmuştur. Pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisinde en fazla neden olan faktörleri %78,22 oranında krom VI ve %35,2 oranında arsenik oluşturmuştur. Akışkan yatak kazan teknolojisinde ise %45 arsenik, %35,15 krom VI ve %6,21 oranında çinko en fazla neden olan faktörler olmuştur. Bu emisyonlar, esas olarak termik santrallerde kömür külü (linyit) bertarafından ve kömür madenciliği atıklarından kaynaklanmaktadır.

HTP etkisi termik santrallerde kömür külü (linyit) bertarafı ve kömür madenciliğinden çıkan atıklar sorumludur. Bu etkiye külün depolanması sebep olmaktadır. Yapılan analizlerde tüm kazan teknolojisinde kanserojen etkisine en fazla neden olan faktör %89 ile krom VI ve %11 ile arsenik olmuştur. Baca gazı SO₂, NO_x, CO ve PM (duman ve toz vb.) salımı nedeniyle sağlık tehlikesi kategorisinde kömüre dayalı enerji üretiminin etkileri analiz edilmiştir. Sağlık tehlikeleri sırasıyla; PM > NO_x, > SO₂, > CO (Rasheed vd., 2021).

HTP-NON etkisine külün depolanması sebep olmaktadır. Yapılan analizlerde pulverize subkritik kazan teknolojisi için kanserojen etkiye en fazla neden olan faktör %98,5 ile arsenik olmuştur. Sırasıyla; pulverize süperkritik %98,6, pulverize ultra süperkritik %98,6 ve akışkan yatak kazan teknolojisi için %98,9 olmuştur.

FRSP etkisine tüketilen linyit sebep olmaktadır. Yapılan analizlerde tüm kazan teknolojilerinde fosil kaynak tüketimine etkisi en fazla neden olan faktör %98 ile kömür tüketimi olmuştur. Sırasıyla; pulverize süperkritik %98,9, pulverize ultra süperkritik %98,9 ve akışkan yatak kazan teknolojisi için %98,9 olmuştur. Santralin veriminin yüksek olması kömür tüketim miktarını azaltır.

4. SONUÇ

Bu LCA çalışmasının amacını kömürle çalışan termik santrallerde kullanılan mevcut pulverize toz kömürlü subkritik kazan teknolojisi ve buna alternatif olarak, pulverize süperkritik kazan, pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi ve akışkan yatak teknolojisinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması oluşturmuştur. Tezde elde edilen sonuçlara göre; termik santrallerde yüksek verim, çevresel etkinin azalmasını sağlamaktadır. Pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisinin

verimlilik seviyesi en yüksek olan kazan teknolojisi. Bu açıdan, çevresel etkinin en az olduğu kazan teknolojisi pulverize ultra süperkritik kazan teknolojisi. Bu kazan teknolojisini, pulverize süperkritik kazan teknolojisi takip etmiştir. Ülkemizde ultra süperkritik kazan teknolojisine ait bir adet termik santral bulunmakta olup yeni termik santral projelerinde ultra süperkritik kazan teknolojisinin uygulanması çevresel açıdan anlamlı olacaktır.

Bu teknolojinin çevre politikalarına uygunluğu yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde değişebilir. Ayrıca, teknolojinin uygulama koşulları ve operasyon parametreleri, çevre etkilerini belirleyebilir. Bu nedenle, bu tür bir teknolojiyi uygularken ve çevre politikalarıyla uyum sağlamak için uygun önlemleri almak için yerel düzenlemelere ve çevre otoritelerinin yönergelerine dikkat etmek önemlidir.

Bu çalışmada yalnızca termik santrallerden kaynaklanan çevresel etkiler incelenmiş olup teknik ve ekonomik açıdan değerlendirme yapılmamıştır. Termik santral projelerinde uygulanacak olan teknolojilerin seçiminde, çevresel değerlendirmeyle birlikte teknik ve ekonomik kriterlerin de yer aldığı çok ölçütlü karar destek yöntemlerinin kullanılması ile bütünsel bir yaklaşım sağlanabilir.

Bu çalışmanın, gelecekte enerji sürdürülebilirliği için yapılacak olan termik santrallerde çevresel etkilerin belirlenmesi konusunda enerji politikalarının belirlenmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Ülkemizde enerji üretiminin yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemiyle çevresel etkilerin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olup bundan sonraki çalışmalara yol gösterici bir kaynak olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Aydın, L. (2014). *Enerji Ekonomisi ve Politikaları Kuram ve Kavramlar-Piyasalar-Modeller-Politikalar. Birinci Baskı. Seçkin Yayıncılık. ISBN: 978-975-02-2823-0. Ankara.*
- Bayraç, H. N. (2009). "Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma". *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. Cilt: 10. Sayı:1. Haziran 2009. ss. 115-142.*
- Bilginoğlu, M. A. (1991). "Gelişmekte olan Ülkelerde Enerji Sorunu ve Alternatif Enerji Politikaları", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 9, 122-147.*
- Bozyiğit, R. ve Karaaslan, T. (1998). *Çevre Bilgisi. 1. Baskı. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.*
- Bölgesel Çevre Merkezi (REC). (2010). *Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı Yayınları. (Çev., Eren Paydaş. Öznur Karakaş. Mine Yıldırım. Zeynel Gül). ISBN: 978-975-6180-35-8. Ankara.*
- Corporate and Public Strategy Advisory Group. (2012). *Çevre Hakkında AB Müktesebat Rehberi. İstanbul-Brüksel. 2012. <https://www.mess.org.tr/content/MESS%20-%C3%87evre-Ocak-2012.pdf> (08.05.2023).*
- Cui, X., Hong, J. and Gao, M. (2012). *Environmental Impact Assessment Of Three Coal-Based Electricity Generation Scenarios In China. Energy, 45(1), 952-959.*
- Dölek, E. (2007). *Comparison Of Iscst3 And Aermom Air Dispersion Models: Case Study Of Cayırhan Thermal Power Plant. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Middle East Technical University, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences.*
- Duru, B. (t.y). *Avrupa Birliği Çevre Politikası. <http://kentcevre.politics.ankara.edu.tr/>*

duruabcevre.pdf (03.05.2023).

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (2019). Yenilenebilir Enerjiler 2019 Küresel Durum Raporu. 08.07.2020. <https://www.dunyaenerji.org.tr/yenilenebilir-enerjiler-2019-kuresel-durum-raporu/> (14.05.2023).

Ersoy, Ö. (2014). Yatağan Termik Santrali Etki Alanında Hava Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ertürk, H. (1998). Çevre Bilimlerine Giriş. 3. Baskı. Ceylan Matbaacılık. Yayın No: 3. ISBN: 975-564-028-2. Bursa.

Görmez, K. (2007). Çevre Sorunları. 1. Baskı. Nobel Yayın Dağıtım. Yayın No: 1138. Ankara.

Günkaya, Z., Özdemir, A., Özkan, A., Banar, M. (2016). Environmental Performance of Electricity Generation Based on Resources: A Life Cycle Assessment Case Study in Turkey. Sustainability. 8(11),1097.

Hinrichs Rahlwes, R. (2013). "Renewable Energy: Paving the Way Towards Sustainable Energy Security. Lessons Learnt from Germany". Renewable Energy. Volume: 49. 10-14.

http-1, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity> Erişim Tarihi:06.05.2023.

http-2, <https://www.euas.gov.tr/yillik-raporlar> Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-3, <https://tr.strephonsays.com/subcritical-and-vs-supercritical-boiler-14374> Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-4, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/Sayfa159%20%C3%B6ncesi_0.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-5, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/kutahya_-cdr2020-20220105124313.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-6, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/mugla_-cdr2020-20220201160023.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-7, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/canakkale_-cdr2020-20211110114745.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-8, <http://eced.csb.gov.tr/ced/jsp/ek1/3972> Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-9, https://webdosya.csb.gov.tr/db/kutahya/menu/temiz-hava-eylem-plani-2020-2024_20210223101957.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-10, https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/027bdd941585254_ek.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-11, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-12, <http://eced.csb.gov.tr/ced/jsp/ek1/3989#> Erişim Tarihi: 06.05.2023.

https-13, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/adana_2020_-cdr-20211206082506.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.

http-14, <https://www.stgm.org.tr/sites/default/files/2020-09/sirnak-silopi-termik-santralisantrala-yakit-saglayan-asfaltit-sahasi-ve-kirectasi-sahalari-kapasite-artisiprojesi-ced-raporu.pdf> Erişim Tarihi: 06.05.2023.

- http-15, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/mansa_2019_cevre_durum_raporu-20201117201719.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.
- http-16, https://www.banktrack.org/download/tufanebeyli_coal_power_project_description/tufanbeyli_ptd_tr.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.
- http-17, <http://eced.csb.gov.tr/ced/jsp/ek1/8979#> Erişim Tarihi: 06.05.2023.
- http-18, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/s-rnak_-cdr2020-20220225095334.pdf Erişim Tarihi: 06.05.2023.
- İktisadi Kalkınma Vakfı. (2023). Türkiye-AB Katılım Süreci Mali İş birliği. http://www.ikv.org.tr/icerik_print.asp?id=42 (07.05.2023).
- İktisadi Kalkınma Vakfı. (2023). Avrupa Birliği Temel Politika Alanları Çevre Politikası. http://www.ikv.org.tr/icerik_print.asp?id=227 (07.05.2023).
- Keleş, R. ve Hamamcı. C. (1997). Çevre Bilim. 5. Baskı. İmge Kitabevi. ISBN: 975-533-024-0. Ankara.
- Malanima, P. (2014). *The Basic Environmental History: Energy in History*, (Editors: Mauro Agnoletti, Simone Neri Serneri), Germany: Springer, 1-21.
- Moud, A. H. (2012). *Wind Energy Systems Solutions for Power Quality and Stabilization*, Florida: Crcpress Taylor & Francis Group.
- Ökmen, M. ve Demir. F. (2010). "Türkiye'de Katılımcı Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Uşak İli Örneği". *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Sayı: 27. Ağustos. 265-276.
- Öztürk, H. H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Pamir, N. (2005). "Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler", *Stratejik Analiz*, Aralık, 68-74.
- Rashed, R., Javed, H., Rizwan, A., Sharif, F., Yasar, A., Tabinda, A., Ahmad, S., Wang, Y., Su, Y. (2021). Life cycle assessment of a cleaner supercritical coal-fired power plant. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123869.
- Salinas, Ivan., *Energy Potential*, 19 July 2017, s. 1-19, [<https://media.nationalgeographic.org/assets/file/energy-teacher-guide-ch1.pdf> Erişim Tarihi: 01. 05.2023].
- Sarıkaya, H. Z. (2004). "Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Çevre Politikaları ve Uygulamaları". *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*. Cilt: 14. Sayı:1. 1-10.
- Sefton, I. M. (2004). *Understanding Energy*, 1 Januray 2004, [https://www.researchgate.net/publication/242589441_Understanding_Energy Erişim Tarihi: 02. 05.2023].
- Şenel, M. C. (2012). *Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları- Dinamik Davranış*, (Yüksek Lisans Tezi), Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tang, Y. and You, F. (2018). Life cycle environmental and economic analysis of pulverized coal oxy-fuel combustion combining with calcium looping process or chemical looping air separation. *Journal of Cleaner Production*, 181, 271-292.
- T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı. AB Programları. No:9. http://www.ab.gov.tr/files/rehber/09_rehber.pdf (18.05.2023).
- T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı. Fasil-15 Enerji. Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası. <http://www.>

ab.gov.tr/index.php?p=80&l=1 (26.05.20123).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Final Raporu. "Rio Sözleşmeleri Kapsamında Türkiye'nin Ulusal Kapasitesinin Değerlendirilmesi Projesi". Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları. No: 414. ISBN: 978-605-393-081-5. Ankara. 2011.

T.C. Dış İşleri Bakanlığı. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü. http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler_iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-_bmidcs_-ve-kyoto-protokolu-_.tr.mfa (28.05.2023).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. Sayı 13. Temmuz 2016. http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_13/Sayi_13.html#p=1 (10.05.2023).

The International Renewable Energy Agency (IRENA). <https://www.irena.org/aboutirena> (08.05.2023).

TÜBİTAK. 2020: Yeni AB Araştırma ve Yenilik Çerçeve Programı Kapsamı ve İçeriğindeki Yenilikler 2014-2020. 29.06.2012. http://www.abmerkezi-arastirma.itu.edu.tr/docs/librariesprovider81/horizon-2020-belgeler/horizon_2020_bt.y.k_bilgi_notu_26062012_v06.pdf?sfvrsn=4 (10.05.2023).

*Whitaker, M., Heath, G.A., O'Donoughe, P., Vorum, M. (2012). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Coal-Fired Electricity Generation. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 53-72.*

*Yıldız, N. (2005). "Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne Uyum Sürecinde Çevre Politikalarının Karşılaştırmalı Analizi". *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Cilt:6. Sayı: 1. 164-173.*

DÜŞÜK KARBONLU ELEKTRİKLİ SU ISITICISININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE EKSERJİ ANALİZİ MODELLEMESİ

Mehmet Akif KARTAL¹ Ahmet FEYZİOĞLU²

Özet

Sera gazı (GHG) emisyonları, son yıllarda nüfus artışı ve konut sayısının artması, evlerde ve ev aletlerinde yüksek düzeyde enerji kullanılması sonucunda önemli ölçüde artış göstermiştir. Enerji verimliliği sağlamak için sağlanması gereken en önemli sistemlerden biri de elektrik tüketenlerin başında gelen elektrikli su ısıtıcısıdır. Bu çalışmada, tanklı bir elektrikli su ısıtıcısı modeli geliştirilmiş ve 250 L ve 450 L'lik çeşitli tank boyutlarında ve 2,5 kW ve 4,5 kW'lık güç oranlarında analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarında ölü durum sıcaklıklarındaki ekserji verimleri her iki durum için de karşılaştırıldı. 2,5 kW ve 4,5 kW güç değerindeki iki su ısıtıcısının ekserji verimleri grafiklerle irdelenmiştir. Ayrıca fonksiyonel verim ve evrensel verimlerin sonuçları da çalışmaya aktarılmıştır. Bu durumdaki ekserji verimlerinin değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Su ısıtıcıların ekserji yıkım değerleri hesaplanmıştır. Ekserji yıkım değerlerinin farklılaşması iki su ısıtıcısının farklı güç değerlerindeki akışkan davranışıyla açıklanabilmektedir. En yüksek ekserjetik akım değerleri grafik sonuçlarıyla irdelenmiştir.

***Anahtar kelimeler:** Elektrikli Su Isıtıcı Verimi; Enerji Verimliliği, Ekserji Verimi, GHG, Kontrol*

ENERGY EFFICIENCY AND EXERGY ANALYSIS OF IDENTIFIED LOW CARBON ELECTRIC WATER HEATERS

Abstract

Greenhouse gas (GHG) emissions have increased significantly in recent years as a result of population growth and the increase in the number of residences, as well as high levels of energy use in homes and household appliances. One of the most important systems that must be provided to ensure energy efficiency is the electric water heater, which is one of the leading consumers of electricity. In this study, a tank electric water heater model was developed and analyzed at various tank sizes of 250 L and 450 L and power rates of 2.5 kW and 4.5 kW. In the analysis results, exergy efficiencies at dead state temperatures were compared for both cases. The exergy efficiencies of two water heaters with a power rating of 2.5 kW and 4.5 kW were examined graphically. In addition, the results of functional efficiency and universal efficiency were also transferred to the study. It has been determined that exergy efficiencies in this situation vary. Exergy destruction values of water heaters were calculated. The difference in exergy destruction values can be explained by the fluid behavior of the two water heaters at different power values. The highest exergetic flow values were examined with graphical results.

***Keywords:** Electric Water Heater Efficiency; Energy Efficiency, Exergy Efficiency, GHG, Control*

¹ Öğr. Gör. Dr., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, mkartal@bandirma.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-9156-8907

² Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, ahmet.feyzioglu@marmara.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-0296-106X

1. GİRİŞ

Su ısıtıcıları farklı uygulamalarla sanayide ve endüstride sıkça kullanılmaktadır. Bu elemanların enerjiyle doğrudan bağlantılı olması onları daha verimli bir şekilde kullanılma ihtiyacını doğurmaktadır [1-3]. Teknolojinin gelişmesi ve nüfusun artmasıyla dünyadaki kaynakların da sınırlı olması sebebiyle eldeki kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılması azami ölçüde önem kazanmakta ve son zamanlarda sistemlerin ısıl performansını iyileştirmek için çeşitli yapılan iyileştirmeler popüler hale gelmiştir [4-10].

Bu bağlamda Termodinamik bir sistemin içerdiği potansiyel enerjisinin, herhangi bir referans durumuna göre kullanılabilirliğinin bir göstergesi olan ekserji kelimesi doğmaktadır [11]. Ekserji, tersinir bir periyot neticesinde sistem çevre ile dengelendiğinde, meydana gelen entropi neticesinde kullanılamaz haldeki enerji çıkıldıktan sonra, teorik olarak elde edilebilecek maksimum faydalı iş miktarı olarak tanımlanır [12-15]. Aynı zamanda bir enerji sistemindeki ekserji yıkımının maliyet oranının belirlenmesine de yardımcı olur [16]. Ekserjiyi analiz etmek için ortam sıcaklığının, güneş ışınımının ve akışkan giriş kütle akış hızının etkisi de dikkate alınmaktadır [17]. Küresel olarak evlerde ve endüstriyel tesislerde yaygın olarak kullanıldığı bilinen en kritik alanlardan biri su ısıtmadır [18-19]. Dolayısıyla, su ısıtıcıların verim artırma konuları da son dönemde önem kazanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Su ısıtıcısının ekserji balansı aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$(\dot{E}_{h.in} + \dot{E}_{c.in}) - (\dot{E}_{h.out} + \dot{E}_{c.out}) = \dot{E}_{dest} \quad (1)$$

Burada “ $\dot{E}_{h.in}$ ” ve “ $\dot{E}_{h.out}$ ” sırasıyla sıcak akışkanın ekserji girişi akımı ve ekserji çıkışı akımıdır. Ayrıca, “ $\dot{E}_{c.in}$ ” ve “ $\dot{E}_{c.out}$ ” sırasıyla soğuk akışkanın ekserji girişi akımı ve ekserji çıkışı akımıdır. Son olarak “ \dot{E}_{dest} ” ekserji yıkımı akımıdır.

Akışkanın ekserji akımı (\dot{E}_f) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\dot{E}_f = \dot{m}_f [(h_f - h_0) - T_0(s_f - s_0)] = \dot{m}_f c_{p,f} [(T_f - T_0) - T_0 \ln(T_f/T_0)] \quad (2)$$

Burada “ \dot{m}_f ” akışkanın kütleli debisi, “ T_f ” akışkan sıcaklığı, “ $c_{p,f}$ ” akışkanın özgül ısıl kapasitesi, “ h_f ” akışkan sıcaklığındaki akışkanın entalpisi, “ s_f ” akışkan sıcaklığındaki akışkanın entropisi, “ T_0 ” ÖDS, “ h_0 ” ÖDS’deki akışkanın entalpisi ve “ s_0 ” ÖDS’deki akışkanın entropisidir. Böylece;

$$\dot{E}_{h.in} = \dot{m}_{h,in} c_{p,h} [(T_{h,in} - T_0) - T_0 \ln(T_{h,in}/T_0)] \quad (3)$$

$$\dot{E}_{h.out} = \dot{m}_{h,out} c_{p,h} [(T_{h,out} - T_0) - T_0 \ln(T_{h,out}/T_0)] \quad (4)$$

$$\dot{E}_{c.in} = \dot{m}_{c,in} c_{p,c} [(T_{c,in} - T_0) - T_0 \ln(T_{c,in}/T_0)] \quad (5)$$

$$\dot{E}_{c.out} = \dot{m}_{c,out} c_{p,c} [(T_{c,out} - T_0) - T_0 \ln(T_{c,out}/T_0)] \quad (6)$$

Burada “ \dot{m} ” kütleli debi, “ c_p ” özgül ısıl kapasite ve “ T ” sıcaklıktır. Ayrıca, alt indisler “in”, “out”, “c”, ve “h” sırasıyla giriş, çıkış, soğuk ve sıcak anlamındadır.

