

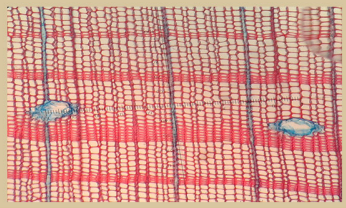


BARTIN ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

JONAS



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2x &= \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x} & \operatorname{tg} x &= \frac{\sin x}{\cos x} \\ \lambda x - y + z &= 1 \\ x + \lambda y + z &= \lambda \\ x + y + \lambda z &= \lambda^2 \end{aligned}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^2 + 1} + n}{\sqrt[3]{3n^2 + 2n - 1}}$$
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$



Bartın University International Journal of Natural
and Applied Sciences

Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi

Bartın University International Journal of Natural And Applied Sciences (JONAS)

Publisher and Editor's Office

Bartın University
Institute of Science
1st Floor, Agdaci District, Agdaci Campus
74100 Bartın-Turkey
Tel: +90(378) 223 5422, Fax: +90(378) 2235424
E-mail: jonas@bartin.edu.tr

Editor-in-Chief

Hatice Selma ÇELİKİYAY, *Prof.*

Co-editor and Technical Editor

Şahin PALTA, *Assoc. Prof.*
Pınar BOLLUKCU, *Assist. Prof.*

Editorial Board

Afer ALİFOV
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Ahmet Alper BABALIK
Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Ahmet KARADAĞ
Yozgat University, Turkey.

Ahmet TUTUŞ
Kahramanmaraş University, Turkey.

Aysel USLU
Ankara University, Turkey.

Azize Toper KAYGIN
Bartın University, Turkey.

Azmihan AZİMOV
Azerbaijan University of Architecture and Construction,
Azerbaijan.

Barbaros YAMAN
Bartın University, Turkey.

Bülent KAYGIN
Bartın University, Turkey.

Cemil ALKAN
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Ercan TUNÇ
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Gonzalo Martinez BARRERA
Autonomous University of the State of Mexico, Mexico

Hamit AYBERK
İstanbul University, Turkey.

Harun PARLAR
Technical University of Munich, Germany.

İclal DİNÇER
Yıldız Technical University, Turkey.

İlham PİRMAMEDOV
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsa HALİLOV
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsmet Dasedemir
Bartın University, Turkey.

Joan Jose del Coz DIAZ
University of Oviedo, Spain.

Lokman ÖZTÜRK
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Mahfuz ELMASTAŞ
University of Health Sciences, Turkey.

Mehmet SABAZ
Bartın University, Turkey.

Ömer KARA
Karadeniz Technical University, Turkey.

Mustafa Sabri GÖK
Bartın University, Turkey.

Sabir ORUCOV
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Nilgül KARADENİZ
Ankara University, Turkey.

Sebahat AÇIKSÖZ
Bartın University, Turkey.

Oğuzhan SARIKAYA
Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Selma ÇELİKİYAY
Bartın University, Turkey.

Orhan UZUN
Bartın University, Turkey.

Selman KARAYILMAZLAR
Bartın University, Turkey.

Osman GENCEL
Bartın University, Turkey.

Witold BROSTOW
University of North Texas, U.S.A.

JONAS is a peer reviewed journal which is published twice in a year (July and December) and only published as online. Original researches and invited review papers in English and Turkish are accepted to publication in the JONAS. The manuscripts submitted to the JONAS are double-blind peer reviewed, and the review process is completed in 30 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or rejected. Manuscripts must be submitted with the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. JONAS is an open access journal, and provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. Publishing in JONAS is free of charge.

Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences should be abbreviated as JONAS.

JONAS is open access, and the JONAS provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <http://dergipark.gov.tr/jonas>.

Both the University of Bartın and Institute of Science do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences (JONAS). The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability or utility of any information, apparatus, product or processes discussed in this publication; therefore it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced, stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc. or otherwise without the prior written permission of the JONAS and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi (JONAS) yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, JONAS'ın yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

Contents

<u>Articles</u>	<u>Pages</u>
Investigation of Keratin Production Methods from Waste Wools..... <i>Atıl Yünlerden Keratin Elde Etme Yöntemlerinin Araştırılması</i> Meliha Oktav BULUT, Hasan SİNAN, İbrahim ÜÇGÜL, Kadri AKÇALI	1-11
Analysis of Approximate Life Expectations of Transformers..... <i>Transformatörlerin Yaklaşık Ömür Beklentilerinin Analizi</i> Yıldırım ÖZÜPAK	12-19
Effect of Metal Doped Zsm-5 Catalyst on Aromatic Yield and Coke Formation in Microalgal Bio-Oil Production..... Gamze ÖZÇAKIR, Ali KARADUMAN	20-32
Certain Physical Properties Of The Building Stones From Elazig-Tunceli-Erzincan-Bayburt Provinces..... Ayşe BICER	33-39
Curing And Drying Oven Chimney Gas Waste Heat Recovery Systems And A Sample Application..... <i>Kürlenme Ve Kurutma Firini Baca Gazi Atık Isisi Geri Kazanma Sistemleri Ve Örnek Bir Uygulama</i> Sezgin ÇAVUŞOĞLU, Mustafa ATMACA	40-52
Effect of Different Surfactans on the Formation and Morphology of TiO ₂ Fatma KILIÇ DOKAN	53-61
The Effect of Vermicompost on Yield of Tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) in the Field Condition in Çaycuma District <i>Solucan Gübresinin Çaycuma İlçesinde Tarla Koşullarında Domates (<i>Solanum Lycopersicum</i> L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkileri</i> Lale Göksu TÜRKMEN, Şüheda Basire AKÇA, Hatice Nur AKILLI, Ersöz GONCA	62-71
Green Building Certificate Systems As a Greenwashing Strategy in Architecture..... Ahmet KURNAZ	72-88
Effect of Slope on Reproduction Morphology and Quality in Natural Regeneration of Brutian Pine Gülnur Saba ERTUĞRUL, Nebi BİLİR	89-94
Determination of Chemical Properties and Antioxidant Effect of <i>Salvia officinalis</i> L..... Ayşegül TÜRK BAYDIR, Amir SOLTANBEIGI, Rukiye SAYGILI CANLIDİNÇ, Mehmet Selçuk ERDOĞAN	95-100
According to Shopping Mall Typologies an Investigation of Circulation in Children's Playground in terms of Universality Criteria..... <i>Avm Tipolojilerine Göre Çocuk Oyun Alanlarındaki Sirkülasyonun Evrensellik Ölçütleri Açısından İncelenmesi</i> Reyhan ÇETİN, Şahika ÖZDEMİR	101-109

Analysis of Climatic Parameters with Meteorological Data of East Anatolia Region of Turkey.... Ayse BICER	110-124
Mistakes and Deficiencies in the Usage of Pheromone Traps against Bark Beetles..... <i>Kabuk Böceklerine Karşı Kullanılan Feromon Tuzaklarında Karşılaşılan Hatalar ve Eksiklikler</i> Yafes YILDIZ, Öznur AKYÜZ SÜMBÜL, Hasan Hüseyin HAYAT, İlkay HAYAT, Salih ŞAHİN, Aykut SÜMEN	125-132

ATIL YÜNLERDEN KERATİN ELDE ETME YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Meliha Oktav Bulut¹, Hasan Sinan², İbrahim Üçgül¹, Kadri Akçalı³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 32100, ISPARTA

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, 32100, ISPARTA

³ Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, 74600, BARTIN

Öz

Küresel ısınma ve iklim değişikliği dünyayı ve dolayısıyla insanlığı tehdit eden çevre sorunlarının başında gelmektedir. Tarım, orman, temiz su kaynakları, hava kalitesi, biyoçeşitlilik ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ile son yıllarda insanlığın geleceğinin yadsınamaz tehdidi olmuştur. Çevre bilimciler ve araştırmacılar, yaşanan salgınla birlikte tüm sektörlerde kullanılan hammadde, sentetik kökenli kimyasal ve yardımcı maddeler yerine alternatif 'yeşil' ürünlerin ikamesi üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Bu çalışmada atıl yünden üç farklı yöntemle elde edilen hidrolizat numuneleri incelenmiştir. Bu yöntemler klasik alkali yöntem, klasik indirgen madde sodyum sülfür ile yapılan indirgeme yöntemi ve sodyum sülfür yerine yeşil kimyasal glikoz kullanımı ile yapılan indirgemedir. Elde edilen numuneler katı madde tayini, FT-IR analizi ve SEM görüntüleri esas alınarak karşılaştırılmıştır. FT-IR analizi sonuçlarına göre yün hidrolizatı edesinde en etkili yöntem sodyum sülfür ile indirgeme işlemi iken, sonrasında glikoz esaslı indirgen madde kullanımının geldiği saptanmıştır. Alkali işlemin en ılıman yöntem olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçları numunelerin katı madde miktarı ve SEM analizleri desteklemektedir. Sodyum sülfür yerine glikoz esaslı madde kullanımıyla daha az lif zararı ve ağırlık kaybı oluşmaktadır. Deney sonuçlarına göre keratin eldesinde klasik indirgen olarak kullanılan sodyum sülfür yerine glikoz esaslı çevreci kimyasal maddenin rahatlıkla kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Bu hem sektör çalışanları hem de tüketici sağlığı açısından çok önemli olduğu gibi doğal kaynakların korunması, atıkların azaltılması ile doğa ile uyumlu bir üretim gerçekleştirilmesi açısından çevreyi en fazla kirleten sektörlerin başında gelen tekstil sektörü için iyi bir örnektir. Çalışmada Atıl durumdaki yün kullanılmıştır. Depolama sırasında çıkardığı metan gazıyla küresel ısınmaya yol açabilen yünün keratin eldesi ile ekonomiye kazandırılarak biyomateryal, tarım tekstilleri, koruyucu giysiler, jeotekstiller, akıllı materyaller, tıbbi tekstiller ve yalıtım sistemleri gibi teknik uygulamalarda kullanılabilen düşük maliyetli ve biyoyumlu ve biyoçevrimli, sürdürülebilir materyal kaynağı üretimi gerçekleştirilmiştir. Çok boyutlu ve yıkıcı etkileme gücüne sahip küresel iklim değişikliğinin sorunun çözümü dünya genelinde çevre bilincinin yaygınlaştırılması, dayanışma ve işbirliğine bağlıdır. Bunun için de tüm sektörlerde temiz üretim esastır. Bunun için de tüm sektörlerde temiz üretim esastır.

Anahtar Kelimeler: Yün, keratin eldesi, indirgeme yöntemi, sürdürülebilirlik

INVESTIGATION OF KERATIN PRODUCTION METHODS FROM WASTE WOOLS

Extended Abstract

Global warming and climate change are the leading environmental problems that threaten the world and therefore humanity. Agriculture, forestry, clean water resources, air quality, biodiversity and its negative effects on human health have become an undeniable threat to the future of humanity in recent years. After the epidemic, environmental scientists and researchers have concentrated their studies on the substitution of alternative 'green' products in raw materials, synthetic origin chemicals and auxiliary substances used in all sectors. In this study, hydrolysate samples obtained from waste wool by using three different methods were examined. These methods are the classical alkaline method, the reduction method with sodium sulfur as a classical reducing agent and the reduction method using green chemical glucose instead of sodium sulfur. The samples obtained were compared on the basis of weight loss determination, FT-IR analysis and SEM images. According to the FT-IR analysis

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Meliha OKTAV BULUT; Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering,
Department of Textile Engineering
32100, Çünür/Isparta-Turkey.

Geliş (Received) : 25.12.2020

Kabul (Accepted) : 25.01.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

results, it was determined that the most effective method in obtaining wool hydrolysate was reduction with sodium sulfur, followed by the use of glucose-based reducing agents. These results are supported by the weight loss of the samples and SEM analysis. Less fiber damage and weight loss occur with the use of glucose-based substances instead of sodium sulfur. According to the results of the experiments, it was concluded that glucose-based environmental chemical substance can be used easily instead of sodium sulfur used as the classical reducing agent in keratin production, which is not only very important for sector employees and consumer health but also a good example in terms of protection of natural resources, reduction of wastes and production compatible with nature for the textile and chemical industries that are two of the most polluting sectors. With the production of keratin from waste wool which causes global warming with its releasing methane gas during storage, low-cost, biocompatible and bio-cycle sustainable material source which is used in agricultural textiles, bio-material, protective clothes, geotextiles, smart materials, medical textiles and insulation materials is achieved. To solve the problem of global climate change which has multi-dimensional and destructive impact depends on the dissemination of environmental awareness, solidarity and cooperation all over the world. Hence, cleaner production is essential in all sectors.

Key Words: Wool, keratin production, reduction method, sustainability

1. Giriş

Doğal lifler içerisinde yün, sahip olduğu eşsiz özellikleri nedeniyle oldukça değerli bir lifdir. (Duran vd., 2008; Özel, 2013; Johnson vd., 2003). Yüksek nem çekme ve ısı yalıtımı özellikleri yanında; yumuşaklık, esneklik, koku tutmazlık, antimikrobiyel dayanım, güç tutuşurluk, nefes alabilirlik gibi eşsiz özellikleriyle geleneksel kullanım alanları yanında biyomateryallerin, tarım tekstilleri, koruyucu giysiler, jeotekstiller, akıllı materyaller tıbbi tekstiller ve yalıtım sistemleri gibi teknik uygulamalarda da kullanım yeri bulmaktadır.

Yün lifleri makropeptid makromoleküllerden oluşmaktadır. Yünü oluşturan protein keratin olarak adlandırılır. Keratin, saç, yün, tüyler, tırnak yapısında bulunur ve memeli, sürüngen ve kuşların boynuzları gibi dış kaplama sağlayan ana yapısal lifli proteindir. Yapısında birçok çeşit alfa aminoasit bulunmaktadır (Simpson & Crawshaw, 2008, Akçalı & Oktav Bulut, 2012). Yün lifleri diğer tüm doğal ve yapay liflerden daha fazla çeşitte moleküllerarası çekime sahiptir. Bunlar; kovalent bağlar, tuz bağları, hidrojen köprüleri ve apolar bağlar olarak gruplandırılabilir (Seventekin, 2004). Keratin, protein yapıda olan aminoasitlerin yan yana gelip birleşerek oluşturdukları polipeptitlerden meydana gelmiştir. Keratin, disülfid sistin amino asidinin moleküler arası bağlanması ve yüksek stabilite ve ayırt edici fiziksel özelliklerinden sorumlu olan polar ve polar olmayan amino asitlerin inter ve molekül içi bağlanması ile birbirine bağlanan üç boyutlu polimerler olarak kabul edilir (Cardamone, 2010). Yünün kimyasal reaktifliği büyük ölçüde sistin aminoasitine bağlıdır. Sistin, okside olabilir, miktarı azaltılabilir ya da hidrolize olarak çeşitli karmaşık reaksiyon ürünleri verebilir. Sistin bir diaminoasittir ve komşu polipeptid zincirleri disülfür bağları ile bağlanmaktadır. Bu keratin yapısı yün lifinin fiziksel ve mekanik özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Eslahi vd., 2013).

Tekstil üretimi için yeterli kalitede olmayan ham yün biyopolimer için önemli kaynak oluşturmaktadır. Bu kolay ulaşılır protein kaynağının geri dönüşümü ve keratin eldesi biyoçevrimli ve biyoyumlu materyal eldesi için önemli bir kaynaktır. Son yıllarda kozmetik, geri çevrilebilir kompozit, taşımacılık, medikal membranlar, tarım ve kaplamada kullanılabilir. Yerli yünlerin genellikle kalın ve kısa oluşu, giysilik kumaş üretiminde kullanılmasına engeldir (Soysal & Ozkan, 2019). Halı sektörünün de giderek azalması bu yünlerin kullanımını azaltmış, materyal ancak depoda bekler hal almıştır (Wuliji vd., 2019). Atıl durumdaki yün doğada çözünebilir olması nedeniyle ortaya çıkan metan gazı nedeniyle küresel ısınmaya sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle atıl halde depoda bekleyen yünün değerlendirilmesi/geri kazanılması (Ren, 2000; Fletcher, 2008) hem üstün özelliklere sahip, düşük maliyetli materyal eldesi, hem kaynakların optimum yararlanılması hem de çevrenin korunması açısından büyük öneme sahiptir (Eser vd., 2016; Wang, 2006; Lu & Hamouda, 2014).

Keratin eldesinde kullanılan temel yöntemler; indirgeme, yükseltgeme yöntemi, alkali ve enzimatik hidrolizdir. Kullanılan oksidasyon ve indirgen kimyasallar hidroliz sırasında proteinin temel yapıtaşları olan disülfid ve peptid bağlarını parçalamakta ve bunun sonucu keratinin yapısı değiştirilmektedir. Yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalan veya çok yüksek ya da düşük pH'larda ekstrakte edilen keratin tamamen parçalanmaktadır. İndirgeme ile hafif şartlar altında hidroliz yapıldığında protein liflerinin disülfür bağlarını etki etmeksizin keratinin mikro yapısının bozulmadığı görülmektedir. BU proseslerde kullanılan indirgen veya oksitleyici maddelerin pek çoğu zararlıdır. (Tonin vd., 2006). Sodyum sülfür(Na_2S , zırnık) ve sodyum hidrojen sülfid (NaHS) yüksek etkinliği ve düşük fiyatı nedeniyle tekstil ve kimya sektöründe kullanılan en önemli indirgen maddelerdendir. Birçok ülkede

atık suda yarattığı yüksek sülfür miktarı, işlem güvenilirliğinin az olması, kötü kokusu, toksik ve korozif etkisi ve su arıtımını zorlaştırması nedenleriyle kullanımları yasaklanmıştır (Tchobanoglous & Burton, 1991; Çelik, 2018). Enzimatik hidroliz, nispeten yumuşak arıtma koşulları ve hidroliz ürünlerinin fonksiyonel özelliklerinin korunması sebebiyle dikkat çekicidir (Gupta & Ramnani, 2006; Khardenavis vd., 2009).

Keratin eldesi ve tekstilde kullanımı ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Kalayoğlu, 2010 yaptığı çalışmada tavuk tüylerinden keratin elde etmeyi ve bunu tekstil lifi olarak kullanmayı amaçlamıştır. (Kalayoğlu, 2010). Bu amaçla tüylerdeki yağ bileşenleri diklormetan gibi organik bir çözücüyle ayrılmıştır. Daha sonra tavuk tüyleri NaOH ve/veya Na₂S veya NaOH ve EDTA sulu çözeltilerinde çözünürleştirilmiştir. Oluşan çözelti asetik asitle pH 4.2'de çöktürülmüştür. Elde edilen keratin spektral analizlerle doğrulanmıştır. İkinci adımda keratin, lif oluşturmak amacıyla akrilonitril monomeriyle kopolimerleştirilmiştir. Başlatıcı çifti olarak amonyum persulfat/sodyum metabisülfid kullanılmıştır. Keratin-graft-poliakrilonitril oluşumu FT-IR ve ¹HNMR analizleriyle doğrulanmıştır.

Xu vd. (2012), yaptıkları çalışmalarında; yünden elde ettikleri keratini ince bir tabaka şeklinde oluşturmuşlardır. Saf yün keçe 5 g olacak şekilde, 1,5 mL tiyoglikolik asit mevcudiyetinde amonyum hidroksit ve su içeren 100 mL çözelti içinde azot gazı atmosferi altında 4 saat 50 santigrat derecede işlenir. Elde edilen hidrolizat, 10 dakika boyunca 4000 G'de santrifüjlenir ve daha sonra çözünür keratin içeren üst faz toplanmaktadır. Yünlü kumaşlar %1 sulu keratin çözeltisine %1 epiklorohidrin varlığında emdirilmiştir. AF 100 %'dür. Yıkanan numune 5 dakika 140°C'de kurutulur. CI Asit Mavi 203 kullanılarak ön işlemden geçirilmiş yün kumaş numunelerinin boyanmasında kullanılan boyarmadde boyama sıcaklığına bağlı olarak 5-30 dakika içinde neredeyse tamamen alımın gerçekleştiği gözlenmiştir. Bu sonuç keratinin yün polipeptit zincirleriyle kalıcı çapraz bağlar oluşturma yeteneğiyle açıklanmıştır.

Eslahi, vd. (2013) çalışmalarında; enzimatik hidroliz ve indirgen madde ile yün ve tüy atıklarından keratin ekstraksiyonu araştırmışlardır. Enzimatik hidrolizin optimize edilmesi için farklı parametrelerin, enzim miktarının, flote oranının ve yüzey aktif maddenin, hidroliz süresinin ve indirgeyici madde konsantrasyonunun etkileri incelenmiştir. Maksimum keratin ekstraksiyonu için optimal koşul, 8,6 ve 6,4 g/L sodyum hidrojen sülfid ile birlikte 1 g/L sodyum dodesil sülfat (yüzey aktif madde) ve %2,6 proteaz (savinaz) kullanılarak sağlanmıştır.

Reddy vd. (2013), çalışmalarında; tekstil endüstrisinde keratini haşıl olarak kullanarak çevre kirliliğini azaltmayı amaçlamışlardır. Tekstil endüstrisi, dünyanın en büyük su tüketicilerinden biridir. Haşılama ve haşıl sökme gibi tekstil süreçleri, önemli miktarlarda su, enerji ve kimyasallar tüketmekte ve çoğunlukla tekstil fabrikalarından çevreye salınan zehirli atıklardan sorumludur. Tavuk tüylerinden elde edilen keratin, polyester ve pamuk ipliklerini haşıllamak için kullanılmıştır. Büyüklük, hazırlık koşullarının ve boyutlarının kopma ve ipliklerin çekme özelliklerine ve aşınma direncine etkileri incelenmiştir.

Zhu & Mao (2014), çalışmalarında; P, N ve Cl sinerjik etkileri ile kimyasal modifikasyonlar yoluyla önemli ölçüde geliştirilmiş termal özelliklere sahip yün keratin polimerleri rapor etmektedir. Keratin polimerlerinin kimyasal bileşimlerinin işlem öncesi ve sonrası değişiklikleri, Fourier Kızılötesi Dönüşümü (FT-IR), 31P Nükleer Manyetik Rezonans (31P-NMR) ve Enerji Dağıtıcı X-ray (EDX) teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Termal özellikleri Termo Gravimetrik Analiz (TGA) ve Diferensiyel tarama Kalorimetresi (DSC) ile incelenmiştir. Muamele edilen keratin polimerleri, TGA'da piroliz işlemi sırasında muamele edilmemiş keratin polimerininkinden daha az kütle kaybı ve daha fazla miktarda kömür kalıntısı göstermiştir. İşlenmiş keratin polimerlerinin, geliştirilmiş alevlenme geciktirici özelliklerin avantajlarına sahip olması öngörülmüştür.

Shavandi, vd. (2017), çalışmalarında; yünden keratin ekstraksiyonu ile biyopolimer uygulaması için kimyasal yöntemler incelenmiştir. Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin toplam protein ve ekstraksiyon verimleri belirlenmiştir. 2-merkaptolanol ile indirgeme yöntemi ile en yüksek keratin ekstraksiyon verimi (% 53) elde edilmiş ve bunu takiben Sülfitoliz yöntemi (% 41) takip etmektedir. Oksidasyon yöntemi ile elde edilen keratin düşük verime rağmen bu yöntemin avantajı, keratin numunelerinin performansla veya perasetik asitlerle karıştırıldığında, keratinin , α , β ve γ farklı çözünürlüklerine göre fraksiyonlarına ayrılabilir olmasıdır.

Çevre bilimciler ve araştırmacılar, yaşanan pandemi ile birlikte doğal hammadde ve tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan sentetik kökenli kimyasal ve boyarmaddeler yerine alternatif 'yeşil' ürünlerin ikamesi üzerine çalışmaktadır. Bu hem sektör çalışanları hem de tüketici sağlığı açısından çok önemli olduğu gibi; doğal kaynakların korunması, atıkların azaltılması ile doğa ile uyumlu sürdürülebilir bir üretim gerçekleştirilmesi, kirlenici sektörlerden biri olan tekstil sektörü için zorunludur. Bu çalışmada halı sektöründe kullanılan ancak azalan

üretimle birlikte üreticinin deposunda bekleyen, atıl yünden keratin hidrolizatı elde etmektir. Bu amaçla alkali hidroliz, pekçok ülkede yasaklı olduğu halde ülkemizde kullanılan klasik indirgen sodyum sülfür (Na_2S) ve çevre dostu, yeşil kimyasal glikoz esaslı indirgen (Reducing D Powder, Archroma, 90% glikoz) kullanılarak elde edilen numuneler, katı madde miktarı, FT-IR analizi ve SEM yüzey görüntüleriyle değerlendirilmiştir (Sinan, 2019).

2. Materyal ve Metod

Çalışma kapsamında 28 mikron inceliğinde 40 mm - 60 mm lif uzunluğuna sahip ham yün lifleri kullanılmıştır. Yün lifi, safsızlıklarından arındırmak için 60°C 'de 30 dakika süreyle sodyum karbonat içeren sulu bir çözelti içinde Gyrowash yıkama makinesinde yıkanmış, durulanmış ve kurutulmuştur. Yağlı maddeyi ve safsızlıkları uzaklaştırmak için 3 saat boyunca petrol eteri ile soxylet (J.P.Selecta) ekstraksiyonuna tabi tutulmuştur. Numuneler değişmez ağırlığa gelene kadar standart atmosfer şartlarında ($20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık, $\%65 \pm 2$ bağıl nem) kondisyonlanmıştır.

2.1. Keratin eldesinde kullanılan yöntemler

2.1.1. Alkali hidroliz

10 g. ağırlığındaki yıkanmış, temizlenmiş ve kondisyonlanmış yün lifleri 1–2 mm boyutlarında kısa parçalara ayrılmış, hidroliz için hazır hale getirilmiştir. Yün numunesi (10 g) ağırlıkça % 1,2 NaOH (38°Be) (pH 13.4-13.7) 1:25 flote oranında muamele edilmiştir ve liflerin tamamen çözülmesi için GyroWash yıkama makinesinde 80°C 'de 4 saat işlem görmüştür. Çözeltinin pH ayarı (pH 5) hidroklorik asit (HCl) ile yapılmıştır.

2.1.2. Na_2S ile Sülfitoliz indirgeme yöntemi

10 g ağırlığındaki yıkanmış, temizlenmiş ve kondisyonlanmış yün lifleri 1–2 mm boyutlarında kısa parçalara ayrılmış indirgeme için hazır duruma getirilmiştir. 1:25 flote oranıyla 250 mL saf su ile bir beherin içerisinde tamamen ıslatılmıştır. Yün numunesi (10 g) ağırlıkça % 1,2 NaOH (Riedel-de Haen) (pH 13.4-13.7) ve ağırlıkça % 1,2 Na_2S ile (Sigma-Aldrich) muamele edilmiştir. Liflerin tamamen çözülmesi için GyroWash yıkama makinesinde 80°C 'de 4 saat çalkalanmıştır. Çözeltinin pH ayarı (pH 5) hidroklorik asit (HCl) ile yapılmıştır.

2.1.3. Reducing D Powder ile İndirgeme yöntemi

Bu yöntemde 10 g ağırlığındaki yıkanmış, temizlenmiş ve kondisyonlanmış yün lifleri 1–2 mm boyutlarında kısa parçalara ayrılmış 1:25 flote oranıyla 250 mL. saf su ile bir beherin içerisinde tamamen ıslatılıp Reducing D Powder ile (Archroma Agent D Powder, 90 % glikoz) işleme tabi tutulmuştur. Yün numunesi (10 g) ağırlıkça % 1,2 NaOH (pH 13.4-13.7) ve ağırlıkça % 1,2 Reducing D Powder ile muamele edilmiştir. Liflerin tamamen çözülmesi için GyroWash yıkama makinesinde 80°C 'de 4 saat işlem görmüştür. Çözeltinin pH ayarı (pH 5) HCl ile yapılmıştır.

2.2. Çöktürme İşlemi

Çözülme işlemi tamamlanan çözelti ortam sıcaklığına soğutulduktan sonra ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) Rotafix 32 santrifüj cihazında 10 000 rpm / dak. Devir ile 10 dakika işleme tabi tutulmuştur. Bu işlem tamamlandıktan sonra bir huni yardımıyla Whatman No:42 süzgeç kağıdı kullanılarak dipteki katı madde süzülmesi sağlanmıştır.

2.3. Çözeltinin diyaliz işlemi

Çöktürme işlemi tamamlanan çözelti 3 gün boyunca günde 5 litre damıtılmış suya karşı diyalize edilmiştir. Bu adım için Diyalizör (Baxter Dicea.130G 66 kPa çalışma basınçlı) kullanılmıştır. Elde edilen çözülden alınan numune sabit ağırlığa gelinceye kadar 105°C de 4 saat kurutulmuştur.

2.4. Katı Madde Miktarı Tayini

Katı Madde Miktarı British Standart BS 2471:2005'e göre yapılmıştır:

Denklem (1) %Ağırlık kaybı : $(W_o - W_t) / (W_o \times 100)$

W_o : Numunenin başlangıç ağırlığı;

Wt: Numunenin işlem sonu ağırlığı

2.5. FT-IR Analizi

Çalışma kapsamında kumaşların FT-IR analizi Perkin Elmer 400 FT-IR/FT-IR Spectrometer Spotlight 400 Imaging System cihazında 400 ile 4000 cm^{-1} frekanslarında, 32 tarama sayısında ve 2 cm^{-1} çözünürlükte oda sıcaklığında yapılmıştır.

2.6. SEM Yüzey Görüntüleri

Elde edilen keratin yapılarının yüzey görüntüleri SEM (Scanning Electron Microscope) cihazı Tescan Vega II LSU ile alınmıştır.

3. Araştırma Bulguları

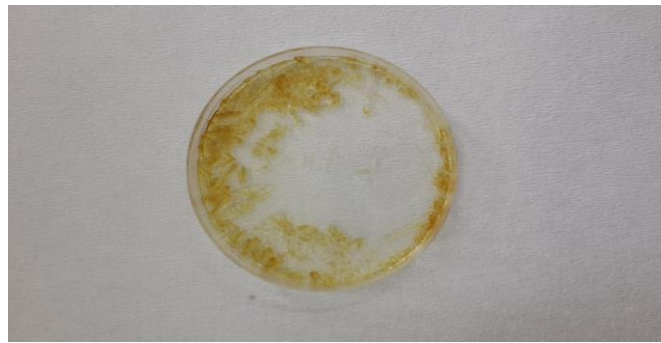
3.1. Katı Madde Miktarı Tayini

Ven (Wisd) Fuzzy Control System, model WOV 30, Korean vakumlu etüv yardımıyla gerçekleştirilmiş ve tablo 1'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Elde edilen karışımların su geçirgenlik oranları.

Numune	Katı madde oranı (%)
Reducing D Powder ile İndirgeme	3,10
Na ₂ S ile Sülfitoliz indirgeme	3,32
Alkali Hidroliz	2,99

Tablo 1'de görüldüğü üzere en fazla katı madde oranı %3,32 ile Na₂S ile yapılan sodyum sülfür ile indirgeme yönteminde elde edilmiştir. Ardından %3,10 katı madde oranı ile Reducing D Powder ile gerçekleştirilen yöntemi gelmektedir. En düşük katı madde oranı ise %2,99 ile alkali hidroliz indirgeme yönteminde elde edilmiştir. Bilindiği gibi asitlere karşı mukavim olan yün, alkali çözeltilere karşı hassastır. Sodyum hidroksit gibi kuvvetli alkalilerin sulu çözeltileri yüksek sıcaklıklarda çok hızlı bir şekilde yüne zarar verir ve tamamen çözebilir. Bu çözücü etki, bazların makro moleküller arasındaki tuz köprüleri, hidrojen bağları ve disülfür köprülerini ve peptid bağlarını kopararak makro moleküllerin parçalanmasından kaynaklanmaktadır (Simpson & Crawshaw, 2008). Aynı koşullarda sodyum hidroksitle birlikte klasik bir indirgen olan sodyum sülfür kullanımında sağlanan çözücü etki artmaktadır. Sulu ortamda indirgen maddeler makro moleküller arasındaki tuz köprüleri ve hidrojen köprüleriyle birlikte fibriller arasındaki disülfür köprülerini de parçalamakta; ağırlık kaybı artmaktadır. Bu sonuçlara göre klasik bir indirgen olan Na₂S'in yanında glikoz esaslı invert şeker de iyi değerler vermektedir. Yüksek sıcaklıkta (80°C ve üzerinde) ve pH (13,4-13,7) glikozun verdiği indirgeme potansiyeli Na₂S ile elde edilen değerlerle yaklaşık olarak aynı olduğu daha önceki çalışmada tespit edilmiştir (Oktav Bulut, & Çelik, 2020; Blackburn & Harvey, 2004). Elde edilen keratin yapıları şekil 1, 2 ve 3'te verilmektedir.



Şekil 1. Alkali hidroliz yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı.



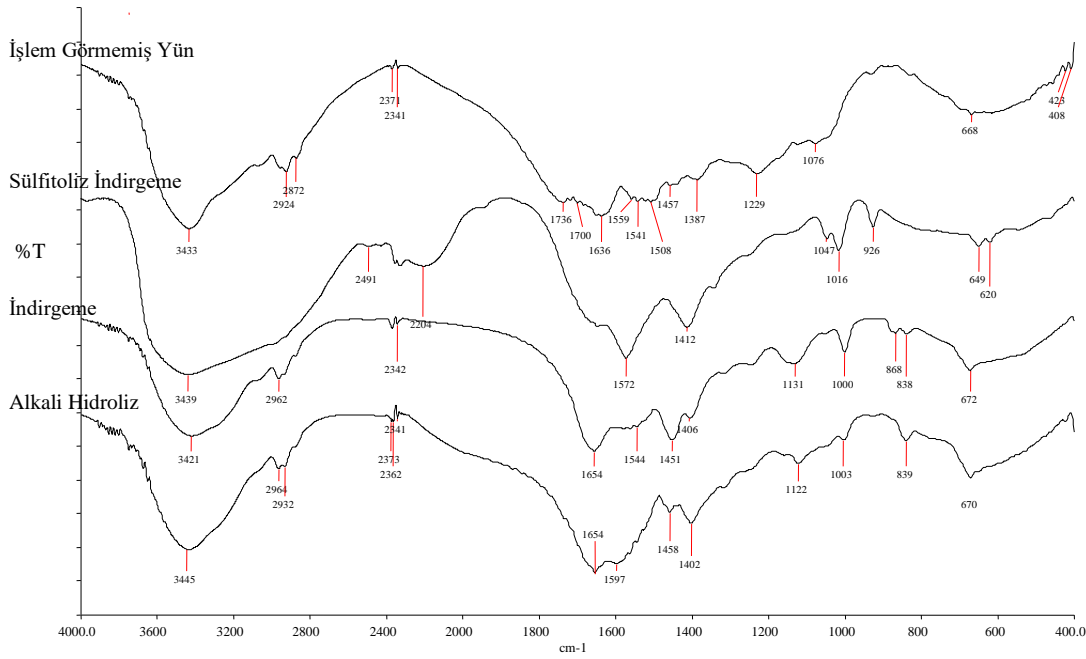
Şekil 2. İndirme yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı.



Şekil 3. Sülfitoliz indirgeme yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı.

3.3. FT- IR Analizi Bulguları

Farklı yöntemler kullanılarak elde edilen keratin hidrolizatların ve işlem görmemiş yünün FT-IR analizleri şekil 4.'de görülmektedir.



Şekil 4. Frekans Aralığıyla Tüm Yapıların FT-IR Analizi.

İşlem görmemiş yünde şekil 4’de görüldüğü gibi 3500-3200 cm⁻¹ bölgesindeki meydana gelen gerilmeler N-H ve O-H bağları arasındaki valans çekiminden oluşmaktadır. Bu titreşimler peptid bağlarından kaynaklanmaktadır. Bunlar, Amid A I, II, III’tür. Amid A I 3282 cm⁻¹ civarına düşer ve N-H titreşiminden oluşan çekimdir. 3000-2800 cm⁻¹e tekabül eden bölge ise C-H çekim kuvvetlerinden kaynaklanır. C- O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ise 1700-1600 cm⁻¹ e düşer. Amid A II ise 1580-1480 cm⁻¹ N-H eğilme titreşimine ve C-H itme titreşimine denk gelir. Amid A III bandı ise 1300-1220 cm⁻¹ C-N ve N-H eğilme çekimlerinden kaynaklanır (Eslahi vd. 2013). Şekil 3.4, işlem görmemiş yün lifinin FT-IR analizi incelendiğinde de peptid bağlarından kaynaklanan çekim kuvvetleri 3433 cm⁻¹ de görülmektedir. 2924-2872 cm⁻¹ bandında C-H çekim köprüleri, 1700-1600 cm⁻¹ de yoğun olarak (1736, 1700, 1636 cm⁻¹) C-O çekim köprüleri görülmektedir. 1580-1480 cm⁻¹ bandında belirgin olarak (1559, 1541, 1508 cm⁻¹) N-H eğilme titreşimine ve C-H itme titreşimlerini görülmektedir. Amid III bandı olarak 1300-1200 cm⁻¹ (1229 cm⁻¹) C-N ve N-H eğilme çekimlerinden kaynaklanmaktadır. 1639 cm⁻¹ arasında bulunan pik alfa helikse karşılık gelmektedir. Di sülfür köprüleri 423-408 cm⁻¹ bandında bulunmaktadır.

Şekil 4’de verilen İşlem görmemiş yün lifi ile klasik indirgen Na₂S ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR spektrumu karşılaştırıldığında işlem görmemiş yünde 3433 cm⁻¹ dalga sayısında görülen pikin daha az belirgin olduğu görülmektedir. İşlem görmemiş yünde 2872-2924 cm⁻¹ band aralığında görülen moleküller arası hidrojen bağı, yine bu işlem görmüş keratin yapısında görülmemektedir. Ayrıca işlem görmemiş yünde mevcut 1700-1600 cm⁻¹ bandındaki C- O arasındaki çekim nedeniyle oluşan ve 1580-1480 cm⁻¹ N-H eğilme titreşimine ve C-H itme titreşimine karşılık gelen pikler Na₂S ile işlemi görmüş numune yapısında rastlanılmamıştır. Yün yapısında 423-408 cm⁻¹ bantlarında gerilme titreşimleri görülen en önemli bağlardan biri olan disülfür bağları da Na₂S ile işlemi görmüş numunede görülmemektedir.

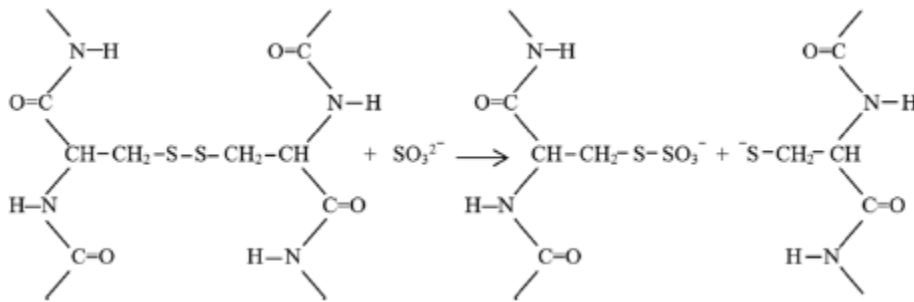
İşlem görmemiş yün lifi ile Na₂S yerine glikoz esaslı Reducing agent D ile indirgeme işlemi görmüş numunenin FT-IR spektrumu karşılaştırıldığında yünün 1700-1600 cm⁻¹ e C- O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ve 1580-1480 cm⁻¹ de oluşan gerilmenin bulunduğu gözlemlenmiştir. Yünde 2872-2924 cm⁻¹ band aralığında görülen protein yapılarındaki moleküller arası hidrojen bağının Reducing agent D ile İndirgeme işlemi görmüş numunede nispeten korunduğu görülmektedir. Yün yapısında 423-408 cm⁻¹ bantlarında gerilme titreşimleri görülen disülfür bağlarına Reducing agent D ile İndirgeme işlemi görmüş numune yapısında da rastlanılmamıştır.

İşlem görmemiş yün lifi ile alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR spektrumu karşılaştırıldığında yünde 3433 cm⁻¹ dalga sayısında görülen pikin aynen korunduğu görülmektedir. Yünde 2872-2924 cm⁻¹ band aralığında görülen protein yapılarındaki moleküller arası hidrojen bağı alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısında da

görülmektedir. Yünün 1700-1600 cm^{-1} de C- O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ve 1580-1480 cm^{-1} N-bantlarına alkali hidroliz işlemi görmüş numunede nispeten rastlanılmıştır. Ayrıca yün yapısında 423-408 cm^{-1} bantlarında gerilme titreşimleri görülen disülfür bağlarına alkali hidroliz işlemi görmüş numunede de görülmediği tespit edilmiştir.

Şekil 4.'e göre sodyum sülfür ile indirgeme, diğer indirgeme şekillerine göre daha etkindir. Alkali indirgemedede 2924-2872 cm^{-1} bandında C-H çekim kuvvetleri, sodyum sülfür ile yapılan indirgeme işleminde gözlenmemektedir.

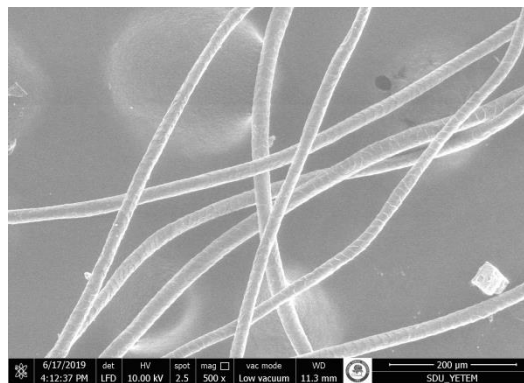
Şekil 4'ün incelenmesi ile sodyum sülfür ile işlem gören numunede yeni bağların oluştuğu da görülmektedir. 1000-1016 cm^{-1} bandında oluşan zayıf yeni bağların bunte tuzu kalıntılarındaki simetrik S-O çekim kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu bağ işlem görmemiş yünde bulunmamaktadır. Sodyum sülfür ile işlem sırasında sistin disülfid bağları, sodyum sülfür tarafından parçalanarak sistein tiyol, ve bunte tuzu (S sülfonat anyonuna) parçalanır. Şekil 5'de reaksiyon görülmektedir.



Şekil 5. Poli peptid keratin zincirleri arasında kırılan di sülfid bağları.

3.4. SEM Yüzey Görüntüleri

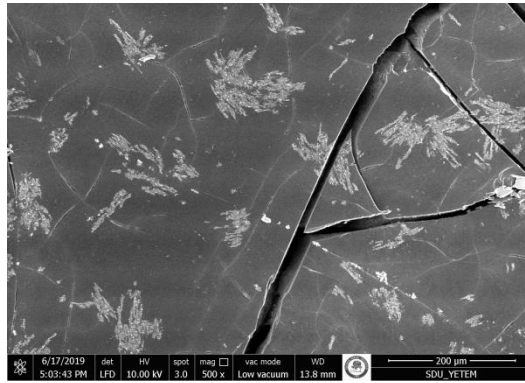
Farklı yöntemler kullanılarak elde edilen keratin hidrolizatların SEM Yüzey Görüntüleri 500X, 1000X, 2000X, 5000X ve 10000X büyüklüklerde incelenmiş, en iyi görüntülerin elde edildiği 500X büyütme oranına sahip SEM görüntüleri şekil 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir.



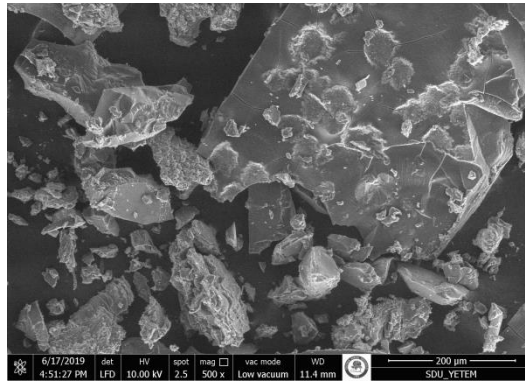
Şekil 6. İşlem görmemiş yüne ait SEM yüzey görüntüsü (500X).



Şekil 7. Alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı SEM yüzey görüntüsü (500X).



Şekil 8. Reducing D Powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı SEM yüzey görüntüsü (500X).



Şekil 9. Na₂S ile Sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı SEM yüzey görüntüsü (500X).

Şekil 6, 7, 8 ve 9'da işlem görmemiş yün ve farklı yöntemlere göre elde edilmiş hidrolizatların yüzey görüntüleri SEM taramalı elektron mikroskobu yardımıyla 500 büyütmede incelenmiştir. Elde edilen görüntüler incelendiğinde şekil 6'da yer alan yünün lif yapısı açıkça görülmektedir. Şekil 7'de verilen alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısının yüzey görüntüsünde daha homojen bir yapı gözlemlenirken diğer yöntemlerin verildiği şekil 8 ve 9'da Reducing agent D ile indirgeme işlemi görmüş keratin ile Na₂S ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapılarında homojenliğin bulunmadığı gözlemlenmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Kimya ve tekstil sanayide indirgen madde olarak sıklıkla kullanılan sodyum sülfür, proses ve atık suyun sülfür yüklemesini arttırması, istenmeyen kokusu, kanserojen ve korozif etkisi ve atık suyun temizlenmesinde yarattığı güçlükler yanında işlemsel güvenilirliği de azdır. Sodyum sülfür yerine kullanılan ekolojik ve yeşil ürün glikozun daha güvenli ve sürdürülebilir üretime imkan tanıyarak çevrenin korunmasına katkı sağlayacağı bu çalışmada elde edilen en önemli çıktıdır. Kozmetik, biyomedikal, tekstilde boyarmadde alımını arttırma ve güç tutuşurluk bitim işleminde kullanılan keratin hidrolizat sodyum sülfür yerine glikoz kullanımıyla daha ılıman ve çevreci bir proses gerçekleştirilebilir. Çalışmada Atıl durumdaki yünün kullanımı bir diğer ekolojik boyutudur. Depolama sırasında çıkardığı metan gazıyla küresel ısınmaya yol açabilen yünün ekonomiye kazandırılarak biyomateryal, tarım tekstilleri, koruyucu giysiler, jeotekstiller, akıllı materyaller, tıbbi tekstiller ve yalıtım sistemleri gibi teknik uygulamalarda kullanılabilen düşük maliyetli ve biyoyumlu ve biyoçevrimli, sürdürülebilir üretim adımları gerçekleştirilmiştir. Küresel iklim değişikliğinin çok boyutlu ve yıkıcı etkileme gücü, sorunun çözümünde dünya genelinde çevre bilincinin yaygınlaştırılması, dayanışma ve işbirliğine bağlıdır.

Kaynaklar

1. Akçalı, K. & Oktav Bulut, M. (2012). Plazma Teknolojilerinin Yün Elyafı Üzerine Etkileri Üzerine Bir İnceleme. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 65 – 72.
2. Blackburn, R.S. & Harvey A. (2004). Green chemistry methods in sulphur dyeing .application of various reducing D-sugars and analysis of the importance optimum redox potential. *Environmental Science and Technology*, 38, 4034 – 4039.
3. Cardamone, J. M. (2010). Investigating the Microstructure of Keratin Extracted From Wool: Peptide Sequence (MALDI-TOF=TOF) and Protein Conformation (FT-IR). *Journal of Molecular Structure*,969(1-3), 97 – 105.
4. Çelik, K. (2018). *Kükürt Boyamada Ekolojik İndirgen Maddelerin İncelenmesi*. (Master's thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi).
5. Duran, K., Akça, C. & Bahtiyar, İ. (2008). Yün lifinin yeni kullanım olanakları. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1, 4-7.
6. Eser, B., Çelik, P., Çay, A. & Akgümüş, D. (2016). Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 23(101), 43 – 60.
7. Eslahi, N., Dadashian, F., & Nahid, H.N. (2013). An Investigation on Keratin Extraction From Wool and Feather Waste By Enzymatic Hydrolysis. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 43(7), 624 – 648.
8. Fletcher, K. (2008). *Sustainable Fashion and Design*. Design Journeys, Earth Scan, London.
9. Gupta, R. & Ramnani, P. (2006). Microbial Keratinases and Their Prospective Applications: An Overview. *Applied. Microbiology and Biotechnology*, 70(1), 21 – 33.
10. Johnson, N. A. G., Wood, E. J., Ingham, P. E., McNeil, S. J. & McFarlane, I. D. (2003). Wool As A Technical Fiber. *Journal of Textile Institute*, 94(3), 26 – 40.
11. Kalayoğlu, Ö. İ. (2010). *Chicken Feather Keratin Based Textile Fibers*. (Master's thesis, Istanbul Technical University).
12. Khardenavis, A., Kapley, A. & Purohit, H. J. (2009). Processing of Poultry Feathers by Alkaline Keratin Hydrolyzing Enzyme From *Serratia* sp. HPC 1383. *Waste Management*, 29(4), 1409 – 1415.
13. Lu, J. J. & Hamouda, H. (2014). Current Status of Fiber Waste Recycling and its Future. *Advanced Materials Research*, 878, 122 – 131.
14. Oktav Bulut M. & Çelik, K. (2020). Evaluation of Molasses as a Green Reducing Agent in Sulfur Dyeing. *Fibers and Polymers*, 21(9), 2024 – 2035.
15. Özel, B. M. (2013). *Yüksek Performanslı Kumaşların Mekanik Özelliklerinin Kumaş Kullanım Performansına ve Kumaşın Tuşesine Olan Etkilerinin Araştırılması*. (Master's thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi).
16. Reddy, N., Chen, L., Zhang, Y. & Yang, Y. (2013). Reducing environmental pollution of the textile industry using keratin as alternative sizing agent to polyvinly alcohol. *Journal of Cleaner Production*, 65, 561 – 567.
17. Ren, X. (2000). Development of environmental performance indicators for textile process and product. *Journal of Cleaner Production*, 8, 473 – 481.
18. Seventekin, N. (2004). *Tekstil Kimyası*. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayınları, İzmir.

19. **Shavandi, A., Bekhit, A. E. D. A., Carne A. & Bekhit, A. (2017).** Evaluation of Keratin Extraction from Wool by Chemical Methods for Bio-Polymer Application. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 32(2), 163 – 177.
20. **Simpson, W. S. & Crawshaw, G. H. (2008).** *Wool: Science and Technology*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
21. **Sinan, H. (2019).** *Atık Yünlerden Keratin Elde Etme Yöntemlerinin Araştırılması*. (Master's thesis, Süleyman Demirel Üniversitesi).
22. **Soysal, M. I. & Ozkan Unal, E. (2019).** Sheep Breeds Genetic Diversity of Farm Animal Genetic Resources of Turkey, *Proceedings of International Congress On Wool And Luxury Fibers*. 19 April, Tekirdağ, pp. 9.
23. **Tchobanoglous G. & Burton F. L. (1991).** *Waste Water Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill Higher Education, UK.
24. **Tonin, C., Zoccola, M., Aluigi, A., Varesano, A., Montarsolo, A., Vineis, C. & Zimbardi, F. (2006).** Study on the Conversion of Wool Keratin by Steam Explosion. *Biomacromolecules*, 7(12), 3499 – 3504.
25. **Wang, Y. (2006).** *Introduction*. In: Wang Y. Editör. *Recycling in Textiles*, Woodhead Publishing Limited, UK: Cambridge.
26. **Wuliji, T., Quispe, E. C. & Quispe, M. D. (2019).** Fiber Diameter And Standart Deviation in Merino Wool Samples Measured in Comprasion With Ofda 2000 and Minifiber EC, *Proceedings of International Congress On Wool And Luxury Fibers*. 19 April, Tekirdağ, pp. 14.
27. **Xu, H., Shi, J., Zhou, A. & Yan, K. (2012).** Keratin extraction from wool and its film forming property. *Journal of Textile Research*, 33(6), 41 – 47.
28. **Zhu, J. & Mao, N. (2014).** Keratin Polymer Having Improved Thermal Propeties. *Proceedings of the 14th World Textile Conference Autex 2014*, 26-28 May, Bursa.