Su ısıtıcısının ekserji yıkım akımı (\dot{E}_{dest}) aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$\dot{E}_{dest} = \dot{S}_{gen} T_0 \quad (7)$$

Burada “Şgen ” entropi üretim akımını göstermektedir. Literatürde, Su ısıtıcısının ekserji veriminin hesaplanması için değişik yollar vardır [20]. Aşağıda, en yaygın kullanılan ikisi verilmektedir. Su ısıtıcısının evrensel ekserji verimi (ϕ_{univ}) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\phi_{univ} = [(\dot{E}_{xh.out} + \dot{E}_{xc.out})/(\dot{E}_{xh.in} + \dot{E}_{xc.in})] 100 \quad (8)$$

Su ısıtıcısının fonksiyonel ekserji verimi (ϕ_{func}) aşağıdaki şekilde bulunabilir:

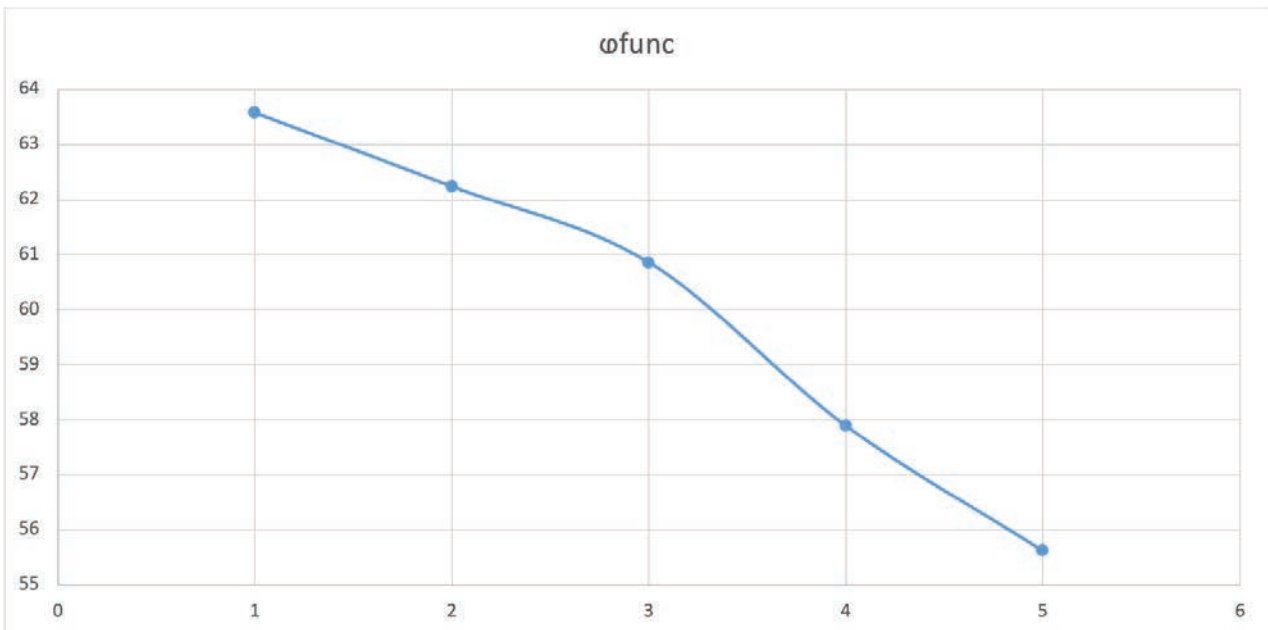
$$\phi_{func} = [(\dot{E}_{xc.out} - \dot{E}_{xc.in})/(\dot{E}_{xh.in} - \dot{E}_{xh.out})] 100 \quad (9)$$

3. BULGULAR

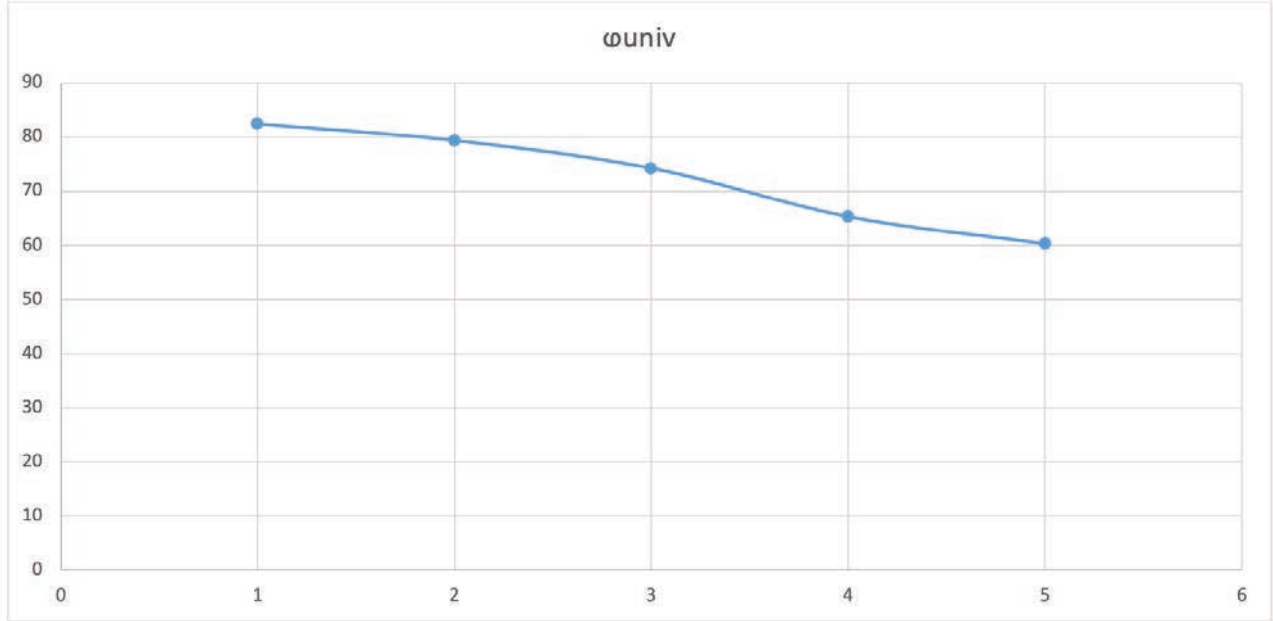
Bu çalışmada, iki değişik su ısıtıcısı modelleri ekserjetik analize tabii tutulmuştur. Referans durum sıcaklığı diğer ismi olan ölü durum sıcaklıkları; 0,02°C, 4°C, 10°C, 16°C ve 20°C olarak kabul edilmiştir ve sonuçlar çalışmaya aktarılmıştır. Sistemlere giriş yapan suların sıcaklıkları önem arz etmektedir. Sistemlerden biri sıcak suyun 70°C’den 40,3 °C’ye soğutulduğu sırada, soğuk suyun 36 °C’de girdiği ve 57,8 °C’de çıktığı ve debisinin $\dot{m}=2.2$ kg/h olduğu düşük karbonlu 2.5 kW ‘lık elektrikli su ısıtıcısıdır. Bu düşük karbonlu elektrikli su ısıtıcısının fonksiyonel verim sonuçları Şekil 7’de gösterilirken, üniversal verim sonuçları Şekil 8’de gösterilmiştir.

Diğer bir taraftan ikinci sistemin girdileri ise farklılık göstermektedir. İkinci sistemde sıcak suyun 70°C giriş yaptığı ve 53,46 °C’ ye kadar soğuyarak çıkış yaptığı anda, soğuk suyun da girişi 36°C’den yapılarak 44,2 °C’ye kadar derecesinin yükseltildiği ve kütleli akış debisinin $\dot{m}=2.2$ kg/h olduğu düşük karbonlu 4.5 kW’lık elektrikli su ısıtıcısı tasarlanmıştır. Bu düşük karbonlu elektrikli su ısıtıcılarının fonksiyonel ve üniversal verimlerinin karşılaştırılması Şekil 9’da gösterilmiştir.

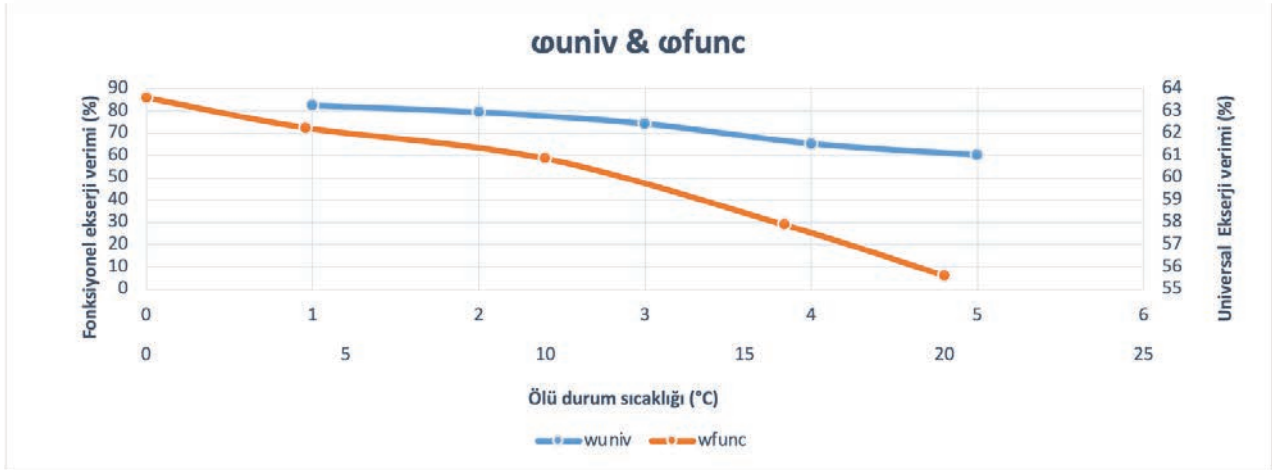
Şekil 7. Fonksiyonel Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 2.5 kW $T_o=0,02$ $\dot{m}=2,2$ kg/s



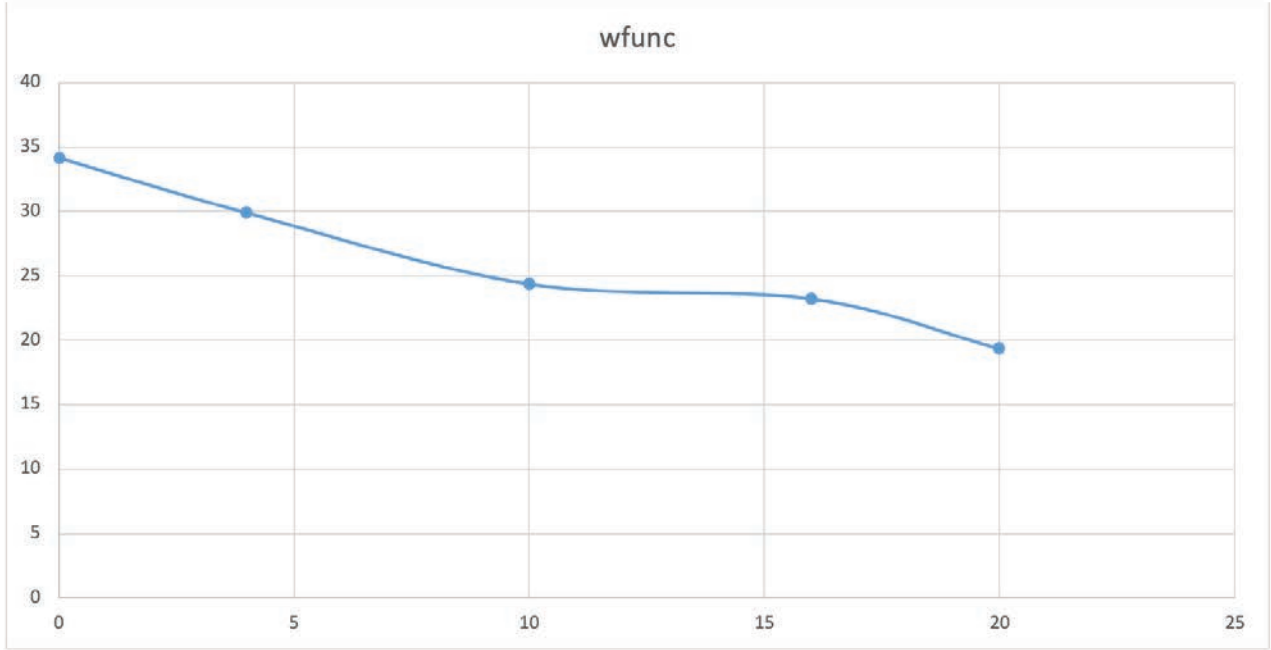
Şekil 8. Universal Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 2.5 kW $T_o=0,02$ $\dot{m}=2,2$ kg/s



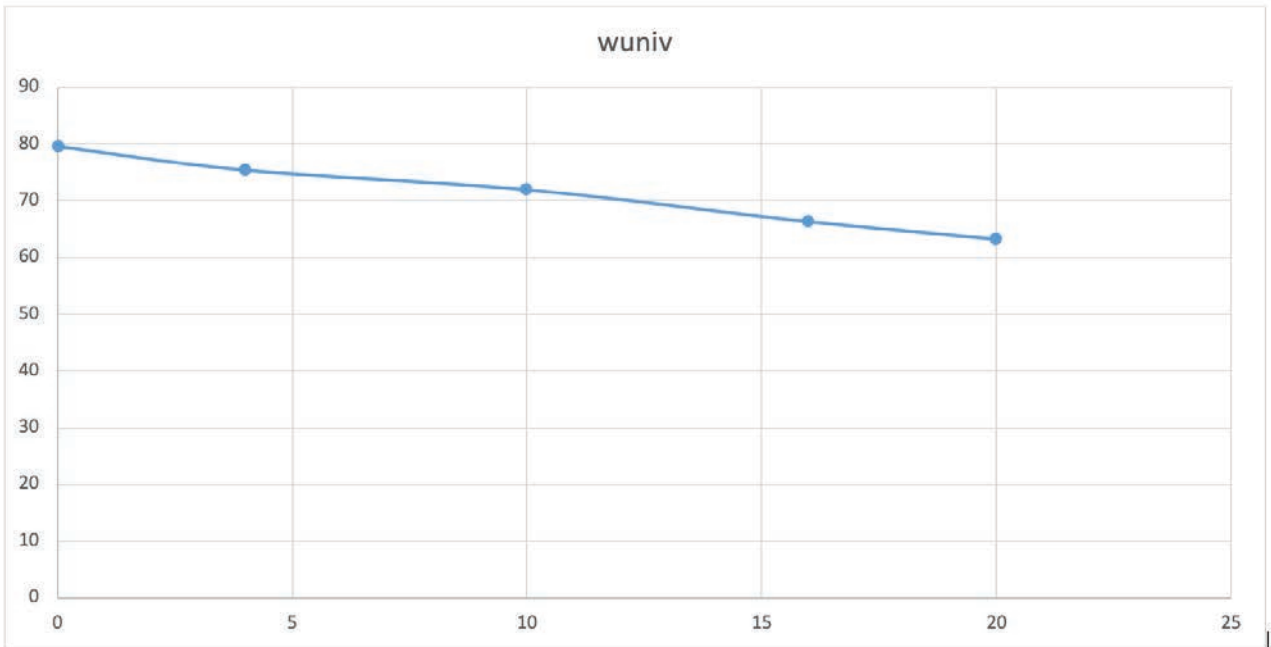
Şekil 9. Fonksiyonel ve Universal Verimin Karşılaştırılması, Elektrikli su ısıtıcısı 2.5 kW



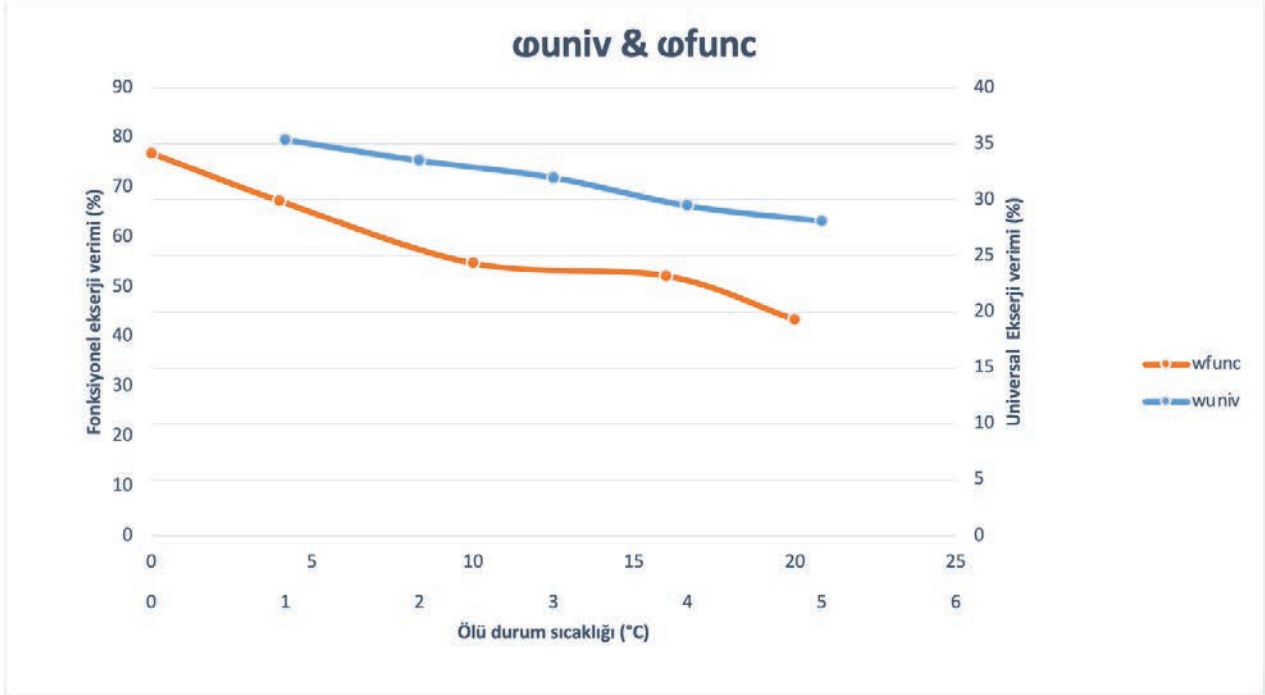
Şekil 10. Fonksiyonel Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 4.5 kW $T_o=0,02$ $\dot{m}=2,2$ kg/s



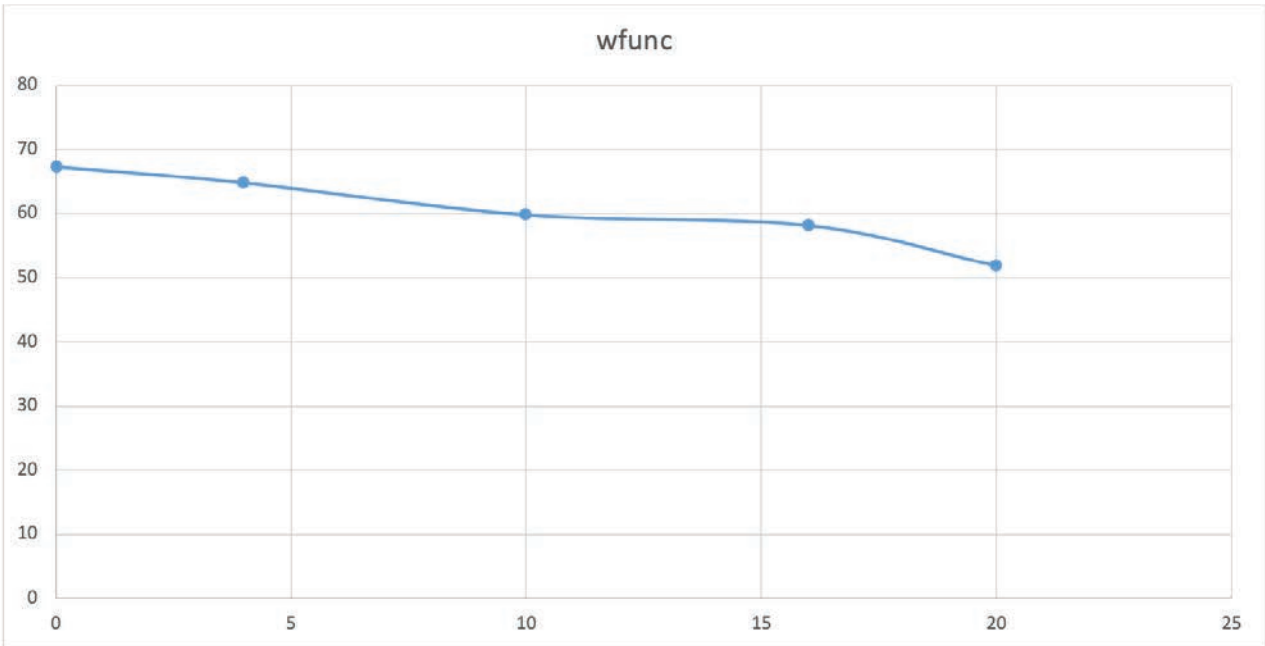
Şekil 11. Universal Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 4.5 kW $T_o=0,02$ $\dot{m}=2,2$ kg/s



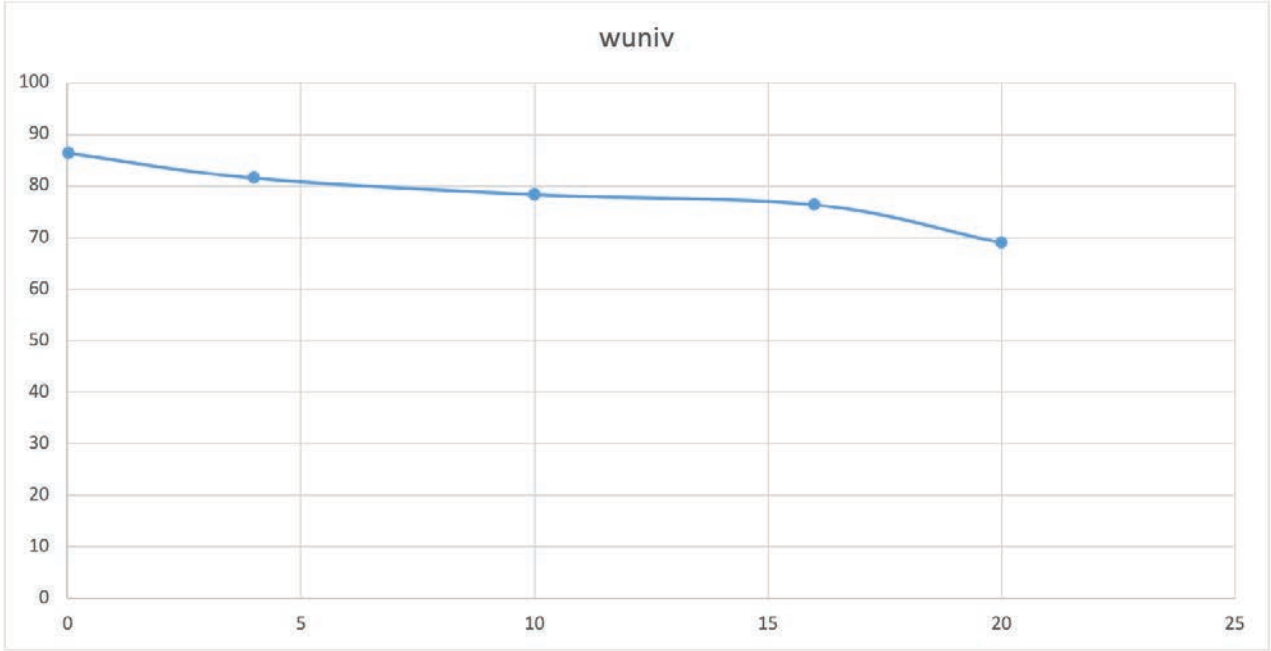
Şekil 12. Fonksiyonel ve Universal Verimin Karşılaştırılması, Elektrikli su ısıtıcısı 4.5 kW



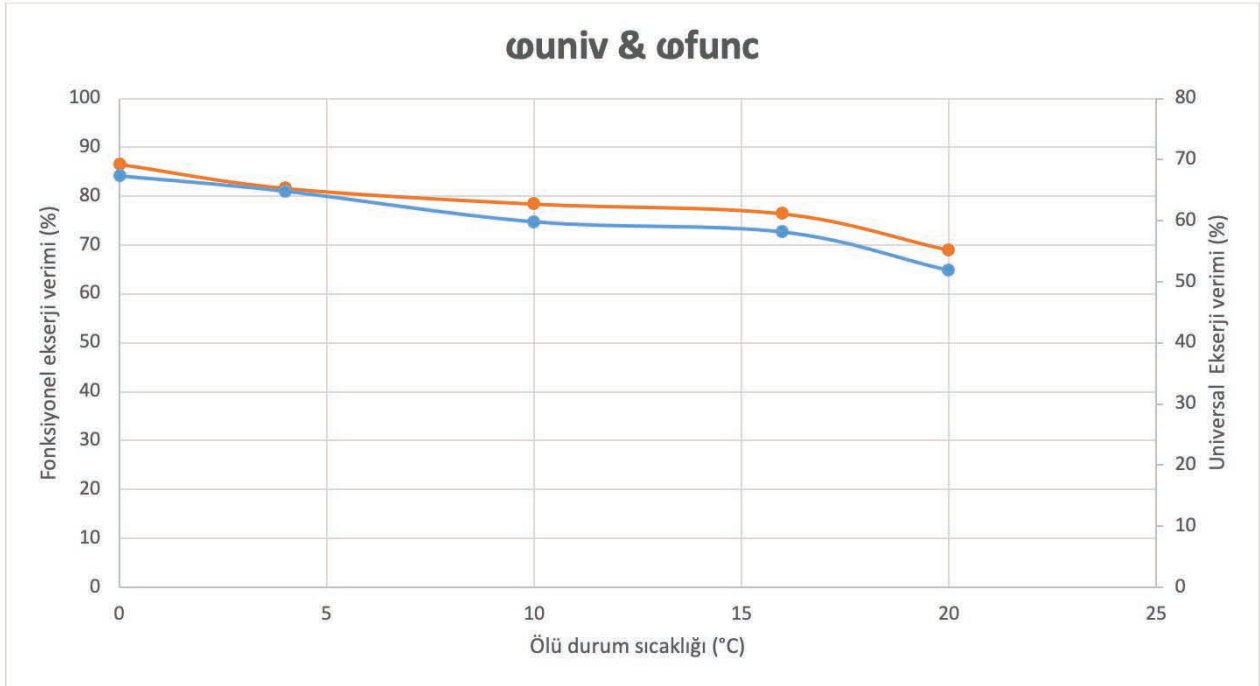
Şekil 13. Fonksiyonel Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 2.5 kW, $\dot{m}=2,4$ kg/s



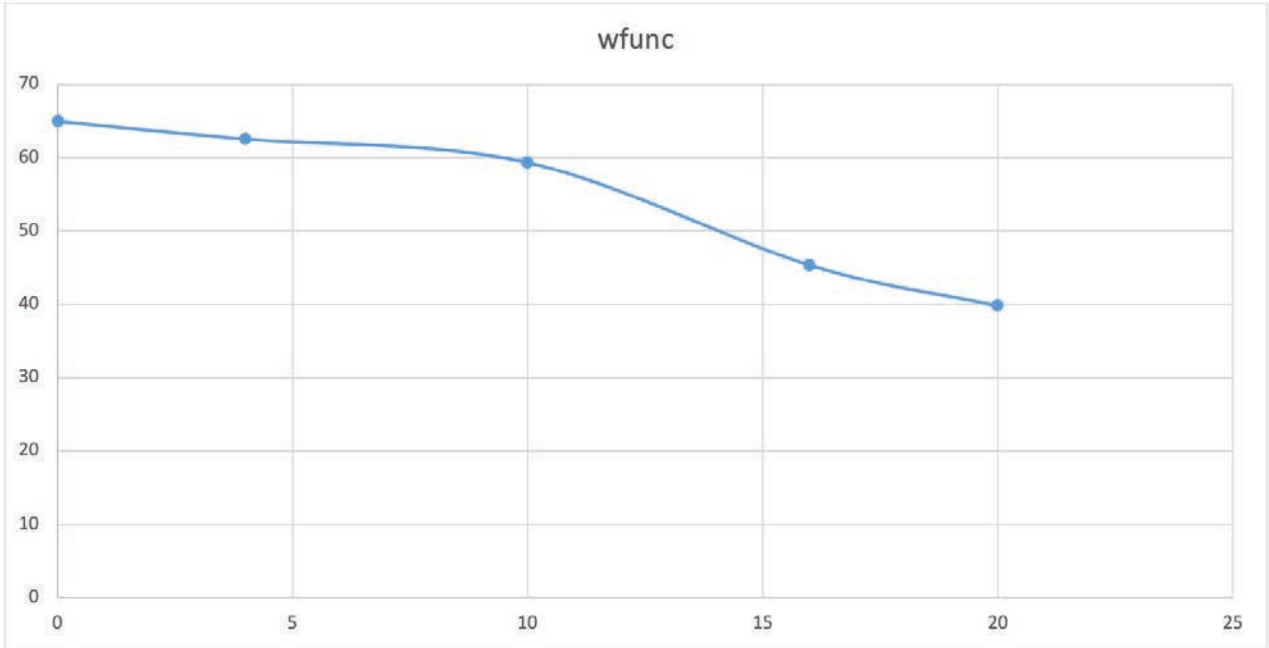
Şekil 13. Universal Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 2.5 kW, $\dot{m}=2,4$ kg/s



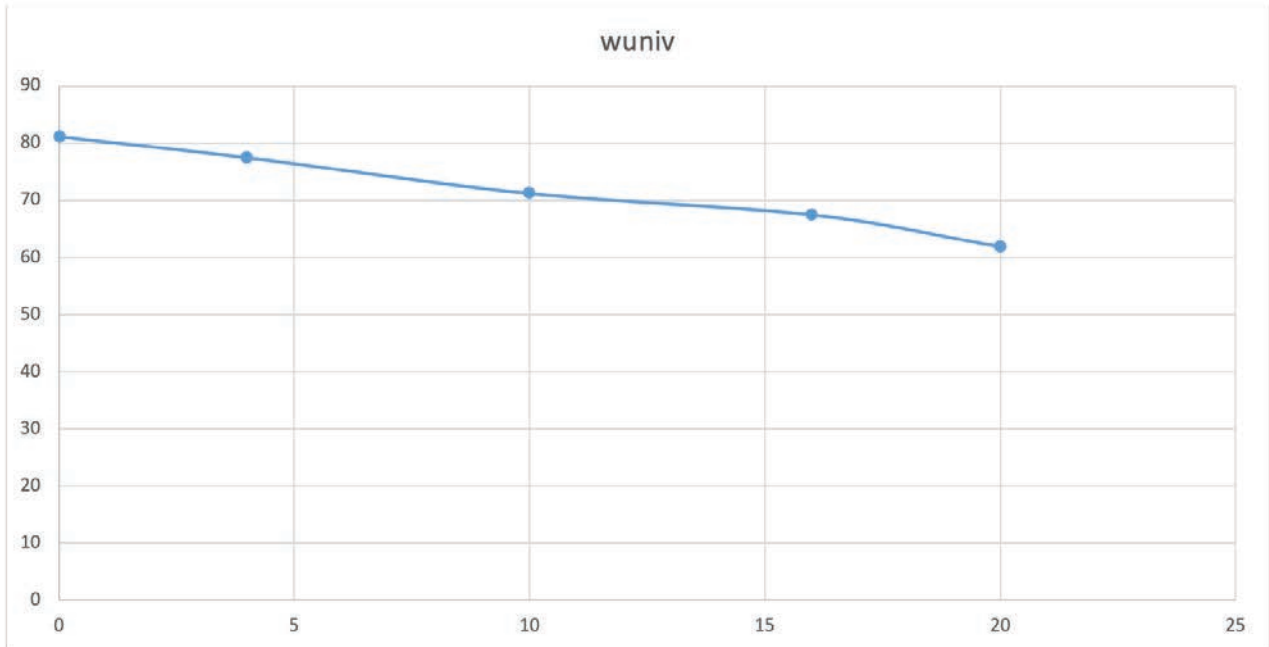
Şekil 14. ω_{univ} & ω_{func} - Elektrikli su ısıtıcısı 2.5 kW, $\dot{m}=2,4$ kg/s



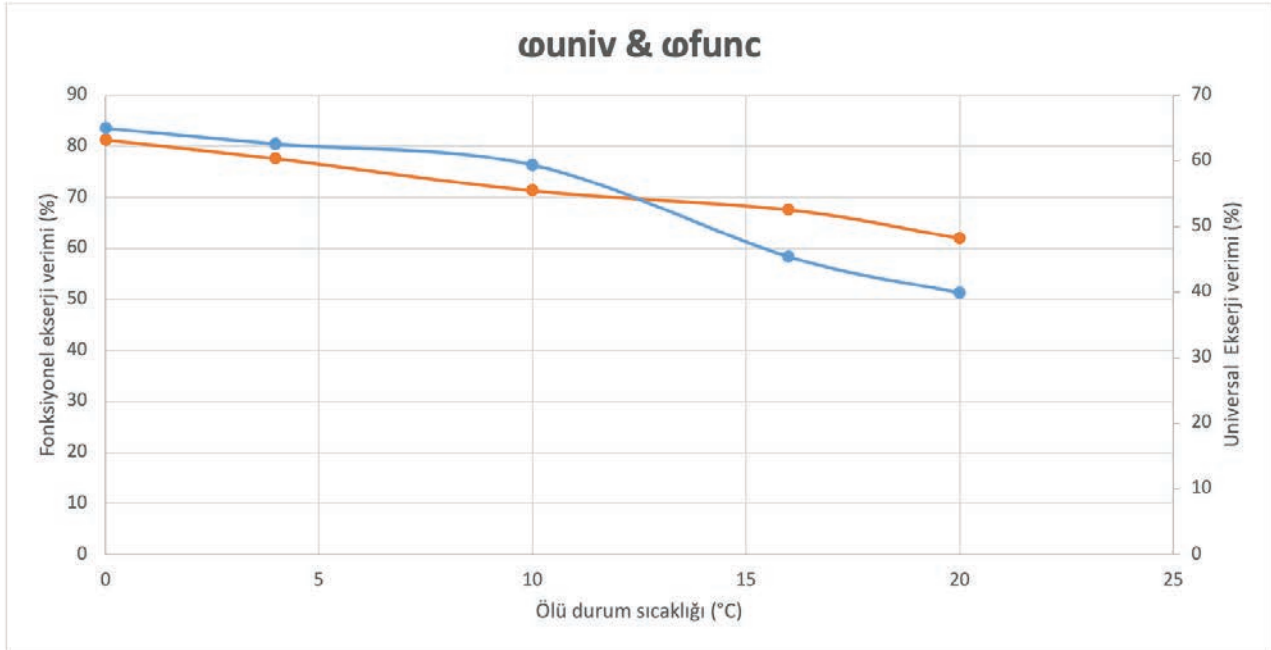
Şekil 15. Fonksiyonel Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 4.5 kW, $\dot{m}=2,4$ kg/s



Şekil 16. Universal Verim - Elektrikli su ısıtıcısı 4.5 kW, $\dot{m}=2,4$ kg/s



Şekil 17. ω_{univ} & ω_{func} - Elektrikli su ısıtıcısı 4.5 kW, $\dot{m}=2,4$ kg/s



Bu çalışmada birbirinden farklı tarzda dizayn edilmiş düşük karbonlu 2.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısı ile yine düşük karbonlu 4.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısı dizayn edilmiş ve ölü durum sıcaklıkları 0,02, 4, 10, 16, 20 °C olması halinde bu beş durum için 2.2 kg/s ve 2.4 kg/s debi değerlerindeki ekserji analizleri yapılarak grafikler halinde sonuçlar yorumlanmıştır. Buna göre, düşük karbonlu elektrikli su ısıtıcılarının EYE giriş akımı 0.02°C ÖDS'de bulunmuştur. MEY düşük karbonlu 4.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısına kıyasla düşük karbonlu 2.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısında 83.29 kW olarak ÖDS 0.02°C için bulunmuştur. Düşük karbonlu 2.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısının en düşük EFEV sırasıyla % 68.04 ve % 49.89 olarak 20°C ÖDS'de hesaplanmışken, EYE verim değerleri % 83.72 ve % 56.48 olarak 0.02°C ÖDS'de bulunmuştur. Diğer yandan, düşük karbonlu 4.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısının en düşük EFEV sırasıyla % 68.39 ve % 24.63 olarak 20°C ÖDS'de hesaplanmışken, EYE verim değerleri % 83.26 ve % 34.03 olarak 0.02 °C ÖDS'de bulunmuştur. Düşük karbonlu 2.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısında kütleli debinin 2.4 kg/s olması durumunda, en düşük EFEV sırasıyla % 79.36 ve % 75.28 olarak 20°C ÖDS'de hesaplanmışken, EYE verim değerleri % 83.78 ve % 76.38 olarak 0.02 °C ÖDS'de bulunmuştur. Diğer bir durum olan, düşük karbonlu 4.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısında kütleli debinin 2.4 kg/s olması durumunda, en düşük EFEV sırasıyla % 79.87 ve % 76.92 olarak 20°C ÖDS'de hesaplanmışken, EYE verim değerleri % 83.79 ve % 77.06 olarak 0.02 °C ÖDS'de bulunmuştur.

4.SONUÇ

Düşük karbonlu 2.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcısı ile düşük karbonlu 4.5 kW'lık elektrikli su ısıtıcıları, ekserji analizi aracılığıyla değerlendirilmiştir. 0.02 °C ve 20 °C arasında değişen beş farklı ölü durum (referans) sıcaklığının ekserjetik sonuçlar üzerine etkisi incelenmiştir. Bu çalışmadan aşağıdaki değerlendirmeler çıkartılabilir;

- Düşük karbonlu elektrikli su ısıtıcılarının ekserji verimi ÖDS'yle ters orantılıdır. Ekserji verimleri düşük ölü durum sıcaklıklarında daha yüksektir. Eğer ÖDS artarsa ekserji verimi azalır. Her iki su ısıtıcı için EYE verimi en düşük ÖDS 0.02 °C'de bulunmuştur.
 - Fonksiyonel ekserji verimi evrensel ekserji veriminden daha düşüktür. Çünkü fonksiyonel ekserji verimi ayrı ayrı sıcak ve soğuk akışkanların ekserji farkını esas almaktadır, ancak evrensel ekserji veriminde böyle bir tanımlama yoktur.
 - Düşük karbonlu elektrikli su ısıtıcılarının ekserji yıkımları ÖDS'yle doğru orantılıdır. Bu sistemdeki tersinmezliklerden meydana gelir ve verimi etkiler. Her iki su ısıtıcı için en düşük ekserji yıkımı akımları en düşük ÖDS 0.02°C'de elde edilmiştir.
- Ölü durum (referans) sıcaklığı termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarını esas alan ekserjetik sonuçları etkilemektedir. Bu yüzden, düşük karbonlu elektrikli su ısıtıcıları için daha iyi tasarım ve yüksek verim için en uygun referans koşullar seçilmelidir.

NOMENCLATURE

ÖDS: Ölü durum sıcaklığı

MEY: Maksimum ekserji yıkımı akımı

EFEV: Evrensel ve fonksiyonel ekserji verimleri

EYE: En yüksek ekserji

KAYNAKLAR

- [1] M. Ghodbane, B. Boumeddane, *A parabolic trough solar collector as a solar system for heating water: a study based on numerical simulation, International Journal of Energetica (IJECA) 2 (2) (2017) 29–37. <https://www.ijeca.info/index.php/IJECA/article/download/32/31>.*
- [2] M. Ghodbane, et al., *Optical numerical investigation of a solar power plant of parabolic trough collectors, J. Therm. Eng. 7 (3) (2021) 550–569, <https://doi.org/10.18186/thermal.888167>.*
- [3] M. Ghodbane, et al., *Thermal numerical investigation of a small parabolic trough collector under desert climatic conditions, J. Therm. Eng. 7 (3) (2021) 429–446, <https://doi.org/10.18186/thermal.884657>.*
- [4] H.J. Mosleh, A. Hakkaki-Fard, M. DaqiqShirazi, *A year-round dynamic simulation of a solar combined, ejector cooling, heating and power generation system, Appl. Therm. Eng. 153 (2019) 1–14, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.02.114>.*
- [5] C. Marug'an-Cruz, et al., *Solar multiple optimization of a DSG linear Fresnel power plant, Energy Convers. Manag. 184 (2019) 571–580, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.054>.*
- [6] Z. Said, A.A. Alshehhi, A. Mehmood, *Predictions of UAE's renewable energy mix in 2030, Renew. Energy 118 (2018) 779–789.*
- [7] Z. Said, A. Mehmood, *Standalone photovoltaic system assessment for major cities of United Arab Emirates based on simulated results, J. Clean. Prod. 142 (2017) 2722–2729.*

- [8] M. Cao, Z. Chang, J. Tan, X. Wang, P. Zhang, S. Lin, A. Li, *Superoxide radical-mediated self-synthesized Au/MoO₃-x hybrids with enhanced peroxidase-like activity and photothermal effect for anti-MRSA therapy*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 14 (11) (2022) 13025–13037, <https://doi.org/10.1021/acsami.1c23676>.
- [9] Z.M. Liang, G.Y. Wang, Z.B. Sun, D.L. Wang, L. WeiWang, Y. MeiLiang, *Rapidly improved tensile strength of 6N01 Al alloy FSW joints by electropulsing and artificial aging treatment*, *Mater. Sci. Eng.* (2022), <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.143056>.
- [10] S.R. Obireddy, W.F. Lai, *ROS-generating amine-functionalized magnetic nanoparticles coupled with carboxymethyl chitosan for pH-responsive release of doxorubicin*, *Int. J. Nanomed.* 17 (2022 Feb 8) 589–601, <https://doi.org/10.2147/IJN.S338897>.
- [11] A. Ucar, M. Inalli, *Build. Environ.* 41 (11) (2006) 1551–1556.
- [12] W. Xiaowu, H. Ben, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 9 (6) (2005) 638–645.
- [13] H. Gunerhan, A. Hepbasli, *Energy Build.* 39 (5) (2007) 509–516.
- [14] I. Ceylan, *Energy Build.* 47 (2012) 630–635.
- [15] Y.A. Cengel, M.A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, McGrawHill Higher Education, New York, 2015.
- [16] Bagdanavicius, *Exergy and Exergoeconomic Analysis – Methods for Evaluation of Energy Systems*, University of Leicester, 2013.
- [17] Z. Ge, H. Wang, H. Wang, S. Zhang, X. Guan, *Entropy* 16 (5) (2014) 2549–2567.
- [18] A. Kumar, A.K. Tiwari, Z. Said, *A comprehensive review analysis on advances of evacuated tube solar collector using nanofluids and PCM*, *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 47 (2021) 101417.
- [19] Z. Said, et al., *Recent advances on nanofluids for low to medium temperature solar collectors: energy, exergy, economic analysis and environmental impact*, *Prog. Energy Combust. Sci.* 84 (2021) 100898.
- [20] Balta, M. T., Kalinci, Y., Hepbasli, A. 2008. “Evaluating a Low Exergy Heating System from the Power Plant through the Heat Pump to the Building Envelope,” *Energy and Buildings*, vol. 40, p. 1799-1804.