TRANSFORMATÖRLERİN YAKLAŞIK ÖMÜR BEKLENTİLERİNİN ANALİZİ

Yıldırım Özüpak

Dicle Üniversitesi, Silvan MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, 21640, Diyarbakır, Türkiye

Öz

Üç fazlı dağıtım transformatörleri elektrik dağıtım sistemlerinde, genel olarak nominal frekansta ve doğrusal yükte kullanılmak üzere tasarlanırlar. Doğrusal olmayan yüklerden dolayı elektrik güç sisteminde harmonikler meydana gelmektedir. Bir AC güç sistemindeki harmonik bileşen, sistemin temel frekansının tam sayı katına eşit bir frekansa sahip periyodik bir dalga formunun sinüzoidal bileşeni olarak tanımlanır. Bu harmonikler, nominal çalışma şartları için tasarlanan transformatörlerin farklı bir çalışma performansı sergilemesine neden olurlar. Transformatör ömrü kaybı tahmini, yalıtım malzemeleri ile elde edilen bozulma oranına dayanmaktadır. Bir transformatörün ömür kaybının yaklaşık %50'si doğrusal olmayan yük akımının ürettiği termal gerilmelerden kaynaklanır. Doğrusal olmayan yüklerin kullanılmalarının artması ile birlikte ortaya çıkan harmonik yükler, transformatörün daha fazla ısınmasına ve düşük güç kalitesine yol açar. Harmonik bozulma sebebiyle gereksiz sargı kaybı ve sıcaklık artışı da meydana gelmektedir. Bu çalışmada, Sonlu Elemanlar Yöntemine (SEY) dayanan ANSYS@Maxwell programı ile gerçek değerler kullanılarak doğrusal olmayan yük altındaki dağıtım transformatörünün kayıplarının analizi ve değerlendirilmesi sunulmaktadır. Burada, birim başına, nominal güç ve akım değerlerinin, sırasıyla sinüzoidal uyarım altında transformatörün nominal yük kaybı ve transformatörün primer tarafının nominal akımı olarak seçildiğine dikkat edilmelidir. Yük kayıpları ayrıca gerçek yük ve harmoniğin etkileri dikkate alınarak hesaplanır. Toplam girdap akımı kaybı ve diğer kaçak kayıplar da girdap akımı kaybı için harmonik kayıp faktörü ve diğer kaçak kayıplar için harmonik faktör kullanılarak belirlenir. Aynı şekilde, harmoniklerin neden olduğu ek kayıplar ve transformatörün ömrü yaklaşık olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada yük altında çalışan transformatörlerin harmonik bozulmalarının neden olduğu kayıpların verimli ömürleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve transformatörlerin faydalı çalışma ömürleri yaklaşık olarak belirlenmiştir. Simülasyondan elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde, elektrikli cihazların ürettiği akım harmoniklerinin neden olduğu yükler ne kadar fazla olursa transformatör ömrünün o kadar düşük olacağını görülmüştür. Harmonik bozulmadaki artışın, transformatörün kayıplarını artıracak ve ömrünü kısaltacağını göstermektedir. Kullanılan yöntem tasarlanan ve analiz edilen transformatörün sonuçlarını doğrulamıştır. Bu durum bu yöntemin tasarım ve analiz konusunda kullanılabilirliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Transformatör, harmonik yük, ömür kaybı, manyetik akım

ANALYSIS OF APPROXIMATE LIFE EXPECTATIONS OF TRANSFORMERS

Extended Abstract

Three-phase distribution transformers are designed for use in electrical distribution systems, generally at nominal frequency and linear load. Harmonics occur in the electrical power system due to non-linear loads. The harmonic component in an AC power system is defined as the sinusoidal component of a periodic waveform with a frequency equal to an integer multiple of the fundamental frequency of the system. These harmonics cause transformers designed for nominal operating conditions to exhibit a different operating performance. Transformer life loss estimation is based on the rate of deterioration obtained with insulating materials. About 50% of a transformer's life loss is caused by thermal stresses generated by the non-linear load current. Harmonic loads that occur with the

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Yıldırım ÖZÜPAK; Dicle University, Silvan Vocational School, Department of Electrical and Energy, 21000, Diyarbakır-Turkey.

Geliş (Received) : 01.01.2021

Kabul (Accepted) : 26.01.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

increasing use of non-linear loads cause the transformer to overheat and lower power quality. Due to harmonic distortion, unnecessary winding loss and temperature increase also occur. In this study, analysis and evaluation of the losses of the distribution transformer under nonlinear load using the ANSYS @ Maxwell program based on the Finite Element Method (FEM) are presented. It should be noted here that the nominal power and current values per unit are selected as the nominal load loss of the transformer under sinusoidal excitation and the nominal current of the primary side of the transformer, respectively. Load losses are also calculated taking into account the effects of actual loads and harmonics. The total eddy current loss and other stray losses are also determined using the harmonic loss factor for eddy current loss and the harmonic factor for other stray losses. Also, additional losses caused by harmonics and the life of the transformer are approximately determined. In this study, the effects of losses caused by harmonic distortions on the productive life of transformers operating under load have been examined and the useful working life of transformers has been determined approximately. When the results obtained from the simulation are analyzed, it is seen that the more the loads caused by the current harmonics produced by the electrical devices, the lower the transformer life will be. It shows that the increase in harmonic distortion will increase the losses of the transformer and shorten its life. The method used verified the results of the transformer designed and analyzed. This shows that this method can be used in design and analysis.

Keywords: Transformer, harmonic load, loss of life, magnetic flux

1. Giriş

Son yıllarda lineer olmayan yüklerin artmasıyla güç sistemindeki harmonikler önemli ölçüde artmıştır. Doğrusal olmayan yüklerin güç sistemindeki varlığı, transformatörlerde yüksek kayıplara ve transformatörlerin kullanım ömründe kısaltmaya neden olur. Harmonik bozulma nedeniyle artan kayıplar, transformatörde beklenmedik sıcaklık artışına neden olabilir. Beklenmedik sıcaklık değerleri transformatörün verimli çalışma ömrünü kısaltmaktadır. Bu durum, transformatörün beklenen ömür beklentisinde azalmaya ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Harmonik yük içeriğini tahmin etmenin üç yöntemi vardır. Bunlar, tepe faktörü, harmonik faktör (toplam harmonik bozulma yüzdesi -% THD) ve K-Faktördür. İlk iki yöntem en yaygın kullanılan harmonik tahmin yöntemleri olmakla birlikte bazı sınırlamaları vardır. Çünkü bu yöntemlerde harmonik frekanslar dikkate alınmaz. K faktörü ile harmonik tahmini etkili bir yöntemdir fakat K faktörünün hesaplamaları çok karmaşıktır (Özüpak & Mamiş, 2019). Bir transformatörün harmonik bozulma bileşeninin artması, ek sıcaklık kayıplarına, yalıtım malzemesinin bozulmasına, transformatörün verimli çalışma ömrünün kısaltılmasına, daha yüksek sıcaklık değerlerine, güç faktörünün azalmasına, transformatörde güç kayıplarına ve performans eksikliğine neden olabilmektedir (Sadati vd., 2008). Bu sorunları önlemek için, doğrusal olmayan yükü besleyen transformatörün nominal kapasitesi azaltılmalıdır (Muthanna vd., 2006). Dağıtım transformatörü üreticileri, harmonik yük akımlarının etkilerine dayanabilen bir tasarım olan K-Faktörü adlı bir derecelendirme sistemi geliştirmişlerdir (Lee vd., 2010). Harmonik gerilim, manyetik çekirdeklerdeki kayıpları arttırmaktadır. Harmonik akımlar ise transformatörün sargılarından kayıpları arttırmaktadır.

Genel olarak, harmonik kayıplar, sargılardaki artan ısı dağılımından meydana gelir. Bunların her ikisi de rms akımının karesinin yanı sıra girdap akımları ve çekirdek kayıplarının bir fonksiyonudur. Meydana gelen ek sıcaklık, transformatörün yalıtım malzemesinin ömrünü azaltmada önemli bir etkiye sahip olabilir. Sinüzoidal olmayan bir yük akımı tarafından üretilen artan girdap akımı kayıpları, anormal sıcaklık artışına ve dolayısıyla aşırı sargı kayıplarına neden olabilir. Harmoniklerin, güç transformatörlerinin verimli ömürlerine etkisi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Soh vd., 2013). Bu çalışmada harmonik limitleri standartları dikkate alınmıştır. Harmoniklere bağlı olarak transformatörün kayıpları ve ömür kayıpları SEY ile incelenmiştir.

2. Harmonik Yük Kayıpları ve Ömür Kaybı

Bir AC güç sistemindeki harmonik bileşen, sistemin temel frekansının tam sayı katına eşit bir frekansa sahip periyodik bir dalga formunun sinüzoidal bileşeni olarak tanımlanır. Ana harmonik kaynaklar, üç ekipman kategorisindedir; güç sistemi ekipmanları, endüstriyel yükler ve konut yükleri. IEEE 519: 1992 ile tanımlanan harmonik kaynaklar arasında güç dönüştürücüleri, ark fırınları, statik VAR kompansatör, dağıtım üretim invertörleri, gücün elektronik faz kontrolü, anahtarlamalı mod güç kaynakları ve darbe genişliğinde modülasyonlu

sürücüler bulunmaktadır (IEEE 519, 1992). Bu standart, yeni harmonik kaynağın ölçüm ve detaylı modelleme ve simülasyon çalışmaları ile değerlendirilmesi önerisiyle sona ermektedir.

Transformatörler, temel frekansta minimum kayıpla bağlı yüklerle gerekli gücü verecek şekilde tasarlanmıştır. Transformatör kayıpları, denklem (1)'de gösterildiği gibi genellikle yüksüz kayıp ve yük kaybı olarak sınıflandırılır.

$$P_T = P_{NL} + P_{LL} \quad (\text{Denklem 1})$$

Burada P_T toplam kayıp, P_{NL} yüksüz durumdaki kayıp ve P_{LL} ise yük altında meydana gelen kayıplardır.

Yük kaybı veya uyarma kaybı, çekirdeğin gerilim uyarımı, manyetik histerezis ve girdap akımlarından kaynaklanan kayıplardır. Yük kayıpları veya empedans kaybı, sargılar, nüve, nüve kelepçeleri, manyetik kalkan, muhafaza veya tank duvarlarında meydana gelen kayıplardan oluşmaktadır. Elektromanyetik akının neden olduğu I^2R kaybı ve başıboş kayıp olarak alt bölümlere ayrılmıştır. Böylece, toplam başıboş kayıp, sargılar dışındaki bileşenlerde sargı başı kaybı ve başıboş kaybı olarak alt bölümlere ayrılır. Sargıların başıboş kaybı, sarmallar veya paralel sargı devreleri arasındaki dolaşım akımlarından kaynaklanan sargı iletken kordonu kaybını içerir. Toplam yük kaybı şu şekilde ifade edilebilir:

$$P_{LL} = P_{I^2R} + P_{EC} + P_{OSL} \quad (\text{Denklem 2})$$

Burada P_{I^2R} bakır kayıplarını, P_{EC} eddy kayıplarını, P_{OSL} ise diğer kaçak kayıpları temsil etmektedir.

Başlangıç durumunda primer ve sekonder nominal akımları şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$I_{1-rated} = \frac{S(kVA)}{\sqrt{3}V_1} \quad (\text{Denklem 3})$$

$$I_{2-rated} = \frac{S(kVA)}{\sqrt{3}V_2} \quad (\text{Denklem 4})$$

Eğer I^2R yerine yazılırsa;

$$P_{I^2R-rated} = K[I_{1-rated}^2 R_1 + I_{2-rated}^2 R_2] \quad (\text{Denklem 5})$$

Burada K
tek fazlı transformatörler için =1
üç fazlı transformatörler için =1.5 alınmaktadır.

$$P_{LL-rated} = P_{I^2R-rated} + P_{TSL-rated} \quad (\text{Denklem 6})$$

$$P_{TSL-rated} = P_{EC-rated} + P_{OSL-rated} \quad (\text{Denklem 7})$$

Burada,
 I_1 = transformatörün birincil tarafındaki akım,
 I_2 = transformatörün sekonder tarafındaki akım
 R_1 = birincil dc direnci
 R_2 = ikincil dc direnci
 P_{TSL} = toplam başıboş kayıptır.

Yağlı tip transformatörler için IEEE Standardına göre, girdap akımı kaybının toplam kaçak kayıpların yaklaşık 0.33'ü olduğu varsayılır (IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Std C57.91 1995).

$$P_{EC-rated} = 0.33P_{TSL-rated} \quad (\text{Denklem 8})$$

$$P_{OSL-rated} = P_{TSL-rated} - P_{EC-rated} \quad (\text{Denklem 9})$$

3. Harmonik Kayıp Faktörü

Harmonik kayıp faktörü, F_{HL} , sargı girdap kaybı ve diğer kaçak kayıplar üzerindeki mevcut harmonik etkinin önemli bir göstergesidir. Harmonik kayıp faktörü, temel veya rms akımına normalleştirilir.

Sargı girdap akımı için F_{HL} , harmoniklerden kaynaklanan toplam girdap akımı kayıplarının güç frekansındaki girdap akımı kayıplarına oranıdır. F_{HL-STR} , harmoniğe bağlı diğer kaçak kaybın güç frekansındaki diğer kaçak kayıplara oranıdır. Girdap akımı kaybı, bir F_{HL} faktörü kadar artırılır ve diğer kaçak kayıp, harmoniklerin varlığında bir F_{HL-STR} faktörü ile artar. Sinüzoidal olmayan durumdaki transformatörün yük kayıpları denklem (10)'da gösterildiği gibidir;

$$P_{LL} = P_{I^2R-rated} + F_{HL}P_{EC-rated} + F_{HL-STR}P_{OSL-rated} \quad (\text{Denklem 10})$$

Bu faktör aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$F_{HL} = \frac{\sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left[\frac{I_h}{I_1} \right]^2 h^2}{\sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left[\frac{I_h}{I_1} \right]^2} \quad (\text{Denklem 11})$$

$$F_{HL-STR} = \frac{\sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left[\frac{I_h}{I_1} \right]^2 h^{0.8}}{\sum_{h=1}^{h=h_{max}} \left[\frac{I_h}{I_1} \right]^2} \quad (\text{Denklem 12})$$

Burada F_{HL} girdap akımları harmonik kaybını, F_{HL-STR} ise diğer kayıplar için harmonik faktörü ifade etmektedir.

4. Transformatörün Yaşam Kaybı Hesaplaması

Transformatör ömrü kaybı tahmini, yalıtım malzemeleri ile elde edilen bozulma oranına dayanmaktadır. Bir transformatörün ömür kaybının yaklaşık %50'si doğrusal olmayan yük akımının ürettiği termal gerilmelerden kaynaklanır (Samesime vd., 1995). En sıcak nokta sargı sıcaklığı şu şekilde hesaplanır;

$$\theta_{TO} = \theta_{TO-rated} \left(\frac{P_{LL-C+PNL}}{P_{LL-rated+PNL}} \right)^{0.8} \quad (\text{Denklem 13})$$

$$\theta_g = (\theta_w - \theta_{TO-rated}) \left(1 + \frac{F_{HL}(P_{EC-ratedpu})}{1+P_{EC-ratedpu}} \times P_{LL-pu} \right)^{0.8} \quad (\text{Denklem 14})$$

En sıcak nokta sıcaklığı;

$$\theta_H = \theta_{TO} + \theta_g + \theta_A \quad (\text{Denklem 15})$$

şeklinde olur.

Burada;

θ_{TO} = yağ sıcaklığı yükselmesi,

θ_w = sargı sıcaklığı artışı,

θ_A = ortam sıcaklığı

θ_g = en yüksek yağ sıcaklığının üzerinde en sıcak nokta iletken yükselmesi,

θ_H = sıcak nokta sıcaklığı

Bir transformatörün bağlı yaşlanma faktörü, yaşam kaybı ve gerçek yaşam şu şekilde ifade edilebilir [14];

$$F_{AA} = \exp \left(\frac{15000}{383} - \frac{15000}{\theta_H + 273} \right) \quad (\text{Denklem 16})$$

$$\%LOL = \frac{F_{AA} \times t \times 100}{normal_yalitim_ömrü} \quad (Denklem 17)$$

$$Life(pu) = 9.8 \times 10^{-18} e^{\left(\frac{15000}{\theta_H + 273}\right)} \quad (Denklem 18)$$

Transformatörün gerçek ömrü = Ömür(pu) x normal yalıtım ömrü = normal yalıtım ömrü (yıl)/ F_{AA}

Burada,

F_{AA} = bağıl yaşlanma faktörü

% LOL = yüzde olarak ömür kaybı

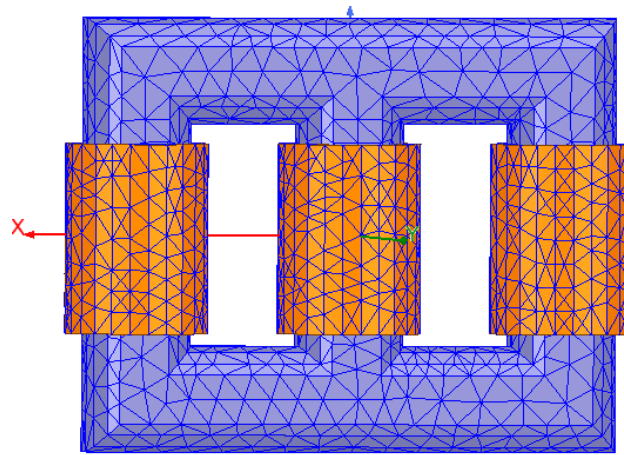
t = verilen zaman aralığıdır.

5. Transformatörün Modellenmesi ve Analizi

Transformatör Sonlu Elemanlar Yöntemi ile ANSYS@Maxwell ortamında modellenmiştir. Modelleme için tüm değerler program ortamında tanıtılmıştır. Analiz için veriler, 0.05sn aralıklarla kaydedilmiştir. Kaydedici; frekans, gerilim, akım, toplam harmonik bozulma, aktif güç, reaktif güç, görünen güç, gerilim harmoniği, akım harmoniği, gerçek güç faktörü ve yer değiştirme güç faktörü gibi büyüklükleri ölçmek üzere ayarlanmıştır. Tablo 1'de transformatörün özellikleri verilmiştir. Şekil 1'de tasarlanan transformatörün 3-D modeli sunulmuştur.

Tablo 1. Transformatöre ait özellikler.

Primer Gerilimi	33.000 V
Sekonder Gerilimi	11.000 V
Yüksüz Kayıp	12.500 W
Yük Kayıpları	97.000 W
YG Sargı Direnci	1.7 Ω
AG Sargı Direnci	40 m Ω
YG Faz Akımı	152 A
AG Faz Akımı	785 A
I_o	% 0.44
Normal İzolasyon Ömrü (yıl)	23



Şekil 1. Transformatörün 3-D modeli ve ağ örgüsü.

Modellenmiş transformatörün sargı ve nüve kayıpları bir alt harmonik ile üst üste getirilen birincil faz-nötr anma sinüzoidal gerilimleri altında yüksüz durum için analiz edilir. Verilen harmonikli uyarma gerilimleri aşağıda verilmiştir.

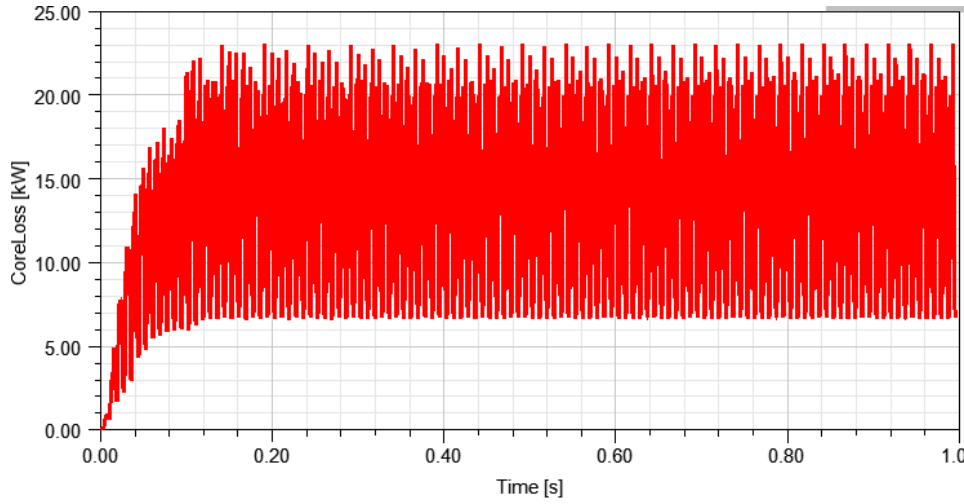
$$V_a = \sqrt{2}V_s \cos(2\pi f_s t) + \sqrt{2}/2 V_R \cos(100\pi t) \quad (\text{Denklem 19})$$

$$V_b = \sqrt{2}V_s \cos\left(2\pi f_s t + \frac{2\pi}{3}\right) + \sqrt{2}V_R \cos\left(100\pi t + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{Denklem 20})$$

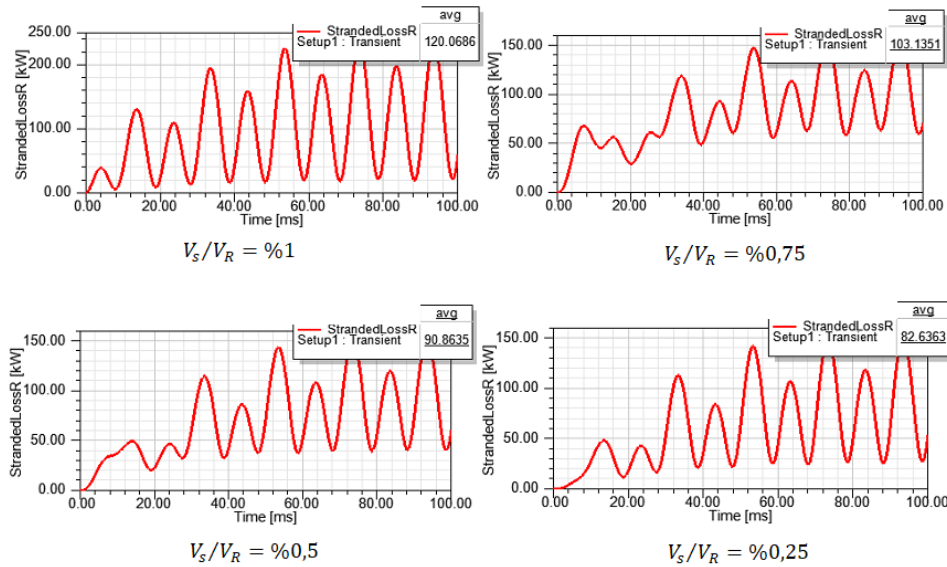
$$V_c = \sqrt{2}V_s \cos\left(2\pi f_s t - \frac{2\pi}{3}\right) + \sqrt{2}V_R \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{Denklem 21})$$

Burada, V_R temel bileşen, yani incelenen transformatörün faz-nötr geriliminin nominal değeridir. V_s harmonikli gerilimin rms değeri, f_s harmonik frekansdır. Burada üçüncü, beşinci ve yedinci harmonikler incelenmiştir.

Bu analiz için V_s/V_R oranı %0.25 ile %1 arasında değiştirilmektedir. $V_s/V_R = \%1$ için, nüvenin maksimum akı yoğunluğunun 1,97 T civarında olduğunu göstermektedir. Tablo 2’de harmonik analizlerden elde edilen sonuçların normal çalışma koşullarındaki sonuçlarla ve teorik sonuçlarla karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 2’de Transformatörün birim başına düşen günlük yükü verilmiştir. Şekil 3’te Her harmonik dalgası için bakır kayıpları verilmiştir.



Şekil 2. Transformatörün birim başına düşen dalgalı yükü.



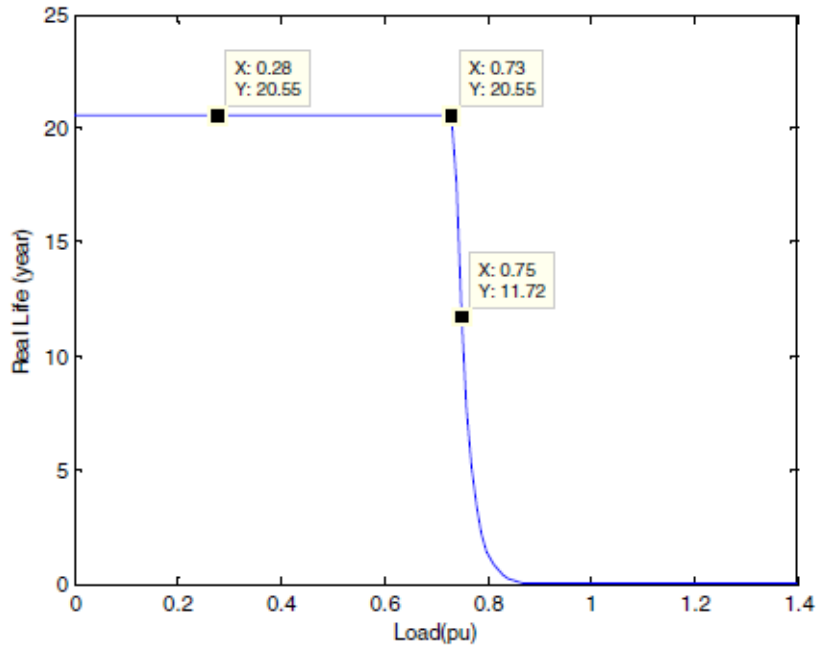
Şekil 3. Transformatörün harmoniklerli yük kayıpları.

Belirtilen her durum için modelin analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Sonuçların karşılaştırılması

	V_s/V_R				
	%1	%0,75	%0,5	%0,25	
Nüve kaybı (kW)	12.44	12.432	12.42	12.418	
Harmonikli bakır kaybı (kW)	120.01	103.14	90.86	82.63	
Harmoniksiz bakır kaybı (kW)					97.5

V_s/V_R % 0.25'ten % 1'e kadar çıkarılmasıyla, sargı kayıpları artmış, çekirdek kayıpları ise neredeyse hiç değişmemiştir. Burada, birim başına, nominal güç ve akım değerlerinin, sırasıyla sinüzoidal uyarım altında transformatörün nominal yük kaybı ve transformatörün primer tarafının nominal akımı olarak seçildiğine dikkat edilmelidir. Yük kayıpları ayrıca gerçek yük ve harmoniğin etkileri dikkate alınarak hesaplanır. Toplam girdap akımı kaybı ve diğer kaçak kayıplar da girdap akımı kaybı için harmonik kayıp faktörü ve diğer kaçak kayıplar için harmonik faktör kullanılarak belirlenir. Sonuç, harmonik yük akımının güç transformatörü üzerinde zararlı olabileceğini göstermektedir. Bu durum, harmonik mevcut olduğunda kayıpların artacağını göstermektedir. Birim yükleme miktarı arttığı zaman yaşlanma hızlanma faktörü de artar. Bu, transformatör ömrünün normal ömründen daha az olacağı anlamına gelir. Sıcaklığın referans değerlerinin aralığında olmamasıyla yaşlanma daha da hızlı olacaktır. Transformatörün yaşlanma eğrisi Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 4. Transformatörün yüke göre ömür kaybı (Said vd., 2010).

6. Sonuç

Bu çalışmada yük altında çalışan transformatörlerin harmonik bozulmaların neden olduğu kayıpların verimli ömürleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve transformatörlerin faydalı çalışma ömürleri yaklaşık olarak belirlenmiştir. Simülasyondan elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde, elektrikli cihazların ürettiği akım

harmoniklerinin neden olduğu yükler ne kadar fazla olursa transformatör ömrünün o kadar düşük olacağını görülmüştür. Daha yüksek THD, transformatör kayıplarının ve sıcak nokta sıcaklığının artması nedeniyle transformatörün ömrünü de kısaltır.

Harmonik standart, harmonik akımın izlenmesi gerektiğini gösterir. IEC TR 61000-3-4: 1998 Standardına karşılık gelen bu maksimum MS 1555: 2002 sınırları, olabilecek güç sistemi ekipmanını korumak için en yüksek toplam harmonik bozulma ile karşılaşan hem müşteri hem de tedarikçiler için bir kılavuz olarak kullanılmalıdır. Yüksek harmonik akımlardan etkilenene transformatörün güç kaynağının kalitesini düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca harmoniklerin transformatörün yalıtım malzemesine zarar verdiği ve bu nedenle transformatörün verimli çalışma ömrünü de azalttığı görülmüştür.

Kaynaklar

1. **De La Rosa, F. (2006).** *Harmonics and power systems*, Boca Raton: CRC press. 184 p.
2. **Emanuel, A.E. & Wang, X. (1985).** "Estimation of Loss of Life of Power Transformers Supplying Nonlinear Loads, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*. March .628 – 636.
3. **IEEE (1995).** Recommended Practice for Establishing L Type Power and Distribution Transformer Capab Nonsinusoidal Load Currents, IEEE Std C57.110-2.
4. **IEEE (1995).** Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Std C 57-91.
5. **IEEE 519 (1992).** IEEE Recommended Practices and Requirements f in Electrical Power Systems,
6. **Lee, M., Abdullah, H. A., Jofriet, J. C. & Patel, D. (2010).** Thermal modeling of disc-type winding for ventilated dry-type transformers, *Electric Power Systems Research*, 80(1): 121–129.
7. **Malaysian Standard (2009).** Electromagnetic Compati Limitation of Emission of Harmonic Currents in Supply Systems for Equipment with Rated Curren Department of Standards Malaysia.
8. **Marzband, M. & Shaikholeslami, A. (2006).** A Pro Modeling of Distribution Network Transformers a Loss in the Transformers and the Amount of Life, *International Conference on Power Ele Energy Systems, PEDES '06*. 12-15 Dec.
9. **Muthanna K.T., Sarkar, A., Das, K. & Waldner K. (2006).** Transformer Insulation Life Assessment, *IEEE Trans. Power Deliv.* 21(1): 150 – 156.
10. **Özüpak, Y. & Mamiş, S. (2019).** Realization of electromagnetic flux and thermal analyses of transformers by finite element method. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 14(10): 1478-1484. Doi: 10.1002/tee.22966.
11. **Pierrat, L., Resende, R.J. & Santana, J. (1996).** Power transformers life expectancy under distorting power electronic loads, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics. ISIE '96*. 17-20 June. Warsaw: IEEE, 578 – 583.
12. **Radmehr, M., Farhangi, S. & Nasiri, A. (2006).** Effect of Power Quality Distortion on Electrical Drives and Transformer Life in Paper Industries: Simulation and Real Time Measurements, *Pulp and Paper Industry Technical Conference*, 18-23 June, Iran: IEEE, 1 - 9.
13. **Said, D.M., Nor, K.M. & Majid, M.S. (2010).** Analysis of Distribution Transformer Losses and Life Expectancy using Measured Harmonic Data, Conference Paper · DOI: 10.1109/ICHQP.2010.5625404, October 2010.
14. **Sadati, S.B., Tahani, A., Jafari, M. & Dargahi, M. (2008).** "Derating of Transformers under Non-sinusoidal Loads", in: *11th International Conferenec on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM*, pp.263-268.
15. **Samesima, M.I., Wilson Resende, J. & Araujo, S.C.N (1995).** Analysis of transformer loss of life driving nonlinear industrial loads by the finite elements approach, *IEEE Industry Applications Conference, Thirtieth IAS Annual Meeting, IAS '95*. 8-12 Oct. 1995. Orlando, FL: IEEE, 2175 – 2179.
16. **Soh T.L.G, Said D.M., Ahmad, N., Nor, K.M & Salim, F. (2013).** Experimental study on the impact of harmonics on transformer, *IEEE 7th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO)*, pp.686-690.
17. **Teke, I., Özüpak, Y., Mamiş, M., & Plant, P. (2019).** Electromagnetic Field and Total Loss Analysis of Transformers by Finite Element Method. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 8(01), 24451-24460.

EFFECT OF METAL DOPED ZSM-5 CATALYST ON AROMATIC YIELD AND COKE FORMATION IN MICROALGAL BIO-OIL PRODUCTION

Gamze Özçakır^{1*}, Ali Karaduman²

¹ Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, 11230, BİLECİK

² Ankara University, Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, 06100, ANKARA

Abstract

It has been known that synthetic zeolites as a cracking catalyst can increase aromatic hydrocarbon amount by providing deoxygenation of pyrolytic bio-oil. However, deactivation of zeolite because of coke deposition has been a serious problem. In this study, Ni and Co metals which was impregnated to ZSM-5 were used as catalyst for co-pyrolysis of *Spirulina*-Polystyrene and *Spirulina*-Polyethylene. The yields of bio-oils were compared to each other. The bio-oils which formed from catalytic co-pyrolysis were analyzed via GC-MS. Amounts of target aromatic compounds which were benzene, o-xylene, naphthalene in the bio-oils were determined. Coke amounts on the catalysts were computed. Regarding coke deposition (11%) and bio-oil yield (55%), it was determined that Ni-ZSM-5 was an effective catalyst for co-pyrolysis Polystyrene and *Spirulina*. For *Spirulina* and Polyethylene, it was obtained that bio-oil yield and coke deposition were 50% and 14% for Ni-ZSM-5.

Key Words: Bio-oil, ZSM-5, metal impregnation, GC-MS, green chemical production

1. Introduction

Synthetic zeolites as an important microporous crystalline material, have been used in industrial catalytic applications (Kakiuchi et al., 2019). Researchers have made modifications on synthesis methods of synthetic zeolites. In this way, it can be possible to change property and structure of synthetic zeolites (Peng et al., 2019). Framework of a zeolite is composed of iterative cornered units. These units occur from connection of SiO₄ and AlO₄ compounds to each others in a specific rate and geometry. Si/Al ratio in the unit have to bigger than 1. Each zeolite has different framework structure and pore size because of different geometries of that units. Pore size of zeolites generally are not under 1 nm. There are 230 different zeolites with respect to framework structure. Si/Al ratio of each zeolite can be varied in a framework structure. The most using zeolite types in industrial catalytic applications can be classified as MFI (H-ZSM-5 etc.), BEA (Zeolite Beta etc.), MOR (Mordenite etc.), FAU (Zeolite Y etc.) and FER (Ferrierite etc.). These zeolites have been utilized especially in petrochemicals production which are aromatic hydrocarbons like gasoline, propylene, ethylbenzene and cumene. Each of them have different physical and chemical properties however some desired features are mutual for them such as high density because of the strong oxygen bond between Si and Al and thermal stability up to 800 °C (Fan & Jiao, 2019).

Nowadays, it has been known that fossil fuel using causes climate change. Therefore, researchers have widely worked on reducing fossil fuel addiction (Choo et al., 2020). So, these well-known zeolites can be used in renewable energy applications such as biomass conversion (Iisa et al., 2020), fuel cells (Nagar et al., 2019), removing volatile organic carbons (formaldehyde etc.) (Suárez et al., 2019) and NO_x gases (Khivantsev et al., 2019), water purification (Fanta et al., 2019; Özçakır, 2020) as well. Researchers have believed that the zeolites are important to produce renewable fuels (Cao et al., 2020) and green chemicals (Liu et al., 2019). Zeolites as a cracking catalyst can increase biofuel quality by providing deoxygenation of pyrolytic bio-oil (Ibarra et al., 2019). Moreover, zeolites can be used in catalytic cracking of plastic wastes to produce invaluable chemicals by providing depolymerization of pyrolytic liquid (Lin et al., 2019).

However, deactivation of zeolite because of coke deposition has been a serious problem for both biofuel and chemical production (Hita et al., 2019). There have been several ways to prevent coke deposition on zeolite. One of them is changing Si/Al ratio of zeolite (Eschenbacher et al., 2020). Adding mesoporous in the structure and metal doping form another ways (Srivastava et al., 2006; Gurdeep Singh et al., 2020). It has been known that obtaining hierarchical structure can change the zeolite acidity (Palizdar & Sadrameli, 2020). Besides that, aromatic

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Gamze ÖZÇAKIR; Bilecik Şeyh Edebali University, Engineering Faculty
Department of Chemical Engineering,
11230, Bilecik-Turkey.

Geliş (Received) : 16.05.2020

Kabul (Accepted) : 28.01.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

yield can not change in bio-oil on that way. And, coke deposition can increase because of large mono-aromatics on the catalyst surface by using that route. High acidity, low Si/Al i.e., can lead to decrease oxygen amount and to increase aromatic amount in bio-oil. Besides that, it can prevent coke deposition on catalyst. Metal doping on zeolites, includes two steps. Firstly, proton takes the place of cation in zeolite. Then, metal impregnation on zeolite occurs. In that way, the metal forms active sites on to the zeolite (Serrano et al., 2018).

In literature, many research was found about the effect of metal doping on zeolite for coke minimization. Li et al. (2020) recorded with metal loading on ZSM-5 bio-oil yield decreased. However, they said that Fe and Co metal doping increased Mono Aromatic Hydrocarbon (MAH) yield 2.5 times. Besides that, they determined that Fe doping decreased coke content significantly (Li et al., 2020). Zheng et al. (2017) determined that Ga, Zn, Ni, Co, Mg or Cu doping on ZSM-5 increased gas yield, while it decreased liquid yield. They obtained maximum bio-oil yield and minimum coke deposition as 26% and 22% respectively for Ga-ZSM-5 between metal doped catalysts. Also, they concluded that Co-based catalyst increased indene formation, however Ni-based catalyst increased benzene formation (Zheng et al., 2017). Du et al. (2013) recorded that Zeolite Y and ZSM-5 gave the positive results for aromatic production in bio-oil. They declared that the most suitable Si/Al ratio was 80 to maintain aromatic yield at the highest level and coke at the minimum. They obtained that Cu and Ga doping on catalyst which had that ratio increased aromatic yield (Du et al., 2013). However, some researches in the literature have defended the opposite opinion on the metal doping effect. For example, Persson et al. (2019) determined that Fe or Ni loading on ZSM-5 led to form coke on catalyst. They determined that Ni or Fe loading on ZSM-5 increased MAH yield. Ni-ZSM-5 increased naphthalene yield also (Persson et al., 2019).

It has been known that *Spirulina* (SP) as a kind of microalgae can be cultivated barren fields, wastewater with fast growth rate. It has high protein content (74 %). During its pyrolysis, proteins degrade to nitrogenous and oxygenated components in bio-oil. When ZSM-5 is used in its pyrolysis, these components convert to aromatic compounds (Chagas et al., 2016). It has been known that plastics has high hydrogen content. Thus, they increase bio-oil yield in co-pyrolytic studies. In addition, it has been thought that plastics improved aromatic compounds in bio-oil (Elsayed & Eseyin, 2016).

Among the other metals, Ni and Co promote deoxygenation reaction more efficiently, reduce coke formation and increase aromatic hydrocarbon yield (Zheng et al., 2017). Thus, in this study, Ni and Co metals were impregnated to ZSM-5. H form, Ni and Co loaded form of ZSM-5 were synthesized. For catalytic testing, co-pyrolysis of SP and Polystyrene (PS), SP and Low Density Polyethylene (LDPE) were carried out. Yields of target aromatic compounds were determined via Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Coke amounts on the catalysts were compared to each other.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Spirulina sp. Microalgae in powder form was bought from a local herbalist. Its elemental analysis and particle size were described in our previous research (Özçakır & Karaduman, 2019). According to the results, average particle size of the sample was detected 37 µm. Specific surface area was detected as 0.468 m²/g. Also, it was detected that *Spirulina* had carbon content nearly 50% by mass.

PS foam was provided from a hospital as a blood collection tube tray in the form of waste. It was sliced to small fragments. Then, its air was removed in furnace at 125 °C during 4 hours. LDPE whose type of F2-12 was provided from Petkim Petrokimya Holding A.Ş.

ZSM-5 powder in ammonium form was purchased from Zeolyst International. Ni(NO₃)₂·6H₂O and Co(NO₃)₂·6H₂O were supplied from Acros Organics and Surechem Products.

2.2 Catalyst Synthesis

Catalytic co-pyrolysis was done with three type catalysts which were H-ZSM-5, Ni-ZSM-5 and Co-ZSM-5. In catalyst synthesis, the study of Güleç et al. was applied (Güleç et al., 2018). For Ni-ZSM-5 and Co-ZSM-5, metal was doped 10% of total mass. The steps for metal doping were summarized in Fig 1. Calcination was made in Nabertherm GmbH brand and LV 5/11/P320 model furnace. According to calcination program which was shown in Fig 2, 550 °C was chosen to remove ammonium in commercial form of ZSM-5. H-ZSM-5 powder after

calcination was pressed under 10 tonnes to obtain the form of pellet. Ni and Co doping to H-ZSM-5 were made by using wet impregnation method. To obtain Ni-ZSM-5 which had 10% by mass Ni, adequate amount of $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was weighed and mixed with H-ZSM-5. After 20 mL pure water adding to that mixture, the solution was obtained by dispersing in ultrasonic bath whose model was Elma T310. Then, the solution was held at room temperature during 24 hours. After then, the solution which became slurry form was dried at 120 °C during 4 hours. Lastly, the calcination program was used again. 350 °C in calcination program was chosen for nitrate removing in the metal salt. To obtain Co-ZSM-5 which had 10% by mass Co, the same route was applied. Brunauer-Emmett-Teller (BET), Scanning Electron Microscope (SEM) and X-ray fluorescence (XRF) analysis of the catalysts were given in the previous research (Özçakır & Karaduman, 2019). According to BET analysis, it was determined that surface area and total pore volume of H-ZSM-5 were 280 m^2g^{-1} and 0.263 cm^3g^{-1} . However, loading metals to the zeolite was reduced surface area and total pore volume compared to the non-doped one. In addition to that, it was found that whole catalysts belonged to microporous class with respect to average pore size (2 nm). According to SEM analysis, it can be understood apparently that there are no important difference between the morphology of metal loaded ones and non-loaded one. According to XRF analysis, it was calculated that Si/Al molar ratio of all catalysts was in the range between 60 and 70. Besides that, it was confirmed that the desired ratio of metal loading on the catalysts was reached.

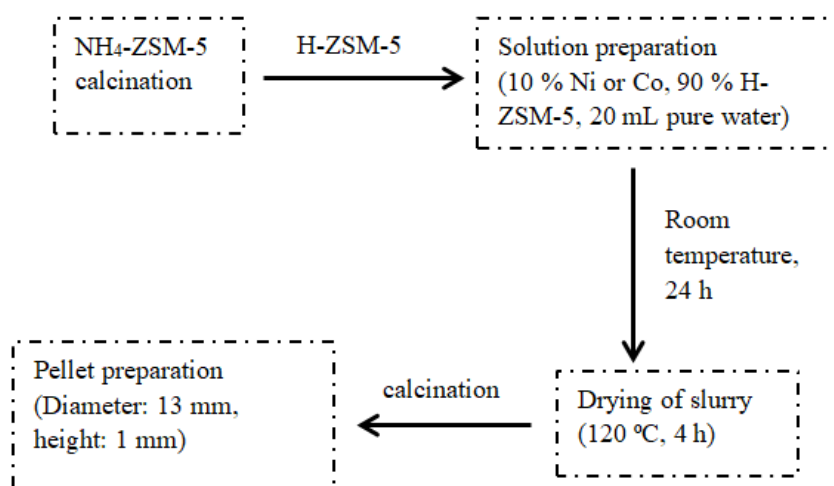


Figure 1. Catalyst preparation steps.

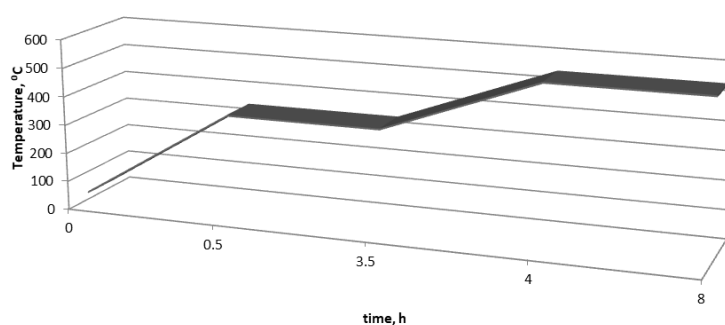


Figure 2. Calcination programme.

2.3 Catalytic Testing

All glass equipment and feedstock were weighed via Shimadzu UX420H brand analytical balance before the experiments. Whole runs were carried out 15 g of feed, 25 mL/min Nitrogen flow, 10 °C/min heating rate. For catalytic runs, catalyst bed in the middle of reactor was used to put the catalyst pellets. Glass equipments were linked to each other safely. Aluminium foil and rock wool were used to prevent heat loss from the setup. Ethylene

glycol whose temperature was adjusted at 0 °C was circulated in experimental setup during the experiments. Paratherm brand PID Temperature controller was used to adjust and follow the furnace temperature. Temperature in reactor were followed with Elimko 2000 brand digital indicator. After the experiments, whole glass equipment except from reactor was weighed again to compute bio-oil yield. Because the reactor was full with only solid residue after the runs. Gaseous products was not collected. Semi batch experimental setup was shown in Fig 3.

The runs were started with thermal pyrolysis of SP which was carried out at 570 and 520 °C. Then effect of PS and LDPE adding to the SP was investigated. In our previous study, we have obtained maximum liquid yield for LDPE at 520 °C, for PS at 570 °C (Özçakır & Karaduman, 2020a). Because of this, co-pyrolytic experiments were carried out for SP/PS at 570 °C and for SP/LDPE at 520 °C. Individually PS and LDPE were added to the feed at the ratios of 33, 50 and 67%. Then, the SP/PS and SP/LDPE feeds which gave the maximum bio-oil yields were tested to the existence of 0.5, 1 and 1.5 grams H-ZSM-5. Lastly, the SP/PS and SP/LDPE feeds with suitable dosage of H-ZSM-5 which was obtained the maximum bio-oil yields were tested with Ni and Co loaded catalysts at the same dosage.

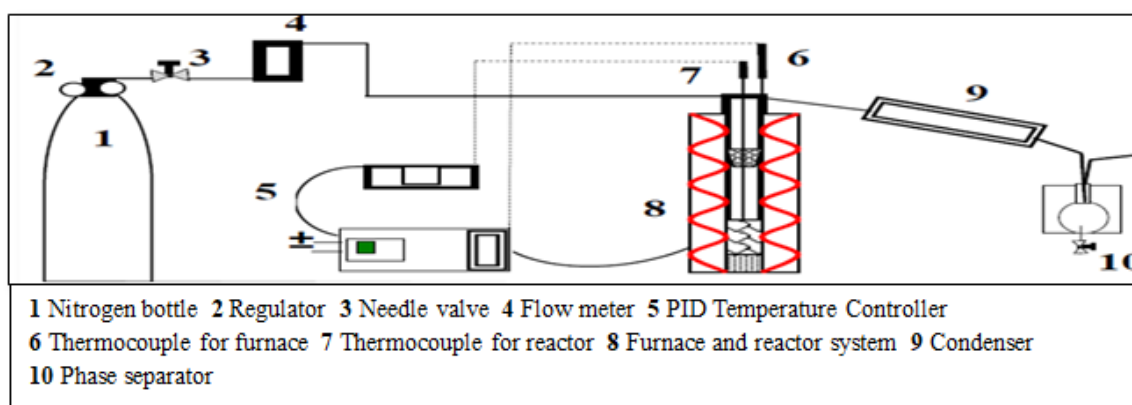


Figure 3. Pyrolysis setup (Çelikkögüs & Karaduman, 2015).

2.4 GC-MS Analysis

The bio-oil products were analyzed by utilizing Thermo Finnigan brand DSQ 250 model GC-MS equipment. Capillary column which was inside the instrument was Zebtron Brand. The column had 0.25 mm inner diameter and 60 m length. Temperature of the column was arranged prior to automatic injection of the sample. To begin with, the sample was held at 45 °C for 4 min. Then, temperature was increased to 280 °C with 3°C/min heating rate. After that, temperature was preserved at that temperature for 20 min. Total analyzing time was specified as nearly 100 min.

2.5 Determination of coke amount

Firstly the procedure which was included drying in furnace at 200°C during 2 hours and holding at 25 °C during 0.5 hours was applied to the used catalysts in the co-pyrolysis experiments. After the catalysts had constant weight value which was symbolized to m_1 , the procedure was finished. Then, temperature programme which was shown in Fig 4 was fixed to the furnace and coke removing was started. After then, the same procedure was applied till the weight of the catalysts did not change. That weight was symbolized as m_2 . Coke amount on the catalysts was computed by taking the difference between m_1 and m_2 .

3. Results and Discussion

3.1 Catalytic co-pyrolysis of SP and PS

Effect of PS adding in feed on bio-oil amount was shown in Fig 5. Considering the results, it was concluded that PS adding caused to the increase in bio-oil yield on a regular basis. It was an expected result. Shadangi & Mohanty have also found that polystyrene adding to the feed increased bio-oil yield from approximately 30 to 60 wt./wt. % at 550 °C (Shadangi & Mohanty, 2015). Maximum yield for SP and PS co-pyrolysis was obtained as 67.2% at

570 °C and the ratio of 1/2 SP/PS. Chemical composition of this bio-oil was given in Tab 1. It was found that PS and SP pyrolytic bio-oil comprised of nitrogenous compounds like pyrrole, indole and amide, oxygenated compounds like m-cresol, palmitic acid, nonadecanol and aromatic hydrocarbons which had high peak area percentage. Area percentage of Benzene-Toluene-Ethyl benzene-Xylene (BTEX) fraction and Styrene derivatives were obtained as 11.4 and 76.41 respectively in the bio-oil. In our study in 2020, area percentage of BTEX fraction of microalgae have been found as nearly 2 at 520 °C (Özçakır & Karaduman, 2020b). Regarding this result, it can be concluded that PS adding to the feed rose BTEX fraction yield.

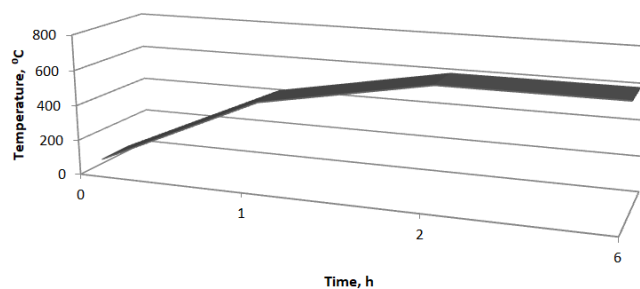


Figure 4. Coke removing steps.

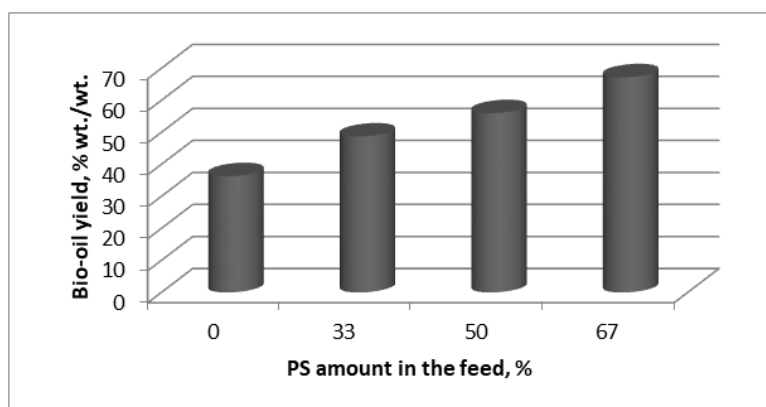


Figure 5. Change in bio-oil amount for SP and PS at 570 °C.

Table 1. Components in bio-oil of SP1PS2 that was obtained at 570 °C.

Retention time, min	Component	Formula	Peak area, %
6.83	benzene	C ₆ H ₆	0.16
9.26	pyrrole	C ₄ H ₅ N	0.13
10.19	toluene	C ₇ H ₈	7.16
14.38	Ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	4.05
14.83	o-xylene	C ₈ H ₁₀	0.03
16.43	styrene	C ₈ H ₈	63.88
17.66	cumene	C ₉ H ₁₂	0.31
20.63	Alpha-methylstyrene	C ₉ H ₁₀	6.44
22.68	Benzene, 2-propenyl-	C ₉ H ₁₀	0.2
24.91	m-cresol	C ₇ H ₈ O	0.1
30.36	naphthalene	C ₁₀ H ₈	0.05
36.43	Palmitic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0.07
36.93	octadecane	C ₁₈ H ₃₈	0.03
39.04	3-methyl-1H-indole	C ₉ H ₉ N	0.03
40.85	nonadecanol	C ₁₉ H ₄₀ O	0.06
45.26	bibenzyl	C ₁₄ H ₁₄	0.5
53.32	Styrene dimer	C ₁₆ H ₁₈	6.09
67.28	hexadecanamide	C ₁₆ H ₃₃ NO	0.04

Catalytic experiments were carried out with the feed which had the ratio of 1/2 SP/PS at 570 °C. Firstly, effect of H-ZSM-5/Feed ratio on bio-oil yield was tested. After then, the metals (Ni/Co) was loaded on H-ZSM-5 and their effectiveness on bio-oil yield was tested by using that ratio. As shown in Fig 6, it was deduced that up to 1 g of the catalyst did not affect the bio-oil yield and above 1 g catalyst, bio-oil yield decreased. This was an expected result. Mo et al. have also found that H-ZSM-5 using almost did not change *Spirulina*'s bio-oil yield under Nitrogen atmosphere (Mo et al., 2020). Another study have shown that Silica-Alumina catalyst decreased bio-oil yield of *Spirulina* up to 10% at 550 °C (Jamilatun et al., 2020). The maximum yield was obtained as 63.5% for 1/15 H-ZSM-5/Feed ratio. As shown in Fig 7, Ni or Co loading on catalyst decreased the bio-oil yield under that yield. But, nearly same amount of bio-oil was obtaining both Ni (56.3%) and Co (55%).

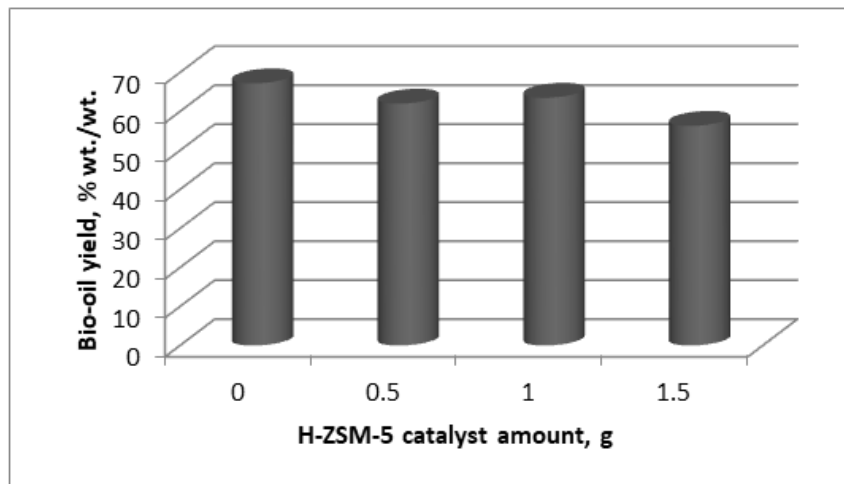


Figure 6. Effect of H-ZSM-5 on bio-oil yield for SP and PS co-pyrolysis at 570 °C.

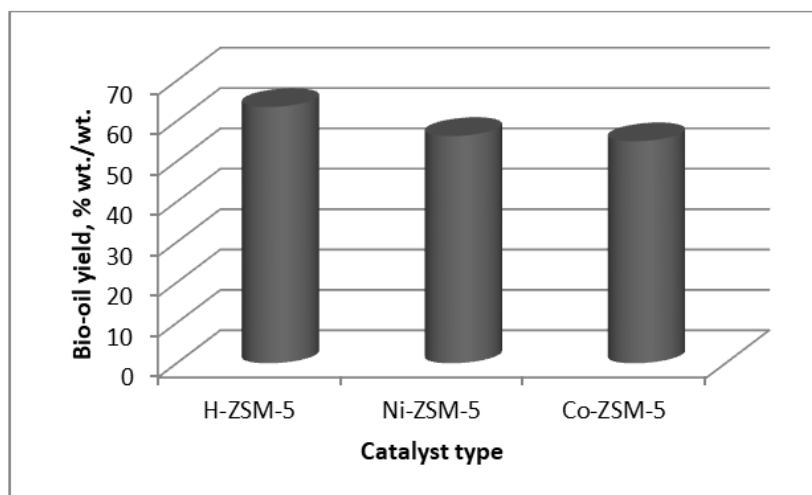


Figure 7. Effect of metal loading on H-ZSM-5 on bio-oil yield for SP and PS co-pyrolysis at 570 °C.

Benzene, o-xylene and naphthalene peak areas in the bio-oils were converted to mass values by multiplying their MS detector mass response factors which was given in Tab 2. Then, mass values of the components were summed. And then, mass percentage value of each component was obtained in the bio-oil. It was assumed that bio-oils comprised of only that components, because the response factors of other components in bio-oil were not found in the literature.

Table 2. Detector response factors for some aromatic compounds in bio oil (URL-1, 2015).

Aromatic compound	MS detector mass response
Benzene	1.135
o-xylene	1.138
naphthalene	1.860

As shown in Fig 8, H-ZSM-5 catalyst using led to increase of naphthalene amount in bio-oil. In addition, naphthalene amount increased with increasing catalyst amount. The amount of o-xylene did not affect from catalyst using. Benzene amount tended to increase when catalyst amount increased from 1 to 1.5 g. As shown in Fig 9, metal loading on catalyst did not affect the amount of selected aromatic component in the bio-oil significantly. Che et al. have examined the effect of Zn, Fe, Ca, Ce and La loaded ZSM-5 on benzene and xylene yield during biomass pyrolysis. They concluded the result that excessive metal loading (10%) can cause to decrease diffusion ability and acidity of ZSM-5 (Che et al, 2019). It was thought that same situation can also happen our study for Ni and Co metals so benzene and o-xylene yield did not change. When it was used 1 g Ni-ZSM-5, it was obtained minimum amount of o-xylene (0.06%) and benzene (0.30%). For naphthalene, minimum amount was obtained by using Co-ZSM-5 (0.47%).

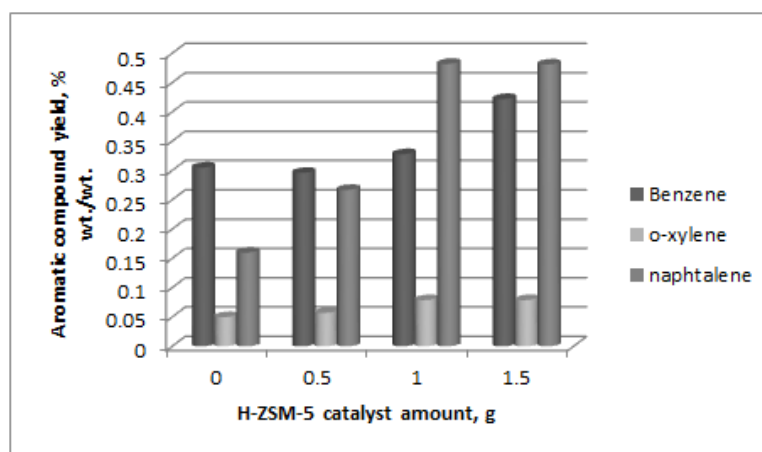


Figure 8. Effect of H-ZSM-5 on some aromatic compounds yield for SP and PS co-pyrolysis at 570 °C.

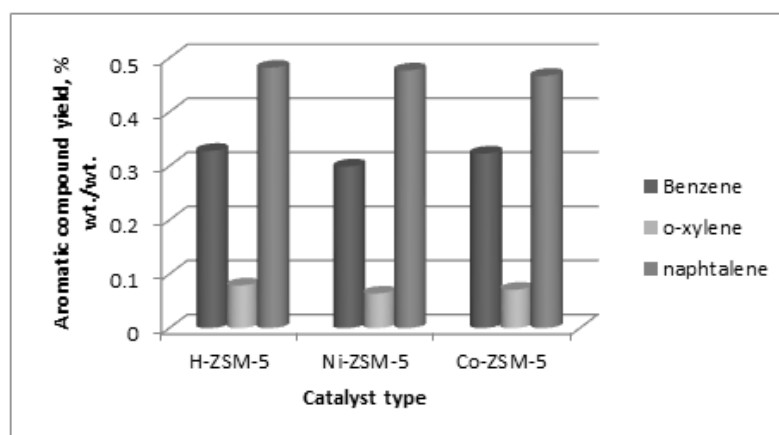


Figure 9. Effect of metal loading on H-ZSM-5 on some aromatic compounds yield for SP and PS co-pyrolysis at 570 °C.

Coke percentage was obtained as 13.602 in case of HZSM-5 catalyst using for SP and PS co-pyrolysis. Ni-ZSM-5 affected on coke minimization (10.784 %). Co-ZSM-5 did not change coke percentage importantly (13.251 %). Javaid et al (2015) have reached that benzene and xylene caused to coke on H-ZSM-5 in their study (Javaid et al.,

2015). As mentioned before, the minimum xylene and benzene amount was obtained when Ni-ZSM-5 was used. It can be thought that Ni help degradation of benzene and xylene on the catalyst surface during the co-pyrolysis.

3.2 Catalytic co-pyrolysis of SP and LDPE

Effect of LDPE adding in feed on bio-oil amount was shown in Fig 10. Regarding the results, low LDPE adding as 5 g to the feed caused to a little bit decrease in bio-oil yield from 36.3% to 29.1%. Then, it was concluded that LDPE adding which was more 5 g to the feed caused to the increase in bio-oil yield regularly. Maximum yield for SP and LDPE co-pyrolysis was obtained as 54.1% at 520 °C and the ratio of 1/2 SP/LDPE. Chemical composition of that bio-oil was given in Tab 4. It was found that LDPE and SP pyrolytic bio-oil comprised of nitrogenous compounds like pyrrole, oxygenated compounds like palmitic amide and straight chain/cyclic alkanes and alkenes which had high peak area percentage. The amount of total aromatic hydrocarbon fraction which included benzene, ethylbenzene, styrene, cumene and naphthalene was found as 1.28%.

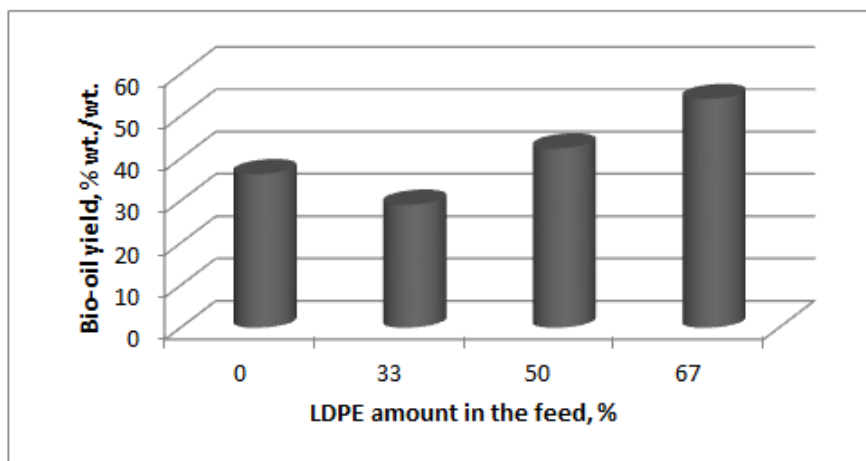


Figure 10. Change in bio-oil amount for SP and LDPE at 520 °C.

Catalytic experiments were done with the feed which had the ratio of 1/2 SP/LDPE at 520 °C. The route for SP/LDPE was applied on the same way with SP/PS. As shown in Fig 11, it was deduced that 0.5 g of the catalyst affected the bio-oil yield significantly. Minimum bio-oil yield was taken as 43% at that catalyst amount. For other ratios, it was said that catalyst amount did not affect the bio-oil yield importantly. The maximum yield was obtained as 51.2% for 1/10 H-ZSM-5/Feed ratio. As shown in Fig 12, Ni or Co loading on catalyst reduced the bio-oil yield under that yield. But, nearly same amount of bio-oil was obtaining both Ni (50.4%) and Co (48.9%). Iliopoulou et al. have samely declared that bio-oil yield decreased when Ni and Co metals doped to ZSM-5. As a reason of this situation, they have put forward that yield of gaseous product especially hydrogen and saturated hydrocarbon increased (Iliopoulou et al., 2012).

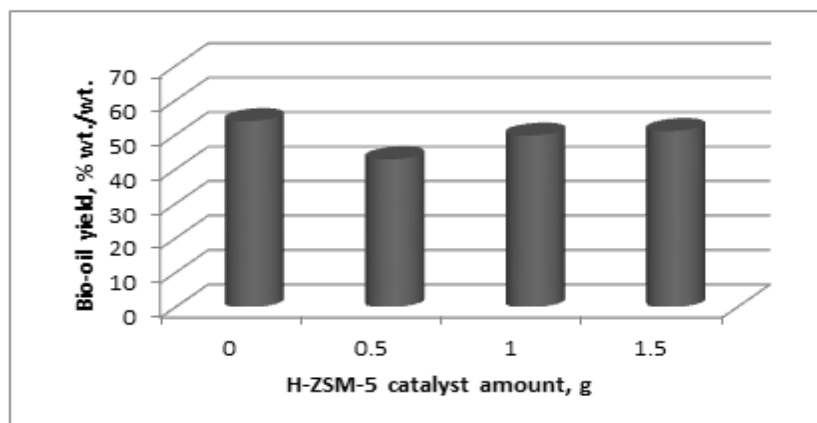


Figure 11. Effect of H-ZSM-5 on bio-oil yield for SP and LDPE co-pyrolysis at 520 °C.

Benzene, o-xylene and naphthalene peak areas in the bio-oils were converted to mass values on the same way with SP/PS. As given in Fig 13, H-ZSM-5 catalyst using led to increase of benzene amount in bio-oil significantly. The amount of o-xylene did not affect from catalyst using. In addition, o-xylene amount increased with increasing catalyst amount slightly. Naphthalene amount tended to increase when catalyst amount increased from 0.5 to 1.5 g. As shown in Fig 14, metal loading on catalyst did not affect the amount of selected aromatic component in the bio-oil significantly. Yao et al. have also declared that benzene, o-xylene and naphthalene yield did not change importantly with Ni loading for LDPE and biomass co-pyrolysis (Yao et al, 2015). Veses et al. have clarified the reason of this situation. They have claimed that metal incorporation can come right on top of ion states of the cation form zeolite. Because of this reason, acid sites of the zeolite can decreased and aromatic yield nearly did not change (Veses et al., 2016). When it was used 1.5 g H-ZSM-5, it was obtained minimum amount of o-xylene (15.836%) and benzene (17.915%). For naphthalene, minimum amount was obtained by using Co-ZSM-5 (8.484%). It was obtained nearly the same amount by using Ni-ZSM-5 (8.59%).

Table 4. Components in bio-oil of SP1LDPE2 that was obtained at 520 °C.

Retention time, min	Component	Formula	Peak area, %
4.6	Cyclobutane, methyl-	C ₅ H ₁₀	0.61
5.18	Cyclopentene	C ₅ H ₈	0.11
5.62	1-hexene	C ₆ H ₁₂	1.82
6.77	benzene	C ₆ H ₆	0.21
7.43	cyclohexene	C ₆ H ₁₀	0.19
7.81	1-heptene	C ₇ H ₁₄	2.34
8.15	Hexane, 3-methyl-	C ₇ H ₁₆	1.48
8.83	Cyclohexane, methyl-	C ₇ H ₁₄	0.27
9.22	pyrrole	C ₄ H ₅ N	0.41
10.51	Cyclohexene, 4-methyl-	C ₇ H ₁₂	0.38
14.29	ethylbenzene	C ₈ H ₁₀	0.12
14.55	o-xylene	C ₈ H ₁₀	0.2
15.75	styrene	C ₈ H ₈	0.64
17.02	nonane	C ₉ H ₂₀	1.53
17.53	cumene	C ₉ H ₁₂	0.15
19.17	Cyclopentene, 1-butyl-	C ₉ H ₁₆	0.17
20.66	1-hexene, 2-methyl-	C ₇ H ₁₄	0.27
21.34	1-decene	C ₁₀ H ₂₀	0.26
22.3	decane	C ₁₀ H ₂₂	1.36
23.13	cyclodecene	C ₁₀ H ₁₈	0.21
27.49	undecane	C ₁₁ H ₂₄	1.61
30.37	naphthalene	C ₁₀ H ₈	0.08
34.46	cyclododecene	C ₁₂ H ₂₂	0.22
36.6	1-pentadecene	C ₁₅ H ₃₀	2.86
37.09	pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	1.52
41.49	nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	1.55
41.9	1-nonadecene	C ₁₉ H ₃₈	0.2
45.23	1-octadecene	C ₁₈ H ₃₆	2.97
45.64	octadecane	C ₁₈ H ₃₈	1.78
46.03	cyclopentadecane	C ₁₅ H ₃₀	0.15
49.17	1-docosene	C ₂₂ H ₄₄	2.67
49.95	1-eicosene	C ₂₀ H ₄₀	0.17
52.92	heptadecene	C ₁₇ H ₃₄	2.55
53.28	eicosane	C ₂₀ H ₄₂	1.88
56.47	hexadecene	C ₁₆ H ₃₂	2.49
56.79	hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	1.55
60.15	heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	1.54
63.07	9-nonadecene	C ₁₉ H ₃₈	1.99
63.36	eicosane	C ₂₀ H ₄₂	1.52
67.33	Palmitic amide	C ₁₆ H ₃₃ NO	0.15
69.32	Pentacosane	C ₂₅ H ₅₂	1.27
74.76	octacosane	C ₂₈ H ₅₈	0.74

Coke percentage was obtained as 12.550 in case of HZSM-5 catalyst using for SP and LDPE co-pyrolysis. Both Ni (13.645 %) and Co (17.149 %) increased coke deposition. Relatively, Ni-ZSM-5 had less coke. That situation can be explained on the same way with SP/PS. Besides that, popular wisdom which was metal using prevented coke formation on ZSM-5 for bio-oil production fell into decay with that result.

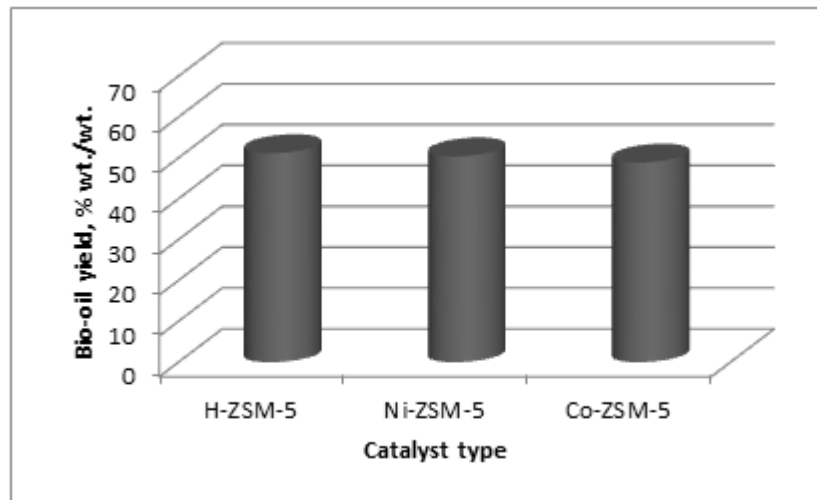


Figure 12. Effect of metal loading on H-ZSM-5 on bio-oil yield for SP and LDPE co-pyrolysis at 520 °C.

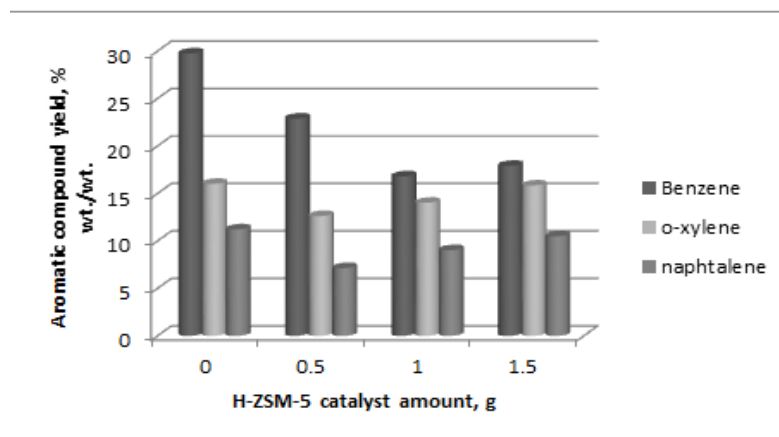


Figure 13. Effect of H-ZSM-5 on some aromatic compounds yield for SP and LDPE co-pyrolysis at 520 °C.

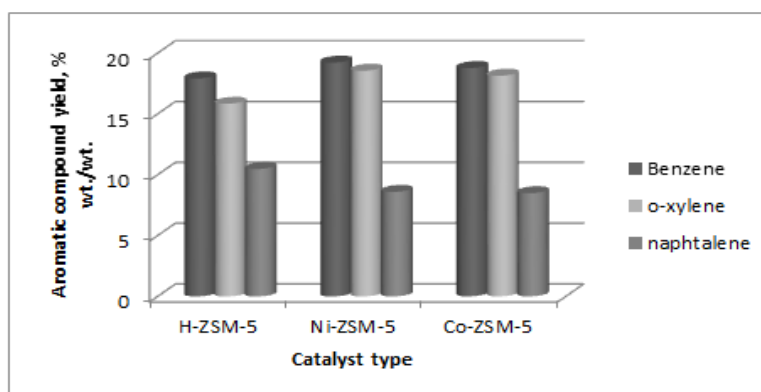


Figure 14. Effect of metal loading on H-ZSM-5 on some aromatic compounds yield for SP and LDPE co-pyrolysis at 520 °C.

4. Conclusion

For SP and PS co-pyrolysis, maximum bio-oil amount was obtained as 67.2% by weight at 570 °C and 1/2 ratio of SP to PS. 1 g of H-ZSM-5 catalyst and Ni-ZSM-5 using decreased that amount in the proportion of almost 4% and 11% by weight respectively. At a result of the catalytic co-pyrolysis of SP and PS on H-ZSM-5, it was found that PS and SP pyrolytic bio-oil comprised of nitrogenous compounds like pyrrole, indole and amide, oxygenated compounds like m-cresol, palmitic acid, nonadecanol and aromatic hydrocarbons which had high peak area percentage. Area percentage of Benzene-Toluene-Ethyl benzene-Xylene (BTEX) fraction and Styrene derivatives were obtained as 11.4 and 76.41 respectively in the bio-oil. It was also determined that metal loading on the catalyst did not affect the amount of selected aromatic components which were benzene, toluene and naphthalene in the bio-oil significantly. The coke amount of the catalysts were found as 13.602% for H-ZSM-5, as 10.784% for Ni-ZSM-5 and as 13.251% for Co-ZSM-5. For SP and PS co-pyrolysis, it was obtained that Nickel doping was the effective way in coke minimization.

For SP and LDPE co-pyrolysis, maximum bio-oil amount was taken as 54.1% by weight at 520 °C and 1/2 ratio of SP to LDPE. 1.5 g of H-ZSM-5 catalyst and Ni-ZSM-5 using decreased that amount in the proportion of almost 3% and 4% by weight respectively. At a result of the catalytic co-pyrolysis of SP and LDPE on H-ZSM-5, it was determined that bio-oil comprised of nitrogenous compounds like pyrrole, oxygenated compounds like palmitic amide and straight chain/cyclic alkanes and alkenes which had high peak area percentage. The amount of total aromatic hydrocarbon fraction which included benzene, ethylbenzene, styrene, cumene and naphthalene was found as 1.28%. It was also determined that metal loading on the catalyst increased benzene and o-xylene amount while it decreased naphthalene amount in the bio-oil. The coke amount of the catalysts were found as 12.550% for H-ZSM-5, as 13.645% for Ni-ZSM-5 and as 17.149% for Co-ZSM-5. For SP and LDPE co-pyrolysis, it was found that Nickel was the most effective metal in coke minimization.

Acknowledgement

We would like to thank Ankara University Coordinatorship of Scientific Research Projects for financial support (Project Number: 17L0443014).

References

1. Cao, Z., Niu, J., Gu, Y., Zhang, R., Liu, Y., & Luo, L. (2020). Catalytic pyrolysis of rice straw: screening of various metal salts, metal basic oxide, acidic metal oxide and zeolite catalyst on products yield and characterization. *Journal of Cleaner Production*, 122079. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122079>
2. Çelikkögüs, Ç., & Karaduman, A. (2015). Thermal-catalytic Pyrolysis of Polystyrene Waste Foams in a Semi-batch Reactor. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 37(23), 2507–2513. <https://doi.org/10.1080/15567036.2011.626492>
3. Chagas, B. M., Dorado, C., Serapiglia, M. J., Mullen, C. A., Boateng, A. A., Melo, M. A., & Ataíde, C. H. (2016). Catalytic pyrolysis-GC/MS of Spirulina: evaluation of a highly proteinaceous biomass source for production of fuels and chemicals. *Fuel*, 179, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.03.076>
4. Che, Q., Yang, M., Wang, X., Yang, Q., Williams, L. R., Yang, H., & Chen, H. (2019). Influence of physicochemical properties of metal modified ZSM-5 catalyst on benzene, toluene and xylene production from biomass catalytic pyrolysis. *Bioresour. Technol.*, 278, 248-254. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.081>
5. Choo, M.-Y., Oi, L. E., Ling, T. C., Ng, E.-P., Lee, H. V., & Juan, J. C. (2020). Conversion of Microalgae Biomass to Biofuels. In *Microalgae Cultivation for Biofuels Production* (pp. 149–161). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817536-1.00010-2>
6. Du, Z., Ma, X., Li, Y., Chen, P., Liu, Y., Lin, X., Lei, H., & Ruan, R. (2013). Production of aromatic hydrocarbons by catalytic pyrolysis of microalgae with zeolites: Catalyst screening in a pyroprobe. *Bioresour. Technol.*, 139, 397–401. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.04.053>
7. Elsayed, I., & Eseyin, A. (2016). Production high yields of aromatic hydrocarbons through catalytic fast pyrolysis of torrefied wood and polystyrene. *Fuel*, 174, 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.02.031>
8. Eschenbacher, A., Andersen, J. A., & Jensen, A. D. (2020). Catalytic conversion of acetol over HZSM-5 catalysts – influence of Si/Al ratio and introduction of mesoporosity. *Catalysis Today*. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2020.03.041>
9. Fan, X., & Jiao, Y. (2019). Porous materials for catalysis: Toward sustainable synthesis and applications of zeolites. In *Sustainable Nanoscale Engineering: From Materials Design to Chemical Processing* (pp. 115–

- 137). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814681-1.00005-9>
10. Fanta, F. T., Dubale, A. A., Bebizuh, D. F., & Atlabachew, M. (2019). Copper doped zeolite composite for antimicrobial activity and heavy metal removal from waste water. *BMC Chemistry*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13065-019-0563-1>
 11. Gurdeep Singh, H. K., Yusup, S., Quitain, A. T., Abdullah, B., Ameen, M., Sasaki, M., Kida, T., & Cheah, K. W. (2020). Biogasoline production from linoleic acid via catalytic cracking over nickel and copper-doped ZSM-5 catalysts. *Environmental Research*, 186, 109616. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109616>
 12. Güleç, F., Özen, A., Niftaliyeva, A., Aydın, A., Şimşek, E. H., & Karaduman, A. (2018). A kinetic study on methylation of naphthalene over Fe/ZSM-5 zeolite catalysts. *Research on Chemical Intermediates*, 44(1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s11164-017-3090-5>
 13. Hita, I., Cordero-Lanzac, T., Bonura, G., Cannilla, C., Arandes, J. M., Frusteri, F., & Bilbao, J. (2019). Hydrodeoxygenation of raw bio-oil towards platform chemicals over FeMoP/zeolite catalysts. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 80, 392–400. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.08.019>
 14. Ibarra, Á., Hita, I., Azkoiti, M. J., Arandes, J. M., & Bilbao, J. (2019). Catalytic cracking of raw bio-oil under FCC unit conditions over different zeolite-based catalysts. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 78, 372–382. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.05.032>
 15. Iisa, K., Kim, Y., Orton, K. A., Robichaud, D. J., Katahira, R., Watson, M. J., Wegener, E. C., Nimlos, M. R., Schaidle, J. A., Mukarakate, C., & Kim, S. (2020). Ga/ZSM-5 catalyst improves hydrocarbon yields and increases alkene selectivity during catalytic fast pyrolysis of biomass with co-fed hydrogen. *Green Chemistry*, 22(8), 2403–2418. <https://doi.org/10.1039/c9gc03408k>
 16. Iliopoulou, E. F., Stefanidis, S. D., Kalogiannis, K. G., Delimitis, A., Lappas, A. A., & Triantafyllidis, K. S. (2012). Catalytic upgrading of biomass pyrolysis vapors using transition metal-modified ZSM-5 zeolite. *Applied Catalysis B: Environmental*, 127, 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2012.08.030>
 17. Jamilatun, S., Suhendra, Budhijanto, Rochmadi, Taufikurrahman, Yuliestyan, A., & Budiman, A. (2020). Catalytic and non-catalytic pyrolysis of *Spirulina platensis* residue (SPR): Effects of temperature and catalyst content on bio-oil yields and its composition. *AIP Conference Proceedings*, 2248(1), 060003. <https://doi.org/10.1063/5.0013164>
 18. Javid, R., Urata, K., Furukawa, S., & Komatsu, T. (2015). Factors affecting coke formation on H-ZSM-5 in naphtha cracking. *Applied Catalysis A: General*, 491, 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2014.12.002>
 19. Kakiuchi, Y., Tanigawa, T., Tsumoji, N., Takamitsu, Y., Sadakane, M., & Sano, T. (2019). Phosphorus modified small-pore zeolites and their catalytic performances in ethanol conversion and NH₃-SCR reactions. *Applied Catalysis A: General*, 575, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2019.02.026>
 20. Khivantsev, K., Jaegers, N. R., Kovarik, L., Prodingler, S., Derewinski, M. A., Wang, Y., Gao, F., & Szanyi, J. (2019). Palladium/Beta zeolite passive NO_x adsorbers (PNA): Clarification of PNA chemistry and the effects of CO and zeolite crystallite size on PNA performance. *Applied Catalysis A: General*, 569, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2018.10.021>
 21. Li, X., Dong, W., Zhang, J., Shao, S., & Cai, Y. (2020). Preparation of bio-oil derived from catalytic upgrading of biomass vacuum pyrolysis vapor over metal-loaded HZSM-5 zeolites. *Journal of the Energy Institute*, 93(2), 605–613. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2019.06.005>
 22. Lin, X., Zhang, Z., & Wang, Q. (2019). Evaluation of zeolite catalysts on product distribution and synergy during wood-plastic composite catalytic pyrolysis. *Energy*, 189, 116174. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116174>
 23. Liu, S. N., Cao, J. P., Zhao, X. Y., Wang, J. X., Ren, X. Y., Yuan, Z. S., Guo, Z. X., Shen, W. Z., Bai, J., & Wei, X. Y. (2019). Effect of zeolite structure on light aromatics formation during upgrading of cellulose fast pyrolysis vapor. *Journal of the Energy Institute*, 92(5), 1567–1576. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2018.07.017>
 24. Mo, L., Dai, H., Feng, L., Liu, B., Li, X., Chen, Y., & Khan, S. (2020). In-situ catalytic pyrolysis upgradation of microalgae into hydrocarbon rich bio-oil: Effects of nitrogen and carbon dioxide environment. *Bioresour Technology*, 314, 123758. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123758>
 25. Nagar, H., Badhrachalam, N., Rao, V. V. B., & Sridhar, S. (2019). A novel microbial fuel cell incorporated with polyvinylchloride/4A zeolite composite membrane for kitchen wastewater reclamation and power generation. *Materials Chemistry and Physics*, 224, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.12.023>
 26. Özçakır, G. (2020). Adsorption of Cu(II) from aqueous solution by using pyrolytic bio-char of *Spirulina*. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10 (1), 73-83. <https://doi.org/10.21597/jist.599528>
 27. Özçakır, G., & Karaduman, A. (2019). Obtaining Hydrocarbon Rich Bio-Oil Via Catalytic Co-Pyrolysis of Plastic Wastes And *Spirulina Sp.* Microalgae. *International Journal of Research in Engineering and Science*, 7(4), 12-22. <http://www.ijres.org/papers/Volume%207/Issue-4/C0704011222.pdf>
 28. Özçakır, G., & Karaduman, A. (2020a). Chemical recovery from polystyrene waste and low density

- polyethylene via conventional pyrolysis. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 155-163. <https://doi.org/10.31796/ogummf.734475>
29. **Özçakır, G., & Karaduman, A. (2020b)**. Detecting chemicals with high yield in pyrolytic liquid of spirulina sp. microalgae via GC-MS. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 7(4), 107-114. <https://doi.org/10.31593/ijeat.772113>
30. **Palizdar, A., & Sadrameli, S. M. (2020)**. Catalytic upgrading of biomass pyrolysis oil over tailored hierarchical MFI zeolite: Effect of porosity enhancement and porosity-acidity interaction on deoxygenation reactions. *Renewable Energy*, 148, 674–688. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.155>
31. **Peng, C., Liu, Z., Yonezawa, Y., Yanaba, Y., Katada, N., Murayama, I., Segoshi, S., Okubo, T., & Wakihara, T. (2019)**. Ultrafast post-synthesis treatment to prepare ZSM-5@Silicalite-1 as a core-shell structured zeolite catalyst. *Microporous and Mesoporous Materials*, 277, 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.10.036>
32. **Persson, H., Duman, I., Wang, S., Pettersson, L. J., & Yang, W. (2019)**. Catalytic pyrolysis over transition metal-modified zeolites: A comparative study between catalyst activity and deactivation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 138, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.12.005>
33. **Serrano, D. P., Melero, J. A., Morales, G., Iglesias, J., & Pizarro, P. (2018)**. Progress in the design of zeolite catalysts for biomass conversion into biofuels and bio-based chemicals. *Catalysis Reviews - Science and Engineering*, 60(1), 1–70. <https://doi.org/10.1080/01614940.2017.1389109>
34. **Shadangi, K. P., & Mohanty, K. (2015)**. Co-pyrolysis of Karanja and Niger seeds with waste polystyrene to produce liquid fuel. *Fuel*, 153, 492-498. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.03.017>
35. **Srivastava, R., Choi, M., & Ryoo, R. (2006)**. Mesoporous materials with zeolite framework: Remarkable effect of the hierarchical structure for retardation of catalyst deactivation. *Chemical Communications*, 43, 4489–4491. <https://doi.org/10.1039/b612116k>
36. **Suárez, S., Jansson, I., Ohtani, B., & Sánchez, B. (2019)**. From titania nanoparticles to decahedral anatase particles: Photocatalytic activity of TiO₂/zeolite hybrids for VOCs oxidation. *Catalysis Today*, 326, 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.09.004>
37. **URL-1 (2015)**. <https://solutions.shimadzu.co.jp/an/n/en/gcms/sio216012.pdf>
38. **Veses, A., Puértolas, B., López, J. M., Callén, M. S., Solsona, B., & García, T. (2016)**. Promoting deoxygenation of bio-oil by metal-loaded hierarchical ZSM-5 zeolites. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(3), 1653-1660. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b01606>
39. **Yao, W., Li, J., Feng, Y., Wang, W., Zhang, X., Chen, Q., & Wang, Y. (2015)**. Thermally stable phosphorus and nickel modified ZSM-5 zeolites for catalytic co-pyrolysis of biomass and plastics. *RSC Advances*, 5(39), 30485-30494. <https://doi.org/10.1039/C5RA02947C>
40. **Zheng, Y., Wang, F., Yang, X., Huang, Y., Liu, C., Zheng, Z., & Gu, J. (2017)**. Study on aromatics production via the catalytic pyrolysis vapor upgrading of biomass using metal-loaded modified H-ZSM-5. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 126, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.06.011>

CERTAIN PHYSICAL PROPERTIES OF THE BUILDING STONES FROM ELAZIG-TUNCELI-ERZINCAN-BAYBURT PROVINCES

Ayşe Bicer

Department of Bioengineering, Malatya Turgut Ozal University, 44210, Malatya-Turkey

Abstract

In this study, certain physical properties of Korpe Stone (Elazığ), Karakocan Stone (Elazığ), Hozat (Tunceli), Erzincan andesite (Erzincan) and Bayburt stones found in four provinces and used as building construction materials are subjected to analysis. These stones are used as building elements in the region, while also being praised by the public for their ease of processing and their thermal properties. The objective is to determine the kind of properties the stones that are used in the region actually have as building elements. In order to determine the physical properties of the stones, samples were taken from two separate quarries for each stone. Following the tests carried out on the samples, The thermal conduction coefficients of Karakocan Stone (0.44 W/mK), Korpe Stone (0.71 W/mK) and Bayburt Tuff (0.74 W/mK) were lower than the others, whereas the pressure stresses of Korpe Stone (52.6 MPa) and Erzincan Andesite (62.8 MPa) were higher than the others and compared with similar building materials.

Keywords: Korpe stone, Karakocan stone, Hozat stone, Erzincan andesite, Bayburt tuff, building material

1. Introduction

Energy costs, price increases in building materials and the increase in the need for housing can render it rather more effective to use local stones as building materials. Stones are generally used as carrier elements, while on the other hand rarely used as a filling element. In this context, the following stones can be shown as examples: Ahlat stone of Bitlis province, Malazgirt stone of Mus province, Karacadag stone of Diyarbakir, Urgup stone of Nevsehir, "karga sabunu" stone of Sanliurfa province (Bicer, 2019-a, b, c). From an economic point of view, it can be concluded that using stone at certain distances from the quarry is more suitable than fabricated building elements such as block brick, perforated brick, and briquette. Stones can be easily cut with a saw just as a piece of wood due to the moisture in their growth when they are newly extracted from the quarry. In addition, these stones can be drilled, and carved with hard objects.

A number of studies have been carried out on building blocks. These studies can be summarized in two groups. The first group consists of studies on the formation, deterioration and protection of stones. The example studies carried out in this context can be shown as follows: Gevrek & Kazanci (1991), ignimbrite formation; Kazanci & Gurbuz (2014), the geological formation of the natural stone of Turkey; Pivko (2003), the historical formation of stones in the world. In addition, Akilli (1987), carried out studies on the factors that cause the destruction of stone artifacts. Gurdal (1982), carried out researches on the deterioration and protection of natural stones used in monuments and buildings. The studies conducted by Akin vd. (2014), within the scope of "the sensitivity of Ahlat Stone under atmospheric effects" can be shown as an example in this context.

The second group consists of studies on the use of stones as building materials. In this context, the following studies can be shown as examples: Bakis vd. (2014), the use of the Ahlat stone with a geological heritage quality in the construction sector; Bicer (2019-a) Ahlat & Malazgirt stones; Bicer (2019-b), building blocks used in Southeastern Anatolia Region provinces; Bicer (2019-c), thermal and mechanical properties of stones used as building materials in Elazig, Malatya, Adiyaman and Nevsehir provinces.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ayşe Bicer, Department of Bioengineering, Malatya Turgut Ozal University, 44210, Malatya-Turkey
e-mail: ayse.bicer@ozal.edu.tr

Geliş (Received) : 06.01.2021

Kabul (Accepted) : 03.03.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

In this study, certain physical properties of the following stones were subjected analysis: Korpe stone used in the center of Elazig province; Karakocan stone located in Karakocan district of Elazig province; Hozat stone located in Hozat district of Tunceli province; Andesite stone found in Erzincan province and Bayburt tuff located in Bayburt province (Fig. 1). Stones have been used as a structural element in regional structures for many years and have been accepted as a reliable building element by the public. Erzincan andesite stone, on the other hand, was mostly used as pavement and building siding material in the region. It is unclear whether the stones are actually a durable building material or they are used because of its affordability and ease of supply. This study has been carried out to shed light on this matter.



Figure 1. Location of provinces in the East Anatolia Region of Turkey

2. Material and Methods

2.1. Material

The samples of $150 \times 60 \times 20 \text{ mm}^3$ for thermal tests and $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}^3$ for compressive strength and abrasion tests were prepared from block masses taken from two different quarries of each region under investigation (Fig. 2).

Korpe Stone: The quarries are located in the village of Korpe, with a distance of 15 km to Elazig province, and possess enriched reserves. The stones are used as minarets, stairs, tombstones and cobblestones, especially in building constructions.

Karakocan Stone: It is located in Karakocan district of Elazig province. This stone is a white colored limestone.

Hozat Stone: Located in the town of Hozat in Tunceli province, the stone is in the organic sedimentary stone class. It has a whitish color.

Erzincan Andesite Stone: The quarries are composed of external igneous andesite stone formed by volcanic lavas located in the Karatepe locality of Erzincan province. In this region, it is used in a wide range from sidewalks to curbs, from mosque fountains to siding and decorative construction works.

Bayburt Stone (Tuff): It is located in the province of Bayburt and known in terms of widespread use in different areas and having large reserves. Stones can be used as wall-covering and surface covering as well as restoration, bridge, mosque fountain.

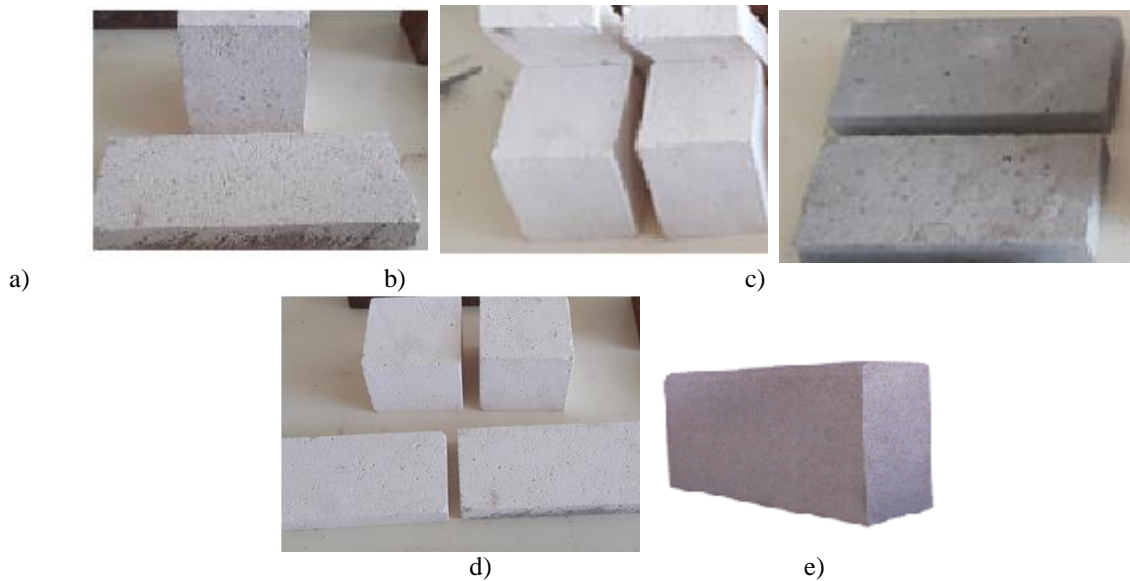


Figure 2. Samples stones a) Korpe, b) Karakocan, c) Bayburt tuff, d) Hozat, e) Erzincan andesite stone

2.2. Testing Methods

Thermal conductivity, specific heat capacity and thermal diffusivity tests:

The measurements were made with the "Isomet 2104" brand device, which measures in transient mode and works with the hot wire method. With this device, which takes the measurements as per the DIN 51046 norm, the thermal conductivity coefficient was measured at 22-25 °C and from 3 different points on each sample. Then, the arithmetic mean of these 3 values was taken, accordingly. The device performs the measurement process with the following parameters: the measurement of the heat transfer coefficient with an accuracy of 5% in the range of 0.02-6 W/mK - the volumetric specific heat capacity with an accuracy of 15% in the range of 4.0×10^4 - 4.0×10^6 J/m³K (Isomet 2104, 2011), (Vysniauskas & Zikas, 1988). Measurement results are given in Table 2.

Unit weight test:

The dry weights of the samples were measured on a scale with an accuracy of 1% and unit weight parameters were identified by determining the sample volumes.

Compressive, tensile strengths and volume abrasion tests:

The strength tests were performed on the samples in accordance with TS 699 standard (TS 699/T1, 2016). The compressive strength tests of the samples were carried out with the "Ele International" branded device with 3000 kN loading capacity, equipped with a digital control panel, having adjustable loading speed and bearing the ability to apply force in one axis. Compressive strength results are converted into tensile strength according to TS 500 with the following Eq. (1) (TS 500, 2000).

$$f_{ctk} = 0,35 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (1)$$

In here, f_{ck} : compressive strength (MPa) and f_{ctk} : tensile strength (MPa)

Water absorption test:

The purpose of this test is to investigate the presence of a dry volume in which the ice crystals formed in the freezing process of the building materials that are in direct contact with water can have the opportunity to expand (TSE 4045, 1984), Dincer vd. (2012). This property provides assurance against freezing in the material. The dry weight (W_k) of each sample was determined, accordingly. Then, the water level was gradually raised in a water bowl where the samples were placed. Additionally, water was added to the container so that all the samples were in water, as deemed required. The change in the weight of the samples against time can be seen in Figure 3. After the samples were kept in water for 48 hours, they were removed from the water and wiped. Then, the water-impregnated weights (W_d) of the samples were determined, and the water absorption rate was calculated by Eq. 2.

$$\text{Water absorption percent} = \frac{W_d - W_k}{W_k} \cdot 100 \quad (2)$$

Drying ratio:

The objective of the drying rate test is to investigate the breathability presence of samples (Gürdal, 1982). After the samples were kept in a water container for 48 hours, they were removed from the water and wiped with a wet cloth and then left to dry naturally at 22 °C room temperature. The rates were calculated with Eq. (3) for a drying period of 24 hour. Since drying is ensured through evaporation from the surface of the material, we can see the movement of water from the material depth to the surface through capillary channels. In other words, moisture is drained from the body by means of its vapor permeability resistance, thus drying in this direction

$$\text{Drying ratio} = \frac{W_d - W_k}{W_d} \cdot 100 \quad (3)$$

3. Results and discussions

The following results were obtained in this study, carried out to investigate the thermal and mechanical properties of certain stones that are used in the center and districts of Elazığ, Tunceli, Erzincan and Bayburt provinces located in the Eastern Anatolia Region, while also having large reserves. The chemical analysis results of the stones can be seen in Table 1.

Table 1. The chemical composition of the samples, (%)

Material	Component	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Loss of ignition	Undefined
Korpe (Elazig)		5.05	0.31	.0.30	52.34	0.82	40.84	0.34
Karakocan (Elazig)		49.46	12.77	2.1	6.10	1.33	5.66	2.58
Hozat (Tunceli)		.0.33	-	-	54.75	1.07	42.11	1.74
Andesite (Erzincan)		63.42	10.45	.4.81	8.06	2.88	9.24	1.21
Bayburt tuff (Bayburt)		69.08	12.10	.1.38	2.33	0.88	13.4	1.03

Korpe stone is extremely resistant to cold and heat. During the removal from the furnace, the moisture content is conferred to be high, and it is easy to process. The strength increases after the moisture is removed from its body.

When Table 2 is examined, it can be seen that Korpe stone with a 0.71 W/mK average thermal conductivity coefficient and 2.54×10^{-7} m²/s thermal diffusivity coefficient, it looks better than similar materials as can be seen in Table 3 within the scope of both continuous and time dependent regimes. Moreover, considering 52.6 MPa compressive and 5.4 MPa tensile strength, it presents values close to high strength natural building stones. Also, it has approximately equivalent strength with artificial materials such as concrete briquette, brick, and aerated concrete. With volume abrasion ratio of 1.2%, it shows that it can be used as a construction element subject to excessive wear such as stairs and parquet (Table 4).

Table 2. Thermal properties of stones

Material	Unit weight (kg/m ³)	Thermal conductivity (W/mK)	Specific heat capacity Cp(J/kgK)	Thermal diffusivity a.10 ⁷ (m ² /s)
Korpe	2390	0.71	1038	2.54
Karakocan	1280	0.44	1027	3.36
Hozat	2200	1.80	884	9.25
Erzincan	2650	1.65	1112	5.20
Bayburt	2173	0.74	1045	3.25

Table 3. The physical properties of some building materials and natural stones (Toksoy 1998).

Material	Unit weight (g/cm ³)	Thermal conductivity (W/mK)	Specific heat capacity C _p (J/kg°C)	Thermal diffusivity a.10 ⁻⁷ (m ² /s)
Concrete	1906	0.814	879	4.91
Granite	2643	1.73-3.98	816	13.15
Limestone	2483	1.16	906	5.68
Common brick	837	0.692	837	5.16
Sandstone	2235	1.855	712	11.65
Marble	2603	277	808	3.94

Table 4. Mechanical properties of stones

Material	Compressive strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Water absorption (%)	Volume abrasion (%)
Korpe	52.6	2.54	1.55	1.2
Karakocan	8.2	1.00	17.5	4.9
Hozat	21.0	1.60	5.54	6.9
Erzincan	62.8	2.77	1.58	0.36
Bayburt	29.1	1.89	7.95	1.4

Karakocan stone looks better than concrete, granite, limestone, marble and plain brick with its heat conduction coefficient and thermal dissipation value (0.440 W/mK, 3.36x10⁻⁷ m²/s) (Table 2). It is a great advantage that stone can be easily processed compared to many building elements, while also being able to be opened, drilled, cut, carved, and allowing the use of nails and screws in electrical and plumbing channels.

In terms of energy saving, Hozat stone ((with 1.80 W/mK (Thermal conductivity), 884 Cp(J/kgK) (Specific heat capacity) was not found to have significant superior values compared to similar building materials. However, the compressive and tensile values (21 MPa, 1.60 MPa) are approximately equivalent to artificial materials such as briquette, brick and aerated concrete. In terms of abrasion resistance, Hozat stone does not possess the required strength (6.9%) (Table 4). Based on this reason, it prevents the same from being used as a structural element subject to excessive wear such as stairs and parquet. The fact that the stone is easy to obtain, with a high affordability characteristic, seems to be the reason for preference.

Erzincan andesite stone looks better with its 1.65 W/mK average thermal conductivity coefficient compared to granite, sandstone and marble from similar materials as can be seen in Table 2 and Table 3. With volume abrasion of 0.36%, these stones are used extensively in the facade of the building and as pavement and road covering, also for curbstone.

Bayburt tuff, with its thermal conductivity value of 0.74 W/mK, is better than granite, sandstone, marble and limestone and close to concrete values, while it has lower values compared to these materials in terms of diffusion coefficient (3.25x10⁻⁷ m²/s) (Table 2).

In the water absorption experiments performed on the samples, the water absorption rates that are slightly different were obtained. However, the results are well below 30% critical value (Table 4). Considering the climatic conditions of the region, there is no cracking of the materials, dusting on the surface and crusting or dispersion of the total mass due to freezing. The time-based weight changes of the samples can be seen in Fig. 3.

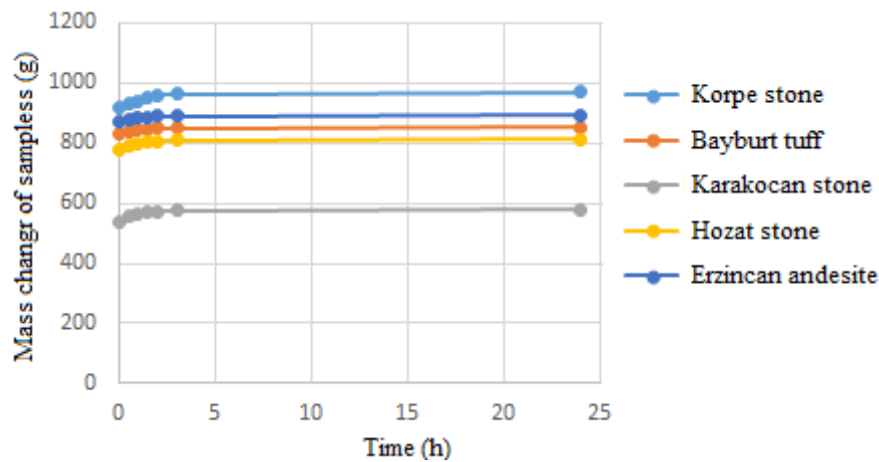


Figure 3. Mass change of samples in water absorption

In the drying experiment, the change in weights of the samples against time can be seen in Figure 4. Examining of the Fig. 4, it can be seen that the stones have limited respiration ability.

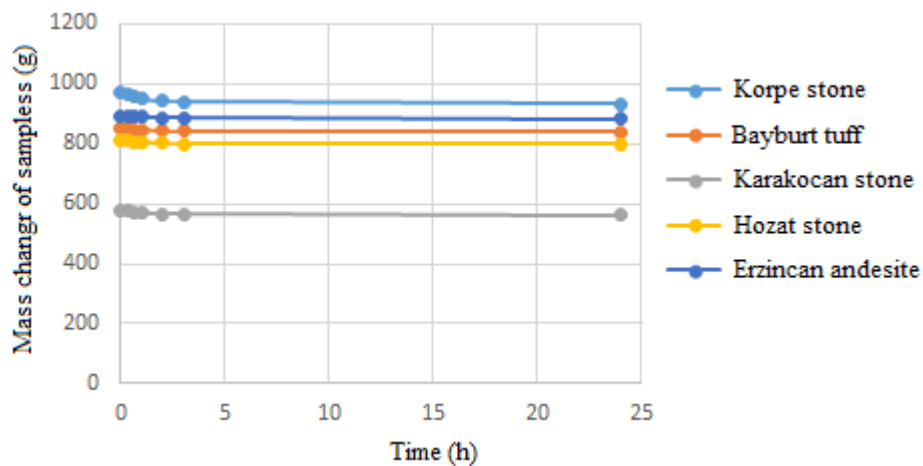


Figure 4. Mass change of samples in the drying test

The preference reasons for using Erzincan andesite stone can be summarized as follows: The low cost of stones; convenient accessibility of stones; rich reserves of stones; energy saving advantages; the use of stones as partition load-bearing elements in buildings instead of bricks or briquettes; being used as building exterior, road and paving stone thanks to its strength values

4. Conclusions

It has been accepted as a reliable building material by the local people. Following the research and tests carried out on the stones used, based on the following reasons;

- ✓ These stones are rich in reserves and can be used for many years.
- ✓ The accessibility of stones are convenient, while also being within a high affordability range,

- ✓ Karakocan, Korpe and Bayburt stones possess low thermal conductivity coefficient (0.44 W/mK, 0.71 W/mK and 0.77 W/mK). Use of the same instead of bricks in building exterior walls is of importance in terms of energy saving.
- ✓ Examining the stones, it can be seen that Körpe stone (52.6 MPa, compressive strength, 1.2% volume abrasion rate), Bayburt stone (29.1 MPa compressive strength, 1.4% volume abrasion rate), Hozat stone (21 MPa compressive strength) and Erzincan andesite stone (62.8 MPa compressive strength, 2.36% volume abrasion rate) in particular prove that they can be used as load-bearing wall materials, as well as wear-resistant flooring material.
- ✓ The stones can be used in humid environments thanks to their water absorption rate of less than 30%. They also possess breathability characteristics, albeit it is relatively low.