GÜNEŞ PANELLERİ YIKAMA ROBOTUNA YAZILIM ENTEGRASYONU İLE VERİMLİLİK ARTIRIMI VE İZLENEBİLİRLİĞİ

Halil İbrahim KURT¹

Özet

TOSÇELİK bünyesinde güneş enerji panel sayısı gün geçtikçe artarken, birim panelden elde edilen enerjinin düşmemesi için güneş enerji panellerinin yüzeyinde oluşan kirliliğin belli sürelerde temizlenmesi gerekmektedir. Güneş enerji panellerinin istenilen seviyede temizlenebilmesi için temizlik robotları kullanılmaktadır. Bu robotlar otonom olmayıp, operatörler tarafından kullanılmaktadır. Robotları kullanan operatörler ise amirleri tarafından verilen günlük temizlik hedef sayısına ulaşması istenmektedir. Bu verilen temizlik hedefleri ise panellerdeki maksimum enerji kazanımını sağlayabilmek içindir. Hedeflenen temizleme verilerine ulaşamayan bazı operatörler ise temizlemediği alanı temizlemiş gibi söyleyerek, enerji kazanımını düşürmektedir. Bu tip insan kaynaklı hataların oluşmaması ve robotu kullanan operatörlerin kontrol altına alınabilmesi için gps cihazlarının kullanılması gerekmektedir. Bu proje ile gps sistemi robotlara aküple edilmiştir. Gps den gelen veriler ise çok karmaşık düzende gelen verilerdir. Bu gelen karmaşık gps verileri işletme mühendislerinin kolayca izleyebileceği görsel bir arayüze çevrilmiştir. Aynı zamanda robotun gezdiği alanlarda görüntü işleme teknolojisi kullanılarak, temizlenen alan ve panel sayısı gibi birçok veri elde edilmiştir. Projeyi detaylandırarak olursak, ilk olarak gps üzerinden gelen NMEA verileri (enlem , boylam, saat, tarih verileri) UART haberleşme protokolü ile PLC ye aktarılmaktadır. Her 100ms’de PLC ‘ ye gelen veriler 54 bytelik veri ayıklanarak enlem, boylam, saat ve tarih verisi düzenli bir biçimde usb ye kaydedilmektedir. Usb verileri her 15 günde teslim alınarak , python ortamında yapılan arayüz programıyla haritalama yapmaktadır. Daha sonra bu haritalama üzerinden firmanın eni göz önünde bulundurarak ve görüntü işleme teknolojisi kullanılarak bir alan bulunmaktadır. Alan üzerinde bulunan toplam panel sayısı yazılım ile hesaplanmaktadır. Bu süreçte tarih ve saat verisi alındığı için operatörün sabah ne zaman başladığı, öğlen arası ne kadar mola verdiği, akşam hangi vakitte makinayı kapattığı, aynı yerleri temizleyip temizlemediği gibi birçok bilgi elde edilerek operatör ve robot performansları ortaya çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: GÖRÜNTÜ İŞLEME, GPS, PLC

EFFICIENCY INCREASED AND TRACEABILITY BY SOFTWARE INTEGRATION INTO THE SOLAR PANEL WASHING ROBOT

Abstract

While the number of solar energy panels within TOSÇELİK is increasing day by day, In order to prevent the energy obtained from the unit panel from decreasing, the pollution on the surface of the solar energy panels must be cleaned within a certain period of time. Cleaning robots are used to clean the solar energy panels at the desired level. These robots are not autonomous, used

¹ Kıdemli Arge Mühendisi, Tosçelik Profil ve Sac Endüstrisi A.Ş, halil.kurt@toscelik.com.tr

by operators. Operators using robots are required to reach the daily cleaning target number given by their supervisors. These cleaning targets are to ensure maximum energy gain in the panels. Some operators who cannot reach the targeted cleaning data reduce the energy gain by pretending to have cleaned the area they did not clean. This type of human error does not occur and GPS devices must be used to control the operators using the robot. With this project, the GPS system was coupled to robots. The data coming from GPS is data that comes in a very complex order. This incoming complex GPS data is translated into a visual interface that engineers can easily monitor. At the same time, image processing technology is used in the areas where the robot travels. A lot of data was obtained, such as the area cleaned and the number of panels. If we detail the project, first of all, NMEA data (latitude, longitude, time, date data) coming over GPS is transferred to PLC with UART communication protocol. The 54 bytes of data coming to the PLC every 100 ms are extracted and the latitude, longitude, time and date data are regularly recorded to the USB. Then, an area is found using this mapping, taking into account the width of the brush and using image processing technology. The total number of panels on the area is calculated by software. Since the date and time data are received in this process, when does the operator start in the morning, how long does he take a lunch break, at what time in the evening did he turn off the machine. A lot of information is obtained, such as whether the same places are cleaned or not. Operator and robot performances are revealed.

Keywords: *IMAGE PROCESSING, GPS, PLC*

1. GİRİŞ

TOSÇELİK bünyesinde güneş enerji panel sayısı gün geçtikçe artarken, birim panelden elde edilen enerjinin düşmemesi için güneş enerji panellerinin yüzeyinde oluşan kirliliğin belli sürelerde temizlenmesi gerekmektedir.

Güneş enerji panellerinin istenilen seviyede temizlenebilmesi için temizlik robotları kullanılmaktadır. Bu robotlar otonom olmayıp, operatörler tarafından kullanılmaktadır. Robotları kullanan operatörler ise amirleri tarafından verilen günlük temizlik hedef sayısına ulaşması istenmektedir. Bu verilen temizlik hedefleri ise panellerdeki maksimum enerji kazanımını sağlayabilmek içindir. Hedeflenen temizleme verilerine ulaşamayan bazı operatörler ise temizlemediği alanı temizlemiş gibi söyleyerek, enerji kazanımını düşürmektedir. Bu tip insan kaynaklı hataların oluşmaması ve robotu kullanan operatörlerin kontrol altına alınabilmesi için gps cihazlarının kullanılması gerekmektedir. Bu proje ile gps sistemi robotlara aküple edilmiştir. Gps den gelen veriler ise çok karmaşık düzende gelen verilerdir. Bu gelen karmaşık gps verileri işletme mühendislerinin kolayca izleyebileceği görsel bir arayüze çevrilmiştir. Aynı zamanda robotun gezdiği alanlarda görüntü işleme teknolojisi kullanılarak, temizlenen alan ve panel sayısı gibi birçok veri elde edilmiştir.

2. LİTERATÜR

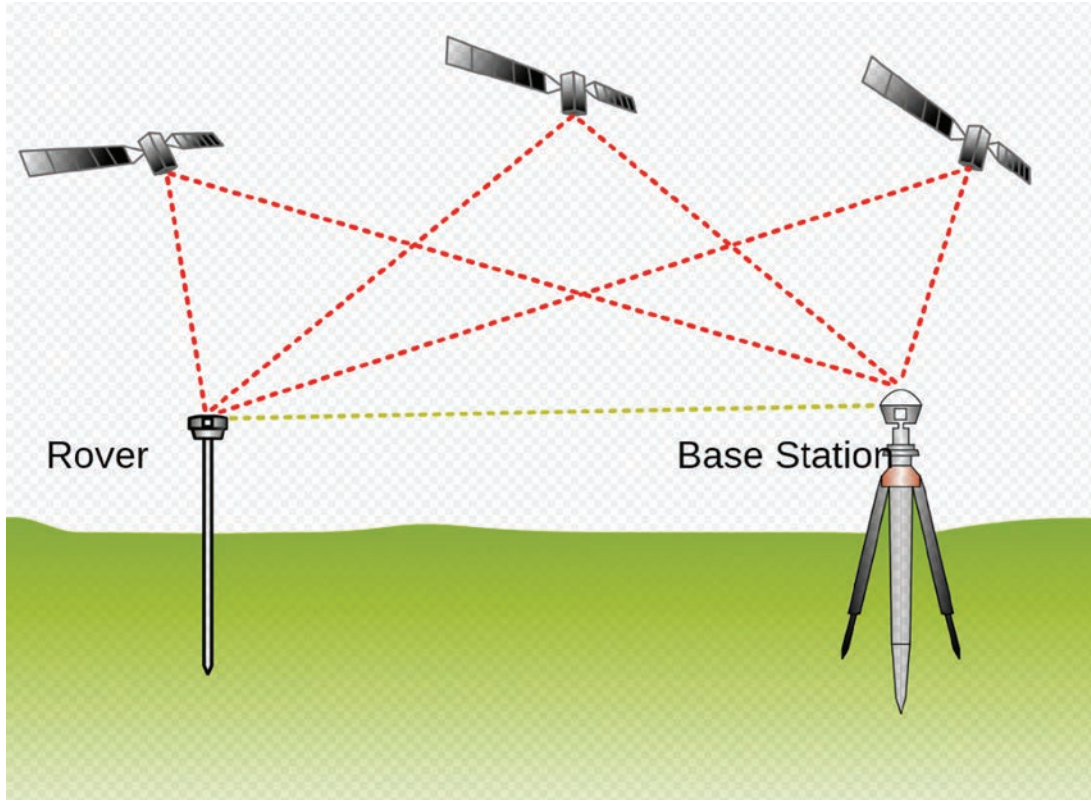
Teorik Literatür

Teorik literatür araştırmalarına göre araçlarda kullanılan ve konum belirleyen gps sistemleri $\pm 4m$ hassasiyet ile konumu göstermektedir. Bu konum doğruluğu ise çatıda çalışan robotların konum hassasiyeti açısından çok kötü bir değer olmaktadır. İstenilen konum hassasiyeti $\pm 10cm$ 'dir.

Ampirik Literatür

Yapılan ampirik literatüre göre sahada uygulanan , yüksek bir konum hassasiyetini sağlayabilecek en iyi gps sistemi RTK-GPS sistemi kullanılmaya karar verilmiştir. RTK-GPS sistemi çevre ve şehir plalamacıların arazi konumlamalarında, konum ve kot alma uygulamalarında , drone sistemlerinde , avusturalya gibi büyük arazilerde insansız kullanılan endüstriyel traktör ve araçlarda kullanılmaktadır.

Şekil 1. RTK-GPS çalışma [1]



4. AMPİRİK ANALİZ

4.1. Veri ve Araştırma Modeli

Veri ve araştırma modeli olarak, tarama ve deneme modeli kullanılmıştır.

Tarama modeli olarak; RTK-GPS olarak ilk aşamada ürünün sahada uygulama alanları incelenmiştir. Ardından bu ürünün GES temizleme robotlarına uygulanıp uygulanmadığı araştırılmıştır. Yapılan araştırmalarda bu tipte ki kullanım için yurtdışı kaynaklı bir firmada kullanıldığı görülmüştür.

Deneme modeli olarak; Ürünün sahada kararlı şekilde çalıştığı görülmüştür. Yüksek sıcaklık ve soğumalarda gps bağlantısında kopmaların olmadığı kararlı sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Gps kartının sağlamlığı test edilmiştir.

4.2. Yöntem

Yöntem olarak; GPS ten gelen NMEA verileri çok karmaşık ve hızlı gelen verilerdir. Bu verilerin kullanılabilmesi için görsel bir arayüze çevrilmesi gerekmektedir. Bu gelen verilerin ayıklanması ve görsele çevrilmesi için ara elektronik kartı dizayn edilmiştir. Bu kart ile GPS karından gelen UART protokündeki veriler RS232 haberleşme protokolüne çevrilerek PLC ye aktarılmaktadır. 0.07 mikrosaniye tarama hızına sahip PLC'ye gelen 540byte/saniyedeki veriler, içerisindeki enlem – boylam – saat – tarih gibi değerler .csv formatında usb ye kaydedilmektedir. 15 gün boyunca bu veriler kaydedilmektedir. Daha sonra usb'deki veriler, görüntü işleme ve usb verilerin hızlı şekilde analiz edildiği PYTHON yazılım dilinde, haritalamanın yapıldığı , alan hesaplamalarının yapıldığı KULLANICI ARAYÜZÜNE çevrilmektedir.

4.3. Ampirik Bulgular

Ampirik bulgulara göre; RTK-GPS ve python dili , yüzey alan taraması ve robot haritalama için en ideal yazılım ve gps sistemidir. Farklı zamanlarda ve farklı çatılarda sonuçların aynı hassasiyette tekrarladığı doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ

RTK-GPS ürününün konumlardaki hassasiyeti Google maps değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar doğru olarak elde edilmiştir. Operatörün verdiği GES panel yıkama verileri ile yazılımın hesapladığı GES panel yıkama sayıları arasında $\pm\%1$ oranında fark olduğu gözlemlenmiştir. Operatörün aynı yeri iki defa temizlediği gözlemlenmiştir. Gerekli uyarılar yapılarak çatıda kullanılan robotların daha verimli kullanılması sağlanmıştır. Böylece birim zamanda temizlenen panel sayısında artış sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_kinematic_positioning

OBTAINING HIGH TEMPERATURE PROCESS WATER from LOW FLOW and TEMPERATURE WATER

Burak TEMUCIN¹, Aytakin OZGUVEN², Özlem KOYBASI OZUCAK³

Abstract

There are two separate annealing lines at the Tosyalı Toyo facility. These lines are Continuous Annealing Line (CAL) and Batch Annealing Furnace (BAF) lines. CAL line; It enters the cleaning section to clean the oil and iron powders on the rolled coil surface. First, the hot solution is passed through an alkaline solution with a tank, and then it is cleaned with the help of electric current in electrolytic cleaning, then cleaned with the help of brushes and dried in the dryer after rinsing. It comes to the annealing (furnace) section. The recrystallization annealing process is applied in order to reduce the dislocation density increased as a result of the increase in the defects formed in the rolled, dislocation and cage structure at the Tandem Cold Mill (TCM) exit and to restore the grain structure. BAF line; The batch annealing unit is used to relieve the stresses that occur in the steel plate during cold rolling. During annealing processes, the waste flue gases from the furnaces are given to the atmosphere. In order to evaluate this waste heat, a system will be researched and a system will be designed to heat the process water on the chimney where the waste heat is discharged. The heating power in the flue gas will heat the water going to the rinsing tank. Heating the water before it goes to the tank will reduce natural gas and steam consumption. It is foreseen that a temperature increase of 30 degrees in the process water going to the rinsing tank will provide a natural gas saving in the range of 757 m³/h per day. For this purpose, a new system has been designed to evaluate this heat energy, which is directly given to the atmosphere on the chimney line where the waste gas is discharged..

Keywords: *Low Flow, High Temperature, Process Water.*

DÜŞÜK DEBİ ve SICAKLIKTAKİ SUDAN YÜKSEK SICAKLIKTA PROSES SUYU ELDE EDİLMESİ

Özet

Tosyalı Toyo tesisinde iki ayrı tavlama hattı bulunmaktadır. Bu hatlar Sürekli Tavlama Hattı (CAL) ve Batch Tavlama Fırını (BAF) hatlarıdır. CAL hattı; Haddelenmiş kangal yüzeyindeki yağ ve demir tozlarının temizlenmesi için temizleme ünitesine girer. Sıcak çözelti ilk olarak bir tank ile alkali çözeltiden geçirilir, elektrolitik temizlemede elektrik akımı yardımı ile temizlenme gerçekleştirilir, daha sonra fırçalar yardımıyla temizlenip durulandıktan sonra kurutucuda kurutulur. Bu işlemden sonra tavlama (fırın) bölümüne gelir. Tandem Soğuk Hadde (TCM) çıkışında haddelenmiş, dislokasyon ve kafes yapısında oluşan kusurların artması sonucu artan dislokasyon yoğunluğunun azaltılması ve tane yapısının eski haline getirilmesi amacıyla yeniden kristalizasyon tavlama işlemi uygulanmaktadır. BAF hattı; Toplu tavlama ünitesi, soğuk haddeleme sırasında çelik levha-

¹ R&D Engineer, Toscelik Profil ve Sac Endüstrisi A.Ş , burak.temucin@toscelik.com.tr

² R&D Engineer, Toscelik Profil ve Sac Endüstrisi A.Ş , aytakin.ozguven@toscelik.com.tr

³ R&D Chief Engineer, Toscelik Profil ve Sac Endüstrisi A.Ş , ozlem.koybasi@toscelik.com.tr

da meydana gelen gerilmelerin giderilmesi için kullanılır. Bu tavlama işlemleri sırasında fırınlardan çıkan atık baca gazları atmosfere verilmektedir. Buradaki atık ısının değerlendirilmesi için bir sistem araştırılarak ve atık ısının atıldığı bacadaki proses suyunu ısıtarak bir sistem tasarlanacaktır. Baca gazındaki ısıtma gücü durulama tankına giden suyu ısıtacaktır. Suyun depoya gitmeden önce ısıtılması doğal gaz sarfiyatı indirgenmiş ve buhar tüketimini azaltacaktır. Durulama tankına giden proses suyunda 30 derecelik sıcaklık artışının günlük 757 m³/saat aralığında doğal gaz tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir. Bu amaçla atık gazın atıldığı baca hattında doğrudan atmosfere verilen bu ısı enerjisini değerlendirecek yeni bir sistem tasarlanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Düşük Debi, Yüksek Sıcaklık, Proses Suyu.*

1. INTRODUCTION

In our changing and developing world, the decrease in energy resources and the increase in energy need and the widespread use of vehicles and equipment require companies to make innovations in their energy policies. It is important to use existing energy resources effectively, develop and disseminate nature-friendly technologies in energy production and minimize energy costs. In our Tosyalı Toyo company, raising awareness about high steam consumption and the evaluation of this energy, ensuring energy efficiency, and reducing facility energy consumption costs are among the needs that determine the subject of the project. The project in question is expected to ensure efficient use of energy resources and environmentally friendly production, resulting in a temperature increase of approximately 30 degrees and a daily natural gas saving of 757 m³/hour. For this purpose, energy recycling will be provided with a piping system and economizer design in a new system that will evaluate the heat energy given directly to the atmosphere in the chimney line where the waste gas is discharged.

2. THEORETICAL LITERATURE

2.1. Waste heat recovery systems

Waste heat recovery methods include capturing and transferring the waste heat from a process with a gas or liquid back to the system as an extra energy source [1]. The energy source can be used to create additional heat or to generate electrical and mechanical power [2].

Waste heat can be rejected at any temperature; conventionally, the higher the temperature, the higher the quality of the waste heat and the easier optimisation of the waste heat recovery process. It is therefore important to discover the maximum amount of recoverable heat of the highest potential from a process and to ensure the achievement of the maximum efficiency from a waste heat recovery system [3].

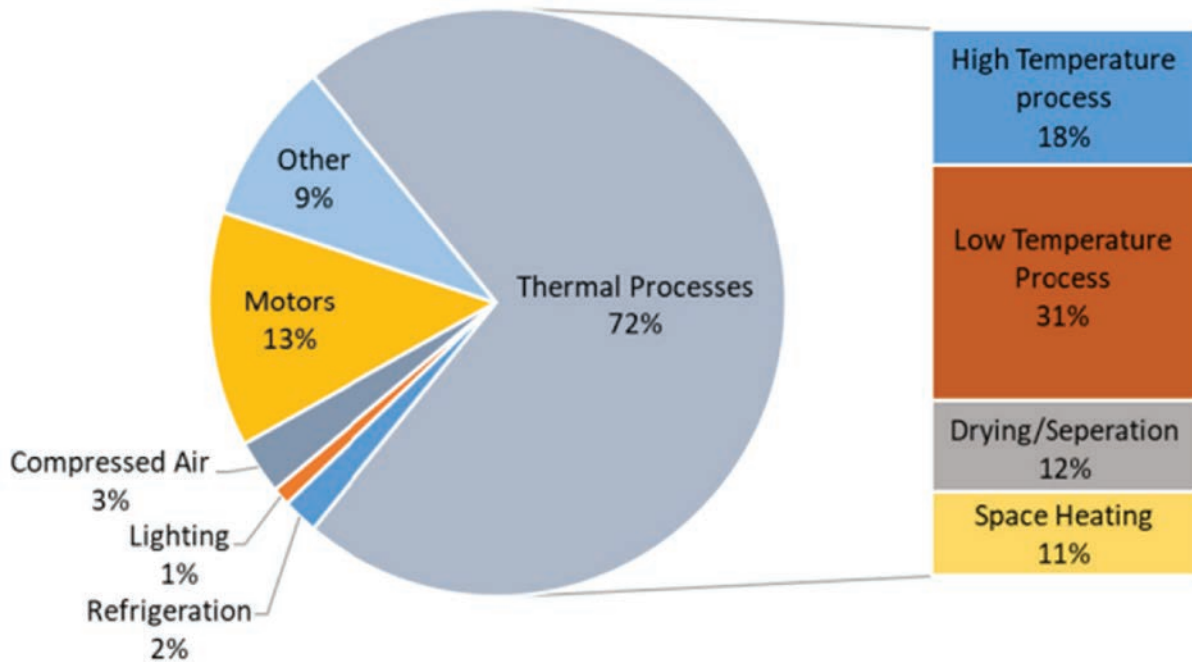
The quantity or the amount of available waste heat can be calculated using the equation shown below.

$$Q = V \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

where, Q (J) is the heat content, V is the flowrate of the substance (m³ / s), ρ is density of the flue gas (kg/m³), C_p is the specific heat of the substance (J/kg.K) and ΔT is the difference in substance temperature (K) between the final highest temperature in the outlet (T_{out}) and the initial tempera-

ture in the inlet (T_{in}) of system. Depending on the type and source of waste heat and in order to justify which waste heat recovery system can be used, it is essential to investigate the amount and grade of heat recoverable from the process.

Fig. 1. Energy consumption in the UK manufacturing industry [4]

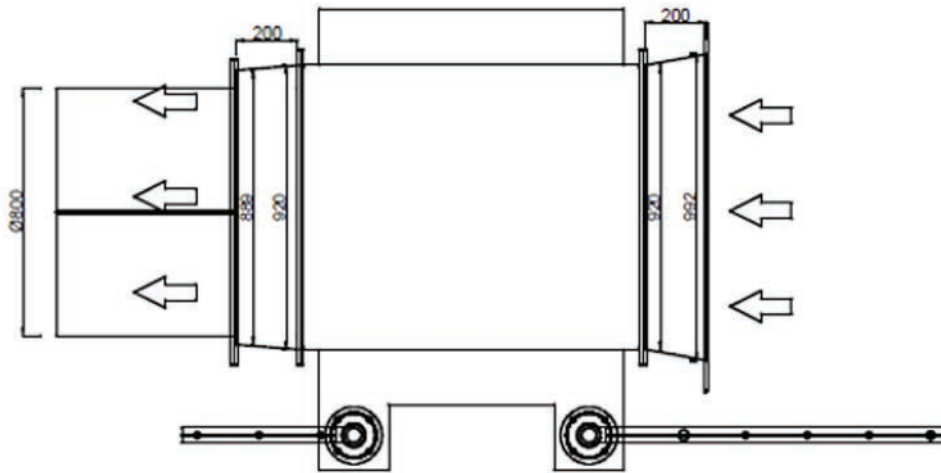


There are many different heat recovery technologies available which are used for capturing and recovering the waste heat and they mainly consist of energy recovery heat exchangers in the form of a waste heat recovery unit. These units mainly comprise common waste heat recovery systems such as air preheaters including recuperators, regenerators, including furnace regenerators and rotary regenerators or heat wheels and run around coil, regenerative and recuperative burners, heat pipe heat exchangers, plate heat exchangers, economisers, waste heat boilers and direct electrical conversion devices. These units all work by the same principle to capture, recover and exchange heat with a potential energy content in a process.