These stones are preferred to be used as building materials in the region and neighbouring provinces based on the reasons as mentioned above.

References

1. Akıllı, H. (1987), Taş eserlerin tahribatına neden olan etkenler, *Rölöve ve Restorasyon Dergisi*, 6, 129-135.
2. Akın, M., Özvan, A., Dinçer, İ., Oyan, V. & Tapan, M. (2014). Ahlat Taşı'nın atmosferik etkiler altındaki duyarlılığı, *III. Uluslararası Ahlat-Avrasya Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (Editörler Doğru M. ve Aksoy E.), 60-69, 22-24 Eylül Ahlat- Bitlis.
3. Bakış, A., Işık, E., Hattatoğlu, F. & Akıllı, A. (2014). Jeolojik miras nitelikli Ahlat Taşı'nın inşaat sektöründe kullanımı, *III. Uluslararası Ahlat-Avrasya Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (Editörler Doğru M. ve Aksoy E.), 46-59, 22-24 Eylül Ahlat- Bitlis.
4. Bicer, A. (2019-a). Ahlat ve Malazgirt yapı taşlarının bazı fiziksel özellikleri, *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 31(2), 301-307.
5. Bicer, A. (2019-b). Some physical properties of the building stones from Southeastern Anatolia Region, *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 2(1), 9-15.
6. Bicer, A. (2019-c). Some physical properties of the building stones from Elazığ-Nevşehir region, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 96-102.
7. Dinçer, İ., Özvan, A., Akın, M., Tapan, M. & Oyan, V. (2012). İğnimbiritlerin kapiler su emme potansiyellerinin değerlendirilmesi: Ahlat Taşı örneği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17 (2), 64-71.
8. Gevrek, A.İ. & Kazancı, N. (1991). İğnimbirit: oluşumu ve özellikleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Ankara.38, 39-42.
9. Gürdal, E. (1982). Anıtlarda ve yapılarda kullanılmış doğal taşların bozulmaları ve korunmaları, *Rölöve ve Restorasyon Dergisi*, 27-33.
10. Isomet 2104 (2011). Applied Precision Ltd, Instrument products department, Bratislava-Slovakia
11. Kazancı, N. & Gürbüz, A. (2014). Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57: 1.
12. Pivko, D. (2003). Natural stones in earth's history. *Acta Geologica*, 58, 73-86.
13. TS 699/T1 (2016). The test and experiment methods of natural building stones, TSE, Ankara.
14. TS 500 (2000). *Turkish Standard*, Ankara.
15. TSE 4045 (1984). Yapı malzemelerinde kapiler su emme tayini *Turkish Standard*, , Ankara.
16. Toksoy, M. (1988). Thermal conductivity coefficients of industrial materials, *Journal of Engineers and Machinery*, 347, 12-15.
17. Vysniauskas, V.V. & Zikas, A.A. (1988). Determination of the thermal conductivity of ceramics by the Hot-Wire Technique. *Heat Transfer Soviet Research*, 20 (1), 137-142.

KÜRLENME VE KURUTMA FIRINI BACA GAZI ATIK ISISI GERİ KAZANMA SİSTEMLERİ VE ÖRNEK BİR UYGULAMA

Sezgin Çavuşoğlu¹, Mustafa Atmaca^{1*}

¹ Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34730, İSTANBUL

Öz

Enerjinin ekonomik ve sosyal refahın önemli belirtilerinden biri olduğu ve hayat kalitesinin artırılmasında önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişmelerden dolayı enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Bu artış ile ülkeler enerjiye kolay, ucuz ve kesintisiz bir biçimde ulaşmak istemektedirler. Bu nedenle ülkeler alternatif enerji kaynaklarına ve enerjiyi daha verimli kullanabilecekleri sistemlere yönelmişlerdir. Ülkemizde de bu tip sistemler için uygulamalar yaygınlaşmaktadır. Özellikle enerji tüketimi fazla olan sanayi sektöründe enerjiyi daha verimli kullanmak için baca gazı atık ısısının geri kazanımı bu uygulamaların başında gelmektedir. Bu çalışmada otomotiv sektöründe kullanılan boyahane tesislerinin boya kurutma ve kürlenme fırını atık ısısından yararlanarak enerji verimliliğini artırmak ve sıcak su kazanımının enerji tüketim yükünü azaltmak için kullanılacak enerji geri kazanım sistemleri değerlendirilmiş ve uygun bir ısı dönüştürücü sistemi tasarlanmıştır. Sistemin getireceği faydalar hesaplanmıştır.

Endüstriyel toz boya tesislerinde boyanması istenen metal parçalar, boyama safhasına gelene kadar birçok işlem görmektedir. Parçanın boyanabilmesi için öncelikle parçalar yağ alma banyolarından geçmektedir. Sonrasında metal yüzey üzerinde boyanın tutunabilmesi için çinkofosfat ile kimyasal tepkime sonucu yüzey aşındırma gerçekleştirilmektedir. Tepkime sonlandırılması için pasivasyon banyosundan geçen parçalar DI (deiyonize) su ile yıkanmaktadır. Boyama işlemine tüm parçalar tamamen kuru girmesi gerektiğinden dolayı boya işlemi öncesinde parçalar kurutma fırınından geçirilerek üzerinde kalan su kurutulmaktadır. Bu şekilde boya kabininden geçen ve boyanan parçalar mamul hale gelebilmesi için kürlenme fırınından geçerek toz boyanın pişmesi sağlanmaktadır. Son olarak fırın çıkışında kürlenme operasyonunda parçalar üzerine transfer olan ısının deşarj edilmesi için soğutma bölümünden geçerek montajlamaya uygun hale gelmektedir. Bu proseste bahsi geçen kurutma ve kürlenme fırını baca gazlarındaki atık ısı, ısı dönüştürücü ile geri kazanılarak çinkofosfat banyosundan çıkan ve doğal gaz kombisine tekrar ısıtılmak üzere dönen su borularına ısının transfer edilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede kombi giriş ve çıkışı arasındaki ΔT miktarını düşürmek ve bu yöntem ile doğal gaz tüketim miktarını azaltarak enerji kullanım verimliliğini artırmak amaçlanmaktadır. Sistem doğal kaynakların daha az kullanımını ve enerji verimliliğini artırmanın dışında çevre kirliliği konusunda da karbon salınımını azalttığı için daha temiz bir doğaya katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Isı dönüştürücü, atık baca gazı, atık ısı, enerji tasarrufu, enerji kazanımı, yenilenebilir enerji

CURING AND DRYING OVEN CHIMNEY GAS WASTE HEAT RECOVERY SYSTEMS AND A SAMPLE APPLICATION

Extended Abstract

It is known that energy is one of the important signs of economic and social welfare, and it has an important role in increasing the quality of life. Demand for energy, especially due to increased population, industrialization and technological developments in developing countries, is increasing steadily. With this increase, countries want to achieve energy in an easy, cheap and uninterrupted manner. Thus, countries have shifted to alternative energy sources and systems where they can use energy more efficiently. In our country, applications for such systems are becoming widespread. Especially in the industrial sector, where energy consumption is high, recovery of the waste gas waste heat is at the beginning of these applications in order to use energy more efficiently. In this study, in order to increase energy efficiency of powder coating facilities, energy recycling systems researched and an heat

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Prof.Dr. Mustafa ATMACA, Marmara University, Technology Faculty,
Department of Mechanical Engineering, 34722, Kadıkoy, Istanbul-Turkey.
e-mail: matmaca@marmara.edu.tr

Geliş (Received) : 12.01.2021

Kabul (Accepted) : 03.03.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

exchanger system has been designed to utilize the paint drying and curing oven waste to heat water then systems results and benefits was investigated.

Parts which are requested to be painted by industrial powder coating facility must have several steps to be able to paint. First of all oil is eliminated from metal by passing inside of oil eliminating baths. To provide good paint sticking onto metal surface, chemical reaction is actualized with zinc phosphate to receive corroded surface. For finishing of the reaction parts go inside of passivation bath. Parts are washed with DI (deionized) water to remove chemicals from part. All parts must be totally dry before entering to paint booth therefore one drying oven is used to provide good parts. After painting parts go inside of the curing oven to get final shape. Curing oven cooks the powder and parts go out by passing inside of cooling zone for discharging of transferred heat inside of curing oven. The drying and curing ovens mentioned in this process contains waste heat inside of their chimneys. Aim of this project is decreasing ΔT of zinc phosphate bath central heating boiler's input and output values by using occurred waste heat in oven chimneys. This heat will be transferred to central heating boiler input water pipe and ought to this heat transfer boiler efficiency will be improved.

Keywords: Heat exchanger, waste heat, waste chimney gas, energy saving, energy gaining, recyclable energy

1. Giriş

Atık ısıdan enerji geri kazanımı sistemleri, baca gazı vb. gibi atmosfere bırakılan ısıların sıcak su besleme sistemlerine geri kazandırılmasına olanak sağlamaktadır. Atık ısıların kazanılabileceği farklı ortam ve şartlara göre ısı geri kazanım sistemleri çeşitlilik göstermektedir. Atık ısı geri kazanım sistemleri kurulmadan önce uygun olan sistem doğru analiz edilmeli ve seçilmelidir. Doğru seçim, daha fazla enerji kazanımı ve daha kısa sürede amortisman sağlamaktadır (Gurbuz, 2009).

Enerji kaynaklarını; kullarılarına, dönüştürülebilir olması ve ikincil enerji kaynakları parametrelerine göre ayrılmaktadır. Dışarıdan müdahale edilmemiş, böylece hiçbir değişime uğramamış enerji türü birincil enerji olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak başlıca enerji kaynakları; kömür, petrol, doğalgaz, güneş, rüzgâr, hidrolik, nükleer, biokütle ve dalgadır. Birincil enerji kaynağına dışarıdan bir müdahale ile değişime uğratılması, böylece farklı enerji çeşidine dönüşmesiyle oluşan enerji türü ikincil enerji olarak adlandırılmaktadır. Tükenebilir enerji kaynakları belli bir rezerv düzeyi olan ve gelecek süreçte tükeneceği öngörülen enerji kaynaklarını ifade etmektedir. Bunlar başlıca fosil kaynaklı başlık adı altında kömür, doğalgaz, petrol olarak parametrelere ayrılmaktadır. Tükenebilir enerji kaynağı ise uzun gelecek vaat eden, daimi kullanıma açık olan doğal yollar ile elde edilen yenilenebilir enerji anlamına gelmektedir (URL-1, 2020).

Özellikle fosil kaynaklar yönünden fakir olan AB ülkeleri ve sanayisi gelişmiş uzak doğu ülkeleri ile enerji tüketimi devasa bir aşamada olan ABD bu kaynakların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması alanlarında liderlik etmişlerdir (Yılmaz, 2012). Diğer bir husus ise gelecek nesiller için fosil yakıtlardan, kömürün yaklaşık 250 yıl petrolün ise en fazla 50 yıl sonra tükeneceği bilindiğine göre bunlara ikame olarak yeni enerji kaynaklarının bulunup değerlendirilmesinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır (Bahar, 2005).

Ülkemiz mevcut enerji kaynakları dikkate alındığında kendi kendine yetebilen bir ülke olmadığı ortaya çıkmaktadır. Ancak Türkiye, stratejik bir coğrafi konumda olduğu için enerji potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı olduğu söylenebilir. Türkiye, son zamanlarda bu önemli konumunu kullanarak sağladığı ekonomik büyümeye ile birlikte dünyanın en hızlı büyüyen enerji piyasalarından biri olmuştur. Çin'den sonra enerji talebi artışı en fazla ülke olan Türkiye'nin enerji tüketiminde fosil kaynaklardan; kömür, petrol ve doğalgazın payı oldukça yüksektir.

Petrol fiyatları çok yüksek değerlere çıktıktan sonra hızlı bir düşme gösterse de bu değerler bile enerji kullanımında "Verimlilik" kavramının önemini azaltmamıştır. Verimli olmayan enerji kullanımının küresel ısınmaya sebep olduğunu bugün ilkokuldaki öğrencilere bile hatırlatıyor olması, sektörde çalışan mühendislerin ve teknik elemanların konunun önemini anlamasına önemli katkısı olacağı kaçınılmaz bir gerçektir.

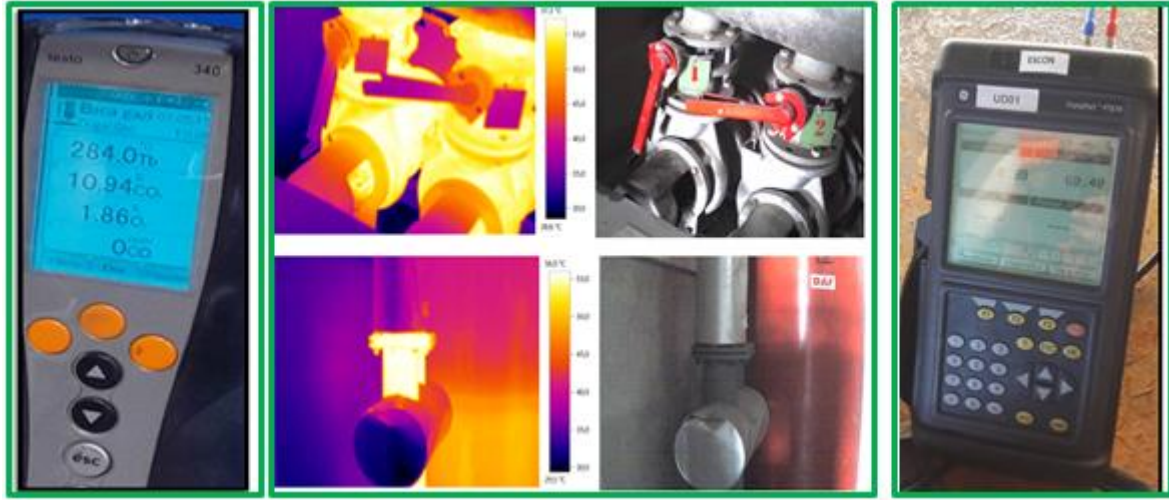
Yoğuşmalı doğalgaz kazanları dışında tüm yakma sistemlerinde baca gazı sıcaklığı elde edilen sıcak su, buhar, kızgın yağ sıcaklığının 50 °C - 100 °C üzerinde olması proses gereğidir; Demek ki baca gazı sıcaklıkları 180 °C-400 °C arasında değişmesi kaçınılmazdır. Bu enerji israfıdır. Enerji tasarrufu, enerji ekonomisi, ülkemizdeki toplam enerji tüketiminin % 40'ından fazlasını tüketen sanayimiz için mutlaka ele alınması gereken konuların başında gelmektedir. Burada bacadan atılan enerjilerin geri kazanımı için kullanılan bazı sistemlere değineceğiz.

Baca gazlarında her 20 °C' lik sıcaklık düşüşünün % 1 verim artışı sağladığı öngörülmektedir. Bacadan atılan "Atık Isı" kullanılabilir bir enerjidir. Burada "kalite" miktardan çok daha önemlidir çünkü kullanılan yakıttan çok ciddi tasarruf yapılabilmektedir.

Genel olarak tesislerde baca gazı (atık gaz) sıcaklıkları; metal ve cam üretim tesislerinde 1000 °C – 1500 °C, Çimento sanayinde 700°C, Yakma tesislerinde 650 °C – 1000 °C, Buhar tesislerinde 230 °C – 480 °C, Gaz türbinlerinde 370 °C-540 °C, Gaz motorlarında 230 °C – 600 °C, Kurutma fırınlarında 230 °C – 650 °C olmaktadır (URL-2, 2020).

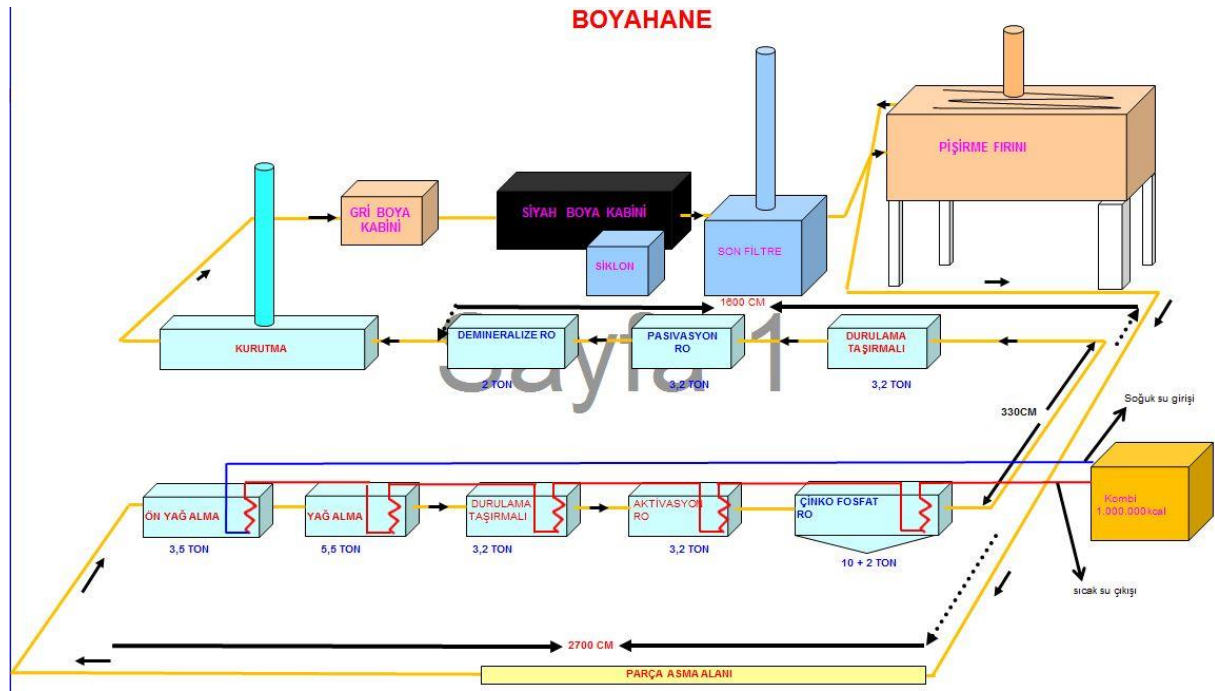
2. Materyal ve Yöntem

Şekil 1'de gösterilen ölçüm cihazları ile toz boya tesisinin kurutma, pişirme fırını bacaları ve kombi tesisatı sıcak su çıkış / soğuk su dönüş hatları belirli peryotlar ile ultrasonik ve termal olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. Ultrasonik ve termal ısı ölçüm cihazları

Şekil 2'de enerji geri kazanım potansiyeli olduğu için ölçüm yapılan noktalar tesisin minyatür görünüşü üzerinde kırmızı oklar ile gösterilmiştir. Çıkan ölçüm sonuçlarına göre tesisin fiziki durumu ele alınarak uygulanabilecek atık baca gazından enerji kazanımı sistemleri değerlendirilmiştir.

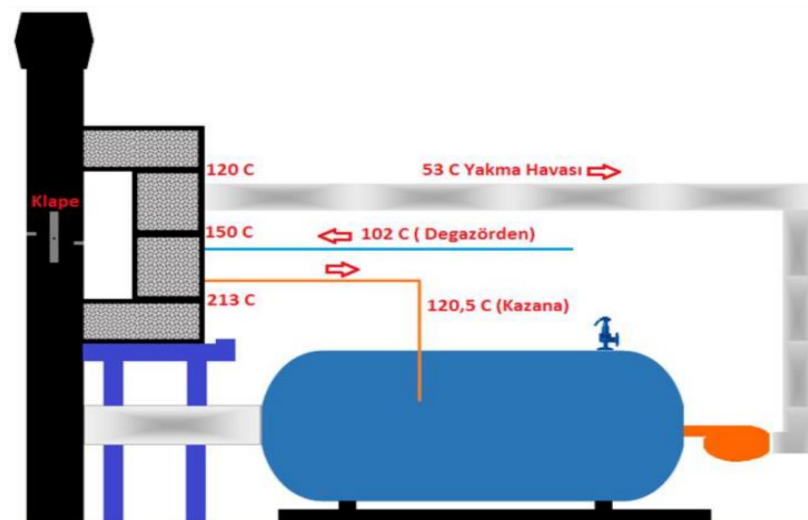


Şekil 2. Baca gazı ve kombi giriş çıkışında sıcaklık ölçümü yapılan tesisin şematik gösterimi

2.1. Isı Dönüştürücüler

2.1.1. Reküperatörler

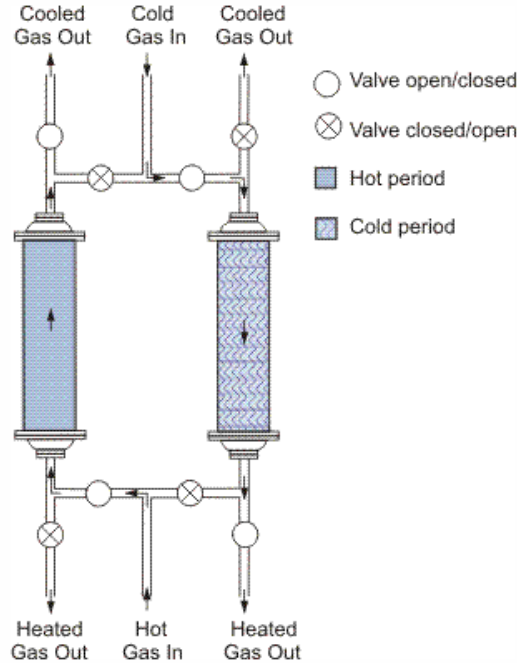
Rekuperatör, havadan havaya ısı transferi sağlayan ısı geri kazanım sistemidir. Rekuperatörde giren ve çıkan hava akımları bir cidar ile birbirinden ayrılır. İki hava akımının sıcaklık değerleri birbirinden farklı olduğu sürece, daha sıcak olan hava akımındaki ısı, cidar üzerinden daha soğuk olan hava akımına transfer edilir. Rekuperatörler yüksek sıcaklıklarda kullanıma uygundur. 600 °C ve üzeri sıcaklıklarda kullanılan bu ekipmanlar, metalik rekuperatörler ile 1000 °C ye, seramik rekuperatörler ile 1500 °C ye kadar olan sıcaklıklarda kullanılabilir. Örnek bir rekuperatör sisemi Şekil 3’te gösterilmiştir (URL-3, 2020), (URL-4, 2020).



Şekil 3. Örnek bir Reküperatör Sistemi

2.1.2. Rejeneratörler

Sıcaklığın doğrudan ve hemen bir tür bölme duvarından yapılmadığı, her ikisi de eşanjörden aynı anda akan ve sıcak bir akışkandan soğuk bir akışkana aktarım yapıldığı sistemlerdir (Shah & Sekulic, 2003), (Bell, 1981), (Tsuzuki vd., 2007), (Kays & London, 1984). Rejeneratörlerde, sıcak ve soğuk sıvılar aynı anda ancak farklı bitişik kanallardan geçer (Altınışık, 2004). Bu tip ısı değiştiricilerde ısı alışverişi doğrudan olmayıp, genellikle ısı önce sıcak akışkan tarafından bir ortamda muhafaza edilir, daha sonra soğuk akışkana verilir. Şematik olarak gösterimi Şekil 4'te verilmiştir.

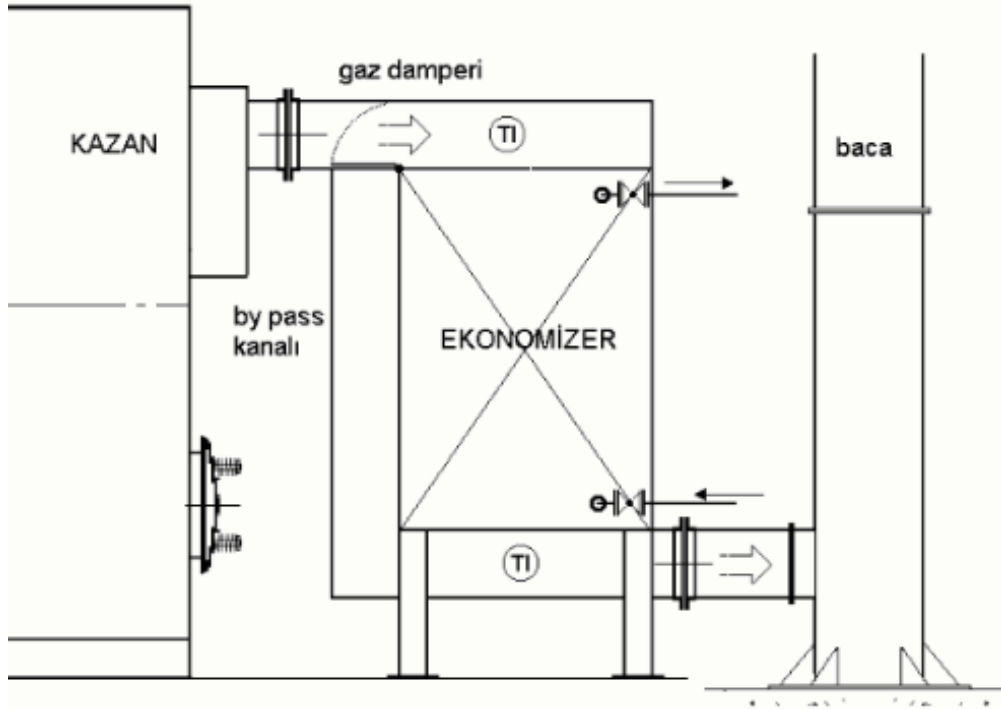


Şekil 4. Sabit Yatak Yenileyici Sistemi

Rejeneratör içinde ısının depolandığı elemanlara ise dolgu maddesi veya matris adı verilir. Isı bu dolgu malzemesinden geçen akışkana verilir. Isı önce sıcak akışkan tarafından depolanmakta, daha sonra soğuk akışkana verilmektedir. Bu tip ısı değiştiricilerde akışkanlar birbirleriyle temas etmezler (Altınışık, 2004).

2.1.3. Ekonomizerler

Ekonomizer ile ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan/fırnlardan çıkıp bacaya giden sıcak duman gazları üzerinde bulunan ısının bir bölümünü geri kazanarak kazan veya tesis veriminde % 3 ile % 15 arasında verim artışı sağlanır. Verim artışına bağlı olarak yakıttan tasarruf elde edilir (URL-5, 2020). Ekonomizerler, fırnlardan çıkarak bacadan atılan gazların sahip olduğu ısının bir kısmını, kendi üstlerine alarak suya iletme, enerjiyi geri kazanmak amacıyla kullanılırlar. Şekil 5'te genel bir ekonomizer yerleşim şekli verilmiştir. Geri dönüştürülen ısı, kazan besleme suyuna aktarılabilir veya işletmede ısıtma, banyo, yıkama, vb. için kullanılan suya da aktarılabilir. Ekonomizer sisteminin bir diğer avantajı ise suyun ısıtılması esnasında, kazanda kirliliğe yol açacak yabancı maddelerin çökmesine ve kazana gitmeden sudan ayrışması sağlar. Ekonomizerde geri dönüştürülebilir ısı miktarı, kazan baca gazı çıkış sıcaklığına ve duman gazının ekonomizerden çıkış sıcaklığına bağlıdır. Kazandan duman gazı çıkış sıcaklığı, kazandaki ısı verime, kazan rejimine, kazan-brülör uyumluluğu ve yakıt cinsiyle ilişkilidir. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığı da, yakıt tipi ve ısının aktarılacağı akışkanın çalışma şartları ile ilişkilidir. Yani bir ekonomizerde geri kazanılabilecek ısının büyüklüğü, kazan duman gazı çıkış sıcaklığına bağlı olduğu gibi duman gazının ekonomizerden çıkış sıcaklığına da bağlıdır diyebiliriz.



Şekil 5. Genel bir ekonomizer uygulaması yerleşim şekli

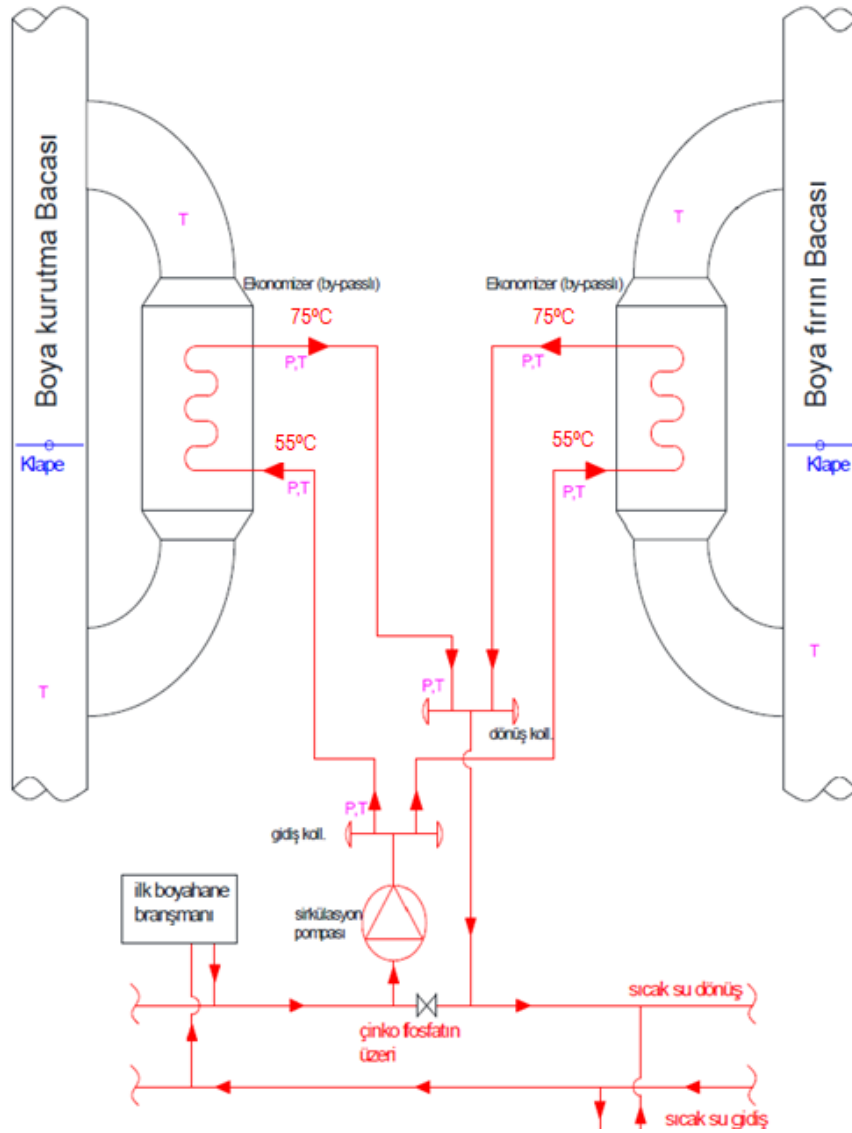
Ekonomizere giren ve çıkan duman gazları sıcaklıklarının farkı ne kadar büyük olursa verim artışı da o derece büyük olur. Ancak ekonomizer gaz çıkış sıcaklığı belli bir sıcaklığın altına indiğinde korozyona sebep olabilecek asit gazları yoğunlaşmaya başlamaktadır. Bunu önlemek adına atık gazların sıcaklıklarının belli bir derecenin altına indirilemeyeceği göz önüne tutulmalıdır. Bir duman gazı ısı geri kazanım sisteminde ulaşılacak baca gazı sıcaklığının minimum seviyesi, kullanılan yakıtın cinsine bağlıdır (URL-6, 2020).

Bu sıcaklıklar:

- Fuel oil yakıtlı kazanlarda 180°C, %1 Kükürlü 150°C.
- Motorin yakıtlı kazanlarda 150°C.
- Doğal gaz ve LPG yakıtlı kazanlarda 110°C'ye kadar düşürülebilir.
- Doğal gaz yakıtlı kazanlarda 50- 60°C ye kadar yoğunlaşmalı sistemlerde düşürülebilir. Bu durumda ekonomizer paslanmaz malzemeden imal edilmelidir.
- Daha az yakılan yakıt ile doğaya daha az CO₂ emisyonunu salınmaktadır. Daha çevreci sistemler oluşturulabilmektedir.
- Bir ekonomizerde, duman gazı giriş sıcaklığının doğalgaz ve benzeri gaz yakıtlı kazanlarda 140°C, motorin, fuel oil ve kömür yakıtlı kazanlarda 220°C ve daha büyük sıcaklıklarda ekonomik olarak yararlanmak mümkündür.
- Ekonomizer uygulama alanları oldukça geniştir. Önemli olan, sistemden geri kazanılan ısının, sistemin çalışma süresi boyunca kullanılmasıdır (Shah & Sekulic, 2003).

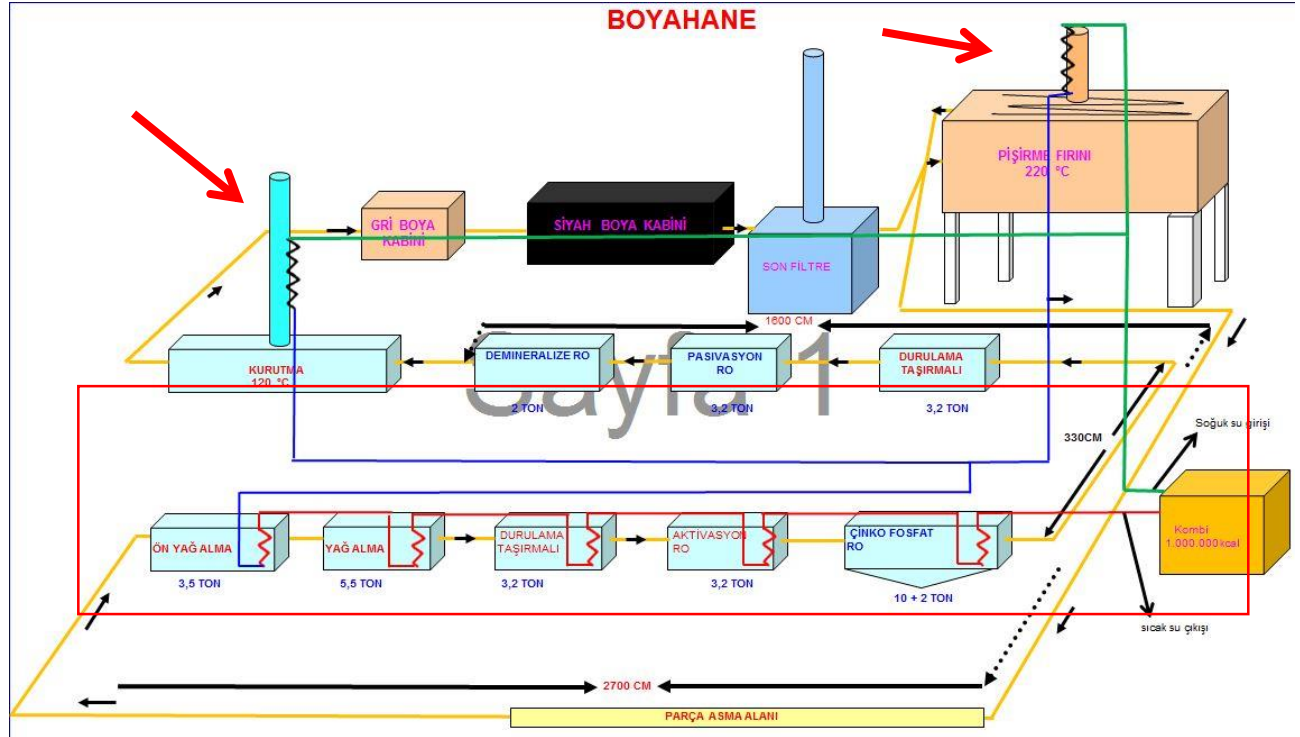
3. Analiz

Materyal ve yöntem başlığı altından incelenen ısı geri kazanım sistemleri yöntemleri içinden boyahane için en uygun sistem olarak ekonomizer sistemi tercih edilmiş ve Şekil 6'da gösterilen ekonomizer yapısı tasarlanmıştır. Şekil 2'de gösterilen tesisin bacalarına yerleştirilen ekonomizer sistemi ile yüzey işlem banyolarına sıcak su sağlayan sistemdeki geri dönüş suyu ısıtılarak kombinin suyu ısıtma aralığı azaltılmış ve atık ısıdan enerji geri dönüşümü sağlanmıştır (Ünlü, 2020).



Şekil 6. Atık ısı bacalarına uygulanan ekonomizer sistemi şematik gösterimi

Ekonomizer sistemi adaptasyonu sonucunda üretim alanındaki sıcak su tesisatının ve tesisin son durumu Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Ekonomizer ile enerji geri kazanım sistemi uygulanan tesisin şematik gösterimi

4. Bulgular ve Tartışma

Tasarlanan ekonomizer sisteminin ve boyahane tesisindeki enerji verimliliğine etkisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

4.1 Isıtma yükü hesaplamaları

Suyun ısı kapasitesi (C_p) 0-80 °C sıcaklık aralığında $1 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ olarak kabul edilmiştir.

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 56,9 - 54,2 = 2,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Anlık ısıtma yükü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (sıcak su sirkülasyon debisi ölçümler sonucu 68500 kg/h olarak ölçülmüştür).

$$\dot{Q} = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 68500 \times 1 \cdot 2,7 = 184.950 \frac{\text{kCal}}{\text{h}}$$

Isıtma yükünün genel ortalaması için işletme doğalgaz tüketim değeri kullanılmıştır. Doğalgaz, fırın brülörleri dışında başka su ve ortam ısıtmasında da kullanılmaktadır. İşletmenin 2019 yılı ay bazındaki doğalgaz tüketim değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. 2019 doğal gaz tüketimleri

	kWh	TL
Ocak	953.727	80.809,15
Şubat	1.170.346	99.242,79
Mart	897.470	76.196,25
Nisan	800.397	68.068,37
Mayıs	643.419	54.748,57
Haziran	508.852	43.318,18
Temmuz	402.339	34.262,41
Ağustos	438.798	37.375,90
Eylül	338.823	28.861,18
Ekim	352.607	30.045,10
Kasım	582.060	49.615,64
Aralık	758.782	64.686,74
	kWh	
Ortalama	653.968	
En düşük	352.607	
Yaz ort.	466.446	

Boyahane yıllık çalışma süresi ortalama 300 gün/yıl olarak kabul edilmiştir. Aylık çalışma süresi ortalama 600 saat/ay olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1'e göre mevsimsel değişikliklerindeki değişkenlikler ve üretim miktarlarındaki değişkenlikler göz önünde bulundurularak 300.000 kW-ay değeri alınmıştır.

Bu durumda, anlık ortalama tüketim= $300.000 \cdot 860 / 600 = 430.000 \text{ kcal/h} = 499,227 \text{ kW}$ olarak hesaplanır.

Bu tüketimin de yaklaşık %45'i sıcak su kazanına gitmektedir. Bu değer $430.000 \cdot \%45 = 193.500 \text{ kcal/h} = 224,67 \text{ kW}$ olarak hesaplanır.

Sonuç olarak debi ve sıcaklık ölçerek yapılan bu hesap $184.950 \text{ kcal/h} = 214,74 \text{ kW}$, doğal gaz tüketiminden giderek yapılan hesap $193.500 \text{ kcal/h} = 224,67 \text{ kW}$ vermektedir. Bu iki değer ortalama olan $189.225 \text{ kcal/h} = 219,711 \text{ kW}$ ısı enerjisi, bu tasarruf projesinde kazanılması beklenen kısmı oluşturmaktadır. Tablo 2 ve Tablo 3 ile toplam potansiyel tasarruf hesaplanmıştır.

Tablo 2. Boya kurutma fırını enerji geri kazanım hesap tablosu

Tasarım Parametreleri	Kısaltma	Değer	Birim
RS 50 285 - 630kW Saatlik yakıt miktarı $B_{hk} = \dot{Q}_k / (H_u \cdot \eta_k)$	B_{hk}	62,5	kg/h
Teorik Baca gazı ısısı $\dot{Q}_{bg} = V_{bg} \cdot c_p \cdot (T_{bg} - T_{min})$	$\dot{Q}_{bgk(teorik)}$	36,65	kW
Baca Gazındaki O ₂ Oranı (%)	y_k	11,86	%
Hava Fazlalık Katsayısı	r_k	2,3	
Özgül baca gazı hacmi	V_{bgk}	22,83	Nm ³ /kg
Baca gazı debisi $V_{bg} = B_h \cdot V_{bg}$	V_{bgk}	1.416	Nm ³ /h
Ekonomizer Verim	η_e	0,95	
Isıtılacak su giriş sıcaklığı:	T_{kg}	55	°C
Isıtılacak su çıkış sıcaklığı:	$T_{kç}$	75	°C
Isıtılacak su debisi:	\dot{m}_{kk}	1.200	kg/h
Baca gazı ısı miktarı ($\dot{Q}_{bgk(teorik)} \cdot \eta_e$)	\dot{Q}_{bgk}	34,821	kW
Sıcak su kazanı giriş çıkış sıcaklık farkı	$\Delta T_{kç-kg}$	20	°C
Baca gazı sıcaklığı	T_{bgk}	190,8	°C
Atmosfere atılabilecek baca gazı sıcaklığı	T_{min}	120	°C
Ortalama sıcaklık $T_{ort} = (T_{bg} + T_{min}) / 2$	$T_{ort,k}$	154,2	°C
Ort. Sıcaklıkta baca gazı ısınma ısısı	c_p	0,326	kcal/Nm ³ °C
Baca gazı ısısı $Q_{gk} = V_{bg} \cdot c_p \cdot (T_{bg} - T_{min})$	\dot{Q}_{bgk}	36,653	kW
Ekonomizere Baca Gazı Giriş Sıcaklığı	T_{1ggk}	190,8	°C
Ekonomizerden Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı	$T_{2gçk}$	120	°C
Ekonomizere Su Giriş Sıcaklığı	T_{3sgk}	55	°C
Ekonomizerden Su Çıkış Sıcaklığı	$T_{4sçk}$	75	°C
Logaritmik Sıcaklık Farkı	ΔT_{mk}	84,9	°C
Isı Transfer Katsayısı (iletim ile)	K	0,0232	W/m ² °C
Isı Transfer Yüzey Alanı	A_k	18,6	m ²
Yanma verimi	η_k	90	%
Yakıt alt ısı değeri (Doğalgaz)	H_u	8.250	kcal/Sm ³
Geri kazanılan ısı	S_{Qk}	31,046	kW
Saatlik yakıt tasarrufu	G_k	4,18	m ³ /h

Tablo 3. Boya pişirme fırını enerji geri kazanım hesap tablosu

Tasarım Parametreleri	Kısaltma	Değer	Birim
Baltur TBG 85PN 170-850kW Saatlik yakıt miktarı $B_{hp} = Q_k / (H_u \cdot \eta_k)$	B_{hp}	80	kg/h
Baca gazı ısısı $Q_{bg} = V_{bg} \cdot c_p \cdot (T_{bg} - T_{min})$	\dot{Q}_{bgk}	56,85	kW
Baca Gazındaki O ₂ Oranı	y_p	1,86	%
Hava Fazlalık Katsayısı	r_p	1,1	
Özgül baca gazı hacmi	v_{bgp}	11,45	Nm ³ /kg
Baca gazı debisi $V_{bg} = B_h \cdot v_{bg}$	V_{bgp}	916	Nm ³ /h
Ekonomizer Verim	η_e	0,95	
Isıtılacak su giriş sıcaklığı:	T_{kg}	55	°C
Isıtılacak su çıkış sıcaklığı:	$T_{kç}$	75	°C
Isıtılacak su debisi:	\dot{m}_{kp}	1.861	kg/h
Baca gazı ısı miktarı	\dot{Q}_{bg}	54,017	kW
Sıcak su kazanı giriş çıkış sıcaklık farkı	$\Delta T_{kç-kg}$	20	°C
Baca gazı sıcaklığı	T_{bgp}	306	°C
Atmosfere atılabilecek baca gazı sıcaklığı	T_{min}	120	°C
Ortalama sıcaklık $T_{ort} = (T_{bgp} + T_{min}) / 2$	$T_{ort, p}$	202	°C
Ort. sıcaklıkta baca gazı ısınma ısısı	c_p	0,326	kcal/Nm ³ °C
Baca gazı ısısı $Q_{gp} = V_{bgp} \cdot c_p \cdot (T_{bgp} - T_{min})$	\dot{Q}_{gk}	56,85	kW
Ekonomizere Baca Gazı Giriş Sıcaklığı	T_{1gpp}	306	°C
Ekonomizerden Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı	$T_{2gçp}$	120	°C
Ekonomizere Su Giriş Sıcaklığı	T_{3sgp}	55	°C
Ekonomizerden Su Çıkış Sıcaklığı	$T_{4sçp}$	75	°C
Logaritmik Sıcaklık Farkı	ΔT_{mp}	121,5	°C
Isı Transfer Katsayısı (iletim ile)	K	0,0232	W/m ² °C
Isı Transfer Yüzey Alanı	A_p	20,1	m ²
Yanma verimi	η_k	90	%
Yakıt alt ısıl değeri (Doğalgaz)	H_u	8.250	kcal/Sm ³
Geri kazanılan ısı	S_{Qp}	61,32	kW
Saatlik yakıt tasarrufu	G_p	7,11	m ³ /h

Gelecek durum şemasına göre Toplam Enerji Tasarrufu ve Yatırım Amortismanı hesaplamaları şu şekilde yapılır;

Şekil 6'da gösterilen iki fırın ekonomizerinde;
Toplam $52.280 + 31.046 = 83.326$ kcal/h=96,75 kW enerji kazanılır.

Bu enerji geri kazanımı sayesinde doğalgaz yakıtlı sıcak su kazanı gaz tüketiminden;
 $7,11 + 4,18 = 11,29$ Sm³/h tasarruf sağlanmaktadır.

Doğal gaz alt ısıl değeri 8.250kcal/Sm³ için; $11,29 \cdot 8.250 / 860 = 108,3$ kWh ısı geri kazanılmaktadır.

2019 Ocak ayı için KDV hariç birim kWh maliyeti 0,129 TL/kWh' tir.

Bu değere göre saatlik tasarruf $108,3 \cdot 0,129 = 13,97$ TL/h edilmektedir.

Bu durumda yıllık tasarruf da $300\text{gün} \cdot 24$ saat olarak tanımlanır.

Bu değerlerle yıllık kazanç $13,97 \cdot 300 \cdot 24 = 100.590$ TL/Yıl olacaktır.

Bunu da USD dolar cinsinden, 1 USD yi 6,50 TL kabul ederek (27 Mart 2020 TCMB kuru), 15.475 USD/Yıl olarak hesaplayabiliriz.

Bu işin yaklaşık yatırım maliyeti 45.000 USD olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki tasarruf hesabına göre amortisman süresi $45.000 / 14.475 = 2,90$ yıl olarak hesaplanmıştır.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda, atık ısıdan enerji kazanımı uygulamasının yapılacağı kısım boya kurutma fırını ve pişirme fırını olarak tespit edilmiştir. Atık ısı geri kazanımı uygulamasının yapılmasına karar verildikten sonra, ısı değiştirici tiplerinden ekonomizerin kullanılması, ilk yatırım maliyetinin düşük olması ve amortisman süresinin buna bağlı olarak kısa olmasından dolayı daha uygun bulunmuştur. Bunlara ek olarak da kullanılacağı yer açısından en uygun ısı değiştirici tipi ekonomizer olup sanayide yaygın olarak bulunmasından dolayı bakım onarım faaliyetleri daha kısa süreli ve düşük maliyetlidir.

Bu ölçümlerden ve hesaplamalardan elde edilen sonuçlara göre; kurutma fırınından saatlik 4,04 m³ yakıt tasarrufu, pişirme fırınından ise saatlik 6,27 m³ yakıt tasarrufu sağlanacağı hesaplanmıştır. Uygulanacak 2 ekonomizer ile toplamda elde edilen 10,31 m³ saatlik yakıt tasarrufu sayesinde tesisin doğalgaz tüketiminin %10-12 arasında azalacağı ve yatırımın amortisman süresinin 2,76 yıl olacağı hesaplanmıştır.

Buradan da görüleceği gibi hangi tür için hangi sistem kullanılırsa kullanılsın günümüzde enerji fiyatlarının durumu nedeniyle ısı geri kazanımı için harcanacak yatırımların kısa sürede kendini amorti edip devamında kazanç sağlayacağı aşikârdır.

Ayrıca bu tarz tasarruf projelerinin çevre konusunda da etkileri olmaktadır. Doğaya salınan atık gazların sıcaklığının %50 ye varan oranda azaltılacak olması özellikle küresel ısınma kavramının gündemden düşmediği günümüzde oldukça olumlu bir durumdur. Ayrıca kapsamında doğalgaz tüketiminin belirtilen oranda azalmasıyla birlikte doğaya salınan CO₂ miktarının da %10-12 arasında azalacağı görünen bir gerçektir.

Bu tarz enerji geri dönüşüm çalışmaları; gerek maliyetlerin azaltılması gerekse de çevre konusunda salınımların azaltılması başlıklarında etkili sonuçlar elde edilecek çalışmalardır.

Yapılacak olan bu ekonomizer uygulamasını takiben, yine enerjinin verimli kullanılması noktasında aşağıdaki öneriler sunulmuştur;

- Boyahane pişirme fırınına ısı yalıtımı uygulaması yapılmalıdır. Bu sayede brülörlerin çalışma frekansı düşecek ve dolayısı ile doğalgaz tüketiminde azalma sağlanmış olacaktır.
- Sıcak su kazanına giren ve kazandan çıkan suyun sıcaklık farkının artırılarak, yani ΔT 'nin büyütülerek kazan veriminin artmasını sağlamaktır. Burada su debisinin de etkisi göz ardı edilmemelidir.
- Pişirme fırını brülöründen çıkan atık baca gazı ile elde edilen sıcak havanın, parça kurutma bölgesinde kullanılması durumunun analiz edilmiştir. Bu sayede kurutma fırınında mevcutta bulunan brülörün iptalinin sağlanması ya da çalışma frekansının azaltılması ile tasarruf sağlanabilir.

Kaynaklar

1. Altınışık K. (2004). Uygulamalarla Isı Transferi, Nobel Yayın Dağıtım.
2. Bahar, O. (2005). Türkiye'de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme, Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, (14), 35-59.
3. Bell, K.J. (1981). Delaware method for shell side design. in: S. Kakac, A.E. Bergles, F. Mayinger (Eds.), Heat Exchangers: Thermalehydraulic Fundamentals and Design. Hemisphere, New York, pp. 581-618.

4. **Gurbuz, A. (2009).** Enerji Piyasası İçinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi, Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 1-7, Karabük.
5. **Kays, V.M. & London, A.L. (1984).** Compact Heat Exchanger, third ed. McGraw-Hill, New York.
6. **Shah, R.K. & Sekulic, D.P. (2003).** Fundamentals of Heat Exchanger Design, first ed. Wiley, New York, 378-381.
7. **Tsuzuki, N., Kato, Y. & Ishizuka, T. (2007).** High performance printed circuit heat exchanger, Appl. Therm Eng. 27, 1702-1707.
8. **URL-1 (2020).** https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/6_dunyadaveturkiyede.pdf
9. **URL-2 (2020).** <https://www.termodinamik.info/atik-isi-geri-kazanim-sistemleri>
10. **URL-3 (2020).** <http://www.vat.com.tr/tr/rekuperator-nedir-nasil-calisir/>
11. **URL-4 (2020).** <http://www.thermopedia.com/content/1087>
12. **URL-5 (2020).** <https://www.vat.com.tr/tr/ekonomizer-atik-isinin-geri-kazanilmasi/>
13. **URL-6 (2020).** http://www.demirmakina.com/DEMIR%20MAKINA_Ekonomizerler.html <https://arge7.com/detay2.asp?id=3370>
14. **Ünlü, O. (2020).** Endüstriyel Toz Boya Tesisindeki Verimlilik İncelemesi Teknik Raporu.
15. **Yılmaz, M. (2012).** Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, (4), 33-54.