3. EMPIRICAL LITERATURE

3.1. Economisers

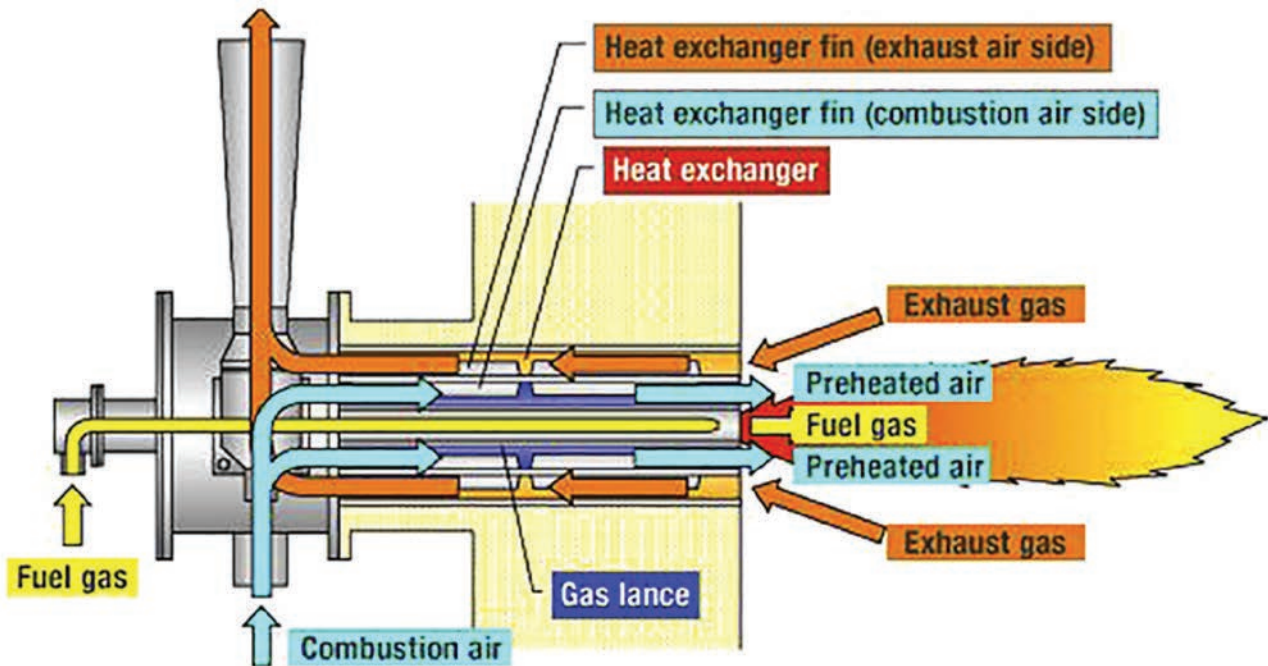
Economisers or finned tube heat exchangers that recover low – medium waste heat are mainly used for heating liquids. The system consists of tubes that is covered by metallic fins to maximise the surface area of heat absorption and the heat transfer rate.



The system is located in the duct carrying the exiting exhaust gases and it absorbs the waste heat by letting the hot gases pass through different sections covered by the finned tubes. Liquid is passed through the tubes and it captures heat from the finned tubes. The hot liquid is then fed back to the system, maximising and improving the thermal efficiency. Based on a study, it is shown that if an economiser is used for a boiler system, it can increase the efficiency by 1% for every 5 °C reduction of flue gas temperature. This indicates that the fuel consumption of the system can be reduced by 5–10% with a payback period of less than 2 years. Economisers recover the waste heat and improve the efficiency of a system by preheating the fluid in the system such as the feedwater in a steam generator or a boiler, so less energy is required to achieve the boiling temperature. In another study, it is noted that regardless of the design of the system, if the temperature of the flue gas is reduced by 140 °C, the fuel consumption can be reduced by 7%.

It is investigated that several different types of economisers are available for different applications but they have the same functionality. These designs include finned tubes, coiled tubes, non-condensing and condensing economisers. The condensing and non-condensing types are mainly used to improve the efficiency of boiler systems, whereas the other types are commonly used in thermal power plants and large processing units to recover waste heat from the flue gas. Having mentioned that, investigates, economisers that are used for low-temperature heat recovery namely as deep economisers are also available that are made out of advanced materials such as Teflon, carbon and stainless-steel tubes and can withstand the acidic condensate deposition on the surface of the heat exchanger. Glass-tubed economisers are on the hand used for gas to gas heat recovery and for low to medium temperature applications.

Fig. 2. Recuperative burner structure [5].



An economizer system was designed and manufactured to preheat the heating water by utilizing the heat of the waste gas coming out of the annealing flue system. In this way, it reduced the steam consumption and natural gas consumption of the existing heating system fed by the steam boiler. The economizer is designed to be completely drainable with its vertical type structure. Sufficient number of manholes and flanged covers were found to reach all heating surfaces.

3.2. Piping Systems Design

A piping system has been installed from the flue gas chimney outlet to the furnace inlet air area. The required pipe diameters for the piping system have been calculated. It was calculated how much steam has the potential to raise the inlet air. By designing a system that would benefit most from this potential, material selection was made to prevent possible corrosion and prevent punctures that could cause steam to mix with the inlet air. The pipes are welded to the chuck, any expansions can be easily removed and the damaged pipe/elbow can be easily replaced. After the production of the economizer was completed, it was subjected to a pressure test with water at a pressure and time in accordance with the norms. Following testing, all surfaces were isolated to minimize thermal bridges.

4. EMPIRICAL ANALYSIS

4.1. Data and Research Model

When there was mass production before the heat exchanger, 12078 tons were produced. During this time period, 1,303,102 kg of steam was consumed. Steam consumption per ton was 108 kg/ton.

In the following months, when mass production was carried out after the heat exchanger, 13848 tons were produced. During this time period, 981,749 kg of steam was used. Steam consumption per ton was 71 kg/ton. Steam gain is calculated as 37 kg/ton per ton.

Table 1. CAL Flue gas economizer technical data

CAL Flue gas economizer technical data		
Economizer type	Vertical type finned water pipe	
Waste gas volumetric flow rate	5.964	Nm ³ /h
Waste gas inlet temperature	379	°C
Waste gas outlet temperature	120	°C
Water inlet temperature	29.0	°C
Water outlet temperature	85.0	°C
Heating water capacity	9.500	kg/h
Recoverable Thermal Capacity	530.000	kcal/h
Gas Side Pressure Loss	2.0	mbar

Table 2. BAF Flue gas economizer technical data

BAF Flue gas economizer technical data		
Economizer type	Vertical type finned water pipe	
Waste gas volumetric flow rate	19.260	Nm ³ /h
Waste gas inlet temperature	189	°C
Waste gas outlet temperature	80	°C
Water inlet temperature	29.0	°C
Water outlet temperature	80.0	°C
Heating water capacity	13.800	kg/h
Recoverable Thermal Capacity	702.800	kcal/h
Gas Side Pressure Loss	4.0	mbar

4.2. Method

The economizer system of the system was designed by providing more contact area in an exchanger with higher thermal conductivity of the waste heat coming from the furnace section and by ensuring that the pure water pipe distance passing through the exchanger is longer, reaching the desired temperature of the pure water at the desired flow rate.

5. CONCLUSION

In the CAL line, the waste gas heat generated in the HS and SS in the furnace section is passed through a more efficient exchanger and the pure water used in the hot rinse tank is heated to the desired temperature in the PHS section and used at the desired flow rate without the need for heating with steam.

Steam consumption and natural gas consumption were reduced by using the waste heat released into the atmosphere before the project to heat the inlet air. By utilizing the potential of flue gas released into nature as waste heat, the damage to the environment has been reduced. Waste flue gas released into the atmosphere from Tosyalı Toyo annealing furnaces was evaluated and used as an energy source. Saving natural gas has brought our company to a more competitive position by reducing our production costs per ton. Waste heat recovery was achieved. The amount of energy given to nature has decreased due to the decrease in the temperature of the flue gas released into the atmosphere.

REFERENCES

- [1] C. Reddy, S. Naidu, *Waste Heat Recovery Methods And Technologies*, University of Singapore, 1 1 2013. [Online]. Available: <http://www.chemengonline.com/waste-heat-recovery-methods-and-technologies/?printmode=1>. [Accessed 02 11 2017].
- [2] N. Naik-Dhungel, *Waste Heat to Power Systems*, 30 May 2012. [Online]. Available: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/waste_heat_to_power_systems.pdf. [Accessed 1 11 2017].
- [3] The-Crankshaft Publishing, *Waste Heat Recovery (Energy Engineering)*, 2017. [Online]. Available: <http://what-when-how.com/energy-engineering/waste-heatrecovery-energy-engineering/>. [Accessed 23 10 2017].
- [4] A. Simeone, Y. Luo, E. Woolley, S. Rahimifard, C. Boër, *A decision support system for waste heat recovery in manufacturing*, *CIRP Ann.* 65 (2016) 21–24.
- [5] *Osaka Gas, Recuperative Burner (Recupeburner)*, Osaka Gas Co., Ltd., Osaka, 2017.

HIZLI MODA MARKALARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR MODA STRATEJİLERİ ÜZERİNE KARŞILAŞTIRMALI BİR ARAŞTIRMA

Betül ÖZKAYA¹

Özet

Hızlı moda, “tasarım-üretim-satış” döngüsünü 1980’li yıllardan itibaren kısaltan iş modeliyle tüketimi harekete geçirerek sürekli satın alma isteği yaratmış ve hızlı moda markalarının her koleksiyon döngüsünde bir kez daha kâr elde etmelerini sağlamıştır. Bu bağlamda hızlı moda markaları, benimsemiş oldukları pazarlama kriterleriyle tüketimi ve kârlarını artırırken, ekosistem ve doğa üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra oluşturdukları atıklar ile birlikte ekolojik, sosyal ve ekonomik birtakım sorunlar yaratmaktadır. Bu sorunların ise doğal kaynakların kendiliğinden yenilenebilmelerine imkân tanıyacak hızda kullanılmasını sağlayan sürdürülebilir moda yaklaşımıyla önlenebileceği ifade edilmektedir. Buradan hareketle çalışmanın amacı, hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda stratejilerini (4R: azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden/geri satın alma) ayrıntılı olarak irdelemektir. Bu amaç doğrultusunda, amaçlı örnekleme yöntemine göre seçilen hızlı moda markaları H&M ve Zara’nın sürdürülebilir moda stratejileri, karşılaştırmalı örnek olay çalışması yapılarak incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, H&M ve Zara markalarının sürdürülebilir moda anlayışı yaratmak üzere yenilikçi fikirler ve çözümler üretme konusunda global varlıklarını da kullanarak hızlı moda sektörünün dönüşümü için katalizör işlevi üstlendikleri ve böylece hızlı tüketim ile birlikte oluşturdukları çevreye zarar veren imajlarını, sürdürülebilirlik kavramı ve azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden/geri satın alma gibi sürdürülebilir moda stratejilerini başarılı bir şekilde uygulayarak “sürdürülebilir markalar” statüsüne taşımaya çalıştıkları görülmektedir. Çalışmanın, hem hızlı moda sektöründe faaliyet gösteren markaların sürdürülebilir moda konusunda farkındalık düzeylerinin artırılması hem de alan yazında bu konuda yapılan çalışmaların kısıtlı sayıda olması sebebiyle ileride yapılacak özgün akademik çalışmalara kaynak oluşturması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Hızlı Moda Markaları, Sürdürülebilir Moda Stratejileri, Karşılaştırmalı Örnek Olay Çalışması*

A COMPARATIVE STUDY ON THE SUSTAINABLE FASHION STRATEGIES OF FAST FASHION BRANDS

Abstract

Fast fashion, with its business model that shortened the “design-production-sales” cycle since the 1980s, created a constant desire to buy by stimulating consumption and enabled fast fashion brands to make a profit once again in each collection cycle. In this context, while fast fashion brands increase their consumption and profits with the marketing criteria they have adopted, they create a number of ecological, social and economic problems with the wastes they create

¹ Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü, betulozkaya@marmara.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-6946-9403

as well as their negative effects on the ecosystem and nature. It is stated that these problems can be prevented by a sustainable fashion approach that ensures that natural resources are used at a speed that allows them to be renewed spontaneously. From this point of view, this study aims to examine the sustainable fashion strategies of fast fashion brands (4R: reduce, reuse, recycle and rebuy) in detail. For this purpose, the sustainable fashion strategies of H&M and Zara, which were selected according to the purposeful sampling method, were examined by conducting a comparative case study. As a result of the examinations, it was observed that H&M and Zara brands have acted as a catalyst for the transformation of the fast fashion industry by using their global presence to produce innovative ideas and solutions to create a sustainable fashion understanding, and thus trying to transform their negative images, as brands which damage the environment along with fast consumption, into the status of “sustainable brands” by successfully implementing the concept of sustainability and sustainable fashion strategies such as reducing, reusing, recycling, rebuying. The aim of the study is both to increase the awareness levels of brands operating in the fast fashion industry about sustainable fashion and to be a source for original academic studies to be carried out in the future due to the limited number of studies on this subject in the field literature.

Keywords: *Fast Fashion Brands, Sustainable Fashion Strategies, Comparative Case Study*

1. GİRİŞ

Son yıllarda üretim ve tüketimin artması, sanayide ve teknolojiye yaşanan gelişmeler, dünya nüfusunda meydana gelen yükseliş doğal kaynakların giderek daha fazla yok olmasına neden olmakta ve doğal yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir (Cengiz, 2021: 131; Koca vd., 2016: 220; Pektaş & Dengin, 2012: 109). Bu soruna hazır giyim sektörü açısından bakıldığında doğal kaynakların tüketimini etkileyen en temel sorunun “hızlı giysi üretimi” olduğu ifade edilebilir (Yücel & Tiber, 2018: 370). Hazır giyim sektöründe var olan sistem ise sürekli olarak yeni tüketici ihtiyaçları ve ürünleri üretmeyi hedefleyen moda trendlerinin hızlı döngüsüne dayanmaktadır. Böylece ürünlerin yaşam döngüleri kısalmakta, hızlı moda markaları, ürünlerini artan bir hızla değiştirmek istemekte (Niinimäki & Hassi, 2011: 1878) ve aynı zamanda tüketimi tetikleyerek sürekli satın alma niyeti ve isteği yaratmaktadır. Bunun nedeni ise her koleksiyon döngüsünde yeniden kâr elde eden hızlı moda markalarının (Aktan, 2013: 72; Çetiner, 2023: 343) daha fazla kâr elde etme arzusunda olmalarıdır. Buradan hareketle hızlı modanın pazarlama ideolojisinin, tüketicileri satın alma kararlarını hızlı vermeye, tekrar ve düzenli olarak satın almaya teşvik etme üzerine temellendiği ifade edilebilir (Çalışkan vd., 2016: 51). Bunların sonucunda ise hızlı moda, çok fazla kaynak kullanımına, çevre kirliliğine ve yüksek miktarda atık oluşumuna neden olan bir sisteme dönüşmektedir (Şahin, 2017: 16; Türkmen, 2012: 59; Vadicherla & Saravanan, 2014: 139; Yücel & Tiber, 2018: 370). Diğer bir ifadeyle hızlı moda, ekosistem ve doğa üzerinde yarattığı olumsuz etkilerinin yanı sıra oluşturduğu atıklarla beraber ekolojik, sosyal ve ekonomik birtakım problemlere neden olmaktadır (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1885). Dolayısıyla bu sorunların; gereksiz yere yapılan alışverişe, ekolojik yaşama zarar veren giysilerin kullanımına, gereksiz enerji ve su israfına, üretimde çalışan işçilerin yaşadıkları haksızlıklara karşı olan sürdürülebilir moda yaklaşımıyla önlenebileceği belirtilmektedir (Tekin Akbulut, 2012: 40). Bu düşüncelerden yola çıkılarak hazırlanan çalışmanın amacı, hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda stratejilerini (4R) H&M ve Zara markaları üzerinden incelemektir. Yapılan çalışmada, öncelikle hızlı moda kavramı, hızlı moda markaları ve sürdürülebilir moda stratejileri ele alınmış, ardından H&M ve Zara markalarının sürdürülebilir moda stratejileri azaltma, tekrar/

yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden/geri satın alma kapsamında karşılaştırmalı örnek olay çalışması yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın, hem hızlı moda markalarının ve tüketicilerin sürdürülebilir moda farkındalık düzeylerinin artırılması hem de alan yazında bu konu ile ilgili çalışmaların kısıtlı sayıda olması sebebiyle gelecekte yapılacak olan akademik çalışmalara temel oluşturması düşünülmektedir.

2. HIZLI MODA KAVRAMI VE HIZLI MODA MARKALARI

Gelişen teknolojilerin beraberinde getirdiği hız, günümüzde hazır giyim sektöründe üretilen ürünlerin modasının geçmesini oldukça hızlandırmaktadır. Bu bağlamda moda; “yeni ürünlerin, stillerin üretilmesini, öncü kesim tarafından tüketicilere tanıtılmasını, çoğunluk tarafından kabul edilmesini ve sonunda eskimesini sağlayan dinamik bir sosyal süreçtir” (Sproles, 1979). Öndoğan & Öndoğan (2021: 5) moda kavramını, “belirli bir maddi ya da manevi fenomende, herhangi bir zamanda fark edilebilen ve bir sosyal sistem veya ilişkili bireyler grubu içinde zamanla değişen, kültürel olarak onaylanmış bir ifade biçimi” olarak tanımlamaktadır. Gümüş & Üstün’e (1992) göre moda, “belirli zamanlarda çeşitli alanlarda meydana gelen, kitleler tarafından benimsenen yenilik ve stillerdir.” Hakko (1983: 1) ise moda kavramını, “kimi nesnelere kısa süreli ve nedensiz olarak birdenbire yaygınlık kazanması ile oluşan kesintisiz belli bir döneme ait geçici beğeniler olgusu” olarak ifade etmektedir. Bu tanımlarda en dikkat çekici nokta, modanın geçici ve sürekli değişim içinde olmasıdır. Çünkü moda bilim, teknolojik gelişmeler, tasarım ve sanattan etkilenmekte; değişimi, yeniliği desteklemekte; toplumsal dönüşüm ve değişimler için de bir gösterge işlevi görmektedir (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1888). Bu kapsamda, moda dünyasının uzmanları tarafından devamlı olarak yenilenen trendler oluşturulmakta ve oluşturulan bu trendler “kısa süreli (sezonluk) dönem” ve “uzun süreli (on yıllık, yüzyıllık) dönem” şeklinde iki süreci kapsamaktadır (Sproles, 1981: 117).

Günümüzde, modanın tüketim döngüsü oldukça geniş bir alanı kapsamakta; ancak bu tüketim döngüsü içerisinde kuşkusuz modayı gerçek bir endüstri haline getiren ve modanın doğasını en iyi yansıtan birim giysi olmaktadır (Çivitci, 2004: 3). Hazır giyim sektörünün mevcut sistemi; sürekli olarak yeni tüketici gereksinimleri ve yeni ürünler üretmeyi hedefleyen moda trendlerinin hızlı döngüsüne dayalıdır. Söz konusu sistem kapsamında gerçekleştirilen üretimlerin kullanım ömrü kısa olmakta ve markalar, ürünlerin hızlı bir biçimde değiştirilmesini istemektedir (Niinimäki & Hassi, 2011: 1878). Diğer bir ifadeyle ürünler, bilinçli bir şekilde planlı eskitme üzerine kurgulanmaktadır (Çetiner, 2023: 343). Hazır giyim sektöründe tüketici taleplerinin artması ve çeşitlenmesi üzerine markalar da her koleksiyon döngüsünde bir kez daha kâr elde etme isteği içerisinde. Dolayısıyla markalar, tüketicilere modayı takip eden ve daha farklı seçenekler sunmak için mevcut sezonlara ara sezonlar ilave ederek satış miktarlarını artırmaya odaklanmışlardır. Bunun sonucunda 1980’li yıllarda ABD’de “yüksek moda, düşük fiyat” olarak tanımlanan “hızlı moda” felsefesi doğmuş (Aktan, 2013: 72; Halaçeli Metlioğlu ve Yakın, 2021: 1889; Zhang vd., 2021) ve 21. yüzyılın başında tüm dünyaya yayılmıştır (Can & Ayvaz, 2017: 116).