EFFECT OF DIFFERENT SURFACTANS ON THE FORMATION AND MORPHOLOGY OF TiO₂

Fatma Kılıç Dokan¹

¹Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Kayseri University, Kayseri, Turkey

Abstract

TiO₂ is one of the compounds that researchers especially material scientists have studied most recently. Due to some of its extraordinary properties, for example, it can be used in photocatalysis, dye-sensitive solar cells and biomedical devices, are important parameters that make TiO₂ curious. Synthesis, researches and new discoveries made in this direction have always been remarkable. In this study, a low cost and easily prepared surfactant supported hydrothermal method was used to determine the effect of different surfactants on morphology and crystallinity. Three surfactants were selected, including anionic, sodium dodecyl sulfate (SDS), cationic, cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) and nonionic (TritonX-100), respectively. Addition of surfactant produced more dispersed and stable TiO₂ in the aqueous suspension. 0.5%, 1%, 1.5%, 2% and 2.5 % by weight of all types were added and 2% surfactant was found to produce the most stable suspension with high turbidity and measurable particle size. CTAB was found to provide a more stable TiO₂ suspension than SDS and triton x attributed to electro-steric.

Key Words: TiO₂, surfactant assisted synthesis, SDS, CTAB, triton-x

1. Introduction

New nano-sized materials and particles are used in very important studies in technology, especially in engineering, due to many improved properties compared to their counterparts. Nanotechnology has the ability to transform the specific properties of most man-made objects and activities by producing nano-sized materials and particles of specific size, shape, and crystal configuration (Mansoori,2005). Titanium dioxide nanoparticles are widely used, as the production and application of nanoparticles produced in commercially available products is increasing very effectively. Nano-TiO₂ has been applied as a pigment in paints, papers, plastics, cosmetics and nanofibers and is used in many fields thanks to its great photo-stability, porosity, ion exchange capacity and characterized superior properties [Hoffman et al.,1995; Wiesner et al.,2006; USEPA,2007]. Titanium dioxide or titania (TiO₂) It was first produced commercially in 1923 using various ores (Liu et al.,2012).

TiO₂ has 3 different crystal forms. These; Anatase, Rutile and Brookite crystal structures. Anatase TiO₂ has been used in very wide areas recently, some of them; heterogeneous catalysts, photocatalysts, solar cells, gas sensors and waste water treatment systems. Rutile TiO₂ has the highest refractive index among these three phases compared to anatase and brookite. Therefore, it is generally used in paint raw materials and cosmetics industry. The anatase crystal form shows the highest photocatalytic activity among the other crystal forms. Hence, Anatase TiO₂ constitutes the majority of the studies. However, there are studies that show higher photocatalytic performance than pure Anatase in different ratios of Anatase and Rutile mixture. Commercially used TiO₂ nanoparticles called Degusa P-25 consist of a ratio of 3:1 (Anatase to Rutile). Apart from the effect of different ratios in the crystal structure on photocatalytic activity, changes in the size of TiO₂ particles also have serious effects on photocatalytic performance. Degusa P-25 consists of nanoparticles between about 25-85 nm (Ohno et al.,2001; Kim et al.,2005; Wang et al.,2014; Lu et al., 2016; Zhao et al.,2017; Dokan and Kuru ,2020). Normally, TiO₂ particles are very little toxic and insoluble in water (Hygienists,1986). Therefore, the control material is used as a "negative control" in the artificial environment "in vitro" and "in vivo" toxicological studies (Zhao et al.,2009). However, in addition to these features, in previous studies, it is known that there is progression in lung tumor in experimental mice exposed to these particles at high doses and for at least 2 years (Lee et al.,1985). There are studies on different diseases seen in experiments on different animals (Shi et al.,2013). Although it is known that

* Corresponding Author:

Fatma KILIÇ DOKAN; Kayseri University,
Department of Chemistry and Chemical
Processing Technologies,
Kayseri, Turkey.

Geliş (Received) : 08.01.2021
Kabul (Accepted) : 07.03.2021
Basım (Published) : 31.07.2021

TiO₂ particles do not react chemically (inert), changes in inert properties have begun to be observed with the reduction of the size of the particles and their reduction to nano size. As a result of the decrease in particle size, the surface areas of the particles increase and become more active. In 2006, the International Agency for Research on Cancer-IARC re-evaluated the carcinogenic degree of TiO₂ on the grounds that there is sufficient evidence in animal experiments, although TiO₂ nanoparticles do not have sufficient data in human experiments (Iafro, 2006). As a result of this evaluation, TiO₂ nanoparticles were included in the group of materials with "possible carcinogenic effects in humans". As a matter of fact, findings supporting this decision of IARC have been obtained in studies conducted in recent years. It is not entirely clear in which regions TiO₂ nanoparticles show carcinogenic effects in humans and animals (Lavicoli et al., 2012). In addition, studies are ongoing on the exposure time and size of these particles. For example, in a study by Lin et al., It was observed that the model bacterium *Escherichia coli* (*E. coli*) caused damage to the cell walls in direct proportion to the reduction in the size of Anatase TiO₂ nanoparticles varying between 10-50 nm (Lin et al., 2014). As shown in these studies, separating the nano-sized particles from the water as much as possible at the end of the treatment of polluted water is very important for human and environmental health.

When the literature studies are examined, because of all these reasons, TiO₂ synthesis varies according to the place of use. For whatever purpose it will be used, its synthesis should be planned accordingly (Livage et al., 1988; Look and Zukoski, 1992; Look and Zukoski, 1995; Vorkapic and Matsoukas, 1998; Zeng et al., 1998; Sugimoto et al., 2003; Sugimoto et al., 2003). In this study, we examined the synthesis of TiO₂ with 3 different surfactants in different concentrations with a new approach. The changes in crystal properties and surface morphologies after treatment with these surfactants were investigated.

2. Materials and Methods

2.1. Synthesis of TiO₂ With Different Surfactants

In the first part of this study, it was aimed to synthesize pure TiO₂. In this study, the Hydrothermal method was applied by evaluating the literature studies because small-sized powders with homogeneous distribution cannot be obtained by sol-gel and other common methods. The temperature vapor pressure chosen for the synthesis we have developed should be preferred to be higher than the boiling point of water to reach a saturated value. The formation of TiO₂ microspheres can only occur with hydrothermally distilled water and titanium agents. Precipitates are formed by adding 0.5 M absolute ethanol C₂H₅OH to a solution of titanium (IV) butoxide (C₁₆H₃₆O₄Ti) in distilled water and then peptizing in tetra ammonium hydroxide ((CH₃)₄N(OH)) at 80° C for 2 hours. The occurred precipitate filtered and subjected to a temperature of 200°C for 2 hours to obtain a powdery material. The powder washed several times in distilled water and ethyl alcohol, then dried at 80°C. The powder particles were heated at 600°C for 4 hours to obtain pure TiO₂. In the second part of the study, we tried to obtain TiO₂, which we managed to obtain in pure form, with different surfactants this time and made various analyzes to observe their effects the synthesis process was repeated using a saturated solution to prepare high surface area mesoporous TiO₂ materials with modified hydrothermal (Yuenyongsuwan et al., 2014), respectively. For this, we added surfactants to the environment in the first stage (0.5 M absolute ethanol C₂H₅OH) +titanium (IV) butoxide (C₁₆H₃₆O₄Ti) of the synthesis. In Fig. 1, the experimental steps of samples produced by the surfactant supported hydrothermal methods are given.

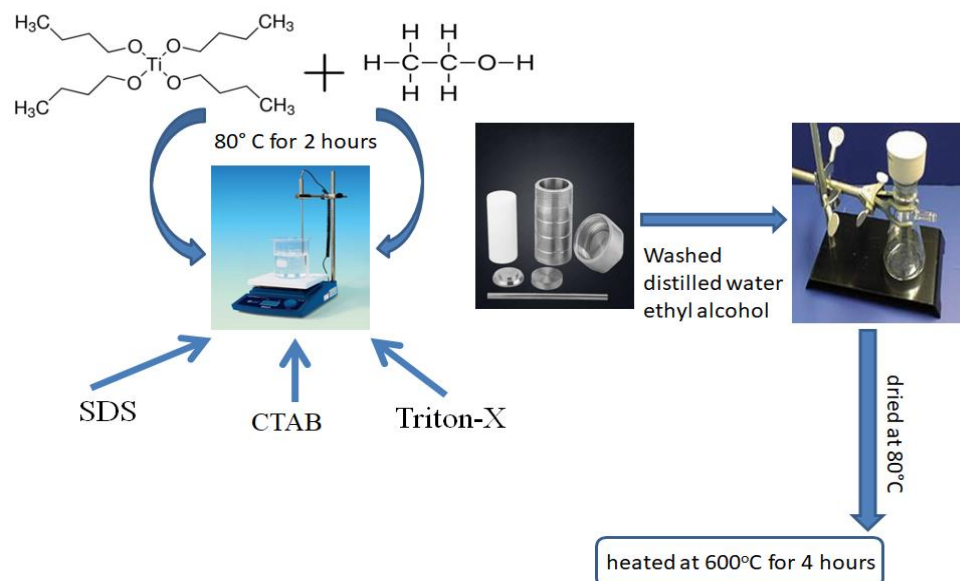


Figure 1. Schematic illustration of TiO₂ synthesis by surfactant assisted hydrothermal method.

3.Results

Stability of samples in aqueous solution was determined by using UV- VIS. For this, T% values relative to time were measured. Crystal properties and phase changes of all samples were examined by X-Ray Diffraction Method (XRD, Pananalytic Imperial). XRD measurements of synthesized samples were made using 0.02° step angle at 40 kV and 40 mA, in the range of $2\theta = 10-90^\circ$. We also investigated effect of different surfactant on the calculated crystallite size values. We correlate the data with field emission scanning electron microscopy the surface morphology of all samples was investigated by Field Scanning Electron Microscope (FE-SEM, Zeiss) and surface area measurements were characterized by N₂ adsorption / desorption measurements (micromeritic-Gemini IV).

3.1. Surfactant Effect on Phase and Size Controlled TiO₂

The % T was converted into the turbidity value using the equation using Beer Lambert's Law as specified in Equation 1.

$$\text{Turbidity} = 100 - \% T \quad (\text{Eq.1.})$$

% Transmittance data were recorded 1 hour after the redistribution time. Figure 2 shows the haze trend as a function of surfactant concentration for all surfactants used in the test. In this study, the turbidity value was used to determine the ability of TiO₂ particles to remain dispersed in suspension. High turbidity reflects the distribution of the powders in the suspension, while low turbidity indicates that most particles precipitate to the bottom of the suspension. Among all surfactants, CTAB shows the highest turbidity while triton X is the lowest. In contrast, SDS and triton X show less turbidity in surfactant <1.5% by weight than the control sample. All TiO₂ and surfactant suspensions show that 2% by weight of the surfactant concentration has the highest turbidity, ie about 40-50. The turbidity starts to decrease at 2.5% by weight for CTAB and SDS, but increases slightly for triton X. As a result of the analysis given in the characterization section, it was chosen that the optimum surfactant amount.

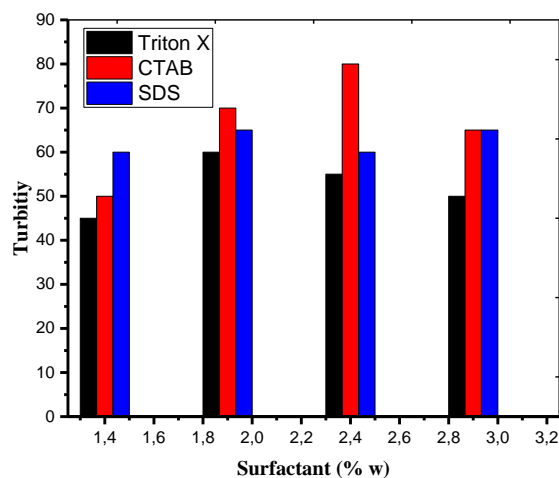


Figure 2. Turbidity of TiO₂ suspensions as a function of surfactant concentration.

3.2.XRD Analysis

The XRD measurements of TiO₂, which we synthesized with different surfactants, are shown in Figure 3. The phase structures of samples were investigated by X-ray diffraction (XRD, Pan analytic Imperial) measurements on a diffractometer operated at 40 kV and 40 mA using CuK α radiation in the 2 θ range of 10°–90° with a scan rate of 0.02°. The XRD graph of samples is given in Fig.1. The resulting spectrum belongs to the pure phase, identified by PDF number 01-071-1167. XRD patterns were indexed using Diffrac Plus and Win-Metric programs and unit cell parameters were calculated. As can be seen from the XRD patterns, pure anatase peaks are obtained. Differences in surfactant usage were not observed from XRD spectra. In order to examine the changes made by surfactants in crystal sizes, we calculated the crystal sizes from equation Debye-Scherrer. The crystal size of the synthesized samples was calculated from the XRD pattern using the debye-scherrer equation given in Equation 2 (Yuenyongsuwan et al., 2014).

$$d = \frac{0.94\lambda}{\beta \cdot \cos\theta} \dots\dots\dots(E.q.2)$$

Where λ is the wavelength of the x-ray, θ X-ray diffraction angle, and β is the width of the half-peak height in radians. The half-peak height width (FWHM) value, β was calculated from the XRD pattern using the Topas program. From Figure 3 and table 1, they were shown that the diffraction pattern peak intensity of the TiO₂ changes with the type of surfactant. These results suggested that the choice of surfactant is critical in the synthesis of TiO₂. The presence of sodium dodecyl sulfate (SDS) anionic, cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) cationic, and nonionic (TritonX-100) in TiO₂ suspensions leads to the change of crystal size. The electrostatic interaction could occur between the OH- groups of TiO₂ with the cetrimonium(hexadecyltrimethylammonium) cations of CTAB. These results are in agreement with previous studies done by HAK Che et al. Suspension containing SDS although show higher Crystal size than CTAB (Rohaida et al., 2018). This is also supported by the larger particle size for TiO₂ added with SDS than CTAB. SDS is an anionic surfactant with sulfate groups as the active site for interactions. (Pandey et al., 2013). The goal of this work is the preparation of mesoporous TiO₂ materials with high specific surface area via optimized hydrothermal process. Thus, this study suggests TiO₂ particles suspension is stabilized better by the repulsive forces from excess cationic attributed from electrostatic interaction between TiO₂ and CTAB and also from steric repulsion of CTAB (Safaei-Naeini et al., 2012) With the addition of Triton x, the crystal size decreased, the most important reason for this may be that crystal growth was prevented by ensuring more homogeneous distribution of the particles during synthesis (Greenwood and Kendall ,1999).

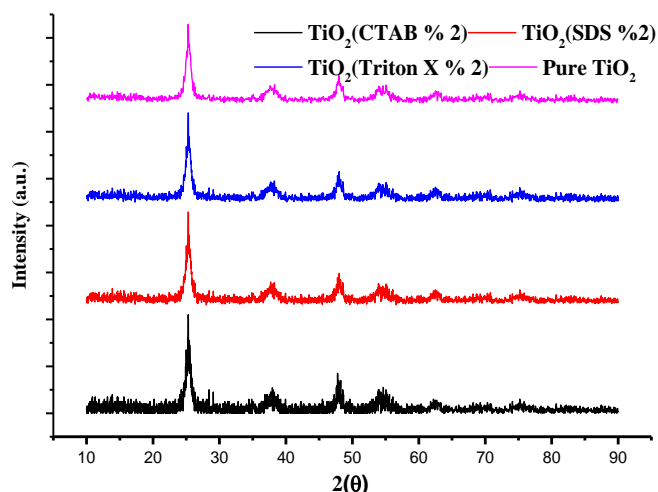


Figure 3. XRD patterns of the TiO₂ materials with different surfactant additives a) sodium dodecyl sulfate (SDS) b) cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), and c) nonionic (TritonX-100) in TiO₂ suspensions.

Table 1. Crystalline characteristics of samples.

Sample	Average crystallite size, D (nm)	Bet surface area m ² /g_Pore Size(nm)	Particle Size (nm)
TiO ₂	130	30_ 63	150-200
TiO ₂ (CTAB %2,5)	85	66_367	130-170
TiO ₂ (SDS%2,5)	90	41_183	120-200
TiO ₂ (TRITON X%2,5)	95	92_107	130-200

3.3.FESEM Analysis

Particle morphologies of were also assessed through examining their surface morphology the samples were observed by scanning electronic microscopy (FE-SEM, Zeiss), and images are shown in Figure 3 and 4. As can easily be seen in Figure 3 and also table 1, the particle size of pure TiO₂ is average 200 nm. When FESEM pictures were examined and particle sizes were calculated, it was found that it was related to the crystal sizes calculated from XRD patterns.

While agglomerations were observed in the particles of TiO₂ synthesized without the addition of surfactant, it was not observed in those with surfactant added. Considering the homogeneity according to the variety of surface materials, the most homogeneous distribution was observed in TiO₂, which was synthesized by adding triton x. In addition, the most porous structure was observed in the sample in which CTAB was added.

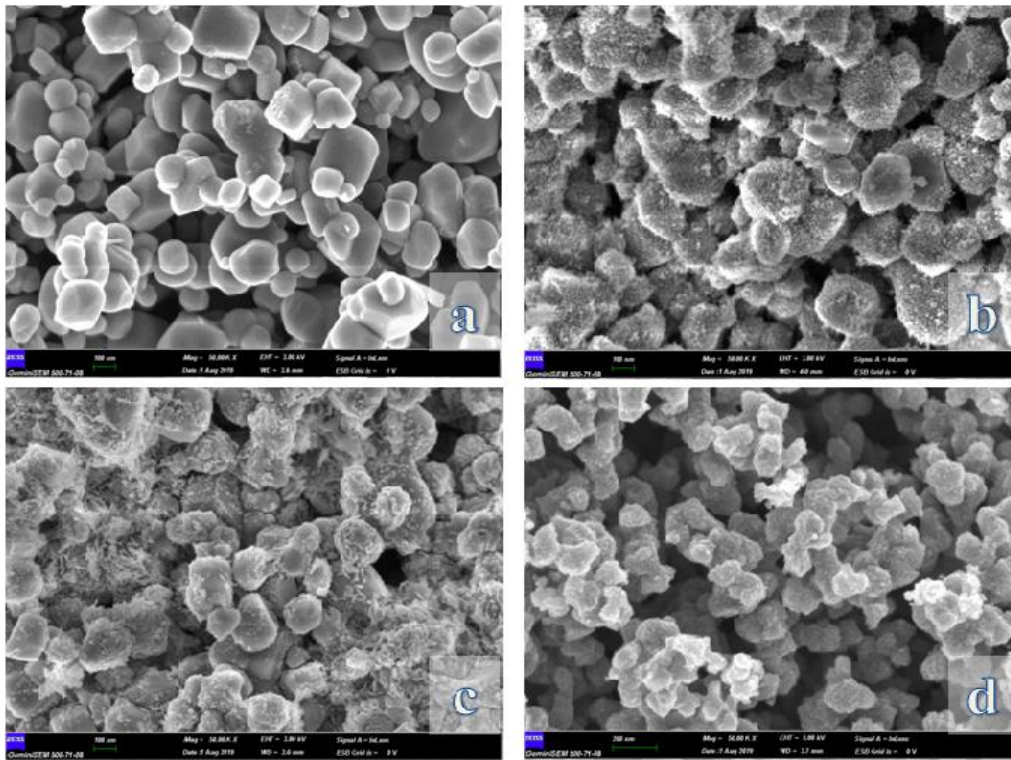


Figure 4. FESEM images of a) pure TiO₂ b) TiO₂+ sodium dodecyl sulfate (SDS) c) TiO₂+cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), and d) TiO₂+nonionic (TritonX-100).

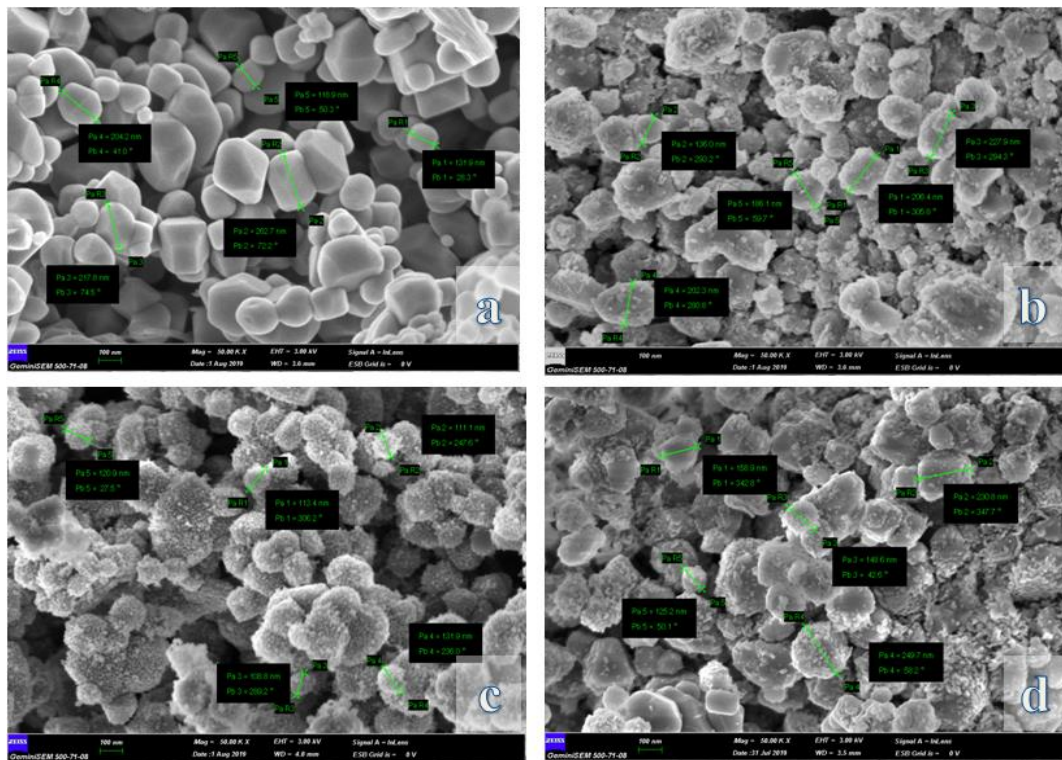


Figure 5. Particle size representation of a) pure TiO₂ b) TiO₂+ sodium dodecyl sulfate (SDS) c) TiO₂+cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), and d) TiO₂+nonionic (TritonX-100).

These results could significantly contribute to all other studies with TiO₂. Structural changes of samples synthesized by the influence of surfactants include two aspects. On the one hand, the surface area of nanocomposites increases, which plays an important role in increasing absorption. On the other hand, the porosity increases and this will be the light for many studies (Zhang et al., 1998; Xu et al., 1999; Maira et al.,2000; Stepanov,2012; Stevanovic et al.,2012).

3.4. Porosity—N₂ Adsorption/Desorption Analysis

The specific surface area was estimated by applying the Brunauer -Emmett-Teller (BET) equation to the experimental N₂ isotherms using a micromeritic-Gemini IV analyzer. 25 mg of each sample was degasified for 5 h at 150°C, and nitrogen adsorption-desorption isotherm was analyzed through the BET method. When the isotherms given in Figure 6 and the pore size distributions obtained by BJH method are examined, the shape of the isotherms can be defined as type 3 with hysteresis loops (type H3) characteristic for mesoporous materials (Sing et al.,1985). They also show the mesoporous structure of the sponge-like porous powders, which are very clearly observed in FESEM images. The specific surface area of the samples varies from 60 to 120 m²/g depending on the presence and type of surfactant.

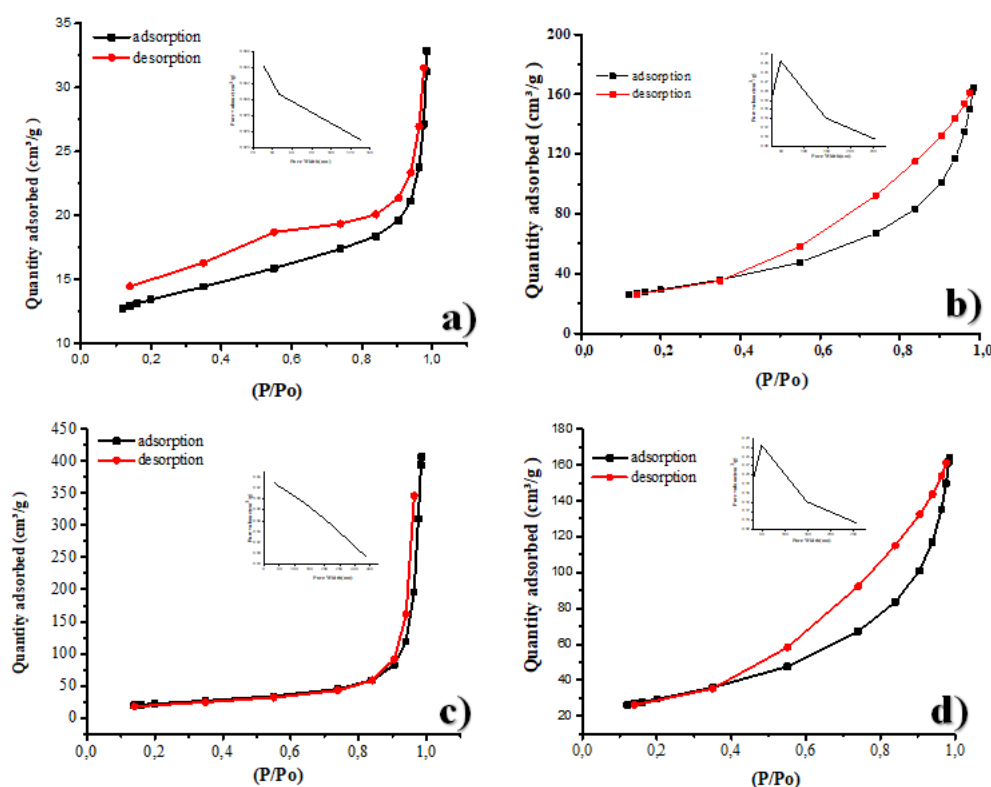


Figure 6. N₂ adsorption/desorption isotherms and pore size distribution of a) pure TiO₂ b) TiO₂+ sodium dodecyl sulfate (SDS) c) TiO₂+cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), and d) TiO₂+nonionic (TritonX-100).

4. Conclusions

Here we have optimized the TiO₂ synthesis using different surfactants and as a result determined the most accurate surfactant ratio and the most effective surfactant. As a result of the analysis, TiO₂ synthesized by using 2.5% CTAB, both surface area and porosity were determined as the best material. In addition, in general, high surface area and porosity were found in materials synthesized with other surfactants. CTAB shows better dispersion and stability of TiO₂ than SDS and Triton X.

References

1. Dokan, F. K. & Kuru, M. (2021). A new approach to optimize the synthesis parameters of TiO₂ microsphere and development of photocatalytic performance. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(1), 640-655.
2. Greenwood R. & Kendall K. (1999). Selection of suitable dispersants for aqueous suspensions of zirconia and titania powders using acoustophoresis, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 19, 479-488.
3. Hak, C.R.C., Fatanah, D.N.E., Abdullah, Y. & Sulaiman, M.Y.M. (2018). The effect of surfactants on the stability of TiO₂ aqueous suspension. *International Journal of Current Research in Science, Engineering & Technology*, 1, 172.
4. Hoffmann M.R., S.T. Martin, W.Y. Choi & Bahnemann D.W. (1995). Environmental applications of semiconductor photocatalysis, *Chemical Reviews*, 95 (1), pp. 69-96.
5. Hygienists, A. (1986). Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices, *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*.
6. Iafro, C. (2006). Titanium dioxide group 2B. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 93:193–214.
7. Kim, T.K., M.N. Lee, S.H. Lee, Y.C. Park, C.K. Jung & J.H. Boo. (2005). Development of surface coating technology of TiO₂ powder and improvement of photocatalytic activity by surface modification. *Thin Solid Films* 475: 71-177.
8. Iavicoli, I., V. Leso & Bergamaschi A. (2012). Toxicological Effects of Titanium Dioxide Nanoparticles: A Review of In Vivo Studies. *Journal of Nanomaterials* ,2012: 36.
9. Lee, K.P., H.J. Trochimowicz & Reinhardt C.F. (1985). Pulmonary response of rats exposed to titanium dioxide (TiO₂) by inhalation for two years. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 79 (2): 179-192.
10. Lin, X., J., Li, S., Ma, G., Liu, K., Yang, M., Tong & Lin, D. (2014). Toxicity of TiO₂ Nanoparticles to Escherichia coli: Effects of Particle Size, Crystal Phase and Water Chemistry. *PLOS ONE* 9 (10): 110247.
11. Liu, L., H. Zhao, J. M. Andino & Li Y. (2012). Photocatalytic CO₂ Reduction with H₂O on TiO₂ Nanocrystals: Comparison of Anatase, Rutile, and Brookite Polymorphs and Exploration of Surface Chemistry. *ACS Catalysis* ,2 (8): 1817-1828.
12. Livage, J., Henry, M. & Sanchez, C. (1988). Sol-gel chemistry of transition metal oxides, *Prog. Solid State Chem.* 18, 259–341.
13. Look, J.L. & Zukoski, C.F. (1992). Alkoxide-derived titania particles: use of electrolytes to control size and agglomeration levels, *J. Am. Ceram. Soc.*, 75: 1587–1595.
14. Look, J.L. & Zukoski, C.F. (1995). Colloidal stability of titania precipitate morphology: influence of short-range repulsions, *J. Am. Ceram. Soc.*, 78, 21–32.
15. Lu, X., X. Li, J. Qian, N., Miao, C., Yao & Chen, Z. (2016). Synthesis and characterization of CeO₂/TiO₂ nanotube arrays and enhanced photocatalytic oxidative desulfurization performance. *Journal of Alloys and Compounds* ,661 (Supplement C): 363-371.
16. Maira, A.J., Yeung, K.L., Lee, C.Y., Yue, P.L. & Chan, C.K. (2000). Size Effects in Gas-Phase Photo-oxidation of Trichloroethylene Using Nanometer-Sized TiO₂ Catalysts, *Journal of Catalysis* ,192, 185–196.
17. Mansoori G.A. (2005). Principles of Nanotechnology Molecular-Based Study of Condensed Matter in Small Systems, *World Scientific Publishing Co*, Singapore .
18. Ohno, T., K. Sarukawa, K. Tokieda & Matsumura, M. (2001). Morphology of a TiO₂ Photocatalyst (Degussa, P-25) Consisting of Anatase and Rutile Crystalline Phases. *Journal of Catalysis*, 203 (1): 82-86.
19. Pandey, M., Mishra, P., Saha, D. & Islam, S.S. (2013). Polymer optimization for the development of low-cost moisture sensor based on nanoporous alumina thin film, *J. Adv. Ceram.*, 2 ,341-346.
20. Safaei-Naeini, Y., Aminzare, M., Golestani-Fard, F., Khorasanizadeh, F. & Salahi, E. (2012). Suspension stability of TiO₂ nanoparticles studied by UV-Vis spectroscopy method, *Iranian J. Mater. Sci. Eng.*, 9, 62-68.
21. Sing, K.S.W., Everett, D.H., Haul, R.A.W., Moscou, L., Pierotti, R.A., Rouquerol, J. & Siemieniowska T. (1985). Reporting Physisorption Data for Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity, *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 57, No. 4, pp. 603-619.
22. Shi, H., R. Magaye, V. Castranova & Zhao, J. (2013). Titanium dioxide nanoparticles: a review of current toxicological data. *Particle and Fibre Toxicology*, 10 (1): 15.
23. Sugimoto, T., Zhou, X. & Muramatsu, A. (2003). Synthesis of uniform anatase TiO₂ nanoparticles by the gel-sol method. 3: Formation process and size control, *J. Colloidal Interface Sci.* 259 (2003) 43–52.
24. Sugimoto, T., Zhou, X. & Muramatsu, A. (2003). Synthesis of uniform anatase TiO₂ nanoparticles by the gel-sol method. 4: Shape control, *J. Colloidal Interface Sci.* 259 ,53–61.

25. Stepanov, A.L. (2012). Applications of ion implantation for modification of TiO₂. *Rev Adv Mater Sci* 30:150–165 [http://: ejournals/RAMS/no23012/04](http://ejournals/RAMS/no23012/04).
26. Stevanovic, A., Büttner, M., Zhang, Z. & Yates, J.T. (2012). Photoluminescence of TiO₂: effect of UV light and adsorbed molecules on surface band structure. *J Am Chem Soc* ,134(1): 324–332. doi:10.1021/ja2072737.
27. USEPA (2007). Nanotechnology White Paper. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency by Members of the Nanotechnology Workgroup, a Group of EPA's Science Policy Council Science Policy Council, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
28. Vorkapic, D. & Matsoukas, T. (1998). Effect of temperature and alcohols in the preparation of titania nanoparticles from alkoxides, *J. Am. Ceram. Soc.* 81, 2815–2820.
29. Wang, Y., S. Zhu, X. Chen, Y. Tang, Y. Jiang, Z. Peng & Wang, H. (2014). "One-step template-free fabrication of mesoporous ZnO/TiO₂ hollow microspheres with enhanced photocatalytic activity." *Applied Surface Science* ,307 (Supplement C): 263-271.
30. Wiesner, M.R., Lowry, G.V., Alvarez, P., Dionysiou, D. & Biswas, P. (2006). Assessing the risks of manufactured nanomaterials, *Environmental Science & Technology*, 40 (14) pp. 4336-4345.
31. Xu, N., Shi, Z., Fan, Y., Dong, J., Shi, J. & Hu, M.Z.C. (1999). Effects of particle size of TiO₂ on photocatalytic degradation of methylene blue in aqueous suspensions, *Industrial & Engineering Chemistry Research* ,38, 373–383.
32. Yuenyongsuwan, J., Nithiyakorn, N., Sabkird, P., Edgar, A.O. & Pongprayoon, T. (2018). Surfactant effect on phase-controlled synthesis and photocatalyst property of TiO₂ nanoparticles, *Materials Chemistry and Physics*,2014,330-336.27.
33. Zeng, T., Qiu, Y., Chen, L. & Song, X. (1998). Microstructure and phase evolution of TiO₂ precursors prepared by peptization-hydrolysis method using polycarboxylic acid as peptizing agent, *Mater. Chem. Phys.*, 56 ,163–170.
34. Zhang, Z., Wang, C.C., Zakaria, R. & Ying, J.Y. (1998). Role of Particle Size in Nanocrystalline TiO₂-Based Photocatalysts, *Journal of Physical Chemistry B* ,102, 10871–10878.
35. Zhao, J., Bowman, L., Zhang, X., Vallyathan, V., Young, S. H., Castranova, V. & Ding, M. (2009). Titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles induce JB6 cell apoptosis through activation of the caspase-8/Bid and mitochondrial pathways. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 72(19), 1141-1149.
36. Zhao, W., N. Liu, H. Wang & Mao, L.(2017). Sacrificial template synthesis of core-shell SrTiO₃/TiO₂ heterostructured microspheres photocatalyst., *Ceramics International*, 43 (6): 4807-4813.

SOLUCAN GÜBRESİNİN ÇAYCUMA İLÇESİNDE TARLA KOŞULLARINDA DOMATES (*Solanum lycopersicum* L.) BİTKİSİNİN VERİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Lale Göksu Türkmen¹, Şüheda Basire Akça², Hatice Nur Akıllı¹, Ersöz Gonca^{3*}

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ZONGULDAK

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Gıda Tarım MYO, ZONGULDAK

³Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, ZONGULDAK

Öz

Çalışmamızın amacı, solucan gübresinin Zonguldak ili Çaycuma ilçesi tarla koşullarında 2018 vejetasyon periyodunda domates (*Solanum lycopersicum* L.) verimi üzerine etkisini araştırmaktır. Çalışma beş grup üç tekerrürde tarla koşullarında yapıldı. Beş farklı gübre uygulamasının etkisi araştırıldı. Gruplar; I.) Kontrol, II.) Çiftlik gübresi (2.5 t/da), III.) Çiftlik gübresi + kimyasal gübre-tam doz (%100) N:P:K (18:42:16 kg/da), IV.) Solucan gübresi (0.5 t/da), V.) Solucan gübresi + kimyasal gübre-yarı doz (%50) N:P:K (9:21:8 kg/da). F₁-troy çeşidi domatesler 3 farklı hasat döneminde elde edildi. Toplam domates ağırlığı ve adetleri hesaplandı. Solucan gübresi verilen gruplarda toplam meyve ağırlığı, çiftlik gübresi verilen gruplara göre anlamlı artış gösterdi (P < 0.05). Solucan gübresi verilen grupta ilk hasatta elde edilen toplam meyve sayısı ve ağırlığı kontrol grubuna göre anlamlı bir artış gösterdi (P < 0.05). Çiftlik gübresinin tam doz kimyasal gübre (NPK, %100) ile kombinasyonu domates verim artışına ilave bir katkı sağlamadı. Bununla birlikte, solucan gübresi ile yarı doz kimyasal gübre kombinasyonu solucan gübresi ile elde edilen domates verimini daha da artırdı (P < 0.05). Bu sonuçlar solucan gübresinin domates bitkisinin verimini artırmada çiftlik gübresine göre daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Solucan gübresi uygulaması ürün veriminde erkencilik sağlamaktadır. Solucan gübresinin NPK ile kombinasyonu domates verimini artırarak daha az kimyasal gübre kullanımını sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Domates, solucan gübresi, çiftlik gübresi, NPK kimyasal gübre, verim.

THE EFFECT OF VERMICOMPOST ON YIELD OF TOMATO (*Solanum Lycopersicum* L.) IN THE FIELD CONDITION IN ÇAYCUMA DISTRICT

Extended Abstract

Vermicompost is an organic manure that is produced by the mesophilic activity of the compost worms mostly *Eisenia fetida* species. The usage of this fertilizers has recently been increased in Turkey. However, a few scientific study has conducted regarding the effect of it on the yield of crops. Our study aims to research the effect of vermicompost on the tomato yield (*Solanum Lycopersicum* L.) on a field in Zonguldak city, Çaycuma district in the year 2018 vegetation period. This study was conducted in 5 groups in the field conditions with 3 replications. The effect of five different manure application was investigated. Groups; I.) Control, II.) Farm manure (2.5 t/da), III.) Farm manure + chemical fertilizers full dose (100%), N:P:K (18:42:16 kg/da), IV.) Vermicompost (0.5 t/da), V.) Vermicompost + chemical fertilizers half dose (50%), N:P:K (9:21:8 kg/da). F₁-troy variety tomato seedlings were planted in May 2018. Tomatoes were gained in three distinct harvest periods. Total weight and its numbers were calculated. One way variance analysis (ANOVA) with repeated measures and tukey post-hoc test were used for statistical analyses. Total fruit weight significantly increased in vermicompost groups in comparison to farm manure given groups (P < 0.05). In the first harvest, total fruit weight and its number significantly increased in vermicompost given groups compared to control (P < 0.05). The combination of farm manure with the full dose of chemical fertilizer (NPK, 100%) did not additionally increase tomato yield. However, the combination of vermicompost with the half doses of chemical fertilizer (NPK, 50%) further increase the tomato yield obtained by vermicompost (P < 0.05). These results have revealed that vermicompost is more effective than farm manure at increasing the yield of tomato. Vermicompost application provides the earliness in tomato harvest. The combination of the vermicompost with NPK may increase tomato yield and provide the use of less chemical fertilizer.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ersöz GONCA; Zonguldak Bülent Ecevit University,
Faculty of Art and Sciences, Biology Department,
67100, Zonguldak-Turkey.

Geliş (Received) : 24.02.2021

Kabul (Accepted) : 18.03.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

Key Words: Tomato, vermicompost, farm fertilizer, NPK chemical fertilizer, yield.

1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde artan nüfusa bağlı olarak besin maddesi ihtiyacı da artış göstermektedir (Midmore, 1993). Bu ihtiyacı karşılamak için tarımsal üretimde ürün miktarını artırmak amacıyla 1960'lı yıllardan itibaren kimyasal gübre kullanımı tüm dünyada artış göstermiştir (Schuman & Simpson, 1997). Yeşil devrim olarak dünyaya önerilen verim artışı odaklı kimyasal gübre uygulamalarının zaman içerisinde tarım toprağında olumsuz etkiler gösterdiği ve çevresel kirliliğe neden olduğu ortaya çıkmıştır (Savcı, 2012). Uzun yıllar boyunca kullanılan kimyasal gübreler toprağın organik madde miktarını azaltarak pH'ını bozmuştur (Bhatt vd., 2019). Kimyasal gübreleme ile yetiştirilen tarımsal ürünlerin insan sağlığı açısından güvenilirliği tartışmalı hale gelmiştir (Sharma & Singhvi, 2017). Tarımsal üretimde sürekliliğin sağlanması için çevreye ve insan sağlığına olumlu etkileri olan organik tarım yöntemlerine ve organik gübrelemeye olan ilgi artmaktadır (Badgley & Perfecto, 2007; Bellitürk, 2016). Ülkemizde de son yıllarda tüm organik gübreler ve solucan gübresinin üretim ve kullanımı artış göstermektedir (Bellitürk, 2018).

Solucan gübresi, toprak solucanları ve mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu, bitkisel ve hayvansal kaynaklı organik maddelerin mezofilik koşullar altında çürütülmesi ve toprak solucanlarının sindirim sisteminden geçmesi sonucu meydana gelir (Singh vd., 2020). Bitkilere ve toprağa yarayışlı mikroorganizmalarca zengin içeriğe sahip olup, yapısında azot, fosfor ve potasyum gibi bitki makro besin elementlerini bulunduran bir organik gübredir (Tavuç & Özçelik, 2017). Solucan gübresi ayrıştırıcı ve azot tutan eden bakteriler bakımından zengindir (Biabani vd., 2020). Bu bakterilerin aktivitesi sonucu havadaki serbest azot toprağa kazandırarak bitkinin kullanabileceği forma dönüştürür (Demir vd., 2010). Solucan gübresinin fiziksel yapısı gözenekli olup mikroorganizmaların varlığı için uygun bir ortam oluşturur. Toprağın su tutma kapasitesini, drenajını ve havalandırmayı artırır (Sisouvanh vd., 2021). Toprağın organik madde miktarını artırır, pH'sını düzenler. Sahip olduğu bitki besleyici maddeler ve yararlı mikroorganizmalar aracılığıyla bitki büyümesini destekler (Arancon vd., 2003). Solucan gübresinin bitki büyüme ve verimi üzerine etkisini araştıran ülkemizde az sayıda çalışma yapılmıştır. Sera ve tarla koşullarında yapılan çalışmalarda, solucan gübresinin ispanak bitkisinin boy ve yaş ağırlığını artırdığı bildirilmiştir (Köksal vd., 2017; Özkan vd., 2016). Küçükyumuk vd. (2014) iklimlendirme odasında yapmış oldukları çalışmada solucan gübresi ile mikorizanın birlikte uygulanmasının biberlerin bitki kuru ağırlığında artış sağladığını göstermişlerdir. Dumlupınar & Kuzucu (2017) ise yapmış oldukları tarla çalışmasında solucan gübresinin diğer organik gübrelere göre Çengelköy Hıyarı yetiştiriciliğinde anlamlı verim artışı sağladığını bildirmişlerdir. Solucan gübresinin domates verimini artırdığı yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir. Zucco vd. (2015) solucan gübresinin domates verimini kimyasal gübreye kıyasla daha fazla artırdığını ve kimyasal gübreye alternatif olabileceği ileri sürmüştür. Kashem vd. (2015) sera koşullarında yaptıkları saksı çalışmalarında solucan gübresinin domates bitkisinin gelişiminde kimyasal gübreden daha etkili olduğunu göstermiştir. Wang vd. (2017) ise tarla koşullarında solucan gübresinin tavuk gübresi ve kimyasal gübreye göre domates verim ve kalite parametrelerini daha fazla artırdığını, toprak kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Son yıllarda ülkemizde yapılan bir çalışmada ise katı solucan gübresinin domates verimini artırdığı gösterilmiştir (Durukan vd., 2019). Kimyasal gübrelerin dozunun azaltarak organik gübrelerin uygun dozları ile kombine uygulanması ürün verimini olumsuz yönde etkilemeden, tarımda kimyasal gübre kullanımını azaltmak için uygulanabilecek alternatif bir gübreleme programı olabilir (Sharif vd., 2004). Son zamanlarda yapılan çalışmalar solucan gübresi ile azaltılmış miktarlarda kimyasal gübre kombinasyonlarının ürün verimini artırdığını göstermektedir. Goswami vd. (2017) yapmış oldukları tarla çalışmalarında solucan gübresinin kimyasal gübre NPK (Azot, Fosfor, Potasyum) ile kombine edildiğinde domates büyüme verim ve kalitesinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Jahan vd. (2014) geleneksel kompost ve solucan gübresi uygulamalarının karnabahar bitkisi verim ve kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında kimyasal gübre ile solucan gübresinin kombine uygulamasının geleneksel kompost uygulamasından daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Mondal vd. (2017) yapmış oldukları tarla çalışmasında kimyasal gübrenin (NPK %25) oranında azaltılarak solucan gübresi ile kombine edildiği uygulamada hardal bitkisinin verimini en yüksek oranda artırdığını bildirmiştir.

Domates sebzesi dünya genelinde patatesten sonra, ham ve işlenmiş gıda olarak tüketilen ikinci önemli bitkisel üründür. Dünyada geniş halk kitleleri tarafından tüketilen ve vitamin kaynağı bakımından zengin bir üründür. İçeriğinde beta karoten, likopen (anti kanserojen), C vitamini, flavonoidler ve hidroksisinnamik asit gibi önemli maddeler olduğu için tıbbi bakımdan önem teşkil etmektedir. İnsan sağlığına pek çok olumlu etkisi bulunmaktadır. Kabızlık sorununu gidererek bağırsakların hareketini sağlar. Safra kesesinin çalışması üzerine olumlu etkisi vardır. Cildin genç kalmasını sağlar. Üre miktarını düşürür. Kalp hastaları, şeker hastaları için faydalıdır. Romatizmaya

iyi gelir. Domatesin yapısında bulunan likopen antioksidan özelliğe sahip olup farklı kanser ve kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkisi bulunmaktadır (Imran vd., 2020; Li vd., 2020).

Çalışmamızın amacı, Çaycuma ilçesinde tarla koşullarında katı solucan gübresinin domates bitkisinin verimi üzerine etkilerini araştırmaktır. Bu kapsamda solucan gübresi, çiftlik gübresi ve bu gübrelerin NPK gübresi ile kombinasyonlarının domates verimi üzerine etkileri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

Çalışmamız, Zonguldak ili Çaycuma ilçesi Kayıkçılar köyü, tarla koşullarında 28.04.2018 ile 30.08.2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü toprağın pH'sı 7.04, iletkenlik (dS/m) 5.13, organik madde miktarı %1.6 toplam azot, %0.93, toplam fosfat (K₂O) %1.47 ve toplam potasyum P₂O₅ %0.60 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan solucan gübresi, içerisine 25.000 adet *Eisenia fetida* türü kompost solucanı bırakılan en:boy:yükseklik (1:2:1) metre boyutlarında bir kutu içine her hafta 4:1 oranında fermente inek gübresi ve bitkisel atıktan oluşan solucan yemi verilerek 3 ay sürede hazırlandı. Hasat edilen solucan gübresi 3 ay bekletilerek olgunlaşması sağlandı. Nem oranı %25'e düşürüldükten sonra 4 mm açıklıktaki elekten geçirilerek kullanıma hazır hale getirildi. Çalışmamızda kullanılan çiftlik gübresi manda gübresinin fermente edilmesi ile hazırlanmış olup Arıkan Petrol Üretim Tarım Hayvancılık Gıda İnş. Ltd. Şti'den (Düzce) satın alındı. Kullanılan sıvı NPK (11:42:11) ise Avagro Tarım'dan (Antalya) satın alındı. Çalışmamızda kullanılan solucan gübresi ve çiftlik gübresinin bazı kalite değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Domates gelişebilmesi için temel makro besin elementlerine ihtiyaç duyan tek yıllık bir bitkidir. F₁-Troy çeşiti 1 kg domatesin meyvesinin yetiştirilerek hasadının yapılabilmesi için 2.5 g azot (N), 2.5 g fosfor (P), 5.0 g potasyum (K) elementlerinin bitkiye kazandırılması gerekmektedir (Singh vd., 2021). Uygulanan NPK miktarı toprağın sahip olduğu N, P ve K içeriği ve dikilen domates çeşidinden elde edilmesi beklenen toplam meyvenin gelişebilmesi için ihtiyaç duyduğu toplam N, P, K miktarı hesaplanarak tespit edildi.

Tablo 1. Denemede kullanılan gübreler ve içerikleri.

Analiz parametreleri	Solucan Gübresi	Çiftlik Gübresi
pH	8.1	7.9
İletkenlik durum Ds/m	5.2	5.7
Organik madde içeriği (%)	55.7	17
Toplam azot (%)	3.1	0.29
Toplam potasyum (P ₂ O ₅) (%)	1.5	0.17
Toplam fosfat (K ₂ O) (%)	1.7	0.10

Denemede kullanılan bitki materyali Çaycuma yöresinin iklim koşulları dikkate alınarak, bölge üreticilerinin en fazla verim aldıkları çeşitlerden biri olarak bilinen F₁-Troy oturak domatesi olarak belirlendi (Sakata Tarım Ürünleri ve Tohumculuk San. ve Tic. Ltd. Şti.) (Şekil 1). Denemenin, 3 tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine göre kuruldu. 5 farklı gübre uygulamasının etkisi araştırıldı. 1. Grup; Kontrol, 2. Grup; Çiftlik gübresi (2.5 t/da), 3. Grup; Çiftlik gübresi + kimyasal gübre N:P:K (18:42:16 kg/da) %100, tam doz, 4. Grup; Solucan gübresi (0.5 t/da), 5. Grup; Solucan gübresi + kimyasal gübre N:P:K (9:21:8 kg/da) %50, yarı doz olarak belirlendi. Solucan gübresi ve çiftlik gübresi dikimden 1 hafta önce toprak hazırlanırken ve dikim sırasında iki eşit miktarda bitki köklerine temas edecek şekilde uygulandı. Kimyasal gübre ise sıvı formda dikimden sonra belirli aralıklar ile bitki köklerine uygulandı. Deneme alanına 134 × 62 cm, sıra arası ve sıra üzeri mesafesinde her gruba 5 er olmak üzere toplam 16 Nisan 2018 tarihinde 75 adet domates fidesi dikildi.

Çalışmamızda 4 aylık süre içerisinde 3 ayrı hasat alındı (23 Temmuz 2018, 4 Ağustos 2018, 20 Ağustos 2018). Her gruptaki fidelerden toplanan domateslerin toplam sayısı ve ağırlıkları ayrı ayrı hesaplandı. Veriler GraphPad Prism 5 (GraphPad yazılımı, versiyon II, La Jolla, Kaliforniya) kullanılarak analiz edildi. Verilerin istatistiksel analizi için tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve tukey post-hoc testi kullanıldı. Sonuçlar ortalama ± standart hata olarak ifade edildi.

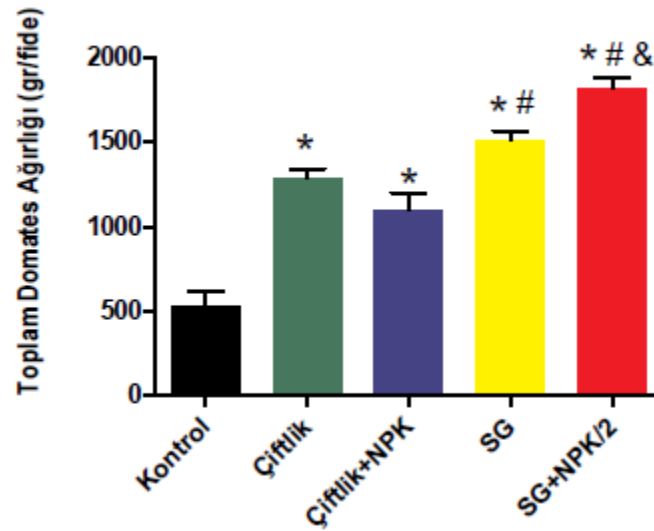


Şekil 1. Denemenin yapıldığı tarlada solucan gübresi grubunda hasat öncesi görüntülenen domates meyveleri.