Hızlı moda ile ilgili alan yazında çeşitli yazarlar tarafından yapılan tanımlar yer almaktadır. Byun & Sternquist’e (2008: 133) göre hızlı moda, “hızlı bir şekilde dönüşen stok ve kısa yenilenme döngüsü ile en son moda trendlerine yanıt veren bir pazarlama yaklaşımıdır.” Joy ve diğerlerine (2012) göre hızlı moda, “mevcut lüks moda trendlerini taklit eden düşük maliyetli giyim koleksiyonlarını” ifade etmektedir. Hacıola & Atılğan’a (2014:143) göre hızlı moda, “markaların rekabet üstünlüğü sağlayabilmek için başvurduğu farklılaşma stratejisi ve iş modelidir.” Alan yazında hızlı moda kavramının yerine “McFashion” kavramının da sıklıkla kullanıldığı

görülmektedir. Bu kavram, alan yazına Michelle Lee tarafından 2003 yılında kazandırılmıştır. Hızlı moda ile aynı anlamı taşıyan McFashion, “kullanılıp atılabilir trend ve şık moda giysileri” belirtmektedir. Bu kategoriye giren giysilerin tarz olarak düşük gelire sahip tüketicileri hedef alması, homojen ve hızlı bir şekilde global tüketim için üretilmesi, uygun fiyatlarda satılması sebebiyle gıda sektöründe kullanılan “Fast Food” kavramını giyim alanında gündeme getirmiştir. Ancak McFashion kavramının Fast Food kavramından en önemli ayrımı, tüketiciler tarafından moda akımlarını yakından takip edebilmek, akranlarına uyum sağlayabilmek ve kendilerini ifade edebilmek için tercih edilmesidir (Aktan, 2013: 93).

Hızlı moda kavramı; “tasarımdan mağazaya ürünlerin hızlı üretim ve dağıtım sürecine dayalı, pazarın gereksinimlerine kısa bir zaman dilimi içinde yanıt veren ve tüm dünya endüstrisini ele geçiren bir iş modelini” ifade etmektedir (Cachon & Swinney, 2011: 778). Bu tür bir iş modeli, kısa sürede ve düşük fiyatta kitle üretimi yoluyla ticaret yapmak amacıyla oluşturulmuştur (Can & Ayvaz, 2017: 116). Bu bağlamda hızlı moda markaları, ürünlerini geleneksel moda markalarına göre mağaza raflarına daha hızlı taşımaktadır. Genel olarak, “sonbahar-kış” ve “ilkbahar-yaz” olmak üzere iki ana sezon bulunmasına diğer bir ifadeyle endüstri ortalaması altı ay olarak ifade edilmesine karşın, hazırlık süresi hızlı moda markaları için iki-üç hafta olmaktadır (Çalışkan vd., 2016: 53; Aktan, 2013: 88). Hızlı moda markalarının bu uygulamaları, tüketicilerin mağazaya her gitmelerinde yeni bir ürün ile karşılaşmalarına sebep olmakta ve böylece her yeni ürün, takip edilecek yeni bir moda algısı yaratarak onları satın alma eylemine yöneltmektedir. Markalar tarafından her yeni ürün ile birlikte akımlara uygun çeşitlilik ve tasarım artırılırken, ürünün raf ömrü kısaltılarak tekrar bulma imkânının olmayabileceği algısı yaratılmakta ve ürüne olan talep artırılmaktadır. Dolayısıyla ürüne erişmenin kısıtlı bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşecek olması, tüketicilere anlık/içgüdüsel satın alma davranışı olarak yansımaktadır (Çetiner, 2023: 343; Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1889). Bununla birlikte hızlı modanın erişilebilir fiyatlara sahip olması, modanın her kesimden tüketiciye ulaşabilmesini olanaklı hale getirmiştir. Buradan hareketle Gucci ile yıllarını geçiren ikonik tasarımcı Tom Ford, hızlı moda kavramının modayı demokratikleştirdiğini hatta bu durumun moda anlayışının değişiminde önemli rol oynadığını ifade etmiştir. Gerçekten de moda, elit bir kesimin tutumu olmaktan çıktığında hızlı moda; herkesin karşılayabileceği uygun fiyatlarla daha geniş kitlelere ulaşılabilir (Mihm, 2010: 55) prensibiyle “bugün burada, yarın yok” algısı oluşturmayı hedeflemiştir. Böylece hem tüketicilerin bitmek bilmeyen yeni, moda akımlarına uygun giysiler satın almaya meyilli olması hem de hızlı moda markalarının daha fazla kâr elde etmek istemeleri doğal kaynakların büyük bir hızla ve bilinçsiz bir şekilde tükenmesine sebep olurken fazla üretim de insan sağlığına ve çevreye önemli ölçüde zarar vermektedir (Yücel & Tiber, 2018: 372). Daha da önemlisi hazır giyim sektöründe bu hızlı moda anlayışının ortaya çıkması, söz konusu sorunları tetikleyen unsurların kaynağı olarak kabul edilmektedir. Özellikle hızlı modanın tüketicilerde oluşturduğu ve giderek yaygınlık kazanan “ucuz-kullan at” düşüncesiyle dünya çapında her geçen gün milyarlarca giysi üretilmektedir. Bu bağlamda hızlı moda akımının öncüsü olarak bilinen H&M ve Zara, hızlı modayı uygulayan, günümüz hazır giyim sektöründe ciddi bir üstünlük elde etmiş iki önemli örnektir. H&M ve Zara dışında hızlı moda iş modelini benimseyen markalar arasında Gap, Mango, Pull&Bear, Top Shop, Bershka ve United Colors of Benetton gibi markaların yer aldığı söylenebilir (Aktan, 2013: 88; Can & Ayvaz, 2017: 116; Crofton & Dopico, 2007: 49). Bu markalar hızlı moda tüketicilerine altı hafta önce ilk kez podyumlarda görmüş oldukları son modayı; birinci, ikinci hatta üçüncü ürünü alabilecekleri fiyatlar ile sunabilmektedir (Dal & Gürpınar, 2010: 37). Böylece hızlı moda sayesinde podyumdan tüketicilere ışık hızıyla yetişen ürünler, aynı hızla insanlığı ve çevreyi ciddi zarara uğratmaktadır. Diğer bir anlatımla bu ürünlerde kullanılan hammaddenin

elde edilmesinde çocuk işçi çalıştırmaktan hayvan hakları ihlaline; işleme aşamasında kullanılan kimyasallar sebebiyle hem çalışanlara hem de çevreye verilen zarardan işçilerin yoksulluk sınırına varan ücretlerle çalıştırılmasına; aşırı tüketimle bunun fazlasının dağıtım ve/veya geri dönüşümüne harcanan enerji ve lojistikten tarım alanlarının bilinçsizce kullanımına; daha kötüsü atık olarak çevrede yarattığı tahribata bakılacak olursa, hızlı moda aslında ucuz giysi üretmekten ziyade yüksek maliyetli bir felaket üretmektedir (Kaya, 2021: 350-354). Hızlı moda sektöründe çevreyi ve insanı önemsemeyen bu uygulamaların sürdürülebilir yöne evrilebilmesi ancak köklü bir değişimle mümkün olabilir. Bunun için öncelikle insanı ve çevreyi gözeten, etik, şeffaf ve radikal bir bakış açısına gereksinim duyulmaktadır. İşte tam da bu noktada tüketim ve üretim arasındaki ilişkiyi, sürdürülebilir temeller üzerine kurabilen sürdürülebilir tüketim ve üretim alışkanlıklarının yeni yöntemleri önem kazanmaktadır (Çetiner, 2023: 343).

3. HIZLI MODA MARKALARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR MODA STRATEJİLERİ

Sürdürülebilirlik (sustainability), dünya çapında çevre, ekonomi ve toplum olmak üzere üç unsur içerir son yılların en moda kelimesidir (Vadicherla & Saravanan, 2014: 139). Sürdürülebilirlik kavramı, 1972 yılında ilk kez “Club of Rome” tarafından yayınlanan ve önemli bulgular içeren “Büyümenin Sınırları 2” isimli raporla gündeme gelmiş ve büyük ses getirmiştir. Bu rapor, hem dünya gibi kapalı bir sistem içerisinde sanayileşmenin, çevre kirliliğinin, doğal kaynakların sömürülmesinin, gıda üretiminin, nüfusun er veya geç çökmeden üstel büyümeyi sürdürmesinin olanaksız olduğunu hem de söz konusu felaketin önlenmesi, global dengenin sağlanması ve ekonominin gelişi güzel büyümesinin engellenmesi açısından kolektif bir taahhüdün gerekli olduğunu vurgulamıştır (Colombo, 2001: 7-11). 1987 yılında ise sürdürülebilirliğin kabul görmüş ve en çok kullanılan tanımı, “Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu” (Bruntland Komisyonu) tarafından hazırlanan “Ortak Geleceğimiz” (Our Common Future) adlı raporda “sürdürülebilir kalkınma” kavramı üzerinden yapılmıştır. Bu raporda sürdürülebilirlik “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılamalarını engellemeyecek biçimde karşılayabilmektir” şeklinde tanımlanmıştır. Diğer bir ifadeyle, gelecek kuşakların da en az kendilerinden önceki kuşak kadar mevcut doğal kaynaklardan faydalanma hakkı bulunmaktadır (Ayanoğlu & Ağa, 2017: 255; Cengiz, 2021: 133; Özkaya, 2010: 249-250; Şahin, 2017: 15). Bu bağlamda sürdürülebilirliğin temelinde, çevreye en az zararın verilmesi, gelecek kuşaklara aktarılacak şekilde doğal kaynakların adil ve doğru olarak kullanılması, yenilikçi ürünler yoluyla ekonomiye katkı sağlanması, mevcut insan nüfusunun insan onuruna yakışır hayat standartlarına ulaşabilmesi ve hayatını devam ettirebilmesi yatmaktadır. Buradan hareketle, birçok uluslararası toplantının konusunu oluşturan ve dünyanın önde gelen kuruluşları (örneğin McKinsey gibi) tarafından dile getirilen sürdürülebilirlik kavramının, insanların artan refah taleplerini karşılayabilmek için kullanılan üretim ve tüketim işleyiş biçimlerinin neden olduğu refah azalmasını dengeleme gereksinimlerinden doğduğu söylenebilir (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1885-1887; Şahin, 2017: 24).

Sürdürülebilirliğin ekonomik, ekolojik, sosyal ve teknolojik olmak üzere dört boyutu bulunmaktadır. Konunun uzmanları, sürdürülebilirliğin gerçekleşebilmesi için bu dört boyutunun da sağlanması gerektiğini belirtmektedir. Bu boyutlar aşağıda açıklanmaktadır (Ghazy, 2015: 44; Gürcüm & Yüksel, 2013: 50);

- Ekonomik sürdürülebilirlik; insan gücü, enerji ve hammadde gibi ekonomik kaynakların gereksinim duyulduğu kadar kullanılmasını ifade etmektedir.

- Ekolojik sürdürülebilirlik; doğal kaynakların ve çevrenin gelecek kuşaklar için korunmasını, doğaya zarar vermeyen, toksik olmayan dönüştürülebilir kaynakların kullanılmasını ifade etmektedir.
- Sosyal sürdürülebilirlik; kültürel çeşitliliğin sürdürülmesi, sağlık ve eğitim standartlarının artırılması, temel insan haklarının ve insan haklarına saygının uygulandığı standartlarda yaşama seviyesine ulaşılması ile sağlanan sürdürülebilirliktir.
- Teknolojik sürdürülebilirlik ise teknolojik dönüşümün çevre kirliliğini azaltacak yönde etki oluşturmaya ile sağlanan sürdürülebilirliktir.

Son yıllarda yaşanan en büyük ve en önemli sorunların başında, doğal kaynakların hızlı üretim ile hızlı tüketim sonucunda hızlı bir şekilde tükenmesi ve çevre kirliliği gelmektedir. Bu hızlı üretim ile hızlı tüketimden en fazla etkilenen sektörlerden biri de hazır giyim sektörüdür (Tiber & Yücel, 2018: 968). Hazır giyim sektöründe söz konusu bu sorunları ve daha sonra gerçekleşebilecek sorunları azaltabilmek için sürdürülebilirlik kavramı, bu sektörde 2010’lu yıllarda “sürdürülebilir moda” olarak kendisini göstermiştir (Kaya, 2021: 351). Sürdürülebilir moda; “ekolojik hayata zarar veren giysilerin kullanımına, gereksiz yere yapılan alışverişe, üretimde çalışan işçilerin yaşadığı haksızlıklara, gereksiz enerji ve su israfına karşı bir akım olarak ortaya çıkmıştır” (Tekin Akbulut, 2012: 40). Sürdürülebilir modanın amacı, süresi belli olmayan devam ettirilebilir sistemler meydana getirmek ve sosyal sorumluluk ile çevrecilik prensiplerine uygun hareket etmektir (Can & Ayvaz, 2017: 115). Bununla birlikte sürdürülebilir moda; daha doğru üretimi ve daha yavaş tüketimi içeren bir moda anlayışını benimsemekte, insan ve çevre dostu olmayı, tüketim çılgınlığının karşısında durmayı hedeflemektedir (Şahin, 2017: 16). Böylece sürdürülebilir moda, “hammaddeden üretim sonrasına kadar sürdürülebilir ürünler kullanmayı, üretim atıklarının sürdürülebilir hale getirilmesini ve sürdürülmesini desteklemektedir” (Fletcher, 2008: 117). Buradan hareketle sürdürülebilir modanın markalara sağladığı kazanımlar ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Mangır, 2016: 148);

- “Markaların sosyal ve çevre projelerine katılması tüketiciler ile olan bağın güçlenmesine sebep olacaktır.
- Sosyal ve çevre performanslarının iyileştirilmesi markanın popülaritesini artıracaktır.
- Üretim zincirinde teknolojinin kullanılması markaların maliyetlerini azaltacaktır.
- Hali hazırda birçok çevre markasının olması, markaların çevre performanslarını artıracaktır.”

Sürdürülebilir moda yaklaşımının gerçekleştirilebilmesindeki en önemli handikap hızlı moda yaklaşımıdır. Günümüzde hazır giyim sektörünün hızlı moda üretim süreci ile devam etmesi sürdürülebilirlik bakımından artık çok ciddi tehlikeler yaratmaktadır. Dolayısıyla hızlı moda yaklaşımı yerine “yavaş moda” (slow fashion) felsefesi, sürdürülebilir bir tasarım ve üretim olanağı ortaya koymaktadır (Can & Ayvaz, 2017: 116). Fletcher (2008) tarafından ortaya konan ve içinde yaşadığımız hız devrinde yavaşlamaya olan ihtiyacın moda sektöründeki yansıması olan yavaş moda kavramı; “daha iyi tasarlamak, üretmek, tüketmek ve daha iyi bir yaşam” olarak tanımlanmaktadır (Kaya, 2021: 354-355; Türkmen, 2009: 137). Yavaş kavramı her ne kadar moda ile bir paradoks oluştursa da, yavaş moda kavramı; tasarımcılar, tüketiciler, çalışanlar ve çevre bakımından farklı olumlu etkilere sahiptir. Bu bağlamda yavaş moda, tüketiciler için büyük bir itinayla tasarlanarak üretilmiş olan yüksek kaliteli ürünlere sahip olunması; gelişmekte olan ül-

kelerin tekstil sektörü çalışanları açısından daha yüksek ücret; çevre bakımından ise geçici moda akımlarının sonrasında kullanımdan kaldırılan, atılan giysi ve endüstri atıklarının daha az olması anlamına gelmektedir (Türkmen, 2012: 60). Görüldüğü gibi yavaş moda, “üretim kaynaklarının ve çevrenin hızlı moda ile yaratılan etkisinin azaltılması adına ortaya çıkan bir yaklaşımdır” (Mangır, 2016: 150). Bu bağlamda yavaş moda ile ilgili çalışmalar yapan Clark (2008: 427) sürdürülebilirliğe giden üç yol önermektedir. Bunlardan ilki yerel kaynakların kullanımı, ikincisi tüketici ile üretici arasında daha az aracının önerildiği şeffaf üretim sistemleri, üçüncüsü ise daha uzun kullanım ömrüne sahip ürünlerdir.

Günümüzde hızlı moda markalarının, gerek tüketiciler karşısındaki sosyal sorumlulukları gerekse doğal kaynakların her geçen gün azalması nedeniyle sürdürülebilirliğe büyük önem verdikleri görülmektedir. Özellikle söz konusu markalar, tekstil atıkları açısından atıkların kullanımının yanı sıra çevreye minimal zararı verecek şekilde dönüşümü için bazı tedbirler almakta ve sürdürülebilir moda anlayışı kapsamında “azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm” olarak ifade edilen 3R stratejilerini benimsemektedir. Tüm bu stratejilerin amacı, ürünlerin ömrünün uzatılarak bu ürünlerden azami ölçüde fayda sağlanmasıdır. Böylece 3R stratejileri, üretim zincirinin sonundaki atık oluşumunun yaratacağı olumsuz çevresel etkileri ortadan kaldırmayı ya da iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Fletcher (2008: 117-118) tarafından ortaya atılan bu stratejiler önem ve etki sırasına göre aşağıda açıklanmaktadır (Akdemir & Korkmaz, 2021: 197-198; Armstrong Soule & Reich, 2015: 1403-1404; Bener & Babaoğlu, 2008: 5; Cengiz, 2021: 139; Eser vd., 2016: 48-49; Kurtoğlu Necef vd., 2020: 68; Özkaya, 2010: 250; Paralı, 2020: 125; Topuzoğlu, 2023: 23-24; Yang vd., 2014: 218; Yücel & Tiber, 2018: 376);

- **Azaltma (Reduce):** Bir ürünün parçalarının ya da tamamının yenilenmesi, tamiri ile kullanım ömrünü uzatarak, kaynakların korunmasına katkı sağlanmasıdır. Diğer bir ifadeyle tüketimin veya kaynak kullanımının azaltılmasıdır. Burada kaynak kullanımını azaltmanın birinci amacı, meydana gelen toplam atık miktarını azaltabilmektir. Oluşan atık miktarını azaltmak için de atığın kaynağına odaklanmak gerekmektedir. İkinci amaç ise hammaddeleri kullanmamak şartıyla korumaktır. Görüldüğü gibi ürünlerin yeniden üretilmesinden ziyade kaynakların korunmasına katkı sağlanmakta, fakat yenileme ve geri kazanma işlemleri için malzemeye ve işçiliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda azaltma stratejisi, “atıkları yönetmenin en iyi yolu onu üretmemektir” ilkesine dayanmaktadır. Bu ise ancak çok dikkatli bir biçimde alışveriş yaparak, toplu ürün satın alarak, aşırı paketlenmiş ve tek kullanımlık ürünlerden kaçınarak sağlanabilir.
- **Tekrar Kullanım (Reuse):** Kullanılmayan ürünlerin aynı kullanım amacıyla, yeniden değerlendirilmesi diğer bir anlatımla tekrar işe yarar hale getirilmesi olarak tanımlanabilir. Bu stratejinin temeli ise tek kullanımlık ürünlerin yerine sürekli ya da uzun süre kullanılacak ürünlerin tercih edilmesine ve gereksinim duyulan, ancak sürekli kullanılmayacak olan ürünlerin ödünç alınmasına veya kiralanmasına dayanmaktadır. Çünkü tekrar kullanım sonucunda ürünler eninde sonunda atık olsa da, ürünler ikinci bir işlevde kullanılarak ürünün ömrü uzatılmakta ve böylece genel olarak atık miktarı azaltılmaktadır.
- **Geri Dönüşüm (Recycle):** Daha önceden kullanılan, elden çıkarılan malzemelerin farklı yöntemler yoluyla işlenerek kullanışlı ve yeni bir ürün haline getirilmesi diğer bir ifadeyle kullanılan malzemelerden yeni ürün elde edilmesidir. Bunun için geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılan ürünlerin satın alınması, atıkların geri dönüşüm numarası veya özelliğine göre sınıflandırılarak geri dönüşüme gönderilmesi, giysilerde geri dönüşümlü olanlara öncelik tanınması, giysilerin geri dönüştürülebilir şekilde verilmesi gerekmektedir. Hızlı moda

sektöründe atıklar geri dönüşüm açısından uygun durumda değil ise, biyoyakıt elde edilerek ya da yakılarak enerji amacı ile kullanılmaktadır.

Hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda stratejilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için geri dönüşüm (recycle) kavramına ilişkin “düşük döngü” (downcycling) ve “yüksek döngü” (upcycling) kavramlarının tanımlanması gerekmektedir (Vadicherla & Saravanan, 2014: 140). Niinimäki (2013) ile McDonough & Braungart’ın (2002) yaptıkları çalışmalarda geri dönüşümün, düşük döngü veya yüksek döngü şeklinde gerçekleşebileceğini ifade etmektedir. Düşük döngüde, “malzemenin değerinden bir miktar kaybedildiği ve orijinal malzemeye göre kalitenin daha düşük olduğu” belirtilmektedir. Bu sebeple düşük döngü malzemeler, dolgu amacı ile kullanılmaktadır. İleri dönüşüm olarak da tanımlanan yüksek döngü ise tam tersine ürünün kalitesini yüksek tutmayı amaçlamakta ve farklı üretimler sonucunda ortaya çıkan atıkların yeni bir işleme değer kazandırılarak verimli bir şekilde ve daha uzun süre yeniden kullanılmasını kapsamaktadır (Akdemir & Korkmaz, 2021: 198; Bursalıgil, 2019: 95; Yücel & Tiber, 2018: 378). Bu kavrama aynı zamanda “geri kazanım” adı da verilmektedir (Yıldırım, 2017: 488). Bu sayede yeni malzeme kullanımına ihtiyaç duyulmadan israf önlenmekte hatta çevre kirliliği ve enerji kullanımı azaltılmaktadır.

Son dönemlerde 3R olarak ifade edilen bu yaklaşıma “yeniden/geri satın alma” (rebuy) boyutunun dahil edilmesiyle 4R kavramı ortaya çıkmıştır (Akdemir & Korkmaz, 2021: 197; Halaçeli Metlioğlu & Yılmaz, 2021: 1753). Yeniden/geri satın alma, “geri dönüştürülmüş ya da geri kazanılmış malzemelerden üretilen ürünlerin yeniden satın alınması” olarak ifade edilmektedir (Vadicherla & Saravanan, 2014: 140). Bu stratejiyle, sürdürülebilirlik kavramına önem veren duyarlı tüketiciler hedef alınmakta ve bu tüketicilerin kullanmadıkları eski ürünleri mağazalara getirmesini teşvik eden kampanyalarla söz konusu ürünlerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır (Topuzoğlu, 2023: 27). Örneğin hızlı moda markası GAP, çevresel etkiyi azaltmak için sürdürülebilir moda koleksiyonlarına yatırım yaparak kendisini bu yönde geliştirmeye çalışmaktadır (Shen vd., 2014: 971).

Hızlı moda markaları, yukarıda belirtilen stratejileri başarılı bir şekilde uyguladıkları takdirde hızlı modanın neden olduğu çevre tahribatında ölçülebilir bir azalmanın olacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte bu markalar, yenilikçi sürdürülebilir ürün araştırmalarına destek vermelerinin yanı sıra yönetim ve üretimde etik ve şeffaflık anlayışını benimsemeleri halinde seslendikleri geniş kitlelerde sürdürülebilirliğin önemine ilişkin farkındalık yaratma görevini de üstleneceklerdir. Ancak bu noktada sürdürülebilirliğin önemi konusunda farkındalık yaratabilmek için tüketici eğitiminin diğer bir anlatımla “sürdürülebilir tüketici bilinci”nin oluşturulmasının şart olduğu vurgulanabilir. Tüm bunlar gerçekleştirildiğinde ise hızlı moda markalarının değişime önderlik ederek bütüncül bir şekilde sürdürülebilir moda doğru evrildikleri söylenebilir (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1901; Shen vd., 2014: 971; Topuzoğlu, 2023: 27).

4. ARAŞTIRMA

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Hızlı moda, “tasarım-üretim-satış” döngüsünü 1980’li yıllardan itibaren kısaltan iş modeliyle tüketimi harekete geçirerek sürekli satın alma isteği yaratmış ve hızlı moda markalarının her ko-

leksiyon döngüsünde tekrar kâr elde etmelerini sağlamıştır. Bu bağlamda hızlı moda markaları, günümüzde kullandıkları pazarlama yöntemleriyle tüketimi ve kârlarını artırırken, doğa ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra oluşturdukları atıklarla beraber ekolojik, sosyal ve ekonomik birtakım sorunlar yaratmaktadır (Can & Ayvaz, 2017: 116; Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1885). Dolayısıyla bu sorunların, doğal kaynakların kendi kendine yenilenebilmelerine imkân tanıyacak hızda kullanılmasını sağlayan sürdürülebilir moda yaklaşımıyla önlenilebileceği ifade edilmektedir (Yavuz, 2010: 65). Bu düşünceler ışığında çalışmanın amacı, hızlı moda markaları H&M ve Zara'nın sürdürülebilir moda stratejilerini (4R: azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden/geri satın alma) tartışmaktır. Bununla birlikte yapılan çalışmada, incelen konu hakkında geliştirilebilecek yeni fikirlerin doğmasına ilişkin bir basamak oluşturmak, araştırmacıların ve tüketicilerin farkındalık seviyesini artırmak hedeflenmektedir (Ayanoğlu & Ağaç, 2017: 252). Ayrıca çalışma, daha önce hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda stratejilerinin karşılaştırmalı örnek olay çalışması kapsamında ele alınmaması nedeniyle önem taşımaktadır.

4.2. Araştırmanın Yöntemi

Hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda stratejilerinin, karşılaştırmalı örnek olay çalışması çerçevesinde daha iyi açıklanacağı düşünüldüğü için bu çalışmada nitel araştırma yönteminden yararlanılması uygun görülmüştür. Yorumlayıcı yaklaşıma dayanan nitel araştırma, “olgu veya olayların kendi doğal ortamları içerisinde gerçekçi ve bütüncül bir şekilde ortaya konulmasına ilişkin nitel sürecin izlendiği araştırmadır” (Altunışık vd., 2001: 187; İslamoğlu & Alnıaçık, 2013: 205; Yıldırım & Şimşek, 2011: 39). Nitel araştırmalarda araştırmacı, araştırma konusunun teorik çerçevesini ve topladığı ayrıntılı verileri kullanarak hem kavramsal ilişkilendirmeler ve yorumlar yoluyla hem de özelden genele doğru akıl yürütme yoluyla uygulanabilir sonuçlara ulaşabilmektedir (Baxter & Jack, 2008: 553).

Nitel araştırmalar birçok araştırma deseniyle tasarlanabilmektedir. Yapılan bu çalışmada nitel araştırma desenleri arasında yer alan “örnek olay çalışması” (case study) deseni kullanılmıştır. Alan yazında “örnek olay incelemesi”, “vaka çalışması”, “durum çalışması” gibi isimlerle de yer alan örnek olay çalışması; “araştırmacının belirli bir zaman dilimindeki sınırlı bir sistemi (örnek olayı) ya da birden fazla sınırlı sistemi (örnek olayları) çok sayıdaki bilgi kaynağını kullanarak ayrıntılı ve derinlemesine olarak incelediği nitel araştırma yöntemidir” (Cresswell, 2007: 73). Ertosun (2016: 126) örnek olay çalışmalarını “tek örnek olay çalışması (single case study), çoklu örnek olay çalışması (multiple case study) ve zati öneme sahip örnek olay çalışması (case of intrinsic importance)” olmak üzere üç başlık altında incelemektedir. Bunlar aşağıda belirtilmektedir;

“Tek örnek olay çalışmasında araştırmacı bir duruma odaklanarak belirlediği durumla alakalı sınırlandırılmış bir örnek olayı belirlemektedir. Çoklu örnek olay çalışmasında yine araştırmacı bir durum seçmekte, ancak bu kez bu durumu açıklayan birden fazla örnek olay incelemektedir. Çoklu örnek olay çalışması, genel olarak “karşılaştırmalı örnek olay çalışması” (comparative case study) şeklinde de uygulanmaktadır. Zati öneme sahip örnek olay çalışmasında ise örneği çok olmayan ve başlı başına önemli bir örnek olaya odaklanılmakta ve söz konusu örnek olayın ayrıntılı bir betimlemesi yapılmaktadır.”

Yapılan bu araştırmada, odaklanılan konuyu derinlemesine ve karşılaştırma yaparak inceleme olanağı verdiği için karşılaştırmalı örnek olay çalışması tercih edilmiştir.

4.3. Araştırmanın Soruları

Alan yazın taraması ve araştırmanın amacı doğrultusunda belirlenen temel sorular aşağıda belirtilmektedir (Cengiz, 2021; Kurtoğlu Necef vd., 2020; Yücel & Tiber, 2018);

Soru 1: Hızlı moda markaları hangi sürdürülebilir moda stratejilerini uygulamaktadır?

Soru 2: Hızlı moda markaları sürdürülebilir moda stratejilerini uygulama konusunda başarılı olarak değerlendirilebilir mi?

4.4. Araştırmanın Örnekleme

Nitel araştırmalarda yaygın olarak olasılığa dayalı olmayan “amaçlı örnekleme yöntemi” kullanılmaktadır. Amaçlı örnekleme yöntemi, “sınırlı olan kaynakların en etkin bir biçimde kullanılabilmesi için bilgi açısından zengin durumların saptanması ve seçilmesinde tercih edilen bir yöntemdir” (Yağar & Dökme, 2018: 4). Bu bağlamda hazır giyim sektöründe sürdürülebilir moda uygulamaları ile dikkat çeken dünyaca ünlü hızlı moda markaları H&M ve Zara, amaçlı örnekleme yöntemi kullanılarak seçilmiştir.

4.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma, sürdürülebilir moda anlayışı doğrultusunda azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden/geri satın alma olarak isimlendirilen 4R stratejileri ile sınırlandırılmıştır.

4.6. Veri Toplama Süreci

Nitel araştırmalarda örnek olay, görüşme, kişisel deneyim, gözlem, yazılı ve görsel doküman incelemesi gibi pek çok teknik kullanılmakta hatta bazen bu tekniklerden bazılarının birlikte kullanılması istenmektedir (Altunışık vd., 2001: 191; İslamoğlu & Alnıaçık, 2013: 205). Bu araştırmada ise doküman incelemesi yoluyla internet ortamındaki görsel ve yazılı veriler değerlendirilerek nitel sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

4.7. Araştırma Bulgularının Değerlendirilmesi

Yapılan araştırma kapsamında hızlı moda markaları H&M ve Zara'nın sürdürülebilir moda stratejileri incelenerek aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

4.7.1. Hızlı Moda Markası Olarak H&M'in Sürdürülebilir Moda Stratejileri

Hızlı moda akımının öncülerinden olan H&M (Hennes & Mauritz), özellikle genç nesil arasında oldukça popüler olan İsveç kökenli bir giyim ve giysi aksesuarları markası olmakla birlikte koleksiyonları, moda ve günümüz akımlarına yön veren ilgi çekici parçalardan oluşmaktadır (Turancı, 2021: 356). 1947 yılında İsveç'in Vasteras şehrinde Erling Persson tarafından kurulan H&M (Develi, 2017: 65), 2019 yılı itibarıyla 74 ülkede 5000'den fazla mağazası ile hizmet ve-

ren perakende zinciri haline gelmiştir. Başarısını ise etkin ve etkili lojistik yönetimine, en uygun fiyatla en iyi kalitede ürün sunmasına, yenilikçi ve yaratıcı tasarım gücüne borçlu olduğu söylebilir (Tungate, 2008).

Hızlı moda markası H&M'in yönetim kurulu başkanı Karl-Johan Persson 2014 yılında kendisiyle yapılan bir söyleşide "H&M de biz sürdürülebilir moda ve sürdürülebilirliği moda yapmak için kendimizle yarışıyoruz. İnsanların kişiliklerini yansıtmaya ve giydiklerinden gurur duymalarına yardımcı olmak istiyoruz" sözleriyle markanın sürdürülebilirlik ile ilgili uygulamalarına ve duyarlılığına ilişkin açıklamalarda bulunmuştur (Koca vd., 2016: 222). Bunun yanı sıra yapılan işlerin ve giysilerin nasıl üretildiğine dair bilgiyi paylaşma anlamına gelen şeffaflığın, daha sürdürülebilir olmanın önemli bir unsuru olduğuna inanan H&M (Durgun & Sarıbay, 2022: 423), sürdürülebilir moda yaklaşımı ile ilgili olarak internet sitesinde şu ifadelerle yer vermiştir (H&M, t.y.);

"Bir ürünün sürdürülebilirliğinden bahsederken, bu ürünün hem çevreye hem de onu yapan, hazırlayan, taşıyan, satan ve satın alan insanlara olan etkisinden söz ediyoruz! Bu yüzden tüm ürünlerimizin gezegenimize ve ürünün ömrü boyunca onu kullanan insanlara karşı hassasiyet ve sorumluluk içerisinde üretilmesini sağlıyoruz."

Bu bağlamda H&M, 2030 yılına kadar tüm ürünlerinin geri dönüştürülen ya da diğer sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen materyaller kullanılarak üretilmesini hedeflemektedir (Kurtoğlu Necef vd., 2020: 71). Örneğin; H&M ile hazır giyim sektörünün çevresel etkileriyle mücadele edebilmek amacıyla tasarlanmış son teknoloji materyaller geliştiren bilim insanları, araştırmacılar ve yaratıcı düşünürler arasındaki iş birliği sonucunda üretilen "Science Story" isimli koleksiyon, az su ile yetişen kaktüs bitkisinden elde edilen vegan deri ihtiva etmektedir (Cengiz, 2021: 139; Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021:1894-1895). Öte yandan H&M, koleksiyonlarının bazı parçalarında toplanan giysilerden geri dönüştürülmüş malzemeler kullanmaktadır. Bu doğrultuda H&M, 2013 yılından bu yana eski giysileri dönüştürüp, geri kazandırmak için tüm mağazalarında geri dönüşüm kutuları bulundurmakta ve müşterilerinden kullanılmış giysileri, verdiği indirim kuponlarıyla geri alarak dünya ekonomisine önemli katkılar sunmaktadır (Atalayman, 2019: 35; Can & Çılaşvili Sevindik, 2021: 130; Cengiz, 2021: 140; Durgun & Sarıbay, 2022: 423; Yücel & Tiber, 2018: 377). İndirim kuponları, sürdürülebilirlik kavramına önem veren tüketiciler ve marka bakımından "kazan-kazan" şeklinde değerlendirilmekte ve kullanmadıkları ürünlerden kurtulan tüketiciler ise geri dönüşüme katkıda bulunmaktadır (Turancı, 2021: 354). Diğer yandan H&M, sürdürülebilir moda anlayışıyla üretim ve tasarımlarına devam ederken 2019 yılı sonbahar sezonunda her parçanın en az %50'sinin pet şişelerden yüksek döngüde elde edilen polyester içerdiği "Conscious" (Doğa Dostu) isimli koleksiyonunu tanıtmıştır (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021:1897; Zhang, 2021: 3). Böylece H&M, üretim için hammadde elde etmenin yanı sıra geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımına, geri dönüşümün artırılmasına odaklanarak su tüketimini, kimyasal kullanımını ve atık miktarını minimize etmeye yönelik çalışmalar yapmaktadır (Erdil, 2017; Kurtoğlu Necef vd., 2020: 71; Turancı, 2021: 354; Yücel & Tiber, 2018: 377).

Sürdürülebilirlik ile ilgili etkin bir şekilde çalışmalar yürüten hızlı moda markalarından H&M, sıfır atık ilkesinde döngüsel moda inisiyatifi "Ellen McArthur Vakfı" ile iş birliği yaparak "tasarım, malzeme, üretim süreci-kullanma bakım-onarım, yeniden kullanım, geri dönüşüm, tasarım"

döngüsü yaklaşımıyla faaliyetlerini yürütmektedir. Bunun için H&M, hızlı modada sürdürülebilirlik konusunda en iyi çözümün, “belirli bir ürünün muhafaza edilerek ömrünün uzatılması” prensibinden hareketle “az yıkayın, onarın, geri dönüştürün ve tekrarlayın” sloganını geliştirmiştir. Bu doğrultuda, Paris, Londra, Stockholm ve Viyana’daki büyük mağazalarında giysilere yenileme ve onarım yapılabilecek atölyeler kurmuştur. H&M’in sürdürülebilirlik konusundaki son girişimi ise giysi kiralama sistemidir. Stockholm’de bulunan bir mağazasında tek gecelik kullanımlar için “Conscious” koleksiyonundan seçilen giysilerin kiralanmasına imkân veren bir sistem başlatmıştır. Görüldüğü gibi H&M, atık miktarının azaltılmasını ve ürünün ömrünün uzatılmasını sağlayacak çözümler üzerinde yoğun olarak çaba göstermektedir (Cengiz, 2021: 140; Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021:1897-1898).

Son yıllarda H&M, “kullan-at” modeli yerine “kapalı döngü” (closed loop) modelini tercih etmektedir. Kapalı döngü modeli; “ürünlerin tek ömürlü olmaları yerine, kullanım sonrasında bile dönüşebilecekleri yeni bir ürüne sahip olmaları gerektiği” felsefesine dayanmakta ve “hammadde seçimi, kumaş, ürün tasarımı, üretim, paketleme ve nakliye, satış, geri kazanım, geri dönüşüm” aşamalarından oluşmaktadır (Eser vd., 2016: 51-52; McDonough & Braungart, 2002: 104-113). Bu noktada hammadde seçimiyle başlayan döngünün kapatılabilmesi için tüketicinin kullanmayacağı giysilerin dönüştürülmesi, tekrar kullanılması ve geri kazanılması hedeflenmekte ve bunun için tüketiciler, marka tarafından geri dönüşüm ve geri kazanım konularında bilgilendirilerek onlarla iş birliği yapılmaktadır (Wang, 2018: 3). Bu amaçla H&M, 2017 yılının bahar sezonunda “Bring It on” (Haydi Getir) kampanyasıyla yırtılan, solan, eskiyen giysileri mağazalarında toplayabilmek için “haydi bu vicdan azabına son verelim” sloganıyla düşük ve yüksek döngüde geri dönüşümü hedeflemiş ve böylece giysi geri dönüşümünün önemi konusunda farkındalık yaratmaya çalışmıştır (Turancı, 2021: 356). Toplanan giysilerden iyi durumda olanlar ikinci el giysi olarak kullanılırken, yıpranmış halde olanlar ise başka tekstil ürünleri olarak yeni baştan hayat bulmakta, yalıtım veya dolgu malzemesine dönüştürülmektedir. Meydana gelen atıklar da toz haline getirilerek karton üretiminde kullanılmakta ve tüm bu işlemler kapalı döngü modeli çerçevesinde gerçekleştirilmektedir (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1896; Yücel & Tiber, 2018: 377).

4.7.2. Hızlı Moda Markası Olarak Zara’nın Sürdürülebilir Moda Stratejileri

Hızlı modanın öncülerinden Zara ise kadınlara, erkeklere, gençlere hatta çocuklara özgü ürünler satan İspanya orjinli bir giyim ve giysi aksesuarları markasıdır. 1975 yılında La Coruña’da, Amancio Ortega Gaon tarafından kurulan Zara (Crofton & Dopico, 2007: 41), dünyanın en büyük üç hazır giyim markasından biridir ve dünya genelinde 2017 yılı itibarıyla 96 ülkede 2200’den fazla mağazası bulunmaktadır (Sekmen, 2019: 48). Amacı modayı demokratikleştirmek olan Zara, “podyumları süsleyen giysilerin bütçeye uygun yorumlarını soluk kesen bir hızda mağazalarına aktarması ile tanınmaktadır” (Develi, 2017: 75). Bununla birlikte “Inditex Grup” bünyesinde bulunan Zara, grubun en büyük firmasıdır ve bu grupta Zara ile birlikte; Stradivarius, Pull and Bear, Massimo Dutti, Oysho, Massimo Dutti ve Kiddy Class gibi tanınmış markalar yer almaktadır.

Hızlı moda markası Zara, sürdürülebilir moda stratejileri konusunda ekolojik, sosyal ve ekonomik açıdan çok önemli girişimlerde bulunmuştur. Bu kapsamda, Zara kamuoyuna 2025 yılına kadar tüm ürünlerin sürdürülebilir olacağına dair taahhütte bulunarak mağazalarında eski ürünlerin toplanacağı geri dönüşüm kutularına yer vereceğini açıklamıştır. Böylece Zara “giysi toplama programı” ile mağazalarındaki geri dönüşüm kutularına kullanılmayan giysilerin bırakılmasını

özendirerek bu giysilerin yeniden kullanılma ya da geri dönüştürülme amacıyla kâr amacı gütmeyen kuruluşlara bağışlanmasını sağlamıştır (Cengiz, 2021: 140).

Giysilerde hem geri dönüştürülebilir polyester hem de organik pamuk kullanımını teşvik eden Zara, internet sitesinde “Sustainable Apparel Coalition” (Sürdürülebilir Giyim Koalisyonu) tarafından geliştirilen “Higg Endeksi”ni esas alan “Join Life” standardını kabul ettiğini şu ifadelerle belirtmiştir (Zara, t.y.):

“Join Life, Zara için bir sürekli gelişim sürecini temsil ediyor. Sürekli kendimize daha sürdürülebilir bir model geliştirmek için neler yapmamız gerektiğini soruyoruz. Önümüzdeki yolun uzun ve karmaşık olduğunu biliyoruz ama sektörün dönüşüm gücüne inanıyoruz. Bu yüzden de gelişmeye devam edebilmek için daha iddialı sosyal ve çevresel hedefler belirliyoruz. Ürünlerimizin tasarımından üretimine, malzeme seçim sürecimizden depo ve mağazalarımızın yönetimine kadar, değer zincirimizin farklı aşamalarında bütünsel bir yaklaşımla çalışıyoruz. Bu süreçte kullanılan giysilere yönelik onarım, yeniden satış ve bağış programlarıyla müşterilerimize giysilerin yaşam döngülerini uzatmaları konusunda yardımcı oluyoruz. Sürdürülebilirlik hedeflerimize ulaşma yolculuğumuz, tek başımıza üstesinden gelemeyeceğimiz zorlu bir süreç. Bu nedenle sektörde köklü bir değişim yaratmak için tedarikçilerimiz, çevre uzmanları, uluslararası kuruluşlar, sendikalar ve sivil toplum kuruluşları ile sıkı sıkıya iş birliği yapıyoruz. Mükemmel olmasak da bir şeyleri iyileştirmeye kararlıyız.”

Higg Endeksi, “bir ürün, marka veya firmanın sürdürülebilirlik yolculuğunun her aşamasında ürün, marka veya firmanın sürdürülebilirlik performansını ölçen araçlardır” (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021:1898). Higg Endeksini temel alan Join Life etiketiyle markalar, “sürdürülebilir gelecek hedeflerine dikkat çekmekte ve bu etiketle üretilmiş olan koleksiyonlar sıfır atık prensibi ile geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmaktadır.” Markaların Join Life standardına uygun olup olmaması ise “Inditex Grup” tarafından test edilmekte ve söz konusu testlerden geçebilen markalar ise Inditex Grup ile çalışma imkânı elde etmektedir (Can & Çılaşvili Sevidnik, 2021: 127-128). Bu bağlamda Zara, giyim koleksiyonundaki sürdürülebilir ürünler için 2019 yılından beri “Join Life” etiketini kullanmakta ve internet sitesinde “+care for fiber, +care for water ve +care for planet” başlıkları altında sürdürülebilir moda stratejilerinden söz etmektedir. Halaçeli Metlioğlu ve Yakın (2021: 1899-1900) bu başlıkları aşağıdaki gibi açıklamıştır;

“+Care for fiber, geri dönüştürülmüş pamuk ve yün, geri dönüştürülmüş polyester iplikler, lyocell ya da tamamı organik pamuk gibi sürdürülebilir temel maddelerden üretimi ifade etmektedir. Geri dönüştürülmüş pamuk ve yünün kullanımı gerek yünün iplik haline getirilmesinde gerekse pamuk üretiminde harcanan enerji ve suyu azaltmakta ve böylece doğal kaynak tüketimini en aza indirmektedir. Geri dönüştürülmüş polyester ise, atık pet şişelerden elde edilen petin, iplik haline getirilmesiyle hem enerji ve su tüketimini hem de işlenmemiş hammadde üretimini azaltarak daha az atık üretilmesini sağlamaktadır... +Care for water, giysilerin yıkama ya

da boyama süreçleri suyun en fazla tüketildiği aşamalar olduğu için üretim sürecinde su tüketiminin azaltıldığı giysileri belirtmektedir. Suyun yeniden kullanımına izin veren kapalı döngülerin kullanımı veya boyama ile ilgili teknolojiler su tüketiminin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. +Care for planet ise üründe kimyasal kullanımını azaltmaya izin veren yenilenebilir enerji gibi teknolojilerin kullanımı ile üretilen giysileri ifade etmektedir.”