3. Bulgular

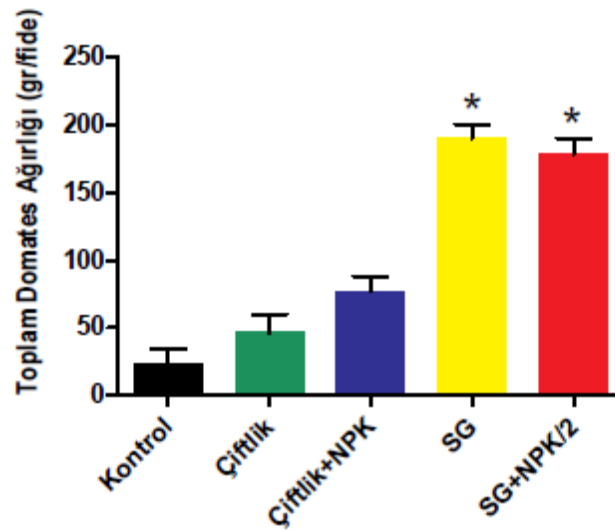
Şekil 2, gübre uygulamalarının tüm hasatlar sonucu elde edilen fide başı toplam domates ağırlığına etkisini göstermektedir. Çalışma sonunda, bir fideden elde edilen toplam ortalama meyve ağırlığı tüm gruplarda kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterdi ($P<0.05$). Solucan gübresi (SG ve SG + NPK/2) verilen gruplarda ise toplam ortalama meyve ağırlığı çiftlik gübresi ve çiftlik gübresi + NPK (%100) gruplarına göre anlamlı artış gösterdi ($P<0.05$).

Solucan gübresi + NPK/2 (%50) (SG + NPK/2) verilen grupta tüm hasatlar sonucu elde edilen fide başı toplam meyve ağırlığı sadece solucan gübresi verilen (SG) gruba göre anlamlı bir artış gösterdi ($P<0.05$), (Tablo 2), (Şekil 2).



Şekil 2. Gübre uygulamalarının domates verimi üzerine etkileri. SG: Solucan gübresi, NPK: Tam doz kimyasal gübre (N: azot, P: fosfor, K: potasyum), NPK/2: Yarı doz kimyasal gübre. *P < 0.05: Kontrolle göre; #P < 0.05: Çiftlik gübresi verilen gruplara göre; &P < 0.05: SG'ye göre.

İlk hasatta elde edilen toplam fide başı meyve sayısı ve ağırlığı solucan gübresi verilen gruplarda (SG ve SG + NPK/2) kontrol grubuna göre artış gösterdi (P < 0.05), (Şekil 3), (Tablo 2).



Şekil 3. Gübre uygulamalarının ilk hasatta elde edilen toplam meyve ağırlığına etkisi. SG: Solucan gübresi, NPK: Tam doz kimyasal gübre (N: azot, P: fosfor, K: potasyum), NPK/2: Yarı doz kimyasal gübre. *P < 0.05: Kontrolle göre.

Solucan gübresi + NPK/2 ve Çiftlik + NPK gruplarında tüm hasatlar sonucu elde edilen fide başı ortalama domates meyve sayısı kontrol grubuna göre anlamlı bir artış gösterdi (P < 0.05). Solucan gübresi + NPK/2 grubunda domates meyve sayısı çiftlik gübresi grubuna göre daha fazla bulundu (P < 0.05) (Tablo 2).

Tablo 2. Gübre Uygulamalarının fide başı meyve sayısı ve ağırlığına etkisi

Parametre	Meyve sayısı (/fide)		Meyve ağırlığı (g/fide)	
	1.Hasat	Toplam hasat	1. Hasat	Toplam hasat
Kontrol	0.13 ± 0.08	3.82 ± 0.63	23 ± 15	535 ± 83
Çiftlik	0.20 ± 0.13	5.93 ± 0.6	47 ± 29	1285 ± 58*
Çiftlik+NPK	0.33 ± 0.18	8.40 ± 0.50*	77 ± 42	1101 ± 96*
Solucan gübresi	1 ± 0.17*	7.86 ± 1.27	190 ± 42*	1511 ± 56*#&
Solucan gübresi+NPK/2	1 ± 0.22*	10.53 ± 0.48*#	178 ± 48*	1821 ± 56*#&d†

*P < 0.05: Kontrole göre

#P < 0.05: Çiftlik gübresi verilen gruplara göre

&P < 0.05: Çiftlik + NPK'ya göre

†P < 0.05: Solucan gübresine göre

4.Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızda çiftlik gübresi verilen grupta toplam üç hasat sonucu elde edilen fide başı toplam domates ağırlığı kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterdi. Çalışmamız ile benzer şekilde farklı zamanlarda Aslan vd. (2013) ve Göktekin & Ünlü (2016) yapmış oldukları tarla çalışmalarında çiftlik gübresinin domates bitkisinin gelişimi ve verimini arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda çiftlik gübresinin yanı sıra, solucan gübresi ve bu gübrelerin kimyasal gübre NPK ile kombinasyonlarından oluşan gruplarda yapılan gübreleme kontrol grubuna göre domates veriminde anlamlı bir artışa neden olmuştur. Bu sonuçlar çalışmanın yapıldığı tarla toprağının tarımsal üretimin yapılabilmesi için gerekli ideal koşullara sahip olmaması ile açıklanabilir. Domates tarımında, yeterli büyüme ve gelişmenin sağlanabilmesi için toprağın gerekli pH düzeyi 5.5 ile 7.0 değerleri arasında olmalıdır (Aybak, 2015). Çalışmamızın yapıldığı tarla toprağının pH'sı ise 7.04 olarak ölçülmüştür. Bu değer olması gereken değerlerin dışında kalmaktadır. Sağlıklı bir tarım toprağında organik madde miktarının en az %3 olması gerektiği bildirilmiştir (Gerke, 2018). Çalışmanın yapıldığı tarla toprağının organik madde miktarı ise %1.6 olarak ölçülmüştür. Bu değer toprağın organik madde miktarının zayıf olduğunu göstermektedir. Ayrıca toprakta ölçülen N, P ve K miktarları (sırasıyla, %0.93, %1.47 ve %0.60) domatese kazandırılması gereken miktarın altındadır. Bu ölçümler toprağın yapısının domates gelişimi için yeterince uygun olmadığını ve çalışmanın yapıldığı tarla toprağında domates yetiştiriciliği için gübrelemenin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda 0,5 ton/da miktarında solucan gübresi verilen grupta hasat edilen toplam domates ağırlığı kontrole göre anlamlı artış gösterdi. Benzer şekilde, Durukan vd. (2019) solucan gübresinin domates verimi üzerine etkisini araştırdığı 3 kg'lık saksılarda yaptıkları çalışmada %10'luk solucan gübresi verilen grupta saksı başı domates ağırlığının anlamlı artış gösterdiğini bildirmişlerdir. ABD, Çin, Vietnam, Bangladeş ülkelerinde yapılan solucan gübresinin domates verim ve kalitesine etkisinin araştırıldığı tarla çalışmaları da sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Thuy vd. (2017) yapmış oldukları tarla çalışmasında 1 ile 3.5 ton/da arası değişen miktarlarda solucan gübresi uygulamalarının, artan dozlarda domates verim ve kalitesini arttırdığını 3.5 ton/da yapılan uygulamada ise en fazla verimin alındığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Kashem vd. (2015) ve Wang vd. (2017) ise yapmış oldukları saksı çalışmalarında solucan gübresinin sırasıyla 3 ton/da ve 4 ton/da uygulamalarının domates meyve kalitesi, verimi ve toprak kalitesinde anlamlı artışa neden olduğunu göstermişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada benzer çalışmalarda önerilen miktardan farklı olarak daha az miktarda, 0.5 ton/da solucan gübresi domates verimini artırmada etkili bulunmuştur. Zucco vd. (2015) ise yapmış oldukları saksı çalışmalarında solucan gübresinin kumlu toprakta killi ve özlü toprağa göre domates büyüme ve gelişmesini daha fazla arttırdığı gösterilmişlerdir. Bu araştırmacılar solucan gübresinin kumlu toprakta diğer toprak tiplerine göre daha etkili olabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda denemenin yapıldığı tarla toprağının tipi kumlu toprak olarak belirlenmiştir. Bu toprağın yapısının solucan gübresinin etki göstermesi için uygun olması kullanılan solucan gübresi miktarının benzer çalışmalarda tavsiye edilen miktardan farklı olarak daha az uygulanmasına rağmen etkili olmasını sağlamış olabilir.

Çalışmamızda solucan gübresi uygulanan gruplarda elde edilen toplam domates ağırlığı çiftlik gübresi gruplarına göre daha fazla bulunmuştur. Bu sonuç solucan gübresinin domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresinden daha etkili bir gübre olduğunu göstermektedir. Chatterjee vd. (2014) yapmış oldukları benzer çalışmada domates yetiştiriciliğinde solucan gübresinin çiftlik gübresinden daha etkili bir gübre olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda solucan gübresinin domates verimini artırması sahip olduğu birçok etkiye bağlı olabilir. Solucan gübresi bitki gelişimi için gerekli N, P ve K makro besin elementlerine sahiptir (Agawal, 1999). Bünyesinde bulundurduğu mikroorganizmalar ve sahip olduğu enzimatik aktivite topraktaki organik maddelerin mineralizasyonu sağlamaktadır (Edwards & Bohlen, 1996). Böylece organik maddeleri bitki bünyesine

alınabilecek uygun bir forma dönüştürmektedir. Toprağın pH'sını tamponlayarak bitki gelişimi için uygun pH düzeyini toprağa kazandırmaktadır (Maheswarappa vd., 1999). Durukan vd. (2019) katı solucan gübresi uygulamasının domatesin besin maddesi alımını artırdığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda fide dikiminden 45 gün sonra gerçekleştirilen birinci hasat ile elde edilen domates meyve sayı ve ağırlığı solucan gübresi uygulanan gruplarda kontrole göre anlamlı artış göstermiştir. Son yıllarda yapılan bir tarla çalışmasında, benzer şekilde 1.5 ton/da verilen solucan gübresinin domates hasadında erkenciliği sağladığı gösterilmiştir (Mengistuet vd., 2017). Çalışmamızda solucan gübresinin domates hasadında erkencilik sağlaması, solucan gübresinin sahip olduğu bazı biyolojik etkilerine bağlı olabilir. Solucan gübresi kullanımı domates fidelerinin köklerinde yararlı mikroorganizmaların sayısı ve enzimatik aktiviteyi artırarak erkenciliği sağlamış olabilir (Atiyeh vd., 2001). İçermiş olduğu bitki büyüme hormonları ve humik asit domates hasadında erkenciliğin olası nedenleri arasında sayılabilir (Singh vd., 2008; Nikbakht vd., 2008).

Bitkisel üretimde kimyasal gübre kullanımının su, hava ve toprak kirliliğine neden olarak, tarımsal üretime olumsuz etkileri tartışılmaktadır (Banerjee vd., 2011; Garai vd., 2014). Son yıllarda kimyasal gübre ile organik gübre kombinasyonu uygulamalarının kimyasal gübre kullanımını azaltarak çevre dostu ve daha ekonomik bir çözüm yolu olabileceği üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Solucan gübresi ile inorganik gübre kombinasyonunun bezelye ve hardal verimi, amont süs bitkisi gelişimi üzerine olumlu etkiler sağladığı farklı çalışmalarda gösterilmiştir (Preetha vd., 2005; Mondal vd., 2017; Armin vd., 2016). Çalışmamızda solucan gübresinin kimyasal gübre ile kombine edilmesi hasat edilen toplam domates ağırlığını sadece solucan gübresi verilen gruba göre anlamlı artırdığı gösterilmiştir. Son zamanlarda yapılan ilgili çalışmalar sonuçlarımızı desteklemektedir (Prativa & Bhattarai, 2011; Chatterjee vd., 2014; Goswami vd., 2017; Mengistu vd., 2017). Çalışmamızda 0.5 ton/da solucan gübresi kimyasal gübrenin yarı dozu ile kombine edildiğinde en fazla oranda domates verimini arttırmıştır. Benzer şekilde, Chatterjee vd., (2014) ve Mengistu vd. (2017) çalışmalarında sırasıyla 0.75 ton/da ve 0.5 ton/da solucan gübresi kimyasal gübre NPK ile kombine edildiğinde domates bitki büyümesi ve verimini arttırdığı göstermişlerdir.

Çalışmamızda kimyasal gübrenin NPK (%100) çiftlik gübresi ile kombine edilmesi çiftlik gübresinin domates verimi üzerine etkisini değiştirmemiştir. Ancak yarı miktarda daha az kimyasal gübre solucan gübresi ile kombine edildiğinde solucan gübresinin domates verimi üzerine etkisini arttırmıştır. Solucan gübresi bitki besin maddelerinin toprakta çözünürlüğünü artırarak bitkinin NPK (azot, fosfor, potasyum) minerallerini almasını kolaylaştırır (Mahmud vd., 2020). Bu etki solucan gübresinin çiftlik gübresinden farklı olarak yararlı mikroorganizmalar yönünden zengin olmasına bağlı olabilir (Maltaş vd., 2017). Toprak ve bitki köklerinde bulunan yararlı mikroorganizmaların bitkinin besin alımını artırdığı birçok çalışma ile gösterilmiştir (Belimov vd., 2020; Rana vd., 2020).

Çalışmamızda domates yetiştiriciliğinde solucan gübresinin bir organik gübre olarak verim artışında çiftlik gübresinden daha etkili olduğu gösterilmiştir. Solucan gübresi uygulaması ürün veriminde erkencilik sağlamaktadır. Bu çalışma sonuçları kimyasal gübre NPK'nın solucan gübresi ile kombine uygulanmasının, daha az kimyasal gübre kullanımı ile domates verimini artırarak, kimyasal gübre kullanımını azaltabileceğini ortaya koymaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (2018-84906727-02).

Açıklama

Bu makale Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Prof. Dr. Ersöz GONCA danışmanlığında yürütülmüş olan Lale Göksu TÜRKMEN'in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

1. **Agarwai, S. (1999).** Study of Vermicomposting of Domestic Waste and the Effects of Vermicompost on Growth of Some Vegetable Crops. Ph.D. Thesis, Awarded by University of Rajasthan, Jaipur, India.

2. **Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lee, S. & Welch, C. (2003).** Effects of Vermicomposts on Growth and Marketable Fruits of Field-Grown Tomatoes, Peppers and Strawberries. *Pedobiologia*, 47, 731-735.
3. **Armin, W., Ashraf-Uz-Zaman, Kh., Zamil, S. S., Rabin, M. H., Bhadra, A. K. & Khatun, F. (2016).** Combined Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on the Growth and Yield of Mungbean (Bari Mung 6). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(7), 557-561.
4. **Aslan, B., Kaya, S., Duman, İ., Aksoy, U. & Düzyaman, E. (2013).** Organik Tarımda Uzun Dönem Ekim Nöbeti ve Yeşil Gübre Uygulamalarının Toprak İçeriğine ve Domates ile Kabağın Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Organik Tarım Sempozyumu*, 25-27 Eylül 2013, (s.5) Samsun.
5. **Atiyeh, R. M., Edwards, C.A., Subler S. & Metzger, J. D. (2001).** *Pig Manure Vermicompost as a Component of a Horticultural Beddingplant Medium: Effects on Physiochemical Properties and Plant Growth.* *Bioresource Technolog*, 78(1),11-20.
6. **Aybak, H. Ç. (2015).** Serada ve açık alanlarda domates yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. İstanbul.
7. **Banerjee, A., Datta, J. K., Mondal, N. K. & Chanda, T. (2011).** Influence of Integrated Nutrient Management on Soil Properties of Old Alluvial Soil under Mustard Cropping System. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 2473-2492.
8. **Belimov, A. A., Shaposhnikov, A. I., Syrova, D. S., Kichko, A. A., Guro P. V., Yuzikhin, O. S., Azarova, T. S., Sazanova, A. L., Sekste, E. A., Litvinskiy, V. A., Nosikov, V. V., Zavalin, A. A., Andronov, E. E. & Safronov, V. I. (2020).** The Role of Symbiotic Microorganisms, Nutrient Uptake and Rhizosphere Bacterial Community in Response of Pea (*Pisum sativum* L.) Genotypes to Elevated Al Concentrations in Soil. *Plants*, 9(12),1801.
9. **Bellitürk, K. (2016).** Sürdürülebilir Tarımsal Üretimde Katı Atık Yönetimi İçin Vermikompost Teknolojisi. *Çukurova J. Agric Food Sci.*, 31(3), 1-5.
10. **Bellitürk, K. (2018).** Vermicomposting in Turkey: Challenges and opportunities in future. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(4), 32-41.
11. **Bhatt, M. K., Labanya, R. & Joshi, H. C. (2019).** Influence of Long-term Chemical fertilizers and Organic Manures on Soil Fertility - A Review. *Universal Journal of Agricultural Research*, 7(5), 177-188.
12. **Biabani, A., Naderi, Z., Gholizadeh, A., Golikhajeh, N. & Fakhara, F. (2020).** Effect of N-Fixing Bacteria and Variable Organic Matter on Some Characteristics of Vermicompost. *Russian Agricultural Sciences*. 46, 264-268.
13. **Chatterjee, R., Bandyopadhyay, S. & Jana, J. C. (2014).** Impact of Organic Amendments and İnorganic Fertilizers on Production Potential, Nitrogen Use Efficiency and Nitrogen Balance in Tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *International Journal of Scientific Research in Knowledge*, 2(5), 233-240.
14. **Demir, H., Polat, E. & Sönmez, İ. (2010).** Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. *Tarım Aktüel*, 14, 54-60.
15. **Dumlupınar, B. B. & Kuzucu, C. (2017).** Farklı Organik Maddelerin Çengelköy Hıyarının Tohum Verim ve Çimlenme Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, 5(1), 59-67.
16. **Durukan, H., Demirbaş, A. & Tutar, U. (2019)** The effect of solid and lipid vermicompost application on yiel and nutrient uptake of tomato plant. *Turkish journal of agricultere- Food science and tecnology*. 7(7), 1069,1074.
17. **Edwards, C. A. & Bohlen, P. J. (1996).** *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd ed. Champan and Hall, New York, USA.
18. **Gerke, J. (2018).** Concepts and Misconceptions of Humic Substances as the Stable Part of Soil Organic Matter: A Review. *Agronomy*, 8(5),76.
19. **Goswami, L., Nath, A., Sutradhar, S., Bhattacharya, S., Kalamdhad, A., Vellingiri, K. & Kim K. (2017).** Application of Drum Compost and Vermicompost to İmprove Soil Health, Growth, and Yield Parameters for Tomato and Cabbage Plants. *Journal of Enviromental Management*, 200, 243-252.
20. **Göktekin, Z. & Ünlü, H. (2016).** Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Yeşil Gübre, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri. *SDÜ Zir. Fak. Derg.*, 11(2), 108-119.
21. **Grai, T.K., Datta, J.K. & Mondal, N.K. (2014).** Evaluation of İntegrated Nutrient Management on Boro Rice in Alluvial Soil and İts İmpacts Upon Growth, Yield Attributes Yeild and Soil Nutrient Status. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60, 1-14.
22. **Imran, M., Ghorat, F., Ul-Haq, I., Ur-Rehman, H., Aslam, F., Heydari, M., Shariati, M. A., Okuskhanova, E., Yessimbekov, Z., Thiruvengadam, M., Hashempur, M. H. & Rebezov, M. (2020).** Lycopene as a Natural Antioxidant Used to Prevent Human Health Disorders. *Antioxidants*, 9(8), 706.

23. Jahan, F. N., Shahjalal, A. K., Paul, H. & Mehraj-Jamaluddin A. F. M. (2014). Efficacy of Vermicompost and Conventional Compost on Growth and Yield of Cauliflower. *Bangladesh Research Publications Journal*, 10(1), 33-35.
24. Kashem, M. D. A., Sarker, A., Hossain, I. & Islam, M. D. S. (2015). Comparison of the Effect of Vermicompost and İnorganic Fertilizers on Vegetative Growth and Fruit Production of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Soil Science*, 5, 53-58.
25. Köksal, S. B., Aksu, G. & Altay, H. (2017). Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.*, 5(2), 123-128.
26. Küçükymuk, Z., Gültek, M. & Erdal, İ. (2014). Vermikompost ve Mikroziannın Biber Bitkisinin Gelişimi ile Mineral Beslenmesi Üzerine Etkisi. *SDÜ Zir. Fak. Derg.*, 9(1), 51-58.
27. Li, N., Wu, X., Zhuang, W., Xia, L., Chen, Y., Wu, C., Rao, Z., Du, L., Zhao, R., Yi, M., Wan, Q. & Zhou, Y. (2020). Tomato and lycopene and multiple health outcomes: Umbrella review. *Food Chem.* 343, 128396.
28. Maheswarappa, H. P., Nanjappa H. V. & Hegde, M. R. (1999). Influence of Organic Manures on Yield of Arrowroot, Soil Physico-chemical and Biological Properties When Grown as İntercrop in Coconut Garden. *Annals of Agricultural Research*, 20(3), 318-323.
29. Mahmud, M., Abdullah, R. & Yaacob, J. S. (2020). Effect of Vermicompost on Growth, Plant Nutrient Uptake and Bioactivity of Ex Vitro Pineapple (*Ananas comosus* var. MD2). *Agronomy*, 10(9),1333.
30. Maltaş, A. Ş., Tavalı, İ. E., Uz, İ. & Kaplan, M. (2017). Kırmızı Baş Lahana (*Brassica Oleracea* Var. Capitata f. Rubra) Yetiştiriciliğinde Vermikompost Uygulaması. *Mediterr Agric Sci*, 30(2), 155-161.
31. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K., Woldetsadik, K., Shimelis, B. & Yadav, H. (2017). The İntegrated Use of Excreta-Based Vermicompost and İnorganic NP Fertilizer on Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) Fruit Yield, Quality and Soil Fertility. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(1), 63-77.
32. Midmore, D. J. (1993). Agronomic Modification of Resource Use and Intercrop Productivity. *Field Crops Research*, 34, 357-380.
33. Mondal, T., Datta, K. J. & Mondal, N. K. (2017). Chemical Fertilizer in Conjunction With Biofertilizer and Vermicompost İnduced Changes in Morpho-Physiological and Bio-Chemical Traits of Mustard Crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 135-144.
34. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A. & Etemadi, N. (2008). Effect of Humic Acid on Plant Growth, Nutrition Uptake, and Postharvest Life of Gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2155–2167.
35. Özkan, N., Daloğlu, M., Ünser, E. & Müftüoğlu, N. M. (2016). Vermikompostun Ispanak (*Spinacia Oleracea* L.) Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. *ÇOMU J. Agric. Fac.*, 4(1), 1–5.
36. Badgley, C. & Perfecto, I. (2007). Can Organic Agriculture Feed The World. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2), 80-85.
37. Prativa, K. C & Bhattarai, B. P (2011). Effect of İntegrated Nutrient Management on the Growth, Yield and Soil Nutrient Status in Tomato. *Nepal Journal of Science and Technology*, 12, 23-28
38. Preetha, D., Sushama, P. K. & Marykutty, K. C. (2005). Vermicompost+İnorganic Fertilizers Promote Yield and Nutrient Uptake of Amaranth (*Amaranthus Tricolor* L.). *Journal of Tropical Agriculture*, 43 (1-2), 87-89.
39. Rana, K. L., Kour, D., Kaur, T., Sheikh, I., Yadav, A. N., Kumar, V., Suman, A., Dhaliwal, H. S. (2020). Endophytic Microbes from Diverse Wheat Genotypes and Their Potential Biotechnological Applications in Plant Growth Promotion and Nutrient Uptake. *Proc. Natl. Acad. Sci, India, Sect. B Biol. Sci.*, 90(5), 969-979.
40. Savcı, S. (2012). Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. *APCBEE Procedia*. 1, 287-292.
41. Schuman, S. H. & Simpson, W. (1997). A Clinical Historical Overview of Pesticide Health Issues. *Occup Med-State of the Art Rev.*, 12, 203-207.
42. Sharif, M. Ahmad, M., Sarir, S. & Khatkhat, R. A. (2004). Effect of organic and inorganic fertilizer on the yield and yield components of maize. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering & Veterinary Sciences* 20 (1), 11-16 2004.
43. Sharma, N. & Singhvi R. (2017). Effects of Chemical Fertilizers and Pesticides on Human Health and Environment: A Review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 10(6), 675-679.
44. Singh, A., Karmegam, N., Singh, G. S., Bhadauria, T., Chang, S. W., Awasthi, M. K., Sudhakar, S., Arunachalam, K.D., Biruntha, M. & Ravindran, B. (2020). Earthworms and vermicompost: an eco-friendly approach for repaying nature's debt. *Environ Geochem Health*. 42(6),1617-1642.

45. Singh, R., Sharma, R.R., Kumar, S., Gupta, R.K. & Patil, R.T. (2008). Vermicompost Substitution Influences Growth, Physiological Disorders, Fruit Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99, 8507-8511.
46. Singh, S. K., Singh, M. K., Singh, R. K., Mishra, S. K. & Singh, D. (2021). Effect of micro-nutrients on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *The Pharma Innovation Journal*, 10(2), 108-111.
47. Sisouvanh, P., Trelo-ges, V., Ayutthaya, S. I. N., Pierret, A., Nunan, N., Silvera, N., Xayyathip, K. & Hartmann, C. (2021). Can Organic Amendments Improve Soil Physical Characteristics and Increase Maize Performances in Contrasting Soil Water Regimes? *Agriculture*. 11(2), 132.
48. Tavuç, İ. & Özçelik H. (2017). Organik Atıkların Geri Kazanımında Yeni Bir Bakış Açısı: Solucan Gübresi Üretimi, *Bibad*, 8(2), 27-30.
49. Thi Thuy, P.T., Ai Nghia, N.T. & Dung, P.T. (2017). Effects of Vermicompost Levels on the Growth and Yield of HT152 Tomato Variety Grown Organically. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 5(4), 2319-1473.
50. Wang, X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y. & Yang L. (2017). Vermicompost Improves Tomato Yield and Quality and the Biochemical Properties of Soil with Different Tomato Planting History in a Greenhouse Study. *Frontiers in Plant Sciences*, 5, 1-11.
51. Zucco, M. A., Walters, S.A., Chong, S.K., Klubek, B. P. & Masabni, J. G. (2015). Effect of Soil Vermicompost Applications on Tomato Growth. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4, 135-141.

GREEN BUILDING CERTIFICATE SYSTEMS AS A GREENWASHING STRATEGY IN ARCHITECTURE

Ahmet Kurnaz

Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Architecture, Istanbul, Turkey

Abstract

As a result of the depletion of natural resources, the destruction of green, the damage of the ecosystem, and having less habitable areas each passing day, the concept of sustainability has become an important parameter at every stage in the architecture field, from decisions related to planning and design to practice of those. All these reasons have led the way to establish green building standards and green building certification systems to reduce the negative implications of buildings on the natural environment through sustainable design. Today, green building evaluation systems have some practical problems. Recently, the increase in the tendency towards making green buildings with the purpose of advertising through the effective use of social media channels and the transformation of tendency into green building sector itself and into greenwashing strategies is the most important discussion point of the study. In the study, the concepts of sustainability, green building and green building certification systems were examined in detail, green building projects and certification systems that claim sustainability were discussed, and a theoretical perspective on green building certification systems as a greenwashing strategy in the field of architecture was introduced by referring to the evolution of environmental activist movements. Within the scope of this study, it was aimed to measure the consistency of the criteria of the green building evaluation systems that evaluate the green status of buildings on certain criteria such as LEED and BREEAM, which are becoming widespread on a global scale, by examining these systems in detail.

Key Words: Architecture, green building, green building certificate system, greenwashing, LEED, BREEAM.

1. Introduction

Consisting only one part of the natural environment, human beings started to produce their own buildings for protection, shelter, and some other needs within this environment. When we consider the concept of sustainability from an architectural point of view, buildings inhabited by human beings throughout their lives, highly using natural resources and also causing environmental pollution to a significant extent stand out. Today, the building sector increases its carbon emission, taking the lead among other sectors (Erten, 2011). Operations conducted within all stages of buildings such as building, occupancy, and maintenance cause 50% of the greenhouse gases causing global warming, 40% of the drinking water pollution, 24% of air pollution, and 50% of harmful CFC (Chlorofluorocarbon) and HCFC (Hydrochlorofluorocarbon) emissions (Yılmaz, 2014). Furthermore, the need for new buildings constantly increases. Therefore, the environmental implications of the building sector are expected to increase further compared to its current situation. USGBC (The U.S. Green Building Council) predicts that in the next 25 years, carbon dioxide emissions caused by buildings will increase much faster than other sectors with a rate of 1.8% per year (Erten et al., 2009). In addition, the construction sector is consuming 40% of resources, 12% of potable water reserves, 55% of forestry products, 40% of raw materials on a global scale for the construction or use of the buildings, while producing 45-65% of waste globally (Süzer, 2015). The rapid increase in the threats against the world such as consumption of water, material, resource and energy as well as carbon dioxide and greenhouse gas emissions has become a global issue. All around the world, notably in developing countries, energy consumption is increasing each day in proportion to the population. The share of the building sector in the total energy consumption also tends to increase in a continuous manner. As a result of improved living standards caused by economic growth (including the increased use of heating, cooling and ventilation alongside) and a notable increase in building quantity, the energy demands of residential units have tripled since 1990 (BAKA, 2013). The increase in energy consumption negatively affects the natural environment and disrupts the natural balance. The most important reason for these is the greenhouse effect. Fossil fuels used to meet energy needs cause a large amount of carbon dioxide emissions, which creates a greenhouse effect on the world. There are also other gases besides the carbon dioxide, which create a greenhouse effect, and these gases are called greenhouse gases (Özdemir, 2013).

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ahmet KURNAZ; Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Architecture, Istanbul, Turkey.
e-mail: ahmet.kurnaz@hotmail.com

Geliş (Received) : 06.03.2021

Kabul (Accepted) : 30.03.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

As a result of the depletion of natural resources, the destruction of green, the damage of the ecosystem, and having less habitable areas each passing day, the concept of sustainability has become an important parameter at every stage in the architecture field, from decisions related to planning and design to practice of those. All these reasons have led the way to establish green building standards and green building certification systems to reduce the negative implications of buildings on the natural environment through sustainable design (WBDG, 2019). Green building certification systems measure and evaluate the sustainability level of buildings within the scope of the established standards. These systems formed by the definition of green building standards are called certificate systems, evaluation systems, and rating systems in the literature. In this study, all of the aforementioned systems will be included as green building certification systems. Green building certification systems have been developed to measure the green building sustainability level and to provide the best practice experience for the highest certification level. The aim of green building certification systems is to make the future more sustainable with technology, by addressing issues that affect the environment and humankind. However, even though these systems seem sensitive to the issues related to environment and humanity, their sincerity can be questioned. In this study, in order to make this questioning, the sustainability criteria of green building certification systems and the ideal design process of a sustainable building in the building sector will be examined. In light of the data obtained, green building certification systems widely used around the globe will be examined.

However, green building certification systems have started to turn into a means of advertising developed to increase resource consumption in some cases due to its structure open to interpretation, its current values and the lack of sufficient audition. Green building certification systems consist of three branches namely economic, social, and physical. These systems have been used as an element of greenwashing and popular culture to make projects stand out and become preferable by consumers, except for the architectural designs that successfully practice green building requirements.

In the study, the concepts of sustainability, green building and green building certification systems were examined in detail, green building projects and certification systems that claim sustainability were discussed, and a theoretical perspective on green building certification systems as a greenwashing strategy in the field of architecture was introduced by referring to the evolution of environmental activist movements.

2. Methodology

2.1. Purpose and Scope

Common concepts such as sustainability, ecological architecture and green building have become an element of fashion and a marketing tool. In this study, the concepts of sustainability and green building in the field of architecture are examined and evaluated. Then, after a general definition of the concepts, the green building design process, sustainability criteria, and the green building certification systems were examined in detail. In order to practice sustainability criteria, green building certification systems play a guiding and encouraging role. As a result of the examinations within the scope of the study, the positive and negative sides of these widely used systems were introduced in terms of evaluation criteria.

Today, green building evaluation systems have some practical problems. The transformation of the green building concept into a rating-based standardization has always been a matter of discussion. Recently, the increase in the tendency towards making green buildings with the purpose of advertising through the effective use of social media channels and the transformation of tendency into green building sector itself and into greenwashing strategies is the most important discussion point of the study.

Within the scope of this study, it was aimed to measure the consistency of the criteria of the green building evaluation systems that evaluate the green status of buildings on certain criteria such as LEED and BREEAM, which are becoming widespread on a global scale, by examining these systems in detail. The purpose of this study is to evaluate the established criteria of green building evaluation systems in terms of different scales, conceptual structure and resource utilization levels of its design, and to determine the consistency of systems with these areas. In this study, the knowledge and experience of all actors about greenwashing, and how these actors use green building certification systems as a greenwashing strategy have been introduced.

At the same time, it has been considered that the findings of this study will raise awareness in this field and lead the way to future studies.

2.2. Methodology of The Study

For this study, the subjects that will help to measure the consistency in green building, green building criteria, green building production process and resource utilization were examined and the content of this study was determined accordingly. First of all, a literature review was made through current national and international articles, theses, books and websites on the concepts of sustainability, green buildings, green building certification systems (BREEAM and LEED) and greenwashing. The knowledge and experience obtained from master's education and studies on the related subjects were effective in the choice of subject and method.

In this study, the concepts of sustainability and green building are examined and defined in the historical process in line with the literature reviews on global-scale policies for issues related to resource consumption and environment. The concept of green building is expressed as the reflection of the sensitivity to resource consumption and environmental issues on the building sector. In this study, the fundamental principles on which this understanding is based are explained with its reasons. Green building certification systems developed in line with these principles for evaluating the sustainability of buildings have been examined in terms of their historical processes and evolution, and different classification systems reached through the sources reviewed have been introduced. The infrastructure and operation principles of BREEAM and LEED, the two most common methods of evaluation and certification methods based on worldwide standards, have been examined in detail, paying attention to accessing up-to-date information about these systems from the internet addresses where these methods are put into practice. The official website of the United States Green Building Council (USGBC), which includes the records of all projects that have applied for and been granted LEED certification, has also been used.

And following the research and examination process on green building certification systems, theses and articles written on comparisons were evaluated. In addition, the studies in which criticisms were made on the practice of green building certification systems and their deficiencies were evaluated were examined in detail.

3. Literature Review

3.1. Sustainability

In the first years of the industrial revolution that started with the invention of steam machines, with the effect of rapid development in technology, factories were established in city centers and the population in cities started to increase in the same rapid manner. Although mass production and urbanization, which occurred as a result of unplanned and unlimited industrialization and population growth, was initially considered as very important in terms of economic development, it was observed over time that they caused environmental problems that negatively affect human life and the natural environment. Factors such as the rapid reduction of unconsciously used natural resources, toxic wastes spreading to the environment, air and environmental pollution, the marketing race that encourages consumption, the increasing need for energy, the deterioration of ecological balance, the concreting of green areas are the most notable environmental problems caused by the rapid production and new technological developments in factories. The negative effects of these continuously increasing environmental problems caused global warming and climate change. The increase in greenhouse gas ratio of the atmosphere particularly causes seasonal shifts and sudden floods. The built environment and the building industry play an important role in climate change. However, the built environment is contributing resource consumption and greenhouse gas generation each day, which continues to negatively affect this situation (Gökçen, 2020). The increase in global human population causes more built environment to be formed.

Therefore, the concept of sustainability has emerged as a result of the efforts to solve these issues. Since the 19th century, the fact that global warming has become a threat to all people has made the concept of sustainable development gain importance instead of the economic development process that was effective until then. According to its most general definition, sustainability is the continuation of a product, the operation or use of a resource without being depleted or permanently damaged (Madge, 2009). Another definition of sustainability is as follows: An environmentalist world view that aims to use environmental and natural resources by taking into account the rights and benefits of today's people as well as future generations, thus ensuring social and economic development (Akgül, 2014).

Sustainability, as in many sectors, is among the frequently used concepts of the last century in the field of architecture and continues to be used more. As a social and economic sector, building sector has a significant impact on the ecological environment. The holistic approaches towards the concept of sustainability in the field

of architecture, which is directly related to the development of human societies, is of great importance for the subject. Hence the concept of sustainable architecture has gained importance with the concept of sustainable development. The concept of sustainable architecture was defined as all activities of building structures by taking into consideration future generations in its current conditions and in every period of its existence; it gives priority to the use of renewable energy resources, is environmentally sensitive, uses energy, water, materials and space effectively, protects the health, psychology and comfort of people (Sev, 2009) The concept of sustainable architecture consists a type of design that focuses on mediation with the ecological environment, respects natural resources, and embraces cultural and historical differences. Sustainable architecture is not only a kind of building construction process consisting of technical, architectural, social or financial restrictions, but also an understanding that aims to provide solutions that will support the importance given to long-term perspectives that consider the future today (Özmehmet, 2005).

After the oil crises of the 20th century, the issue of reducing dependency on other countries for energy resources came to the agenda, and with the increasing interest in environmental problems alongside, the concept of sustainability in the field of architecture and the importance of energy resources gradually became prominent. Saving systems for increasing the energy efficiency of buildings, reducing their carbon emissions and minimizing their negative effects on the natural environment are spreading rapidly around the world. According to its most general meaning, energy efficiency is the utilization and recycling of energy losses in many different forms such as heat, gas, steam, compressed air, electricity and all kinds of waste, and reducing the energy consumption through developing technology and preventing social welfare without decreasing its generation (Kavak, 2005). The International Energy Agency has announced that the energy consumption has increased approximately 1.5 times on the global scale since 1990s, and that this consumption will increase even more rapidly by 2030 and beyond. These figures prove the necessity of sustainability and energy efficiency movement in the field of architecture (TMMOB, 2008). In the past, the fact that any feature of a building was environmentally friendly meant that the building was sensitive to nature and the environment. However, today, in order to define a building as a sustainable building, there are many sustainability criteria that need to be designed and applied from micro to macro scale such as its environmental, social, economic, regional and global effects (Özmehmet, 2007).

The USGBC states that there are many definitions and concepts on green building design due to the spread of trends and innovations in sustainability principles globally. Among these, the terms green buildings, high performance buildings, sustainable buildings stand out as synonymous words, same concepts that are used as alternatives to each other in this sense. These terms are frequently used as acknowledged terms in the fields of architecture, engineering and construction industry in the 21st century with the increasing sensitivity to global climate changes and environmental changes in the world (Korkmaz et al., 2009).

3.2. Green Building

Buildings have extensive direct and indirect effects on the environment. Buildings use energy, water, raw materials, produce wastes, and emit potentially harmful atmospheric emissions during their processes such as construction, residence, renovation, reuse, and demolition (Geçim, 2018). Increasing sensitivity to global warming, water-scarce, environmental pollution, intensive resource consumption, waste production, and environmental problems caused by building construction and operation has affected the building sector as well and has resulted in the search for sustainability in construction processes (Açikel, 2019). Buildings, with the rapid increase in their number as a result of urbanization, are responsible for 40% of all greenhouse gas emissions. The fact that more people will live in cities in the future has made the concept of sustainable architecture and construction an obligation for today's world. Green just became a popular word in the 1980s. As the public awareness on environmental issues started to increase and the concept of green policy started to become prominent in developed countries, especially in Europe, "green" has turned into a symbolic word covering all environmental issues. Books about green products, packaging, and design rapidly spread all over the world. Green is actually a term coined in the field of politics; however, the field of design has adopted and embraced the term green more over time (Madge, 2009).

The buildings, which are increasingly demanded all over the world and designed with an understanding of sustainable thinking, are referred to by many names such as green building, environmentally friendly building, healthy building, ecological building, high performance building and environmentally sensitive building. ÇEDBİK (Environmentally Friendly Green Buildings Association) defines these buildings as follows: buildings that are considered within the framework of its entire life cycle starting from the selection of land, designed with a holistic approach as well as social and environmental responsibility understanding, applicable in accordance

with the climate data and local conditions, consuming only needed amounts, oriented towards renewable energy resources, using natural, non-wasteful materials, sensitive to ecosystems (Sur, 2012). California's Department of Resources Recycling and Recovery (CALRECYCLE) defines green building as follows: "These are structures designed, constructed, renovated, operated or reused in terms of ecological and resource efficiency. Green buildings are designed to meet specific goals such as increasing employee productivity, using energy, water and other resources more efficiently, and reducing the overall impact on the environment in order to protect the health of their users" (Kubba, 2012). The main purpose of green buildings is to produce less waste by using fewer resources while the buildings and their products are being produced, used and demolished, and to minimize their damage to the health of the building users and the ecological system (Darçın et al., 2016). Green building focuses on increasing the utilization of land, energy, water, materials and resources by reducing the negative effects of buildings caused by their design, construction, operation, maintenance and demolition on the human health and environment within their life cycle as much as possible. Green buildings should be designed and operated to reduce the overall impact on humanity and environment. The green building is designed and built in a way that minimizes the harms caused by the building and its users to nature, climate, and human health throughout the life cycle of the building. In addition, these buildings are designed to minimize water and energy consumption while increasing the recyclability of the materials used (Yudelson, 2008).

In order to reduce the environmental impact of buildings and to design green buildings, detailed definitions of such buildings should be made first. Only in this way can the average building and higher performance buildings be evaluated, and then a road map may be created to increase the performance of the current buildings. In order for a building to be defined as green, it must meet certain standards for areas such as sustainable land planning, water and energy, ecological material use, indoor air quality, user health and comfort, transportation and waste control, acoustics, and pollution. The purpose of these areas is to use resources efficiently and to reduce the negative impact of the building on the environment during its design and construction processes (Candemir et al., 2012).

Due to the fact that buildings consume a significant amount of energy over long periods of time and they cover a wide range of products and services, they are considered to be a priority area in policies and programs for increasing energy efficiency and climate change. Increasing energy efficiency for buildings is the leading action to reduce the effects of climate change in all developed countries. With the development of ecological and sustainable awareness, many studies have been and still are carried out in the building sector to reduce the negative effects of buildings on the environment. The building sector has turned towards environmentally friendly and ecological building construction to reduce the negative effects of buildings.

As a result of these practices, the evaluation of the criteria and applications related to the ecology, energy and environment of the buildings came to the agenda. Therefore, green building evaluation systems have been developed to evaluate the buildings within the scope of sustainable criteria (Yetkin, 2014).

3.3. Green Building Certificate Systems

As interest in green building projects increased, developed countries established green building certification systems to rate and certify the environmental impacts of these buildings, provide reference to other projects, accelerate practice processes and encourage the rest of the world about green buildings. Certified with certain standards, green buildings have created a new trend and a whole new sub-sector in the building sector as more valuable, sustainable, environmentally friendly, ecological, comfortable buildings that reduce energy consumption (Yonar, 2009). Green building certification systems are a means to fulfill the environmental agenda. They guide the project managers, design team and building owners by creating standards to be referenced. In particular, they create strategies to construct buildings that respect the natural environment (Cole, 2003). Green building certification systems are based on criteria, can be easily applied, and can easily evaluate buildings according to their location. The environmental effects of the buildings can be understood via these systems (Sev & Canbay, 2009). It is possible to measure the green qualification of a building in general. In this framework, green building certification systems attempt to provide a measurable reference to evaluate the effects of buildings on the environment, their sensitivity in protecting natural resources, and the energy efficiency they provide with practices (Akca, 2011). These certification systems are based on criteria in which the sustainability criteria of the building are examined through certain main and sub-headings and the environmental effects of the buildings are questioned (Açikel & Taygun, 2018). They consist of the criteria required to be met by buildings in order to be considered sustainable buildings. The evaluation process is carried out by examining the information collected and reported during the design and construction of the building separately according to each criterion and scoring

as a result of this examination. The total score obtained as a result of the evaluation is acknowledged as an indicator of the green level or sustainability of the building (Kobaş, 2011). There are many green building certification systems developed to measure the sustainability of buildings all around the world. Countries have developed certification systems in accordance with the climate conditions they have, local regulations they apply, and local construction traditions, materials and building types.

Certification systems have been created by experts from different specialties related to the construction industry, such as architects, civil engineers, mechanical and electrical engineers, to determine the definition of green building with a measurable standard (Erten, 2011). The first green building certification system was introduced in 1990 by the Building Research Establishment (BRE). This established certification system is called BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) and was established in England, where the industrial revolution started, and therefore, environmental problems were seen the most. Following the introduction of this system, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) was established by the USGBC in 1998. There are many other systems today, namely SBTool (Sustainable Buildings Tool) in Canada, HK-BEAM in Hong Kong, GREEN STAR in Australia, and CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) in Japan. Apart from these, some countries have also developed certification systems in accordance with their own standards. All systems have basically emerged for the same purpose, but have differences in methodology. BREEAM and LEED are the most acknowledged and preferred green building certification systems around the world. More than 2.2 million buildings have been registered with BREEAM for evaluation since 1990, and its market share in Europe is 80%. Although it was established after BREEAM, approximately 1.4 billion square meters of projects in 160 countries and in its region have been certified by LEED (Doan et al., 2016). Figure 1 shows the commonly used green building evaluation systems in the world.

Evaluation System	Date of Establishment	Certification Authority	Country
BREEAM	1990	BRE - Building Research Establishment	United Kingdom
LEED	1998	USGBC - U.S. Green Building Council	USA
SBTool	1996	ISSBEE - International Initiative for a Sustainable Built Environment Establishment	Canada
HK-BEAM	1996	BEAM - Building Environmental Assessment Method Institution	Hong Kong
GREEN STAR	2003	GBCA - Green Building Council of Australia	Australia
CASBEE	2004	JSBC - Japan Sustainable Building Consortium	Japan

Figure 1. Commonly used green building evaluation systems in the world.

Green building certification systems are practiced in many countries to fight against climate change. Until today, the demand for green buildings has increased rapidly; thus, green buildings now have a rapidly developing active market in the building sector. As a result, green building evaluation systems are rapidly developing worldwide and their use is becoming widespread each day. Green building certification systems are methods that emerged on a voluntary basis to measure the environmental performance levels of buildings. The fact that sustainability and green building concepts are becoming a trend and an effective marketing strategy leads the way to question these concepts as well as the green building certification systems that evaluate and rate these concepts.

3.4. Greenwashing

Concepts such as sustainability, green marketing, environmental awareness, and protection of nature have attracted attention since the 1990s, but they have attracted greater attention especially in the last decade. In particular, the concept of sustainability, which has become increasingly popular in recent years, has encouraged businesses to new pursuits. Social responsibility projects and green policies have turned into a new marketing weapon to strengthen the brand image and brand value, rather than being a public service duty of businesses to the society, and it also have become a powerful marketing communication tool. Today, environmental issues on a global scale have also caused an increase in social awareness on issues such as protecting the environment and nature. With this increase in environmental awareness, consumers have deliberately or unintentionally forced

businesses to embrace green strategies with the social pressure they create. Businesses have included their environmental claims in their marketing communication activities, advertising campaigns, and even on the package of their products in accordance with the new green strategies they have developed to keep consumers loyal to them and gain a competitive advantage against their competitors (Leblebici & Delice, 2017).

Presenting a product, brand, or organization as if it is environmentally friendly and protecting nature, broadcasting misleading advertisements based on untrue environmentalist claims, and engaging in marketing communication activities with these claims are called greenwashing (Tarakçı & Gökaş, 2019). Greenwashing was first mentioned in the Oxford Dictionaries as “Greenwash” in 1999, it was defined as the wrong and misleading information provided by the organizations that want to establish a social image as if they were socially responsible for the environment. It is also referred to as green sheen, painting green or green whitewash in the literature. In this study, this concept has been used as greenwashing. Greenwashing may be defined as the dissemination of incorrect or incomplete information by an organization to appear environmentally responsible before public opinion (Furlow, 2010). It refers to the situations where a product does not actually have the promised features despite the claim that it is an environmentally friendly product (Hasan & Ali, 2015). The concept has also been defined by Greenpeace. Greenpeace defines greenwashing as follows: activities of companies to protect and expand their market by presenting themselves as environmentally friendly and leaders in the fight against poverty (Karlner, 1997). Greenwashing is the presentation of a positive environmental image by using selected positive information without any negative information. Greenwashing is literally a superficial or insincere display of environmental sensitivity by an organization.

The statements such as environmentally sensitive, environmentally friendly or energy efficient written on the labels of products with commercial concerns have become a great marketing strategy for companies to sell their products or services faster and more than their competitors. Furthermore, most of the time, consumers buy products without looking whether the products can meet the features they claim. Such information pollution that misleads consumers in this way is an example of greenwashing activities. Greenwashing creates a perspective for the company, making it appear more environmentally friendly than it actually is. Greenwashing is a despicable term that is often used in industry. It was created by environmental activists to define the efforts of organizations to show themselves as environmentally sensitive. Greenwashing is an action that misleads consumers about a company's environmental practices (business-level greenwashing) or the environmental benefits of its products and services (product-level greenwashing) (Delmas & Vanessa, 2011). The term greenwashing has been used for construction companies, building materials, green buildings, and green building certification systems especially in recent years.

4. Examination of Greenwashing Activities in terms of Green Building Certificate Systems

Due to the emerging and widespread environmental activist movement as well as environmental awareness among consumers, companies use activities defined as greenwashing to influence the consumers to choose their products and services, to cover up the environmental negativities caused by or may be caused by their products and services, to avoid creating a negative image for society regarding the problems they cause, or to make the risks they cause more acceptable to the society (Özel, 2015). Due to the impact of the environmental activist movements on consumers, companies have seen it as a requirement to respond to this environmental trend with environmental events and activities. As a result of the awareness, which started in the second half of the 20th century in the USA and focused on issues such as the future of the world and the rapid depletion of resources, the green consumer class emerged. And these consumers, worrying about the environmental effects of products and services they consume and purchase, turned their attention towards green products and services (Zinkhan & Carlson, 1995). Especially in the early 1990s, the trend of green claims was used by many companies in a short period of time (Furlow, 2010). Today's consumer society depicts a consumer profile that is conscious, that research, questions, and effectively uses internet and social media channels. Due to the consumer profile that is environmentally friendly, aware of social responsibilities, and sensitive to sustainability practices, companies and brands have begun to search for means to show themselves as green, and thus, influence consumers.

Companies benefit from greenwashing, green marketing or green advertising means and tactics, and allocate a significant amount of budget for such activities to attract environmentally sensitive consumers and to avoid creating a negative image for the society about the environmental issues they cause. Companies appear to be green to attract environmentally sensitive people and promote the value of their products. Companies often make environmentally friendly claims that are in fact uncertain and sometimes untrue in order to attract green

consumers. As a result, greenwashing has become an ordinary, cliché, and preferred approach in the market (Furlow, 2010).

Especially, most companies operating in the building sector allocate much larger budgets for greenwashing activities than they allocate to environmentally friendly or sustainable production/activities (Nakajima, 2001). Greenwashing has a significant potential to cause loss of credibility for the green building industry and the market in general (Kubba, 2012).

It can be said that architecture and urban design are suffering from a green dream or illusion (Akkaya, 2019). Sustainable and green buildings, futuristic ecological cities, vertical aquaponics farms across the sky attempt to compensate the sins of modern cities and promise that nature will have its inhabitants back. These eco-cities promise a stylish, comfortable, green future with a low carbon footprint. Such approaches are far from examining the root causes of environmental issues, on the contrary, they just declare that they have solved these issues for good. Most of these ideas and images are nothing more than examples of greenwashing.

4.1. Target Score Categories for Green Building Certificate Systems

One of the most criticized points of the green building concept is that it has become a trend as well as a greenwashing strategy by becoming a means of marketing. For some investors, the brand value of the green building certification system is more important than the sustainability value of their projects. This situation causes green building certification systems to become a means of marketing. As a result, investors ignore some of the certification criteria, although they are important in terms of sustainability, on the grounds that they increase the cost, and attempt to collect points from easier criteria to raise their score. Even if a building fails to score on key environmental factors such as energy efficiency, it can achieve its overall target score by scoring high on other criteria that are less important or necessary to the environment, and be granted a green building certificate (Curwell, 1996). BREEAM, LEED, CASBEE, SBTool and GREEN STAR, among the green building certification systems widely used by many countries around the world, have been examined within the scope of the research. All of the systems are methods created to evaluate the performance of the buildings. The five green building certification systems that have been researched are compared over the evaluation criteria in the Figure 2. Also, Figure 3 shows the percentage distribution chart of the criteria of the LEED green building certification system, and Figure 4 shows the percentage distribution chart of the criteria of the BREEAM green building certification system.

CATEGORIES	BREEAM	LEED	CASBEE	SBTool	GREEN STAR
Energy Efficiency	✓	✓	✓	✓	✓
Water Efficiency	✓	✓	✓	✓	✓
Materials	✓	✓	✓	✓	✓
Indoor Air Quality	✓	✓	✓	✓	✓
Land Use	✓	✓	✓	✓	✓
Ecology	✓	✓	✓	✓	✓
Transport	✓	✓	✓	✓	✓
Process Management		✓		✓	
Management	✓		✓	✓	✓
Service			✓	✓	✓
Waste Management	✓	✓	✓	✓	✓
Economy				✓	
Sociocultural Aspects				✓	
Life-cycle Assessment	✓	✓	✓	✓	✓
Life-cycle Cost	✓			✓	
Visual Comfort	✓	✓		✓	✓
Acoustics	✓	✓	✓	✓	✓
Innovation	✓	✓			✓

Figure 2. Comparative analysis of the five green building certification systems examined over the evaluation criteria (Geçim, 2018).