Hızlı moda markası Zara, işlenmemiş ham madde tüketimini azaltarak ürünlerin ve ambalajların geri dönüşümünü kolaylaştıran “döngüsel bir ekonomi modeli” üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Bu bağlamda MIT ile iş birliği içinde olan Zara, döngüsel ekonominin gelişimine katkıda bulunmak için İspanya üniversitelerinin ve araştırma merkezlerinin çalışmalarını destekleyerek “MIT-İspanya Inditex Sürdürülebilirlik Fonu Projesi”ni geliştirmiştir. Bununla birlikte Zara markası “Green to Pack” programı doğrultusunda 2023 yılından itibaren giysilerin koruma ve etiket sistemlerini, tüm ambalajlarını doğada daha hızlı yok olmasını sağlayacak biçimde yeni baştan tasarlamıştır. Ayrıca 2025 yılına kadar tüm polyester ürünlerinin geri dönüştürülmüş olmasını, %100 daha sürdürülebilir keten kullanımını ve özellikle yıkama, boyama gibi işlemlerde %25 daha az su tüketimini; 2030 yılına kadar emisyonlarının %50’sinden fazlasını azaltmayı, %100’ü daha az çevresel etkiye sahip tekstil hammaddeleri kullanmayı; 2040 yılına kadar ise sıfır sera gazı emisyonuna sahip olmayı hedeflemektedir (Can & Çilaşvili Sevindik, 2021: 130; Zara, t.y.).

4.8. Hızlı Moda Markaları H&M ve Zara’nın Karşılaştırılması

Araştırmaya dahil edilen iki hızlı moda markası incelenmiş olup, araştırma sorularının yanıtları Tablo 1’de yansıtılmıştır.

Tablo 1: Hızlı Moda Markaları H&M ve Zara’nın Karşılaştırmalı Tablosu

	H&M	Zara
Hızlı moda markaları hangi sürdürülebilir moda stratejilerini uygulamaktadır?	Azaltma	Azaltma
	Tekrar/Yeniden Kullanım	Tekrar/Yeniden Kullanım
	Geri Dönüşüm	Geri Dönüşüm
	Yeniden/Geri Satın Alma	Yeniden/Geri Satın Alma
Hızlı moda markaları sürdürülebilir moda stratejilerini uygulama konusunda başarılı olarak değerlendirilebilir mi?	Evet	Evet

5. SONUÇ

21. yüzyıl ile birlikte globalleşen moda endüstrisinin daha çok kâr elde edebilmek amacıyla yarattığı “modadaki hızlı değişime dayalı giyim anlayışı” olarak ifade edilen hızlı moda (Alpat, 2012: 44), tüketicilere kolay ulaşma olanağı sağlayan pazarlama yöntemleri ile sunulmaktadır (Şahin, 2017: 16). Hızlı moda sektörünün bu faaliyetlerini gerçekleştirirken ekolojik, sosyal ve ekonomik boyutta verdiği zararların en aza indirilmesi insanlığın ve dünyanın geleceği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle günümüzde hızlı moda markalarının üretimini yavaşlatması, özellikle keten, yün, pamuk, üretimini desteklemesi, koleksiyon sayısını azaltması, zehirli kimyasal maddeleri en aza indirerek veya bu maddeleri kullanmadan işlem yapması doğanın korunması açısından gereklidir. Ancak bu yönde hareket eden markaların ise hızlı sektör döngüsü içerisinde yaşanan yoğun rekabet ortamında zayıflayabileceği söylenebilir. Dolayısıyla sektörde yer alan markalar, kendi aralarında bir araya gelip endüstriyi sürdürebilecekleri bir sistem oluşturarak ve çevreyi koruyarak, geliştirecekleri yeni stratejiler ile hareket etmelidir (Alpat, 2012: 45). İşte tam da bu noktada sürdürülebilir moda anlayışı önem kazanmaktadır. Günümüzde hızlı moda kavramının sürdürülebilirlik kavramıyla beraber irdelenmesi, çelişkili görünse de sürdürülebilir moda hedeflerine karşı duyarlı olunur ve konuya daha doğru ve çok yönlü bir biçimde yaklaşılsa hızlı moda sektörü dönüşerek tüketiciler nezdinde hak ettiği öneme kavuşabilecektir. Böylece dünya ekonomisine olumlu katkılar sağlanırken çevreye verilen zararın da minimuma indirilmesi mümkün olabilecektir (Can & Ayvaz, 2017: 118).

Bu çalışmanın amacı, hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda stratejilerini azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden/geri satın alma (4R) kapsamında ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda, amaçlı örnekleme yöntemine göre seçilen hızlı moda markaları H&M ve Zara'nın sürdürülebilir moda stratejileri, karşılaştırmalı örnek olay çalışması yapılarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda, H&M ve Zara'nın sürdürülebilir moda anlayışı oluşturmak üzere yaratıcı ve yenilikçi fikirler, çözümler bulma konusunda global varlıklarını da kullanarak hızlı moda sektörünün dönüşümü için katalizör işlevi üstlendikleri; hızlı tüketim ile birlikte yaratmış oldukları olumsuz imajlarını, sürdürülebilirlik kavramı ve azaltma, tekrar/yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden/geri satın alma gibi 4R sürdürülebilir moda stratejilerini başarılı bir şekilde uygulayarak “sürdürülebilir markalar” statüsüne taşımaya çalıştıkları; ekolojik, sosyal, ekonomik, teknolojik yönleriyle de değişime ve yeniliklere önderlik ederek holistik olarak sürdürülebilir moda doğru evrildikleri açıkça görülmektedir. H&M ve Zara'nın bu başarılarının, hem sektördeki diğer hızlı moda markalarına hem de başka sektörlerde faaliyet gösteren markalara örnek oluşturması beklenmektedir. Bu doğrultuda “tasarım-üretim-satış” döngüsünde yaşanan hızın yerini, “tasarım-malzeme, üretim süreci-kullanma-bakım-onarım-yeniden kullanım-geri dönüşüm-tasarım” döngüsü almaktadır (Halaçeli Metlioğlu & Yakın, 2021: 1901). Söz konusu durumun ise gelecekte hızlı moda sektöründe sürdürülebilirlik anlayışının artmasına ve yerleşmesine büyük ölçüde katkı sağlayabileceği söylenebilir.

Hızlı moda sektörünün ekolojik, sosyal ve ekonomik boyutta verdiği zararlarının her geçen gün artması, hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda anlayışını ele alan daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Hızlı moda markalarının 4R kapsamında sürdürülebilir moda stratejilerini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada; araştırmacıların, tüketicilerin ve hızlı moda markalarının sürdürülebilir moda daha fazla dikkatlerini çekmek ve farkındalık oluşturmak hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra incelenen konuyla ilgili çalışmaların geliştirilebilmesi ve devamı bakımından farklı hızlı moda markalarının yöneticileri ile sürdürülebilir moda yaklaşımlarını ortaya koyacak karma araştırmaların yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akdemir, İ., & Korkmaz, F. D. (2021). *Sürdürülebilirlik Bağlamında Moda ve Sanat İlişkisi, İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi-INIJOSS*, 10(1), 191-207.
- Aktan, C. (2013). *Tüketici Temelli Moda Değeri: Hızlı Moda Sektöründe Bir Uygulama (Yayınlanmamış Doktora Tezi)*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Alpat, F. E. (2012). *Yavaş Moda Nedir?*, *Akdeniz Sanat Dergisi*, 4(8), 44-47.
- Altunışık, R., Coşkun, R., Yıldırım, E., & Bayraktaroğlu, S. (2001). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri: SPSS Uygulamalı, Adapazarı: Sakarya Kitabevi*.
- Armstrong Soule, C. A., & Reich, B. J. (2015). *Less is More: is a Green Demarketing Strategy Sustainable?*, *Journal of Marketing Management*, 31(13-14), 1403-1427.
- Atalayman, N. (2019). *Gelişen Teknoloji ve Moda Eğilimlerinin Günümüz Denim Modasına Etkileri (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Ayanoğlu, S. G., & Ağaç, S. (2017 Mayıs/Haziran). *Sürdürülebilir Moda Kavramına Yönelik Tasarım Fikirler*, *Art-e Sanat Dergisi*, 10(19), 252-273.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008 December). *Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Researchers*, *The Qualitative Report*, 13(4), 544-559.
- Bener, Ö., & Babaoğlu, M. (2008). *Sürdürülebilir Tüketim Davranışı ve Çevre Bilinci Oluşturmada Bir Araç Olarak Tüketici Eğitimi*, *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi* 5(1), 1-10.
- Bursalıgil, G. (2019 Haziran/Temmuz). *Giysi Tasarımında Sıfır Atık Yöntemlerinin ve Uygulamalarının İncelenmesi*, *International Journal of Interdisciplinary and Intercultural Art*, 4(7), 81-100.
- Byun, S. E., & Sternquist, B. (2008), *The Antecedents of in-store Hoarding: Measurement and Application in the Fast Fashion Retail Environment*, *The International Review of Retail Distribution and Consumer Research*, 18(2), 133-147.
- Cachon, G., & Swinney, R. (2011). *The Value of Fast Fashion: Quick Response, Enhanced Design, and Strategic Consumer Behavior*, *Management Science*, 57(4), 778-795.
- Can, İ., & Çilaşvili Sevidnik, N. (2021). *Kurumsal Markaların Sürdürülebilirlik Prensipleri İle Uyguladıkları Yeşil Pazarlama Politikalarının Değerlendirilmesi: "Join Life" Etiketleri*, *Ay, A. (Ed.), 4. Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Kongresi Tam Metin Bildiri Kitabı (121-133)*, 29-30 Aralık, Konya: Çizgi Kitabevi.
- Can, Ö., & Ayvaz, K. M. (2017). *Tekstil ve Modada Sürdürülebilirlik*, *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 110-119.
- Cengiz, G. (2021). *Sürdürülebilir Tüketim Ekseninde Sürdürülebilir Moda Pazarlaması Uygulamaları*, *İktisadi ve İdari Yaklaşımlar Dergisi*, 3(2), 131-144.
- Clark, H. (2008). *Slow + Fashion - an Oxymoron - or a Promise for the Future ...?*, *Fashion Theory The Journal of Dress Body & Culture*, 12(4), 427-446.
- Colombo, U. (2001). *The Club of Rome and Sustainable Development*, *Futures*, 33(1), 7-11.
- Crofton, S. O., & Dopico, L. G. (2007), *Zara-Inditex and The Growth of Fast Fashion*, *Essays*

in Economic and Business History, 25, 41-53.

Cresswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, Thousand Oaks: Sage Publications.

Çalışkan, A., Karacasulu, M. T., & Öztürkoğlu, Y. (2016 Aralık). Y. (2016). *Hızlı Moda Markalarında Çevik ve Esnek Tedarik Zinciri Yönetimi*, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(4), 49-73.

Çetiner, M., (2023). *Sürdürülebilir Moda ve Bölgesel Markalama: Tokat Önerisi*, Folklor Akademi Dergisi, 6(1), 341-364.

Çivitçi, Ş. (2004). *Moda Pazarlama*, Ankara: Asil Yayıncılık.

Dal, V., & Gürpınar, M. (2010). *Hazır Giyim Sanayinde Hızlı Moda Kavramı ve Bir Model Önerisi*, İstanbul: İstanbul Sanayi Odası.

Develi, A. B. (2017). *Orta Sınıf Kadın Tüketicilerin Marka Bağımlılıklarının Moda Algısı Üzerinden Bedene Müdahalesi: İstanbul 2016 Yılı H&M ve Zara Markaları Örneği (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)*, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Durgun, G., & Sarıbay, B. (2022). *Sürdürülebilir Bir Dünya İçin Ürün Pazarlama Stratejileri: Moda Sektöründen Örnekler*, Journal of Social and Humanities Sciences Research, 9(81), 397-406.

Erdil, M. (2017). *Sıfır Atık Modası*, <http://www.hurriyet.com.tr/sifiratik-modasi-40375721>, Erişim Tarihi: 20.08.2023

Ertosun, E. (2016). *Türkiye’de Siyasi Tarih Çalışmaları: Metodoloji Sorunu ve Bir Çözüm Önerisi Olarak Örnek Olay Çalışması*, Uluslararası İlişkiler, 12(48), 117-133.

Eser, B., Çelik, P., Çay, A., & Akgümüş, D. (2016). *Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları*, Tekstil ve Mühendis, 23(101), 43-60.

Fletcher, K. (2008). *Sustainable Fashion and Textiles: Design Journeys*, London: Routledge.

Ghazy, H. M. S. (2015). *Achieving Sustainable Development by Applying Biomimicry in Fashion Design*, Journal of Basic and Applied Scientific Research, 5(12), 42-52.

Gümüş, İ., & Üstün, G., (1992 Kasım/Aralık). *İki Sihirli Güç! Moda ve Reklam*, Pazarlama Dünyası Dergisi, 6(36), 24-26.

Gürcüm, B. H., & Yüksel, C. (2012). *Moda Sektörünü “Yavaşlatan” Eğilim: Eko Moda ve Moda’da Sürdürülebilirlik*, Akdeniz Sanat Dergisi, 4(8), 48-51.

H&M, (t.y.). https://www2.hm.com/tr_tr/customer-service/product-and-quality/product-sustainability.html, Erişim Tarihi: 25.08.2023.

Hacıola, Y., & Atılğan, T. (2014). *Türk Hazır Giyim Sektöründe Hızlı Moda ve Hızlı Moda Perakendeciliği Üzerine Bir İnceleme*, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 24(2), 143-150.

Hakko, C. (1983). *Moda Olgusu*, İstanbul: Vakko Yayınları.

Halaçeli Metlioğlu, H., & Yakın, V. (2021). *Tekstilde Sürdürülebilirlik: Hızlı Moda Markalarının Sürdürülebilirlik Stratejileri*, OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı, 18, 1883-1908.

- Halaçeli Metlioğlu, H., & Yılmaz, H. (2021 Aralık). Covid 19 Sürecinde Moda Tasarımında Sürdürülebilirlik Yaklaşımları, İdil, 88, 1747-1757.*
- İslamoğlu, A. H., & Alnaçık, Ü. (2013). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.*
- Joy, A., Sherry Jr, J. F., Venkatesh, A., Wang, J., & Chan, R. (2012). Fast Fashion, Sustainability, and the Ethical Appeal of Luxury Brands. Fashion Theory, 16(3), 273-295.*
- Kaya, E. (2021 Ekim). Hızın Krizinden Yavaşlamaya: Hızlı Moda, Erkan, B. & Telek, C. (Eds.), Uluslararası İktisatta Güncel Sorunlara Yeni Yaklaşımlar (345-360), Ankara: Gazi Kitabevi.*
- Koca, E., Öz, C., & Yıldırım Artaç, B. (2016). Hazır Giyim Sektöründe Sürdürülebilirliğin Yöneticiler Açısından Değerlendirilmesi, Tekstil ve Mühendis Dergisi, 23(103), 220-230.*
- Köse, S. G., & Aydın, K. (2020). Sürdürülebilir Moda Perakendeciliği: Tüketici Alguları Üzerine Bir Araştırma. Istanbul Business Research, 49(1), 86-116.*
- Kurtoğlu Necef, Ö., Tama, D., & Boz, S. (2020). Moda Endüstrisinde Uygulanan Sürdürülebilirlik Stratejilerine Örnekler, TJFDM, 2(4), 67-78.*
- Mangır, A. F., (2016). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yavaş ve Hızlı Moda, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 41.Yıl Özel Sayısı, 19, 143-154.*
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things, New York: North Point Press.*
- Mihm, B. (2010). Fast Fashion in A Flat World: Global Sourcing Strategies, International Business & Economics Research Journal, 9(6), 55-63.*
- Niinimäki, K., & Hassi, L. (2011). Emerging Design Strategies in Sustainable Production and Consumption of Textiles and Clothing, Journal of Cleaner Production, 19, 1876-1883.*
- Niinimäki, K. (2013). Sustainable Fashion: New Approaches. Finland: Aalto University Publication.*
- Öndoğan, Z., & Öndoğan, E. N. (2021). Moda ve Marka, Ankara: Iksad Publishing House.*
- Özkaya, B. (2010). İşletmelerin Sosyal Sorumluluk Anlayışının Uzantısı Olarak Yeşil Pazarlama Bağlamında Yeşil Reklamlar, Öneri Dergisi, 9(34), 247-258.*
- Paralı, A. (2020). Sürdürülebilir Moda Tasarımı Kapsamında Yeniden Üretim ve Geri Dönüşüm için Giysi Tasarımı Fikirleri, Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi, 6(12), 121-138.*
- Pektaş, H., & Dengin, S. (2012). İkinci El Giysi Pazarları ve Türkiye'deki Durumu, Akdeniz Sanat Dergisi, 4(7), 109-112.*
- Sekmen, B. (2019). Global Markalarda Marka Deneyimi ve Marka İmajının Tüketici Sadakatine Etkisi: Zara Örneği (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.*
- Shen, B., Zheng, J. H., Chow, P. S., & Chow, K. Y. (2014). Perception of Fashion Sustainability in Online Community, The Journal of the Textile Institute, 105(9), 971-979.*
- Sproles, G. B. (1979). Fashion: Consumer Behavior toward Dress, Minneapolis: Burgess Publishing Company.*

- Sproles, G. B. (1981 Fall). *Analyzing Fashion Life Cycles: Principles and Perspectives*. *The Journal of Marketing*, 45(4), 116–124.
- Şahin, Y. (2017). *Modanın Tanımı ve Kapsamı*, Ertürk, N. & Varol, E. (Eds.), *Moda Tasarımı (2-29)*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3605.
- Tekin Akbulut, A. S. (2012). *Türkiye’de Etik Moda Üzerine Bir Araştırma*, *Akdeniz Sanat Dergisi*, 5(8), 39-43.
- Tiber, B., & Yücel, S. (2018). *Hazır Giyim Endüstrisinde Çalışan Tasarımcıların Sürdürülebilir Modaya Yönelik Yaklaşımları*, *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 20(60), 955-971.
- Topuzoğlu, B. (2023). *Moda Pazarında Hızlı Moda Stratejisi Uygulayan Moda Markalarının Sürdürülebilirlik Çalışmaları Üzerine Bir Araştırma (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)*, *Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir*.
- Tungate, M. (2008). *Fashion Brands: Branding Style from Armani to Zara*, London: Kogan Page.
- Turancı, E. (2021 Ocak). *Kurumsal Sosyal Sorumluluk Bağlamında Modada Geri Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik: Göstergibilimsel Bir Analiz*, *Erciyes İletişim Dergisi*, 8(1), 347-371.
- Türkmen, N. (2009). *Tekstil ve Moda Tasarımı Açısından Sürdürülebilirlik ve Dönüşüm (Yayımlanmamış Sanatta Yeterlilik Tezi)*, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*.
- Türkmen, N. (2012). *Sürdürülebilir Bir Tekstil Endüstrisi İçin “Yavaşlık” ve Alternatif Üretim Modelleri*, *Akdeniz Sanat Dergisi*, 5(8), 59-61.
- Vadicherla, T., & Saravanan, D. (2014). *Textiles and Apparel Development Using Recycled and Reclaimed Fibers*, Muthu, S. S. (Ed.), *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing: Eco-friendly Raw Materials, Technologies, and Processing Methods (139-160)*, Singapore: Springer.
- Wang, S. (2018). *Brief Analysis on Closed-loop Ecosystem of Textile and Clothing Recycling*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 186, 1-5.
- Yağar, F., & Dökme, S. (2018). *Niteliksel Araştırmaların Planlanması: Araştırma Soruları, Örneklem Seçimi, Geçerlik ve Güvenilirlik*, *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-9.
- Yang, Q. Z., Zhou, J., & Xu, K., (2014). *A 3R Implementation Framework to Enable Circular Consumption in Community*, *International Journal of Environmental Science and Development*, 5(2), 217-222.
- Yavuz, V. A. (2010). *Sürdürülebilirlik Kavramı ve İşletmeler Açısından Sürdürülebilir Üretim Stratejileri*, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86.
- Yıldırım, L. (2017 Aralık). *Geri Dönüşüm/İleri Dönüşüm/Tekrar Kullanım Kapsamında İkinci El Giysiler ve Sürdürülebilirlik*, *Art-e Sanat Dergisi*, 10(20), 484-503.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yücel, S., & Tiber, B. (2018 Aralık). *Hazır Giyim Endüstrisinde Sürdürülebilir Moda, Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 25(112), 370-380.

Zara, (t.y.). <https://www.zara.com/tr/tr/z-join-life-mkt1399.html?v1=1471214>, Erişim Tarihi: 25.08.2023.

Zhang, B., Zhang, Y., & Zhou, P. (2021). *Consumer Attitude towards Sustainability of Fast Fashion Products in the UK*, *Sustainability*, 13, 1646, 1-23.