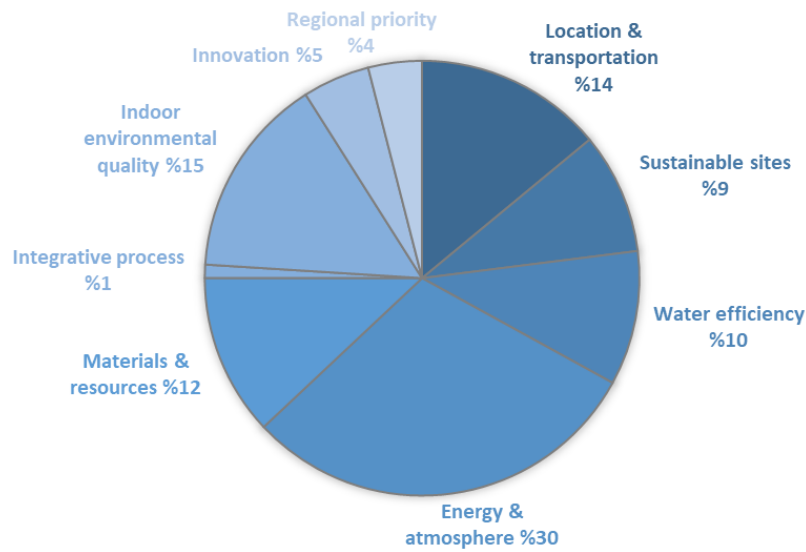


Figure 3. Percentage distribution of the criteria of the LEED green building certificate system (Geçim, 2018).

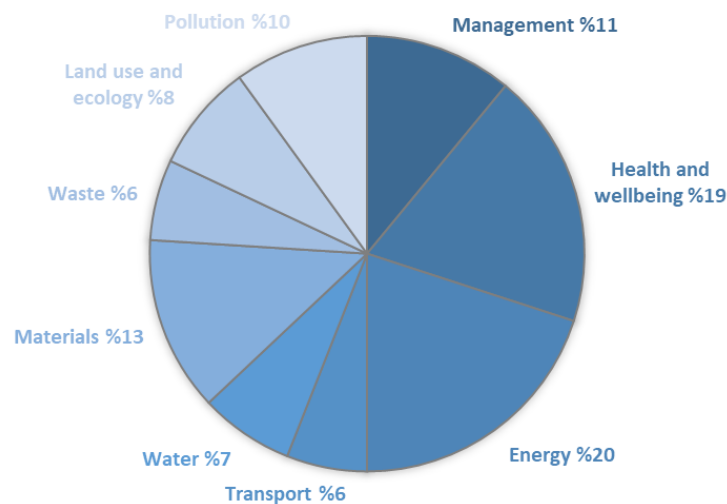


Figure 4. Percentage distribution of the criteria of the BREEAM green building certificate system (Geçim, 2018).

Considering that the main goal of an investor is financial return, the positive contribution of green buildings in marketing increases the interest of investors in this issue. Certificate systems are well-aware of the increasing market value, the brand value they attempt to bring and the added value in marketing have caused the certification systems to spread to such a great extent (Çelik, 2009).

We can present an example for this issue with the LEED certified Gebze Site project of Siemens company. In this project, bicycle parking areas, showers and changing rooms were built within the site for the personnel coming from close regions in order to reduce the use of cars. Furthermore, in order to reduce fuel consumption and carbon dioxide emissions, special areas are reserved in the parking lot for vehicles that can carry many people as well as vehicles with low emission and high fuel efficiency (Yaman, 2009). Such practices receive points in the LEED system. However, when examined more carefully, it can be seen that the site where this project is carried out is a difficult area in terms of public transportation and is not suitable for the use of bicycle. In addition, low-emission vehicle use is not common in our country, which is another notable point in terms of the applicability of the project (Yaman, 2009). In other words, many of the criteria applied in the project cannot actually be used fully, de facto, they were made only to collect the required score for the certificate. Furthermore, it can be observed that some materials are imported from abroad to comply with LEED criteria. It can also be said that this situation will cause

pollution due to longer periods or more effort required for transportation, therefore it conflicts with the criterion of locality. Many green building certified projects such as Gebze Site project of Siemens owe their certificates to these easy points such as bicycle parks and employee showers.

It is clear that green building certification systems give a good momentum to the building sector in terms of raising environmental awareness. However, the fact that green building consultancy firms provide consultancy for too many projects at the same time causes lack of supervision; therefore, insecurity caused by the building sector itself. In addition, the fact that green building certification systems ignore such applications made for scoring only seriously threatens the reliability of the market. Investors also carry out greenwashing activities through green building certification systems, by pre-determining the categories in which they will have difficulty in obtaining green building certificates, and preferring to get points from other easier categories accordingly.

4.2. Implications of Preferences on LEED and BREEAM Certification Systems in Different Countries

The reason for the existence of green building certification systems is that countries desire improving their building standards. The purpose of the certification systems was to create a unique system for each country considering its local standards, climatic data and living conditions of citizens. Later, as the LEED and BREEAM certification systems gained an international identity and became acknowledged, companies in countries that did not yet have their own evaluation system and companies that did not prefer the certification system in their country used these two certification systems (Arslan, 2015).

The fact that the criteria of LEED and BREEAM green building certification systems do not vary much for different regions and countries is one of the important problems for the consumers of those projects that want to obtain these certificates (Erten et al., 2009). The scoring system of the LEED certificate was created according to the local conditions, geographical and climatic characteristics of the USA, while the scoring system of the BREEAM certificate was created according to the local conditions, geographical and climate characteristics of the UK. The emergence and application of LEED and BREEAM green building certification systems in different countries negatively affect sustainability as a result of the different state policies, regional priorities and climates. Taking into account the climate conditions, geographical features, economic and social structure, the legal system, materials, and regional differences may provide better results; however, choosing the same system in different countries creates difficulties in achieving these results (Erdede et al., 2014). If LEED and BREEAM certification systems are to be used in different countries, they should be shaped according to the standards and living conditions of those countries. Requesting the same certificates used in the USA and the UK in other countries puts the applicability of the system in a difficult situation and it makes people think that there are other reasons behind this choice. In fact, since these certificates are of American and British origin, they comply with the legislation and regulations and even increase the cost of project construction.

It can be said that making an assessment based on certain criteria and scoring methodology ensures the system to be transparent and easy to apply. However, in LEED and BREEAM certification systems, similar scores are defined for most of the criteria, making it unrealistic to evaluate in countries with different conditions. For instance, while saving potable water resources comes first for some countries, for some countries issues such as energy saving, land use, and public transportation are more important issues. Being another example, while LEED and BREEAM systems support public transportation, the CASBEE green building certification system applied in Japan does not even address public transportation and the use of fuel-efficient vehicles. If national and regional priorities can be prioritized with the application of weighting coefficients in evaluation systems, better results may be obtained through systems (Sev & Canbay, 2009). In addition, bringing materials from abroad to find certified materials in order to get scores from certain criteria in the system increases the carbon footprint. This does not comply with the green building concept either.

To sum up, the companies all around the world and in Turkey mostly prefer and widely obtain LEED and BREEAM certificates for green building certification. The reason behind this situation is that the scoring system of LEED and BREEAM certification systems is more marketable and easier to meet than other global and local certificates. As a result, many construction companies prefer these popular certification systems for their projects due to their greenwashing and green marketing activities, although it increases the cost of their projects and requires strategies that are not suitable for the green building concept.

4.3. Reasons to Apply for Green Building Certificate Systems

Certain decisions to be taken in green building construction should be made at the early stages of the design process and should be planned in accordance with the green building standards. Green building principles ignored in the design process will significantly increase the usage costs in the future. For this reason, after the decision of construction of a building, decision makers should choose at the early stages which sustainability criteria in the certification systems can be met and which certification system should be preferred. Thus, the project can be shaped accordingly. Apart from all these, regardless of which certification system the green building candidate project is applied for, the design processes should be well understood and prioritized.

LEED and BREEAM certification processes are carried out online and carried out in English. For the countries that do not commonly use the English language, this process causes additional costs and requires working with staff who have foreign language knowledge as well as their own expertise. Companies work with LEED and BREEAM consultants in the projects to ensure a smooth process. This also means additional costs compared to usual projects. Due to additional costs such as certificate application fees and consultant fees, investors usually think that investment and construction costs of green buildings are quite high compared to traditional projects, which cause a bias against green buildings in advance. In fact, even if it is determined at the design stage whether a building will be a green building or not, the investment cost increases by 10% on average compared to other traditional buildings (WBDG, 2019).

Unfortunately, many investors today aim to receive these certificates for advertising purposes, although the costs are higher, and the designers are often excluded from the process. If needed, green building certification requirements are being adapted to designs later. However, when it comes to green building projects, these certification systems should be used not for greenwashing purposes but as a means to design an environmentally sustainable building. With the rising green building trend, many investors attempt to improve their green buildings and update their green building certification systems, which they did not prefer due to the costs at the beginning of their projects, just to obtain certificates that will enable them to do better marketing for their projects. At this point, for the sustainable building development process, which is an interdisciplinary integrated process, the most significant duties alongside the responsibility belong to the designers of such projects.

4.4. Use of Green Building Certificate Systems as Marketing Strategy

The reason why green design is applied in all these investments is the interest and care of people, users, about the concept of green building. When a conscious user wants to purchase a residence or office from a project, projects with green building certification stand out as an option. Therefore, a green design, moreover, a design documented to be green with an acknowledged certificate, is more preferred than other equivalents. The reasons such as low energy and water consumption throughout the life cycle of green buildings, easy waste management, minimizing the implications of projects on the ecosystem, and increasing the use of environmentally friendly materials make these green buildings more attractive for the investors (Pulaski et al., 2006). Today, with the increasing demand for energy and material resources, many business owners seek to obtain one of the sustainable design ratings for their projects in order to manage their operations accordingly (Molenaar et al., 2009).

Advantages of green building certification systems can be listed as follows: for designers, increase of basic knowledge on this subject, development of corporate identity and effective project management, improved customer satisfaction, reduction of capital costs with environmental materials; for investors, increased marketability, positive feedback on investment (URL-1, 2020). Although certification systems increase the economic value of projects, they can provide the desired results only when sufficiently understood and adopted by the team. Companies in many countries also benefit from tax reliefs and exemptions through these certificates besides the advantage of easy marketing of projects with green building certificates to consumers. They recover their budget by gaining more from these tax reliefs and exemptions than they spend on green building.

There are many reasons behind obtaining a green building certificate for a project. Green building certified projects are more prestigious than other projects for environmentally conscious investors and users, and are more privileged in terms of marketing. It is also an encouraging method for project owners and designers to develop and promote sustainable construction practices (Dönmez, 2018). For all these reasons, a company whose primary aim is not a sustainable environment or green buildings for their projects, organizes its projects to be qualified enough to obtain one of the green building certification systems with minimum cost, aiming to make their marketing easier and more preferable for people, and greenwash for easy marketing.

4.5. Differences Between Planned and Applied Designs of Green Building Projects

For conceptual clarification, the life cycle of a building can be divided into two phases as the pre-construction phase and the post-build phase. These stages are intertwined, and thus the boundaries between them are not clear. These phases may occur as life cycle design strategies that focus on minimizing a building's environmental impact. Analyzing the building processes in each of these two phases allows us to better understand how the design, construction, operation, and demolition of a building affects the ecosystem (Kim & Rigdon, 1998).

For example, trees have become an inseparable part of high-rise building projects, skyscrapers in particular. To make a skyscraper more attractive for people, roofs, terraces, balconies, facades, and all other eye-catching corners are decorated with big trees and plants. However, detailed solutions need to be provided for the trees in the visuals to keep them alive at those heights and to ensure maintenance and sustainability for them (Chant, 2013). In this context, images do not seem realistic when examined in terms of their soil values as well. Because trees becoming ornamental elements in the visuals actually need soil depth at certain heights in order to survive, but this situation is ignored during the generation of such images. Furthermore, the cancellation of the applicable solutions related to the soil-load relationship due to budget restrictions during the project process is not reflected in the promotional images of the projects.

One of the biggest criticisms towards LEED and BREEAM certificates so far is that the necessary examinations are not made after the construction is finished and when the building is used. But these certificates are obtained on the assumption that the building will meet the criteria exactly as it was designed. The evaluations show that many projects fail to achieve their intended performance defined at the certification stage, in fact, green buildings can show much less environmental performance than non-certified buildings (URL-2, 2020).

Especially through the comparisons made between the green building certification systems, the USA originated LEED certificate and Energy Star certificate, it has been revealed that approximately one-third of the buildings with LEED certification is actually not energy efficient, and the Energy Star certificate is more appropriate in terms of energy efficiency criteria. Based on these facts and the intense criticism on the subject, the obligation to report the energy and water consumption of the buildings that received LEED certification for 5 years was put into practice in 2009. What matters is not just obtaining a certificate, but building truly sustainable and energy efficient buildings (Tatlıdamak, 2010). Actually, the biggest reason for this negative situation is that green building certification systems such as BREEAM and LEED reward projects and companies not by proving that a building saves energy, but by predicting that it will.

Green skyscrapers have risen over the past few years as people learn that buildings emit more carbon dioxide than any other single source. People have also seen an increase in green washing by companies that acknowledge the market value of green and make false claims to fit the category. In an exemplary meeting of these two trends, a building in Mumbai calling itself the greenest of all buildings will be examined. Regarding this issue, Antilia Tower in Mumbai, designed by Perkins+Will, is one of the most controversial examples of greenwashing. When the three-dimensional renderings prepared in the design process of the Antilia Tower are examined, they give the impression that the project has a sustainable perspective. There are alive walls, ivy plants, and green roofs on all facades of the Antilia tower. The designers have announced that the tower will fight against the urban heat island effect of Mumbai through its vegetative covered walls (URL-3, 2020). The real life reflection of the sustainable perspective used in the promotions of the project caused intense discussions alongside. Because the 27-story tower was designed as a residential project that would belong to one family alone. And the photographs of the project after its completion in 2010 showed that there were no alive walls or green roofs (Figure 5). And the absence of the project on the website of Perkins+Will proves that the criticisms have a point. The fact that the green roofs and alive walls used in the promotional images of the project were not applied in real life shows that the existence of green and soil, their quality and application techniques were ignored during the design process (Akkaya, 2019).



Figure 5. Application of Antilia Tower Project and 3d image of the initial project (Akkaya, 2019).

5. Conclusion

The sustainable design approach for building designs has emerged due to damage caused to the environment and human health as a result of the increase in construction, and uncontrolled energy and resource consumption. The sustainable and environmentally friendly design approach is an understanding related to the construction, use, and maintenance activities of a building, with the aim of minimizing its effects on the environment and users and maintaining this result in the long term. Factors such as global climate change, depleted water resources, environmental and air pollution, and the rapid depletion of natural resources have made it inevitable to use environmentally friendly and sustainable green buildings in the building sector. Green buildings can also be referred to as sustainable buildings or as energy efficient buildings. Green buildings use energy efficiently, use water and other natural resources without harming them, and provide a safe, comfortable and healthy place. These buildings aim to cause minimum damage to the environment in terms of energy and resource utilization, and to keep user health and employee productivity at the highest level (Altun, 2016).

Today, green buildings have created a whole new sector within the building sector as buildings that are more valuable, environmentally friendly, ecological, comfortable, and energy efficient in terms of consumption (Özmehmet, 2005). In this study, a detailed literature review has been provided on the concept of green building. First of all, the definitions of the concepts of sustainability and green building, which are among the most important concepts of recent years, have been given in advance. Then, the international green building certification systems that play a guiding role to access these concepts have been examined, and the relationship of these systems with greenwashing activities has been examined in detail. In accordance with the determined facts, the result of this study has been presented with a critical point of view towards the applications of the examined systems.

Although green building and green building certification systems have a very important and positive impact on the construction sector as a whole, issues such as the liability risk and greenwashing cause considerable inconvenience, which requires much careful consideration (Kubba, 2012). Green buildings can be defined as buildings focused on green building certification systems. Certain fundamental principles of the green approach cannot be met within these green building certification systems. Therefore, certain aspects of this issue are neglected by the companies. The issue of certification is important, but it can be risky if it becomes the target itself instead of a means to achieve targets. In the report prepared by the Institute of New Buildings (NBI), LEED certified buildings were compared in terms of energy performance as the design and pre-design phases with the post-construction phase. The average savings estimated by energy modeling in LEED presentations made during the design phase for 121 buildings is 25%. The energy saving data measured for these buildings in the post-construction phase were entered in Figure 6. Some buildings have performed much better than their savings value.

However, according to the table in the report prepared, many buildings could not meet the 25% savings estimated in the design phase (Turner & Frankel, 2008). In fact, according to the data, some buildings created a loss instead of savings.

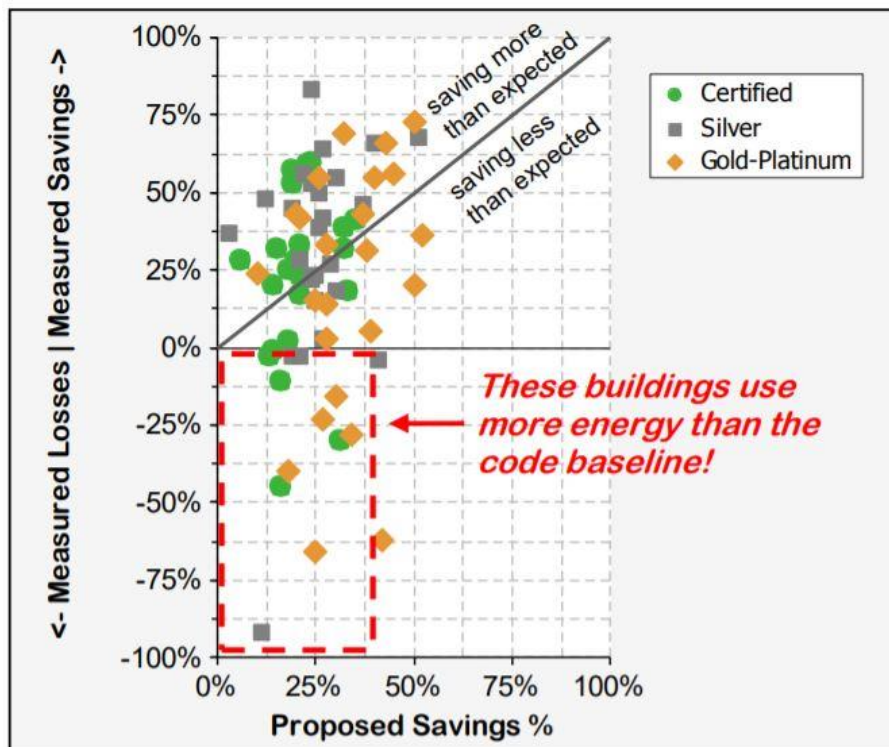


Figure 6. Measured versus proposed savings percentages (Turner & Frankel, 2008).

One particular example of a neither highly efficient nor energy intelligent LEED building for this topic previously mentioned is Antilia in Mumbai, India. This building is excessively large and consume tremendous amounts of energy, yet have been granted LEED certification due to point distributions. So, Antilia is an example of a building whose design does not fit category of energy efficiency building. This table shows that even if the buildings receive LEED certification, these buildings do not contribute to sustainability and were included in green building certification systems for the purpose of green laundering. It is possible for a building to become LEED certified, and yet benefit the environment very little (URL-3, 2020).

In addition, there are countless projects that did not obtain a certificate, did not even apply for it, but fulfilled all the criteria for being an environmentally friendly building. Actually, it is not a true manner to say that these projects are not green buildings just because they did not obtain a certificate. There is a cost for obtaining certification, and one should know that not every business can afford this cost burden or need certification.

Certificate systems evaluate the performance of all buildings under the same criteria. Green building evaluation systems of some countries may be preferred within the scope of greenwashing activities by countries due to their easy criteria and prestige. However, the criteria should vary depending on the needs, location, climate, and ecosystem of the regions to which they are applied. In this case, evaluating the criteria based on country or region differences is important in order to ensure more accurate sustainability conditions and to prevent greenwashing.

Some of the green buildings and certification systems have been criticized for being over-commercialized. However, it should not be ignored that even today these certificate systems are not static and are constantly renewed. It would be beneficial for those concerned to provide solutions regarding the neglected aspects of this issue, without allowing greenwashing.

To sum up, in order to minimize the damages to the environment, it is necessary to raise the awareness of the building sector and its users, to raise awareness on the concept of sustainability, and to truly apply criteria related to sustainability. The concept of sustainability should be evaluated with a holistic perspective instead of looking

from a narrow perspective on the issue. In their early years, green buildings were costly applications. Even today, green buildings continue to develop as financially costlier buildings. In order for green buildings to become widespread and permanent in the sector, they must be more budget-friendly financially, and countries as well as the building industry should support their development in this direction.

Especially in the 21st century, environmental issues caused by the building sector show that green building construction is not an alternative but a necessity. Therefore, in order to minimize the damage of the building sector to nature and humanity, the demand for green buildings should increase on a global scale. In order to raise awareness about energy efficient buildings, educational activities should be encouraged at all levels of education, and green building activities should be supported by countries with necessary tax reductions, grants and similar practices. Within the scope of green building, all units (architect, contractor, electrical, mechanical and civil engineers) should work in coordination and an integrated design should be provided for all. And of course, while all these developments are supported, the misuse of green building and green building certification systems as well as the greenwashing activities should be prevented.

References

1. **Açikel, D. & Taygun, G. T. (2018).** Platin LEED NC 2009 sertifikası almış endüstriyel yapıların iç ortam kalitesi kredileri bağlamında irdelenmesi, I. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, İstanbul, 24-25 Aralık 2018.
2. **Açikel, D. (2019).** BREEAM ve LEED’de İç Hava Niteliğine Yönelik Ölçütlerin Endüstri Yapıları Bağlamında İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. **Akca, S. (2011).** Leed Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. **Akgül, G. (2014).** Türk İnşaat Sektöründeki Proje Paydaşlarının Sürdürülebilirlik Algısı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. **Akkaya, R. H. (2019).** Peyzaj ve Toprak Analizinin Geçmiş Analizi, Günümüz Görüntüsü ve Gelecek Öngörüsü Üzerinden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. **Altun, A. F. (2016).** Ulusal ve Uluslararası Yeşil Bina Sertifikasyonlarının Enerji Performansı Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
7. **Arslan, N. C. (2015).** Yeşil Bina Projelerinde Tasarım Süreci için Bir Yaklaşım: LEED V4 Sertifikalandırma Süreci Modeli, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
8. **Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (BAKA). (2013).** Antalya’nın Karbon Ayak izi Envanteri ve Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı, Antalya.
9. **Candemir, B., Beyhan, B. & Karaata, S. (2012).** İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri, TUSIAD Yayın No: TUSIAD-T/2012-10/533.
10. **Chant, T. D. (2013).** Can We Please Stop Drawing Trees on Top of Skyscrapers? Access date: 09.06.2020: <https://www.archdaily.com/346374/can-we-please-stop-drawing-trees-on-top-of-skyscrapers>
11. **Cole, R. J. (2003).** Building Environmental Assessment Methods: A Measure Of Success. ISBN 1-886431-09-4.
12. **Curwell, S. (1996).** Specifying For Greener Buildings. The Architects’ Journal, sayı. Ocak, s. 38–40.
13. **Çelik, E. (2009).** Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
14. **Darçın, P., Taygun, G. T. & Vural, M. (2016).** Evaluation of LEED ‘Water Efficiency’ case study: Diyarbakır Turkey, 11th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems Proceedings Book, Lisbon, 4 – 9 Eylül 2016, syf. 210-1 - 210-12.
15. **Delmas, M. A. & Vanessa, C. B. (2011).** The Drivers of Greenwashing, California Management Review, 54(1), 64-87.
16. **Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Zhang, T., Rehman, A. U., Naismith, N., Tookey, J. & Ghaffarianhoseini, A., (2016).** Green Building Assessment Schemes: A critical comparison among BREEAM, LEED, and Green Star NZ, International Conference on Sustainable Built Environment (SBE), Seoul, Korea. Access date: 09.06.2020. https://www.researchgate.net/publication/311821810_Green_Building_Assessment_Schemes_A_critical_comparison_among_BREEAM_LEED_and_Green_Star_NZ
17. **Dönmez, İ. S. (2018).** Türkiye’de LEED V3 ve V4 Sertifikası Alan Binaların En Düşük Puan Aldıkları Kategorilerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

18. **Erdede, S. B., Erdede, B. & Bektaş, S. (2014).** Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi. 5.Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
19. **Erten, D. (2011).** Yeşil Binalar, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Araştırması, Yayın No:34988, Ankara.
20. **Erten, D., Henderson, K. & Kobaş, B. (2009).** Uluslararası Yeşil Bina Sertifikalarına Bir Bakış: Türkiye İçin Bir Yeşil Bina Sertifikası Oluşturmak İçin Yol Haritası, Proceedings of Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V), Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology , İstanbul, 20-22 Mayıs.
21. **Furrow, N. E. (2010).** Greenwashing in the New Millennium, Journal of Applied Business & Economics, 10(6), 22-25.
22. **Geçim, G. (2018).** Yapı Yaşam Döngüsünde Sürdürülebilir Yapı Değerlendirme Sistemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
23. **Gökçen, T. (2020).** Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinde Yapı Malzemesi Alt Kategorisinin Araştırılması ve Türkiye'deki Durum, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
24. **Hasan, Z. & Ali, N. A. (2015).** The Impact of Green Marketing Strategy on the Firm's Performance in Malaysia. Procedia Social and Behavioral Sciences, 463-470.
25. **Karliner, J. (1997).** The Corporate Planet, San Francisco, Sierra Club Books.
26. **Kavak, K. (2005).** Dünya'da Ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, DPT İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara.
27. **Kim, J. J. & Rigdon, B. (1998).** Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design, National Pollution Prevention Center for Higher Education, Michigan.
28. **Kobaş, B. (2011).** Oluşturulmakta olan Türk yeşil bina değerlendirme sisteminin malzeme kategorisi için BEEAM ve LEED örneklerinin incelenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
29. **Korkmaz, S., Erten, D., Syal, M. & Potbhare, V. (2009).** A Review of Green Building Movement Timelines in Developed and Developing Countries to Build an International Adoption Framework, Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) "Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology", İstanbul, 20-22 Mayıs.
30. **Kubba, S. (2012).** Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM and Green Globes, Butterworth-Heinemann, USA.
31. **Leblebici Koçer, L. & Delice, T. (2017).** Yeşile Boyama Ve Yeşil Güven Arasındaki İlişkide Algılanan Yeşil Riskin Ve Algılanan Tüketici Şüphesizliğinin Aracılık Rolü. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 50, 1-25.
32. **Madge, P. (2009).** Ekolojik tasarım: yeni bir eleştiri; Ruhnaz Üstüner, Mimarist, sayı 32, pp. 50-52.
33. **Molenaar, K., Gransberg, D., Korkmaz, S. & Horman, M. (2009).** Sustainable High Performance Projects and Project Delivery Methods, A State-of-Practice Report, The Charles Pankow Foundation and Design-Build Institute of America, Claremont, Kalifornia.
34. **Nakajima, N. (2001).** Green Advertising and Green Public Relations as Integration Propaganda, Bulletin of Science, Technology & Society, 21(5), October, 334-348.
35. **Özdemir, G. (2013).** Konut Dışı Binalarda Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakların Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
36. **Özel, A. P. (2015).** Çevresel Aktivizm, Halkla İlişkiler ve Yeşil Aklama Üzerine Kuramsal Bir Bakış. Selçuk İletişim, 8 (4): 73-89.
37. **Özmehmet, E. (2005).** Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Akdeniz İklim Tipi için Bir Bina Modeli Önerisi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
38. **Özmehmet, E. (2007).** Avrupa ve Türkiye'deki Sürdürülebilir Mimarlık Anlayışına Eleştirel Bir Bakış, Journal of Yaşar University, 2(7): 809-826.
39. **Pulaski, M., Horman, M. J. & Riley, D. R. (2006).** Constructability Practices to Manage Sustainable Building Knowledge, ASCE Journal of Architectural Engineering.
40. **Sev, A. & Canbay N. (2009).** Dünya Genelinde Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri, Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki, (312):42-47.
41. **Sev, A. (2009).** Sürdürülebilir Mimarlık, Yem Yayınları, İstanbul.
42. **Sur, H. (2012).** Çevre dostu yeşil binalar, Yeşil Binalar Referans Rehberi.
43. **Süzer, O. (2015).** A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems, Journal of Environmental Management, 154:266-283.
44. **Taracı, İ. E. & Göktepe, B. (2019).** Pazarlamanın Yeni Rengi: Yeşil Aklama. Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54(3) 2019 1095-1113.

45. **Tatlıdamak, G. (2010).** Yüksek Performanslı Sürdürülebilir Binalar mı, yoksa Yalnızca Sertifikalı Binalar mı? Yeşil Bina Dergisi, 2:50-51.
46. **TMMOB Makine Mühendisleri Odası. (2008).** Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu, Ankara Makine Mühendisleri Odası, Ankara.
47. **Turner, C. & Frankel, M. (2008).** Energy Performance of LEED for New Construction Buildings, Final Report, New Building Institute (NBI), Prepared for: U.S. Green Building Council.
48. **URL-1 (2020).** www.bre.co.uk, Access date: 09.06.2020.
49. **URL-2 (2020).** <http://www.usgbc.org/resources/summary-changes-leed-2009-v4-bdc>, Access date: 09.06.2020.
50. **URL-3 (2020).** <https://inhabitat.com/sites-residence-antilia-green-tower-in-mumbai/>, Access date: 09.06.2020.
51. **Whole Building Design Guide (WBDG). (2019).** Green Building Design Guide and Certification Systems. Access date: 09.06.2020 <https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems>
52. **Yaman, C. (2009).** Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Bina, IX Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs 2009, İzmir.
53. **Yetkin, E. G. (2014).** Mevcut Yapılar Kapsamında Yeşil Bina Sertifika Sistemleri Enerji Kriterlerinin Belirlenmesi için LEED, BREEAM ve DGNB Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
54. **Yılmaz, D. İ. (2014).** Yüklenici Firmalar İçin Sürdürülebilir Yapım Kılavuzu Oluşturulması ve LEED Uygulamalarında Karşılaşılan Zorlukların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
55. **Yonar, O. (2009).** Yaşam Döngüsünde Enerji Analizi ve Yeşil Binalar.
56. **Yudelson, J. (2008).** The Green Building Revolution, Island Pres.
57. **Zinkhan, G. M. & Carlson, L. (1995).** Green Advertising and the Reluctant Consumer, Journal of Advertising, XXIV(2), 1-6.

EFFECT OF SLOPE ON REPRODUCTION MORPHOLOGY AND QUALITY IN NATURAL REGENERATION OF BRUTIAN PINE

Gülnur Saba Ertuğrul¹, Nebi Bilir^{2,*}

¹ Isparta University of Applied Sciences, The Institute of Graduate Education, ISPARTA

² Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering ISPARTA

Abstract

In this study, effect of slope on reproduction morphology (called also as seedling in this study) in natural regenerations of Brutian pine (*Pinus brutia*) to contribute natural regeneration and other forestry practices was examined based on seedling height and root-collar diameter by data collected from four years old natural seedlings sampled over slope ranges (S) at end of growth period of 2020.

Averages of seedling height were 97.7 cm for upper (S>40%), 96.7 cm for middle (30%<S<40%) and 106.3 cm for low (S<30%) slopes, while averages of root-collar diameter were 24.0 mm, 23.8 mm, and 24.6 mm, respectively. The results showed that lowest slope had higher growth performance than others. There were large differences within slope, and among slopes ($p<0.05$) according to results of analysis of variance for the characteristics. Relations between seedling height and root-collar ($r=0.67, 0.70, \text{ and } 0.76$) were positive ($p<0.05$) in each slope and pooled slopes ($r=0.81$). All seedlings of low slope were in first seedling quality class of Turkish Standard Institute, while it was 93.6% for upper slope and 96.6% for middle slope.

Key Words: Brutian pine, correlation, growth, variation.

1. Introduction

Forest is an ecosystem included many biotic and a-biotic elements, and their interactions. Forest tree species which cover human demand to wood and non-wood, and also other unmesurable forest products such as clean water and air, recreation and erosion control. In covering of this demand, natural regeneration is one of important forestry practices. For instance, 33438 ha forest area was regenerated according to latest Turkish forestry inventory (Anonymous, 2020). The practice has also a role for sustainable forestry based on balancing between supply and demand. However, advantages and disadvantages, and their future effect of natural regeneration and plantation practices, and their combination can not be estimated well because of climate change. It is known that there could be many environmental (i.e., edaphic and climatic factors, altitude, year) and biological (i.e., species, seed year, density of seed tree) factors effective on success of natural regeneration practices estimated by growth performance and numbers of reproductions/seedling, while they could be provenance, seed quality, type of seed source, quality and type of seedling for plantation practices. Determination of effectness has important role in natural regeneration practices of Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) because of its commercial wood production and largest distribution in Turkey by 5.74 million ha natural distributions of which 38.6% (2.16 million ha) to be unproductive (Anonymous, 2020), and also its resistance to arid area and different ecological conditions. The advantages is getting importance of the species for sustainable forestry. However, while many studies were carried out on seed source (Üçler et al., 2000; Dilaver et al., 2015; Bilir and Çetinkaya, 2018), seedling quality and morphology (Yılmaz and Bilir, 2016; Özel et al., 2018; Bilir, 2019), there were limited studies on growth performance (e.g., Şırlak, 1987; Çifçioğlu, 1998; Çatal et al., 2017; Çetinkaya, 2019; Yazıcı, 2021), and effect of environmental factors (Çifçioğlu, 1998; Yazıcı, 2021) in natural regeneration. In these studies effect of slope in natural regeneration of Brutian pine has not been studied, yet.

In the present study, effect of slope on growth performance in natural regeneration of Brutian pine was estimated for comparison by cultural seedling to contribute silvicultural and other forestry practices of the species.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Nebi BİLİR; Isparta University of Applied Sciences, Forestry Faculty, Department of Forest Engineering, Isparta-Turkey.

Geliş (Received) : 24.03.2021

Kabul (Accepted) : 06.04.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

2. Material and Methods

Studied populations were sampled from natural regeneration which was 4 years old at southern part of Turkey of Brutian pine (Figure 1) based on slope (S) ranges classified as upper ($S > 40\%$), middle ($30\% < S < 40\%$) and low ($S < 30\%$) in the study (Table 1).

Table 1. Location of studied populations.

Slope	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
Upper ($S > 40\%$)	37°41'36"	30°50'28"	1064
Middle ($30\% < S < 40\%$)	37°41'37"	30°50'29"	1051
Low ($S < 30\%$)	37°41'36"	30°50'28"	1047



Figure 1. Sampled areas (upper, middle and low from left) in the study.

Regeneration areas were sampled randomly as 100 m² (10x10 m) for each slope class given above from 4 years old natural regeneration area at same location of Brutian pine at end of growth period of 2020. Height of reproduction called also seedling in this study (**SH**) and root-collar diameter (**RCD**) of each natural reproduction were measured. The following linear model of variance analysis was performed for comparison of the growth characteristics according to slope groups:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + e_{ij} \quad (1)$$

where Y_{ij} is the observation from the j^{th} reproduction of the i^{th} slope group, μ is general mean, P_i is the random effect of the i^{th} slope group, and e_{ij} is random error.

Homogenous groups of slope classes were estimated by Duncan's test (Duncan, 1955) for the SH and RCD. Correlation between SH and RCD was estimated by Pearson's correlation using SPSS statistical package program in each and pooled aspects.

The seedlings were classified according to quality classes of Turkish Standard Institute (TSI) (Anonymous, 1988, Table 2).

Table 2. Seedling classes for four years seedling of TSI.

Quality classes	SH (cm)	RCD (mm)	SH+RCD
First class	$70 \leq SH$	$2 \leq RCD$	$70 \leq SH + 2 \leq RCD$
Second class	$70 > SH \geq 60$	-	$70 > SH \geq 60 + 2 \leq RCD$
Cull	$60 > SH$	$2 > RCD$	$60 > SH + 2 > RCD$

3. Results and Discussion

3.1. Growth characteristics

Averages of SH and RCD were 97.7 cm, 96.7 cm and 106.3 cm, and 24.0 mm, 23.8 mm, and 24.6 mm for upper, middle and low slopes, respectively (Table 3, Figure 2). Annual seedling height and root-collar diameter were 24.4 cm, 24.2 cm, 26.6 cm, and 6.0 mm, 6 mm, and 6.2 mm, respectively. They were 8.9 cm and 1.7 mm in advanced regenerations of seven stands of the species (Çetinkaya, 2019). Averages of aspectual seedling height were ranged from 10.1 cm to 14.4 cm, and root-collar diameter varied between 11.2 mm and 11.3 mm (Yazıcı, 2021). Averages of seedling heights were higher than averages of early studies, while root-collar diameter was changed. The results showed importance of local condition and practices. Averages of seedling height and root-collar diameter were 18.4 cm and 4.9 mm in one year bare-root seedlings, and 14.8 cm and 4.6 mm in one year containerized seedlings, respectively (Yılmaz and Bilir, 2016). They were 8.2 cm and 4.0 mm for 1+0 year bareroot seedlings; while they were 16.5 cm and 5.8 mm 1+1 years containerized seedlings (Bilir, 2019). It could be said that growth performance of natural reproduction was higher than cultural seedling. However, there could be many environmental effect on growth performance of seedlings such as nursery practices, nursery conditions, growing media and year. Mother tree of natural regeneration was more adaptive for the area. It emphasized importance of local seed source.

As given in Table 3, large differences among individuals within slope for the characteristics were also found. For instance, individual seedling height and root-collar diameter were between 70 cm and 200 cm, and 23.0 mm and 27.9 mm, respectively in low slope (Table 3). Low slope showed also highest variation for both SH and RCD (Table 3). Large differences were also reported within stand (Çetinkaya, 2019) and within aspect (Yazıcı, 2021) natural reproductions in Brutian pine.

Table 3. Averages, ranges, and standard deviation of the characteristics for the slopes.

Slope	Characteristics							
	Average	SH (cm)			RCD (mm)			
		Min.	Max.	St. Dev.	Average	Min.	Max.	St. Dev.
Upper (47)*	97.7 ^{a**}	63.00	154.00	19.8	24.0 ^a	23.1	25.9	.73
Middle (58)	96.8 ^a	55.0	150.0	22.1	23.8 ^a	22.3	26.3	.81
Low (57)	123.1 ^b	70.00	200.00	27.4	24.6 ^b	23.0	27.9	.97
Total	106.3	55.0	200.00	26.5	24.2	22.3	27.9	.91

*; Number of seedlings measured per sampled area in the parenthesis; **; the same letters show similar groups.

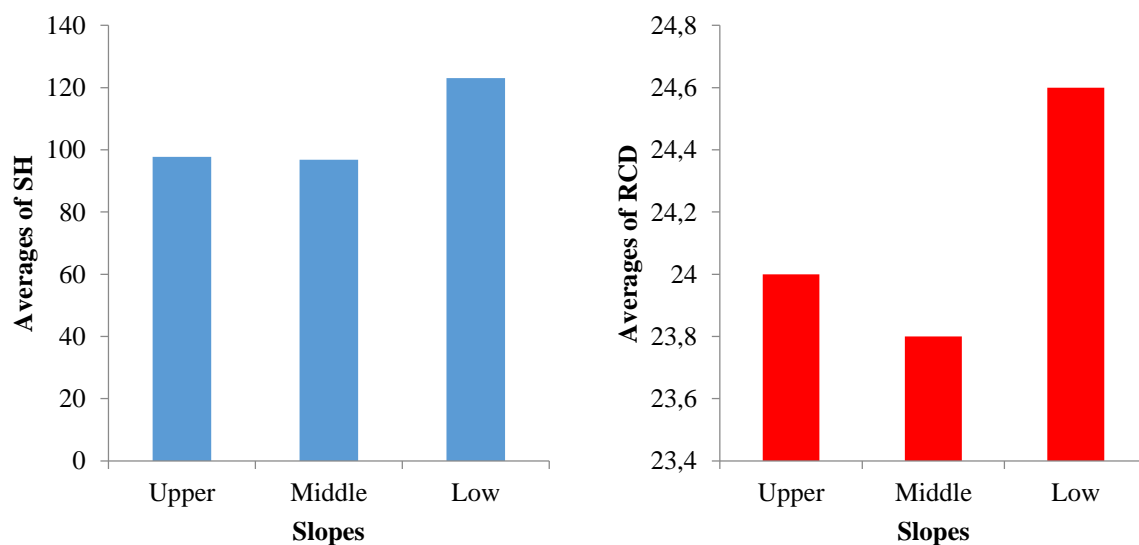


Figure 2. Averages of SH and RCD in the slopes.

Large differences among slopes and within slope were well accordance with by results of variance analysis (Table 4). Variance analysis results showed statistically significant ($p<0.05$) differences among aspects for the characteristics (Table 4). Similar results were also reported among stands (Çetinkaya, 2019), and among aspects (Yazıcı, 2021). They were also reported for seed source (Üçler et al., 2000; Dilaver et al., 2015; Bilir and Çetinkaya, 2018), and for seedling type (Yilmazer and Bilir, 2016; Özel et al., 2018; Bilir, 2019) in cultural seedlings of the species. Low slope was different from upper and middle slopes by Duncan's multiple range test (Tables 3 and 4).

Table 4. Results analysis of variance for the characteristics.

Characters	Source of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean of squares	F value	P
SH	Between groups	24679.27	2	12339.636	22.313	.000
	Within group	87929.29	159	553.014		
	Total	112608.56	161			
RCD	Between groups	21.561	2	10.780	15.115	.000
	Within group	113.400	159	.713		
	Total	134.961	161			

There could be many environmental and biological factors could be effective in growth performances of reproductions, and cultural seedlings. Yazıcı (2021) found that aspect was an important environmental factor on seedling height in natural regeneration of the species. Çifçioglu (1998) reported that altitude, aspect, and location on the slope were effective at different levels on the generation success and height growth and, also differences according to the years in Brutian pine. Effect of seed sources and seedling types were also reported in the species (Bilir and Çetinkaya, 2018; Yilmazer and Bilir, 2016; Özel et al., 2018; Bilir, 2019).

3.2. Seedling quality

The natural juvenility called also seedlings in the present study were classified according to quality classes of TSI given in Table 2 (Anonymous, 1988), although the classification was prepared for grown seedlings at the nursery practices.

All seedlings of low slope were in first quality, while it was 93.6% for upper slope and 96.6% for middle slope for SH according to seedling quality classes of Turkish Standard Institute (Table 5). All seedlings of slope groups were in first quality for RCD according to the quality classes (Table 5).

Table 5. Distribution (%) of seedlings to quality classes for the slopes.

Slopes	SH			RCD
	First class	Second class	Cull	First class
Upper	93.6	6.4	-	100.0
Middle	96.6	1.7	1.7	100.0
Low	100.0	-	-	100.0
Total	96.9	2.5	0.6	100.0

Percentages of cull seedlings were 67.6% for SH and 37% for RCD in one year old natural juvenility of Brutian (Çetinkaya, 2019). It could be said that quality of natural juvenility could be change for many environmental (i.e., edaphic and climatic) and biological (i.e., age, density) factors. New studies were suggested to estimate effect of different ecological factors such as temperature, rainfall, altitude, and their interactions by Çetinkaya (2019). However, cultural seedlings had higher quality seedlings than natural reproductions (Dilaver et al., 2015; Bilir and Çetinkaya, 2018; Yilmazer and Bilir, 2016; Özel et al., 2018; Bilir, 2019).

3.3. Correlation

Significant ($p<0.05$) and positive correlations were estimated and between SH and RCD for upper ($r=0.67$), middle ($r=0.70$), low ($r=0.86$), and polled ($r=0.81$) slopes (Figure 3). Positive and significant correlations between SH and RCD were also reported in natural regeneration (Çetinkaya, 2019; Yazıcı, 2021) of the species.

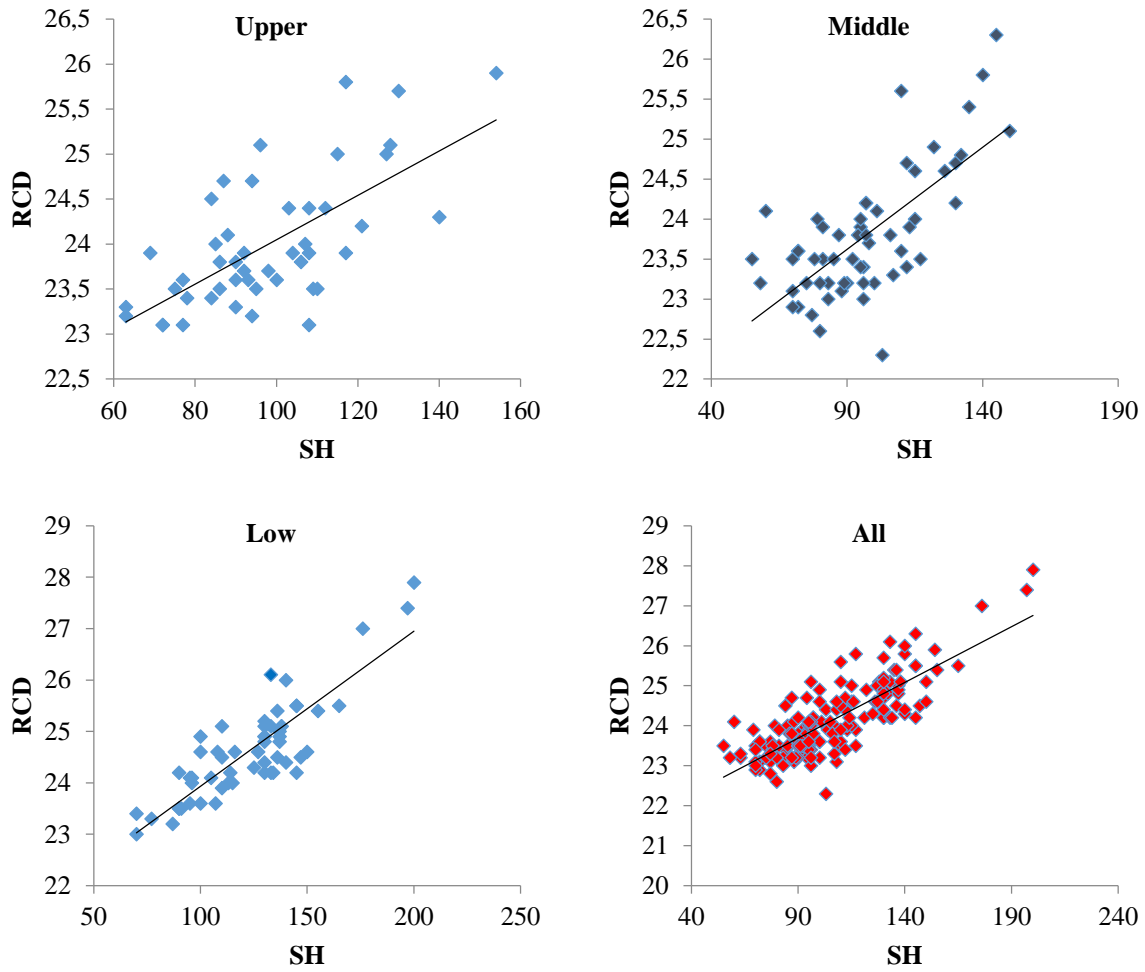


Figure 3. Relations between SH and RCD in the slopes.

Positive and significant relations between seedling height and root-collar diameter were reported in cultural seedlings of brutian pine (Dilaver et al., 2015; Çerçioğlu and Bilir, 2016; Yılmaz and Bilir, 2016; Bilir and Çetinkaya, 2018). It could be used for natural regeneration and nursery practices in the species.

4. Conclusions

Variation in the characteristics based on slope showed importance of selection of local natural regeneration method. Significant differences among slopes the characteristics could be used for different purposes in silvicultural practices such as selection of seed collection areas. Correlation between the characteristics could be used in thinning out practices at juvenile age in the species.

This study was carried out to estimate effect of slope on growth performance in limited areas of the species. New studies should be organized for different ecological factors such as climatic and edaphic characteristics and their interactions suggested as different studies. Results of the study should be compared by results of artificial regeneration practices based on new studies.

References

1. Anonymous (1988). *Seedling quality classification of coniferous*. Turkish Standard Institute Press.
2. Anonymous (2020). *Forestry statistics of Turkey*. General Directorate of Forestry, Ankara.
3. Bilir, N. & Çetinkaya, D. (2018). Morphological Characteristics in Seed Orchard and Seed Stand Seedlings of Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.). 2 International Congress on Multidisciplinary, May 4-5, p. 57-62.

4. **Bilir, N. (2019)**. Seedling Quality in Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.). *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 10(1), 95-101.
5. **Çatal, Y., Güzel, B. & Genç, M. (2017)**. Determination of Free-to-Grow Stages of Natural Mixed Brutian Pine-Anatolian Black Pine Stands. *Turkish Journal of Forest Sciences*, 1(17), 145-154.
6. **Çerçioğlu, M. & Bilir, N. (2016)**. Seed Source Effect on Quality and Morphology of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Seedlings. *Reforesta*, 2, 1-5.
7. **Çetinkaya, D. (2019)**. Utilization Possibility from Advanced Regeneration in Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.). *IJSRM.*, 14(2), 108-115.
8. **Çifçioğlu, I. (1998)**. *The Study of Success Status in Generation Activities Made for the Model Plan of Karaisalı Forest Management*, Istanbul University, Graduate School of Natural and Applied Science, Msc. Thesis, Istanbul.
9. **Dilaver, M. Seyedi, N. & Bilir, N. (2015)**. Seedling Quality and Morphology in Seed Sources and Seedling Type of Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.). *World Journal of Agricultural Research*, 3 (2), 83-85.
10. **Duncan, D.B. (1955)**. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
11. **Özel, H.B., Yücedağ, C., Bilir, N., Ölmez, Z. & Aydınhan, V. (2018)**. The Effect of Seedling Types on Morphological Characteristics in Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Seedlings. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 1, 43-47.
12. **Şırlak, U. (1978)**. Die Forschung Über die Nutzenanwendung Möglichkeiten der Vorhandenen Naturverjüngungen und Über Deren Bedingungen von Hartkiefer (*Pinus brutia* Ten.). *Forest Research Institute Technical Bulletin*, 110.
13. **Üçler, A.Ö., Gülcü, S. & Bilir, N. (2000)**. Interaction between Seed Sources and Seedling Properties on Brutian Pine (*Pinus brutia*) and Black Pine (*Pinus nigra*). Second Seedling Symposium, Ege University, September 25-29.
14. **Yazıcı, N. (2021)**. Effect of Aspect on Growth Performance of Natural Regenerations in Brutian Pine. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies (IJIRAS)*, 8, 10-13.
15. **Yılmaz, C. & Bilir, N. (2016)**. Effect of Seedling Type in Morphology and Quality of Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Seedlings. *IJSRST.*, 2(5), 237-240.

DETERMINATION OF CHEMICAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT EFFECT OF *SALVIA OFFICINALIS* L.

Ayşegül Türk Baydır*¹, Amir Soltanbeği², Rukiye Saygılı Canlıdınç³, Mehmet Selçuk Erdoğan⁴

¹ Food Control Research and Application Center, Afyon Kocatepe University, AFYONKARAHISAR

² Afyon Health Sciences University Faculty Of Pharmacy, AFYONKARAHISAR

³ Department of Chemistry, Faculty of Arts and Sciences, Dumlupınar University, KÜTAHYA

⁴ Department of Chemistry, Faculty of Arts and Sciences, Dumlupınar University, KÜTAHYA

Abstract

In this study the essential oil component of *Salvia officinalis* which was grown in Afyonkarahisar/Turkey were analyzed by GC-MS/FID. According to results, the major components of essential oil were α -thujone 19.89%, camphor 15.72%, borneol 12.86%, 1,8-cineole 12.06%. The total phenolic content of the plant leaves was calculated as 0.324g 100g⁻¹ in terms of caffeic acid. According to DPPH analysis of the inhibition value of 0.01 g ml⁻¹ sage methyl alcohol extraction was reported as 76.91%. In addition, while the refined sunflower oils induction period was 1.36h at rancimat conditions at 120 °C, it was 2.17h when 2% *S. officinalis* was added and waited one week. In other words, sage increases the oxidation stability of refined sunflower oil and extends shelf life. For this purpose, it is concluded that sage can be used as natural antioxidant for refined sunflower oil.

Key Words: DPPH, essential oil, oxidation stability, phenolic content, rancimat, *Salvia officinalis*

1. Introduction

The ³O₂ molecule reacts with lipid radicals and causes autooxidation called free radical chain reaction. The formation of hydroperoxides by the reaction of unsaturated fats with oxygen is called free radical chain. While hydroperoxides formed in the first step of oxidation are stable at room temperature and in the absence of metal, in the presence of high temperature or metal, transforms into secondary reaction components such as ketone, aldehyde, carboxylic acid.. (Choe & Min, 2006). In the Rancimat device, the so-called induction period is the time until the formation of volatile acids, which are secondary reaction products. The induction period refers to the oxidation stability(Gertz & Kochha, 2001) The formation of primary and secondary oxidation products in oils is not desired, but it reduces the quality of the oil by changing the physical and chemical properties of the oil. This phenomenon is catalyzed by some external factors such as heat, light temperature. Antioxidants (AH) cause interruption of the chain reaction by interfering in the initial or development phase of the reaction (Frankel, 1985)For this reason, the use of artificial and natural antioxidants or substances with similar effects in oils and studies on this subject are quite common(Dıraman & Baydır, 2017; Duman et al., 2015; Yang et al., 2016). This situation guided and inspired our work.

Due to the disadvantages of synthetic antioxidants, there is increasing interest in scientific studies on the use of natural antioxidants in foods. In these studies, plant extract, extract or pure powder form can be used directly. *Salvia officinalis* (common sage) is an aromatic plant from the Labiatae / Lamiaceae family that is unique to the Middle East and Mediterranean regions and is currently produced all over the world. In folk medicine, *S. officinalis* has been used in the treatment of various disorders.(Ghorbani & Esmaeilzadeh, 2017). Carnosol, oleanolic acid and ursolic acid are some of the compounds found in the leaves. The gastrointestinal activity of the hydroalcoholic extract of *S. officinalis* is reported to be effective in the ethanol-induced gastric lesion model due to its carnosol content (Mayer et al., 2009). *S. Officinalis* plant is quite rich about phenolic acids and flavonoids. (Farhat et al., 2014)(Martins et al., 2014) (Khiya et al., 2019).. *S. officinalis* has been reported to compensate for learning and memory deficiencies caused by diabetes due to the rosmarinic acid content (Hasanein et al., 2016). Sage leaves

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ayşegül TÜRK BAYDIR, Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Kontrol Uygulama ve Arş. Lab. Afyonkarahisar/Turkey

Geliş (Received) : 08.03.2021

Kabul (Accepted) : 07.04.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

used as herbal tea, medicine and spices are reported to have anti-inflammatory effect (Li *et al.*, 2019). The essential components found in essential oil have been recorded as 1,8-cineole, viridiflorol, camphor, borneol, α -humulene, trans-thujone (Hassan *et al.*, 2019; Hassiotis, 2018; Verma *et al.*, 2015) Essential oil has been shown to exhibit anticandidal activity against all strains of *C. albicans*(Sookto *et al.*, 2013). The antimicrobial effect of essential oil on *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus epidermidis* bacteria has also been reported (Wei *et al.*, 2018).. The presence of valuable compounds such as α -thujone, β -thujone, camphor and sesquiterpenes in the essential oil cause this plant to exhibit anticancer properties and makes the studies related to this plant attractive (Russo *et al.*, 2013). The antioxidant properties of *S. officinalis* are mentioned, but there are no studies on how they affect oxidation stability in edible oils. This is one of the original values of our study. Furthermore, since the percentages of the compounds in the plant content have been reported to vary depending on environmental factors, examination of sage which growing in Afyonkarahisar also adds a distinctive specificity(Russo *et al.*, 2013).

2. Material and Method

2.1 Plant Material

S. officinalis plant material was obtained from the scientific project carried out in Afyonkarahisar Medicinal and Aromatic Plants Center in 2018. *S. officinalis* leaves dried by cabin dryer at 37 °C for 72 h. and then it was ready for analysis.

2.2 % Radical Scavenging Activity

Radical scavenging activity was determined according to the DPPH method with some modifications (Brand-Williams *et al.*, 1995; Locatelli *et al.*, 2009). 1 ml of 0.01g / ml methyl alcohol extracts of sage mixed with 0.5 ml of 0.02g / 100ml dpph methyl alcohol solution and 15 minutes kept in the dark. The absorbance at 517 nm was read. 1 ml of methyl alcohol and 0.5 ml DPPH solution mixed and at 0. minutes 517 nm absorbance value was read and recorded as a control.

2.3 Phenolic Analysis

Phenolic analysis was performed according to folin-ciocelciu method. Methyl alcoholic solution of 1-0.5-0.25-0.125mg ml⁻¹ caffeic acid was prepared, distilled water, 10% Na₂CO₃ and 0.5N folin reagent were added and incubated for 30 minutes. 0.5 g of sage was extracted with 10 ml of methyl alcohol. Distilled water, 10% Na₂CO₃ and 0.5 N folin reagent were added to the extraction solution and kept for 30 minutes and the absorbance value was read at 760nm. Using the equation of the standard calibration curve caffeic acid equivalent was calculated.

2.4 Isolation of Essential Oils

S. officinalis leaves were dried by cabin dryer at 37 °C for 72 h. Then, 50 gr of leaves with distilled water (1:10) were subjected to hydro-distillation by using a Clevenger type apparatus for three hours.

2.5 GC-MS/FID Analysis

To identify the components of the extracted essential oils, a gas chromatography (GC) system (Agilent Technologies, 7890B) equipped with a flame ionization detector (FID) and coupled to a mass spectrometry (MSD) detector (Agilent Technologies, 5977A) is used. An HP-Innowax column (Agilent 19091N-116: 60 m×0.320 mm internal diameter and 0.25 μ m film thickness) was used for the separation of the compounds. Samples are analyzed with the column held initially at 70 °C (after injection with 5 min hold time), and then increased to 160 °C with 3 °C min⁻¹ heating ramp. Finally, temperature was raised to 250 °C with 6 °C min⁻¹ heating ramp with 5 min hold time by using helium (99.999% purity) as carrier gas at 1.3 mL min⁻¹flow with 1 μ l injection volume (20 μ L essential oil was solved in 1 mL n-Hexane) and 8.20 min solvent delay time. The injection was performed in split mode (40:1). Detector, injector and ion source temperatures were 270 °C, 250 °C and 250 °C, respectively (Figure 2). MS scan range was (m/z): 35-450 atomic mass units (AMU) under electron impact (EI) ionization (70 eV). Identification of the essential oils compounds area done by computer library search database of US National Institute of Standards and Technology (NIST), Wiley libraries.

2.6 Rancimat Analysis

Rancimat analyses were performed with the help of rancimat 743 device according to the standard rancimat method. In this method, the temperature is 120 °C, the sample amount is 3 g, the air flow is 20 L h⁻¹, the water amount is 60 mL. 0.055 µs ultra-pure water was used in the experiments. Refined sunflower oil produced in 2018 was used as oil. Since these plants are not used as an antioxidant in edible oils, 2% and 5% grams were added to sunflower oil and kept for 24 hours and one week. Rancimat analysis results were compared in their pure form. The experiments were performed in three replicates and the average of the test results was given.

3. Results

3.1. % Radical Scavenging Activity

Percentages calculated from the radical scavenging activity = $(A_{\text{Control}} - A_{\text{Sample}}) / A_{\text{Sample}} \times 100$ equation. According to the results of the experiment, the inhibition value of methyl alcohol extraction was reported as 76.91%.

3.2. Phenolic Analysis

The standard calibration curve obtained for phenolic analysis is given in Figure 1. The absorption value of sage was recorded as 0.5750. When the absorption value of sage extraction is written instead of y, the result is recalculated considering the dilution factor. The total phenolic content of sage was calculated as 0,324 g 100 g⁻¹ in terms of caffeic acid.

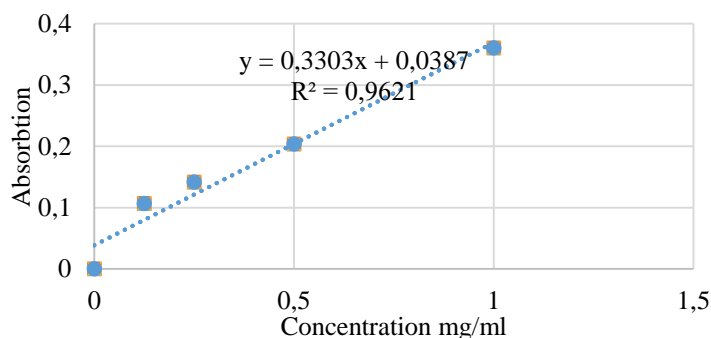


Figure 1. Calibration curve of caffeic acid standard

3.3. GC-MS/FID Results

The essential oil components of sage obtained by GC-MS/FID are given in Table 1.

Table 1. *S. officinalis* GC-MS/FID analysis results (RI: retention index, Pct total: % amounts)

RT	Compound	(%)
8.808	α -Pinene	4.01
9.843	Camphene	4.10
10.931	β -Pinene	1.86
13.769	dl-Limonene	1.59
14.146	1,8-Cineole	12.07
22.729	α -Thujone	19.89
23.473	β -Thujone	5.20
26.580	Camphor	15.72
28.949	Bornyl acetate	3.31
29.664	Caryophyllene	3.70
32.434	α -Humulene	3.19
33.464	Borneol	12.86
47.540	Veridiflorol	4.21
58.886	Epimanol	1.01

3.4. Rancimat Analysis Results

The induction periods obtained under the rancimat conditions of refined sunflower oil and %2 and %5 sage added refined sunflower oils are given in table 2.

Table 2. Induction periods average of sunflower oil samples, %2 and %5 sage added and waited different times of refined sunflower oil samples

	IP (h)(24 hour waited)	IP (h)(one week waited)
RSO	1.36	
2% sage added	1.58	2.17
5% sage added	1.75	2.05

4. Discussion and Suggestions

A study done showed that natural products can improve the stability of rapeseed oil, especially when it is in a matrix rather than an extract or a pure compound. When the changes in induction time were tested at the end of one day and 1 week by adding some vegetable powders such as 1 gram beet, broccoli carrot celery, spinach tomato pea to 20 ml rapeseed oil, it was observed that it increased the induction time successfully (Tundis *et al.*, 2017). It has been confirmed in another study that the sumac thyme mint nettle extracts increase the antioxidant properties and shelf life of refined corn oil. In this study, schaal oven test method was used instead of rancimat method (Baştürk *et al.*, 2018). Another study showed that grape seed extract up to 600-800 ppm inhibited lipid oxidation in a similar way to BHT and could be used as a potential natural extract to improve the oxidative stability of sunflower oil (Poiana, 2012). Mulberry (*Morus indica* L.) leaves and powder compared to BHT rice bran oil has been tested in another study to be effective in inhibiting lipid oxidation (Roy *et al.*, 2010). The Schaal oven test indicated that rosemary extract delays lipid oxidation of flaxseed oil (Wang *et al.*, 2018). These studies inspired and guided our work.

The major components of essential oil were α -Thujone 19.891%, Camphor 15.717%, borneol 12.856%, 1,8-cineole 12.065%. In addition, camphene 4.103%, α -pinene 4.007%, β -thujone 5.2%, veridiflorol 4.209% are also in remarkable amounts. In a study done α -Thujone has been tested as the main component of sage and it is consistent with the results of our study (Moura-Alves *et al.*, 2020). The highest antioxidant and phenolic contents of *salvia officinalis* were detected during the flowering period, and rosmarinic acid and phenolic diterpenes are highly abundant components (Farhat *et al.*, 2014). The total phenolic content of sage was calculated as 0.324 g / 100g in terms of caffeic acid. The effects of natural antioxidant sources alternative to synthetic antioxidants, such as ginger turmeric powder, on the shelf life of oils have been investigated in scientific studies and give positive results (Diraman & Baydir, 2017; Tinello & Lante, 2020). According to the results of the rancimat analysis, the average induction period of refined sunflower oil was 1.36h and the induction period when 2% sage added and waited 24 hours is 1.58. the induction period 2% sage added and waited one week is 2.17. The induction period 5% sage added to sunflower oil and waited one day and one week respectively are 1.75 and 2.05. Shelf life under rancimat conditions increase when added sage as powder. Here, we can state that sage increases refined sunflower oils shelf life and oxidation stability and can be used as a natural antioxidant for this purpose.

5. Conclusion

In this study, the total antioxidant, phenolic properties and the essential oil composition of the *s officinalis* plant grown in Afyonkarahisar were determined. In addition, the positive effect of dried plant leaves on the oxidation stability of sunflower oil was confirmed by the Rancimat method and it was concluded that it can be used as a natural antioxidant source. In subsequent studies, it is thought that the antioxidant effect can be investigated by adding different amounts of plant powder or essential oil to different cooking oils at different holding times. Sensory analysis of the oil with added antioxidant source can also be planned. This study proves the accuracy of the conclusion that foods containing antioxidants slow down or prevent oxidation in edible oils. Our study is a guide for scientists doing research on natural antioxidants or *s officinalis*.

References

1. Baştürk, A., Ceylan, M. M., Çavuş, M., Boran, G., & Javidipour, I. (2018). Effects of some herbal extracts on oxidative stability of corn oil under accelerated oxidation conditions in comparison with some commonly

- used antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 89(November 2017), 358–364. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.005>
2. **Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995).** Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 30(28), 25–30.
 3. **Choe, E., & Min, D. B. (2006).** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation*. 5, 169–186.
 4. **Diraman, H., & Baydır, A. T. (2017).** Yağların Oksidasyon Kararlılıklarının Tespit Edilmesinde Kullanılan Hızlandırılmış Stabilite Metotları ve Bu Metotların Karşılaştırılması(1).pdf. *Gıda ve Yem Bilimi Teknoloji Dergisi*, 18(2), 34–41.
 5. **Duman, E., Baydır, A. T., & Duman, S. (2015).** Kocatepe Veteriner Dergisi Ayçiçek Yağının Oksidasyon Kararlılığına Retinol Palmitat ' ın Etkisinin. *Kocatepe Veterinary Journal*, 8, 33–38. <https://doi.org/10.5578/kvj.9158>
 6. **Farhat, M. Ben, Chaouch-Hamada, R., Sotomayor, J. A., Landoulsi, A., & Jordán, M. J. (2014).** Antioxidant potential of *Salvia officinalis* L. residues as affected by the harvesting time. *Industrial Crops and Products*, 54, 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.001>
 7. **Frankel, E. N. (1985).** *Flavor Chemistry of Fats and Oils* (D. B. Min & Thomas A. Smouse (eds.)).
 8. **Gertz, C., & Kochha, S. P. (2001).** A new method to determine oxidative stability of vegetable fats and oils at simulated frying temperature. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 8(1), 82–88.
 9. **Ghorbani, A., & Esmaeilzadeh, M. (2017).** Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(4), 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014>
 10. **Hasanein, P., Felehgari, Z., & Emamjomeh, A. (2016).** Preventive effects of *Salvia officinalis* L. against learning and memory deficit induced by diabetes in rats: Possible hypoglycaemic and antioxidant mechanisms. *Neuroscience Letters*, 622, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.04.045>
 11. **Hassan, S. T. S., Švajdlenka, E., Rengasamy, K. R. R., Melichárková, R., & Pandian, S. K. (2019).** The metabolic profile of essential oils and assessment of anti-urease activity by ESI-mass spectrometry of *Salvia officinalis* L. *South African Journal of Botany*, 120, 175–178. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.04.023>
 12. **Hassiotis, C. N. (2018).** The role of aromatic *Salvia officinalis* L. on the development of two mycorrhizal fungi. *Biochemical Systematics and Ecology*, 77, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2018.01.004>
 13. **Khiya, Z., Hayani, M., Gamar, A., Kharchouf, S., Amine, S., Berrekhis, F., Bouzoubae, A., Zair, T., & El Hilali, F. (2019).** Valorization of the *Salvia officinalis* L. of the Morocco bioactive extracts: Phytochemistry, antioxidant activity and corrosion inhibition. *Journal of King Saud University - Science*, 31(3), 322–335. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.11.008>
 14. **Li, L., Wei, S., Zhu, T., Xue, G., Xu, D., Wang, W., Wang, X., Luo, J., & Kong, L. (2019).** Anti-inflammatory norabietane diterpenoids from the leaves of *Salvia officinalis* L. *Journal of Functional Foods*, 54(November 2018), 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.01.020>
 15. **Locatelli, M., Gindro, R., Travaglia, F., Coisson, J. D., Rinaldi, M., & Arlorio, M. (2009).** Study of the DPPH{radical dot}-scavenging activity: Development of a free software for the correct interpretation of data. *Food Chemistry*, 114(3), 889–897. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.035>
 16. **Martins, N., Barros, L., Santos-Buelga, C., Henriques, M., Silva, S., & Ferreira, I. C. F. R. (2014).** Evaluation of bioactive properties and phenolic compounds in different extracts prepared from *Salvia officinalis* L. *Food Chemistry*, 170, 378–385. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.096>
 17. **Mayer, B., Baggio, C. H., Freitas, C. S., dos Santos, A. C., Twardowschy, A., Horst, H., Pizzolatti, M. G., Micke, G. A., Heller, M., dos Santos, É. P., Otuki, M. F., & Marques, M. C. A. (2009).** Gastroprotective constituents of *Salvia officinalis* L. *Fitoterapia*, 80(7), 421–426. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.05.015>
 18. **Moura-Alves, M., Gouveia, A. R., de Almeida, J. M. M. M., Monteiro-Silva, F., Silva, J. A., & Saraiva, C. (2020).** Behavior of *Listeria monocytogenes* in beef Sous vide cooking with *Salvia officinalis* L. essential oil, during storage at different temperatures. *Lwt*, 132(January), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109896>
 19. **Poiana, M. A. (2012).** Enhancing oxidative stability of sunflower oil during convective and microwave heating using grape seed extract. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 9240–9259. <https://doi.org/10.3390/ijms13079240>
 20. **Roy, L. G., Arabshahi-Delouee, S., & Urooj, A. (2010).** Antioxidant efficacy of mulberry (*Morus Indica* L.) leaves extract and powder in edible oil. *International Journal of Food Properties*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/10942910802120139>
 21. **Russo, A., Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Delfine, S., Cardile, V., Rosselli, S., & Bruno, M. (2013).** Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.036>

22. Sookto, T., Srithavaj, T., Thaweboon, S., Thaweboon, B., & Shrestha, B. (2013). In vitro effects of *Salvia officinalis* L. essential oil on *Candida albicans*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(5), 376–380.
23. Tinello, F., & Lante, A. (2020). Accelerated storage conditions effect on ginger- and turmeric-enriched soybean oils with comparing a synthetic antioxidant BHT. *Lwt*, 131(February), 109797. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109797>
24. Tundis, R., Tenuta, M. C., Loizzo, M. R., Bonesi, M., Menichini, F., & Duthie, G. (2017). Natural compounds and vegetable powders improve the stability and antioxidant properties of *Brassica napus* L. var. *oleifera* (rapeseed) oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(4). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600228>
25. Verma, R. S., Padalia, R. C., & Chauhan, A. (2015). Harvesting season and plant part dependent variations in the essential oil composition of *Salvia officinalis* L. grown in northern India. *Journal of Herbal Medicine*, 5(3), 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2015.04.004>
26. Wang, Y. Z., Fu, S. G., Wang, S. Y., Yang, D. J., Wu, Y. H. S., & Chen, Y. C. (2018). Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant-derived omega-3 fatty-acid rich oil. *LWT - Food Science and Technology*, 89(November 2017), 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.055>
27. Wei, Z. F., Zhao, R. N., Dong, L. J., Zhao, X. Y., Su, J. X., Zhao, M., Li, L., Bian, Y. J., & Zhang, L. J. (2018). Dual-cooled solvent-free microwave extraction of *Salvia officinalis* L. essential oil and evaluation of its antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 120(January), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.058>
28. Yang, Y., Song, X., Sui, X., Qi, B., Wang, Z., Li, Y., & Jiang, L. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, 80, 141–147.

AVM TİPOLOJİLERİNE GÖRE ÇOCUK OYUN ALANLARINDAKİ SİRKÜLASYONUN EVRENSELLİK ÖLÇÜTLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Reyhan Çetin¹, Şahika Özdemir^{2*}

¹ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 34303, İSTANBUL

² İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 34303, İSTANBUL

Öz

Evrensel tasarım yaklaşımı ile tasarlanmış iç mekânlar, her yaş, boyut ve yetenekteki bireylerin erişebileceği, kullanım kolaylığı sağlayan ve hayatları boyunca kendi evlerinde başta olmak üzere bu mekânlarda bağımsız olarak yaşamlarını devam ettirebilecekleri ve çevrelerindeki sosyal etkinliklere sağlıklı, güvenli katılımlarına olanak sağlamalıdır. Evrensel tasarım denince kişilerin fiziksel ve psiko-sosyal tüm gereksinimleri göz önüne alınmalıdır. Bu bağlamda evrensel tasarım kavramını yalnızca engelliler için değil, yaşlı ve çocuk kullanıcılar için de düşünülmektedir. Günümüzdeki yaşam şeklinin çoğunun şehir yaşamına evrildiğini görülmektedir. Bunun bir sonucu olarak en değerli varlıklarımız olan çocuklarımız artık sokaklarda değil, daha güvenli ve sağlıklı olduğu düşünülen özelleştirilmiş çocuk oyun alanlarında vakit geçirmektedirler. Çocuk oyun alanları dış mekânda büyük ve küçük kent parkları olarak ortaya çıksa da; iç mekânda da çok sayıda çocuk oyun alanına da rastlanmaktadır. Bunlardan en yaygın olanlarından biri Alışveriş Merkezleri (AVM) içerisinde bulunan çocuk oyun alanlarıdır. Bu çalışma kapsamında farklı sirkülasyon tipolojilerindeki neredeyse her AVM’de bulunan bu alanların sirkülasyon özellikleri açısından evrensel tasarım ölçütlerini ne ölçüde karşıladıkları araştırılmış ve Forum İstanbul Alışveriş Merkezi FUNLAB çocuk oyun alanı üzerinde detaylı inceleme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Evrensel tasarım, çocuk kullanıcı, çocuk oyun alanları, sirkülasyon alanları, alışveriş merkezleri.

ACCORDING TO SHOPPING MALL TYPOLOGIES AN INVESTIGATION OF CIRCULATION IN CHILDREN’S PLAYGROUND IN TERMS OF UNIVERSALITY CRITERIA

Extended Abstract

The concept of universal design, which has come to the fore frequently in recent years and is an integral part of the design, is based on the principle of individuals of different gender, culture, age and physical abilities to perform physical activities without outside help. Not only disabled individuals, but also the elderly and children should be evaluated within this scope and their spaces should be designed considering universal design criteria. Undoubtedly, a significant portion of the population in our country consists of children aged 1-12. For this reason, it has become important that the spaces designed for them are well thought out. The increase in the preference for indoor children's games in recent years with urbanization has made it necessary to consider universal design principles in these spaces. Features Playgrounds in the shopping mall are used extensively. Both the routes from the entrance to the shopping mall to the children's playground and the areas reserved for circulation in the playground should be arranged in a way that allows children to pass safely. In the general circulation of the shopping mall, the entrances and exits to the playground and the location of the playground within the shopping mall and its proximity to the WCs should be accessible. Stairs that provide horizontal and vertical circulation on the specified routes should allow safe use of children in both material and dimensional aspects in elevators and corridors. In addition to the general circulation areas, it is very important to safely design the circulation areas in the playground. The

materials used on the floor should be soft, non-slip and easy to clean, as well as the dimensions of the circulation areas and the safe passages between the equipment.

Interiors designed with a universal design approach should allow individuals of all ages, sizes and abilities to access, provide ease of use and allow them to live independently in these places, especially in their own homes throughout their lives, and enable healthy, safe participation in social activities around them. When it comes to universal design, all physical and psycho-social needs of individuals should be taken into consideration. In this context, we should consider the concept of universal design not only for the disabled but also for elderly and child users. We see that most of today's lifestyle has evolved into urban life. As a result, our children, who are our most valuable assets, are not spending time on the streets but spending time in customized children's playgrounds that are considered safer and healthier. Although children's playgrounds appear as large and small urban parks outdoors; we also come across many children's playgrounds indoors. One of the most common of these is the children's playgrounds in the shopping malls. Within the scope of this study, the extent to which these areas in almost every shopping mall in different circulation typologies meet the universal design criteria in terms of circulation characteristics has been investigated and a detailed examination has been made on Forum Istanbul Shopping Center FUNLAB children's playground.

Keywords: Universal design, child user, children playgrounds, circulation areas, shopping centers.

1. Giriş

Özellikle son yıllarda sıkça duyulan evrensel tasarım yaklaşımı tasarım uygulamalarını değiştirmekte ve sonuç olarak, yapılandırılmış çevrenin verimliliği ve üretkenliği arttıkça, güvenli ve sağlıklı yaşam koşulları da artmaktadır. (Demirkan, 2015). Cinsiyet, yaş, kültür farklılığı, bedensel durum farklılığı gözetmeden herkesin farklı ihtiyaçlarını karşılayan tasarım anlayışı olan evrensel tasarım; herkes tarafından kolay anlaşılabilen, kolay kullanılan, kullanımda seçenekler sunan, kimseye ayrı ve özel çözüm üretmeden tasarımlar yapmayı amaçlamıştır (Duman, 2017). Bu bağlamda ortaya çıkmış olan evrensel tasarım prensipleri tasarımlara yansıtılmaya başlamıştır.

Olguntürk (2007)'e göre, evrensel tasarım herkese uyum sağlayabilen, algılanabilen, güvenli ve konforlu yaşam alanları oluşturmayı hedeflemelidir. Tasarımlar herkes tarafından eşitlikçi bir yaklaşımla en geniş ölçekte kullanılabilir olmalıdır. Uslu ve Güneş (2017)'in de belirttiği gibi evrensel tasarımın en önemli özelliği eşit olanak imkânını herkese sunuyor olmasıdır. Engelli, yaşlı, çocuk, şişman, hamile kısa boylu ya da uzun boylu fark etmeksizin tüm kullanıcılara yönelik tasarımlar yapılmalıdır.

Evrensel tasarım prensipleri sadece engelli kullanıcılar için değil farklı fiziksel ve psiko-sosyal kullanıcı gereksinimlerine ihtiyaç duyan yaşlı ve çocuk kullanıcılar için de oldukça önemlidir. Özellikle çocuk kullanıcıların belli yaş aralıklarında farklı fiziksel yetilere sahip olmaları, onlar için oluşturulan çocuk oyun mekânlarının tasarlanmasında evrensel tasarım ilkelerinin daha önemli olmasına sebep olmaktadır. Çevremizde gördüğümüz çocuk oyun mekânları dış mekânlarda farklı ölçekteki kent parkları iken; iç mekân çocuk oyun alanlarından en yoğun kullanılanları AVM içinde bulunan çocuk oyun alanlarıdır. Çeşitli yaş gruplarındaki çocuk kullanıcıların aynı mekânda vakit geçirmesi için kurgulanan bu mekânlar çocukların güvenliği için belli kriterleri asgaride karşılamalıdır. AVM içi çocuk oyun alanlarında güvenlik açısından en hassas olan alanlardan biri gerek AVM genelindeki gerekse çocuk oyun alanlarındaki sirkülasyon alanlarıdır. Bu bağlamda AVM'ler tipolojik olarak sirkülasyon düzenlerine göre sınıflandırıldığında en karmaşık sirkülasyon sistemi olan dallanma tipi sirkülasyon ağına sahip AVM'lerden biri olan Forum İstanbul AVM içindeki FUNLAB çocuk oyun alanı sirkülasyon özellikleri evrensel tasarım ölçütleri açısından incelenecektir.

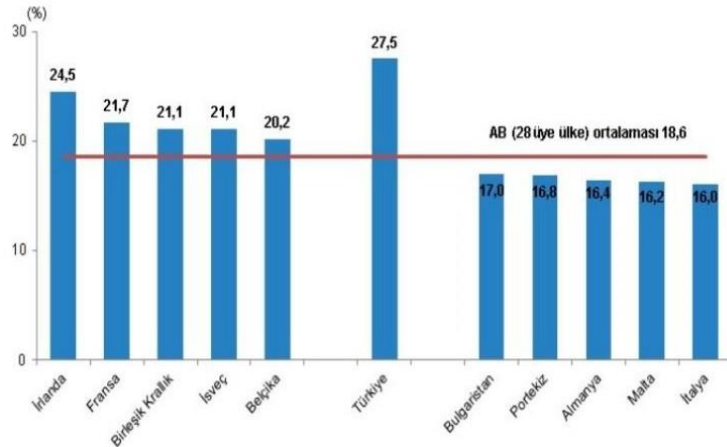
2. Evrensel Tasarım

En basit tanımıyla Evrensel tasarım, mümkün olduğunca çok kişi tarafından kullanılabilen ürünler, yapılar veya ortamlar tasarımıdır (Bayraktaroğlu ve Büke, 2015). Tanımdan da anlaşılacağı üzere evrensel tasarım prensipleri göz önünde bulundurularak tasarlanan her türlü mekân, ürün ve yapı, çeşitli kullanıcı tipinin yardım almadan kullanacakları şekilde üretilmelidir. Yani sadece belli özellikleri taşıyan bireyler için değil herkes için uygun olmalıdır. Bu bağlamda 1997 yılında Kuzey Karolina Tasarım Okulu tarafından 7 temel evrensel tasarım prensibi tanımlanmıştır. Bu prensipler şu şekildedir (NARIC, 2008):

- Eşitlikçi kullanım: Tasarım, farklı yeteneklere sahip insanlar için kullanılabilir olmalıdır.
- Kullanım esnekliği: Tasarım, kişisel tercihlere ve farklı yeteneklere uyum sağlayabilmelidir.
- Basit ve sezgisel kullanım: Kullanıcının deneyimi, bilişsel seviyesi, dil becerileri veya o an odak noktası ne olursa olsun, tasarımın anlaşılması kolay olmalıdır.
- Algısal bilgi: Çevresel koşullar ve kullanıcının duyuşsal yeteneklerinden bağımsız olarak tasarım, gerekli bilgilerin iletilmesini sağlamalıdır.
- Hata toleransı: Tasarım, istenmeyen sonuçlar olasılığını ve kaza sonucu eylemler ve kaza riskini en aza indirmelidir.
- Düşük fiziksel çaba: Tasarımın kullanımı rahat ve etkili olmalı ve mümkün olduğunca az kişisel çaba olmalıdır.
- Yaklaşım ve kullanım için alan ve büyüklük/ölçü: Kullanıcının vücudu, duruşu veya hareketliliğinden bağımsız olarak tasarım, erişim, ulaşım ve yönetim için uygun bir alana ve boyuta sahip olmalıdır.

Evrensel tasarım her ülkede değişik kavramlarla ifade ediliyor olsa da tüm kullanılan kavramların anlam olarak birbirine yakın olduğunu görmekteyiz. Türkiye’de kapsayıcı tasarım, yaşam boyu tasarım, herkes için tasarım ve evrensel tasarım gibi farklı ifadeler kullanılmaktadır (Tandoğan, 2017). Evrensel tasarıma tarih boyunca baktığımızda ilk olarak 1950’lerde literatüre kazandırıldığını görmekteyiz. Ancak ilk dönemlerinde “engelliler için tasarım” olarak ortaya çıkmıştır. II. Dünya Savaşı’ndan sonra özellikle Japonya ve ABD’de yapılı çevrede fiziksel engelliler için sorunların ortadan kaldırılması için çeşitli yöntemler düşünülmüş ve “engelsiz tasarım” anlayışı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda fazlasıyla engelliler ayrıştırılmış ve özellikle hareket kısıtlamasının ortadan kalkması için ulaşım konusunda iyileştirmeler yapılmaya çalışılmıştır (Dostoğlu vd., 2009).

Evrensel tasarım kavramının temel amacı; temel kullanıcı gereksinimlerinin (fiziksel ve psiko-sosyal kullanıcı gereksinimleri) farklı yaş grubu ve fiziksel yeterliliklere sahip kullanıcı grupları için ayrı ayrı tanımlanması ve her gereksinimi karşılayan kapsayıcı çözümler üretmektir (Akyıldız Hatırnaz, 2019). Kullanıcı tipinden çocuk kullanıcılar toplumsal hayatta en sık rastladığımız kullanıcılar arasındadır. Türkiye İstatistik Kurumu’na (TÜİK), 2019 yılsonu itibarıyla Türkiye nüfusu 83 milyon 154 bin 997 kişi iken bunun 22 milyon 876 bin 798’ini çocuklar oluşturmaktadır. Ayrıca Şekil 1’de de görüldüğü gibi toplam nüfusun yüzdesi olarak Türkiye’nin çocuk nüfusu AB-28 üye ülkelerinin ortalamasının çok üstündedir (TÜİK, 2019). Tüm bu sayısal verilere bakıldığında zaman ülkemizde çocuk kullanıcılar için tasarlanan mekânların üzerinde daha önemle durulması gerektiği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 1. Türkiye ve AB-28 üye ülkelerin çocuk nüfusunun toplam nüfus içindeki oranı, 2019 (TÜİK, 2019).

Milli Eğitim Bakanlığı 2016 yılında 1-12 yaş arası dönemi, çocukluk dönemi olarak tanımlamıştır. Bu dönem fiziksel ve psikolojik özelliklere göre 3 evreye ayırmıştır. Bunlar: Oyun çocukluğu dönemi, okul öncesi dönem ve okul çağı dönemidir. Bu dönemlerin özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Oyun çocukluğu dönemi; buna özerklik, anal veya tuvalet eğitimi dönemi de denir. Çocukların bağımlılıktan kurtulmaya başladığı yaş aralığı 1-3 yaş arasındadır. Bu aşamada çocuğun yürüme ve kavrama gibi motor fonksiyonları gelişir. Kendini, bedenini, yeteneğini ve çevresini anlamaya çalışır. Basit cümlelerle konuşmaya başlar.

- Okul öncesi dönem; 3-6 yaş, bu, sporun ve zekânın en hızlı geliştiği dönemdir. Bu yaşta çocuklar dil gelişimleri nedeniyle doğru kelimeleri konuşup karmaşık cümleler kurabilirler ve resimli kitaplara çok ilgi duyarlar. Akranlarıyla oyun oynamayı sever, merakla öğrenir ve soru sormaya devam ederler.
- Okul çağı dönemi; Çocukların 6-12 yaşları arasında dış dünyaya açık oldukları ve sosyal çevreye katıldıkları dönemdir. Bu aşamada çocuğun büyüme hızı yavaşlar ve ifadesi el hareketleri ve jestleri ile iyileşir. Bu dönemde öğrenme, başarı ve sorumluluk çözülür ve iyiyi kötüden ayırt etmeye başlarlar. Soyut fikirleri kavramaya başlarlar.

3. Evrensel Tasarım ve Çocuk Oyun Alanları

Çocuk oyun alanlarının evrensel tasarım ilkelerine göre düzenlenmesi sadece fiziksel ve zihinsel beceriler açısından değil, yaş grupları ve kültürel özellikler açısından da farklılık göstermektedir. Farklı ihtiyaçları olan tüm çocukların bu alanlardan eşit olarak yararlanmaları da önemli ve gereklidir. Bu sebeple çocuk oyun alanları tasarlanırken her özellikteki çocukların güvenliği için düşünülmesi gereken kriterler şöyledir (Uslu ve Shakouri, 2012);

- Zemin kaplaması dayanıklı olmalı,
- Uzun, çok ağır ve çok yüksek öğeler kullanılmamalı,
- Grup oyunu odaklı olmalı,
- Esneklik sağlanmalı,
- Yaşa uygun öğeler içermeli,
- Tercih olanağı verilmeli,
- Her çocuğa özel olabilecek aktivite alternatifi verilmelidir.

Çocuk oyun alanlarını dış mekân çocuk oyun alanları ve iç mekân çocuk oyun alanları olarak 2 kategoride inceleyebiliriz. Erdem Kaya (URL-1, 2020)'ya göre dış mekân çocuk oyun alanları: geleneksel oyun alanları, macera oyun alanları, hayali oyun alanları, çağdaş oyun alanları ve orman okulları olarak sınıflandırılmıştır. Çocuk oyun alanları üzerine yapılan araştırmalar çoğaldıkça bu alanların kapsayıcı olarak tasarlanması da önem kazanmaya başlamıştır (URL-1, 2020). Bu bağlamda Harrisonburg, Virginia'da evrensel tasarım yaklaşımı ile tasarlanmış olan çocuk oyun alanı 3 dönümlük arazide Nisan 2010'da açılmıştır (Şekil 2). Oyun alanı, farklı becerilerdeki çocukların kapsayıcı bir çevrede oynamaları ve etkileşim içinde bulunmaları için birçok etkinlik sunmaktadır. Alanda farklı yaş gruplarına hitap eden renkli oyun öğeleri ve engelli çocuklar için tasarlanmış salıncaklar yer almaktadır.



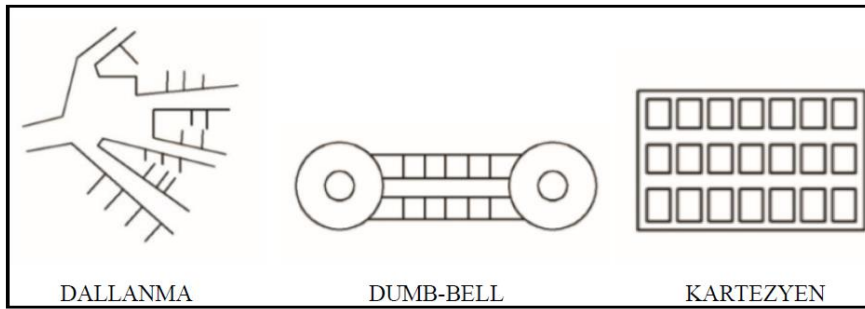
Şekil 2. Evrensel park tasarımı (URL-2, 2020).

Daha önce de bahsedildiği gibi çevremizde gördüğümüz çocuk oyun alanları dış mekânlarda farklı ölçek ve nitelikteki kent parkları, bahçeler iken; iç mekân çocuk oyun alanlarından en yoğun kullanılanları AVM içinde bulunan çocuk oyun alanlarıdır. Çünkü günümüzde artan tüketim olgusu ile şehirlerde yapı türü olarak çok sayıda AVM ile karşılaşılmaktadır ve bu yapıların son yıllarda sadece tüketim amacıyla değil vakit geçirme amacıyla da kullanıldığını gözlemlenmektedir. AVM'leri eğlenme amacıyla kullanan bireylerin azımsanmayacak bir kısmı da şüphesiz çocuklardır. Gerek sinema, tiyatro gibi aktivitelerin yanında özellikle AVM içinde bulunan oyun ve

eğlence merkezleri için çok sayıda çocuk kullanıcı AVM'leri ziyaret etmektedir. Bu sebeple AVM içi çocuk oyun alanları tasarlanırken, her yaş, cinsiyet ve fiziksel yetideki çocuğun güvenli bir şekilde vakit geçirebileceği şekilde olmasına özen gösterilmelidir.

AVM'lerin çocuklar için güvenliğini tartışırken şüphesiz en önemli konulardan biri sirkülasyon alanlarıdır. Genel olarak dolaşım halinde olunan bu mekânlarda yetişkinlerin olduğu kadar çocuklarında güvenli bir şekilde bir mekândan diğerine gitmesi sağlanmalıdır. Özellikle çocuklar için tasarlanan mekanlar olan çocuk oyun alanlarında ise sirkülasyon güvenliği birincil öncelik olmalıdır.

AVM'ler sirkülasyon tipolojilerine göre dallanma, dumb-bell ve kartezyen olarak 3 kategoride incelenmektedir (Verdil, 2007). Şekil 3'te de görüldüğü gibi dumb-bell (halter) ve Kartezyen tipi AVM lerde sirkülasyon akışı daha düzenli olup özellikle yönlendirme açısından daha avantajlıdır. Ancak dallanma tipi sirkülasyon ağına sahip AVM'lerde sirkülasyon ve yönlendirme çözümleri daha önemli hale gelmektedir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında dallanma tipine ait bir AVM ve çocuk oyun alanı ele alınacaktır.

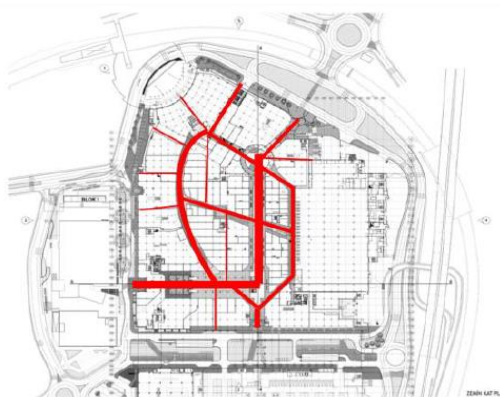


Şekil 3. Sirkülasyon şekline göre AVM tipolojileri (Verdil, 2007).

4. Avm Tipolojilerine Göre Çocuk Oyun Alanlarındaki Sirkülasyonun Evrensellik Ölçütleri Açısından İncelenmesi

Çalışma kapsamında incelenecek olan dallanma tipi sirkülasyon ağına sahip AVM Forum İstanbul Alışveriş merkezi ve içinde bulunan FUNLAB oyun alanıdır (Şekil 4). AVM içinde bulunan çocuk oyun alanının AVM genelindeki ve kendi iç mekânındaki sirkülasyon özelliklerinin malzeme, boyut, konum, yönlendirme konusunda daha önceki bölümlerde de ortaya konan ve Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Formu'nun (2017) bina içi yatay ve dikey dolaşım kriterleri evrensellik ölçütleri açısından incelenecektir:

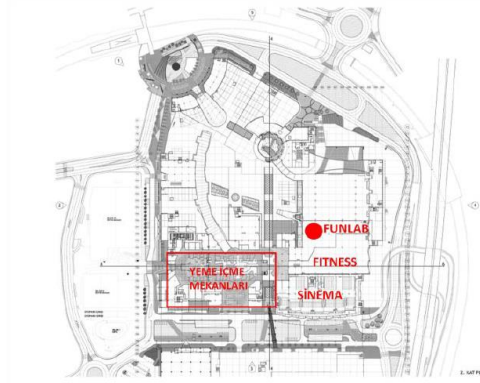
- Çocuk oyun alanının AVM genel sirkülasyonuna göre incelenmesi;
 - Oyun alanının konumu: giriş ve çıkışlar, çevresindeki mağazalar, tuvaletlere yakınlığı
 - Oyun alanına ulaşımında kullanılan yatay ve dikey sirkülasyon elemanlarının özellikleri: malzeme ve boyut özellikleri
- Çocuk oyun alanlarının iç mekân sirkülasyonuna göre incelenmesi;
 - Oyun alanı iç dolaşım sirkülasyon elemanlarının özellikleri: malzeme ve boyut özellikleri



Şekil 4. Forum İstanbul Alışveriş Merkezi sirkülasyon şeması (URL-3, 2020).

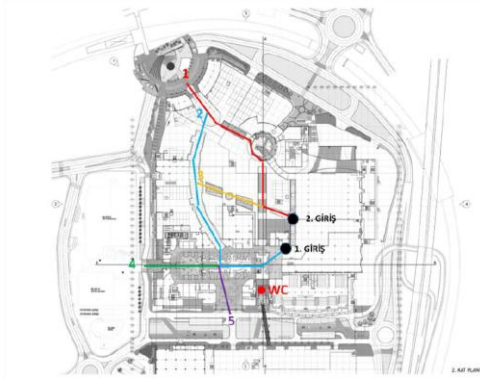
4.1 Çocuk oyun alanının AVM genel sirkülasyonuna göre incelenmesi

Oyun alanının konumu (giriş ve çıkışlar, çevresindeki mağazalar, tuvaletlere yakınlığı): 2 katlı olan AVM’de FUNLAB çocuk oyun alanı AVM’nin en üst katı olan 2. katta bulunmaktadır. Büyük bir kısmı yeme içme mekânlarına ayrılmış olan bu katta; oyun alanının hemen yanında bir fitness merkezi ve sinema da bulunmaktadır. Genel olarak çocukların yoğunlukla bulunduğu katlardan biri olarak oyun alanının bu katta bulunması doğal bir yönlendirme sağlayacağından uygun bulunmuştur (Şekil 5).



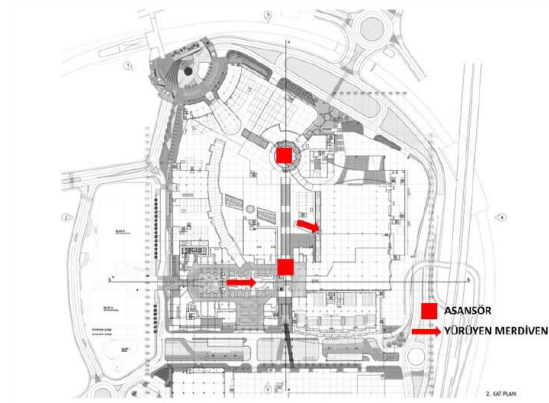
Şekil 5. FUNLAB oyun alanı katı (URL-3, 2020).

Oyun alanının 2 adet girişi bulunmakta ve bu girişlere ait 5 farklı rota gözlemlenmektedir. 1. Giriş kapısı 2. Kattan düzayak girilirken; 2. Giriş kapısı 1. Kattan direkt bağlayan bir yürüyen merdiven bulunmaktadır. Bu bağlamda 1. Giriş ebeveyn kontrolü gerektirmeden çocukların alana girişi için uygunken; 2. Girişe sadece yürüyen merdivenler ile ulaşılması ebeveyn kontrolü olmadan oyun alanını girişi zorlaştırmıştır. Oyun alanı 2. Katta bulunan tuvalet alanına yeterli uzaklıkta bulunmaktadır, ayrıca alan içinde bir tuvalet alanına ihtiyaç duyulmamıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Oyun alanına ulaşım rotaları ve wc lerin konumu (URL-3, 2020).

Oyun alanına ulaşımında kullanılan yatay ve düşey sirkülasyon elemanlarının özellikleri (malzeme ve boyut özellikleri): Şekil 7’de de görüldüğü gibi AVM içerisinde oyun alanına giden rotalar üzerinde 2 adet asansör alanı (2’şer kabinli) ve 2 adet yürüyen merdiven bulunmaktadır. Dikey sirkülasyon elemanlarının yanı sıra kullanılan koridor ve meydanlarda zeminde kaygan olmayan malzemeler kullanılmış ve yeterli genişlik sağlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 7. Dikey sirkülasyon elemanları ve konumu (URL-3, 2020).



Şekil 8. Koridor, asansör ve yürüyen merdivenler (Duman, 2017).

4.2 Çocuk Oyun Alanının İç Mekan Sirkülasyonuna Göre İncelenmesi

Oyun alanı iç dolaşım sirkülasyon elemanlarının özellikleri (malzeme ve boyut özellikleri): Forum İstanbul AVM içerisinde bulunan FUNLAB oyun alanı MEB'in tanımladığı 1-12 yaş arasındaki çocuk kullanıcıların hepsine uygun ekipmanları barındırmaktadır. Bu sebeple farklı yaş aralığı ve buna bağlı olarak farklı fiziksel yeterliliklere sahip çocukların aynı mekânda güvenli bir şekilde vakit geçirmeleri sağlanmalıdır. Oyun alanı içerisinde gerek ana dolaşım aksı, gerekse ekipmanlar arası geçiş oldukça önem kazanmaktadır. Dolaşım aksında kullanılan malzemelerden, aks boyutlarına kadar her şeyin düşünülmüş olması gerekmektedir. Şekil 9'da oyun alanına ait fotoğraflardan da anlaşılacağı üzere sirkülasyon alanlarında yumuşak, kolay temizlenebilir ve kayman özellikte PVC döşeme kaplama malzemesi kullanılmıştır. Ana sirkülasyon aksları ve ekipmanlar arası mesafe ise yeterli seviyede tutularak çocukların güvenli bir şekilde dolaşmalarına imkan tanınmıştır.



Şekil 9. FUNLAB oyun alanı iç mekan görüntüleri (URL-4, 2020).

5. Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda sıkça gündeme gelen ve tasarımın ayrılmaz bir parçası olan evrensel tasarım kavramı, farklı cinsiyet, kültür, yaş ve fiziksel yetideki bireylerin dışarıdan yardım almaksızın fiziksel aktivitelerini gerçekleştirmeleri esasına dayanmaktadır. Yalnız engelli bireyler değil, yaşlılar ve çocuklar da bu kapsamda değerlendirilmeli ve onlara ait mekânlar evrensel tasarım ölçütleri düşünülerek tasarlanmalıdır. Şüphesiz ülkemizde nüfusun önemli bir kısmını 1-12 yaş arası çocuklar oluşturmaktadır. Bu sebeple onlar için tasarlanan mekânların iyi düşünülmüş olması önemli hale gelmiştir. Şehirleşmeyle birlikte son yıllarda iç mekan çocuk oyunlarının tercihinin artması, bu mekanlarda da evrensel tasarım ilkelerinin göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılmıştır. Özellikler AVM içi oyun alanları yoğun olarak kullanılmaktadır.

Gerek AVM'ye girişten çocuk oyun alanına varıncaya kadarki rotalar gerekse oyun alanı içerisinde sirkülasyon için ayrılan alanlar çocukların güvenli bir şekilde geçişlerine imkan sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. AVM genel sirkülasyonunda oyun alanına giden giriş çıkışlar ve rotalar ile oyun alanının AVM içerisindeki konumu ve tuvaletlere yakınlığı ulaşılabilir olmalıdır. Belirlenen rotalar üzerinde yatay ve düşey sirkülasyonu sağlayan merdiven asansör ve koridorlarda hem malzeme hem boyutsal açıdan çocukların güvenli bir şekilde kullanımına olanak sağlamalıdır. Genel sirkülasyon alanlarının yanı sıra oyun alanı içerisinde bulunan sirkülasyon alanlarının da güvenli bir şekilde kurgulanması oldukça önemlidir. Zeminde kullanılan malzemelerin yumuşak, kaymayan ve kolay temizlenebilir olmasının yanında dolaşım alanlarının boyutları ve ekipmanlar arası mesafelerde güvenli geçişleri sağlayacak şekilde olmalıdır.

Kaynaklar

1. Akyıldız Hatırnaz, A. (2019). Ergonomi Çerçevesinde Eşitlikçi Mekân Üretim Yaklaşımı Olarak "Evrensel Tasarım" Kavramı. *Ergonomi*, 2(3), 178-193.

2. **Bayraktaroglu, B. & Büke, A. (2015).** Çocuk Oyun Alanlarının Evrensellik Ölçütleri Açısından İncelenmesi: Fenerbahçe-Pendik Sahil Şeridi Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 371-378.
3. **Demirkan, H. (2015).** *Mekânlarda Erişilebilirlik, Kullanılabilirlik ve Yaşanabilirlik*. Dosya 36, Editör Çerçeve Yazısı.
4. **Dostoğlu, N., Şahin, E. & Taneli, Y. (2009).** *Evrensel Tasarım: Tanımlar, Hedefler, İlkeler*, Mimarlık, 347 s.
5. **Duman, Ü. (2017).** Evrensel Tasarımın Kamusal Yapılarda Engelliler için Önemi: K.K.T.C. İçişleri Bakanlığı Binasının İncelenmesi. Yakın Dogu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, KKTC.
6. **T.C Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı (2017),** *Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Formları*, Ankara.
7. **NARIC (National Rehabilitation Information Center). (2008).** Universal Design: Architecture and Visitability, *Research*, 3(3).
8. **Olguntürk, N. (2007).** Evrensel tasarım: Tüm yaşlar, farklı yetenekler ve çeşitli insanlık durumları için tasarım, *Mimarlar Odası Ankara Şubesi Bülteni* (46), 10.
9. **Uslu, A.D. & Güneş, M. (2017).** Engelsiz kentler-herkes için erişilebilir kentler, *Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırma Dergisi*, E-ISSN: 2602-4322, 1 (2): 30-36.
10. **Uslu A. & Shakouri N. (2012).** Engelli Çocuklara Dost Oyun Alanı Ve Dış Mekân Tasarımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(5), 367-374.
11. **Tandoğan, O. (2017).** Evrensel Tasarım Kavramı: Kentsel Peyzaj İle İlgili Örnekler, *Artium*, 5 (2) , 51-66.
12. **Verdil, A. (2007).** Mekân-davranış ilişkisinin Dönüşümü: Alışveriş Merkezlerinin Mekânsal Dizim Yöntemiyle İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
13. **TÜİK, (2019).** Haber bülteni sayı: 33705, Erişim adresi: <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33705> (Erişim tarihi: 19 Nisan 2020).
14. **URL-1 (2020)** <https://www.plantdergisi.com/doc-dr-meltem-erdem-kaya/bir-peyzaj-kesfi-olarak-cocuk-oyun-alani.html> (Erişim tarihi: 20 Nisan 2020).
15. **URL-2 (2020)** <https://www.special-education-degree.net/30-most-impressive-accessible-and-inclusive-playgrounds/>, (Erişim tarihi: 20 Nisan 2020).
16. **URL-3 (2020)** https://galeri2.arkitera.com/main.php?g2_itemId=20118_ (Erişim tarihi: 21 Nisan 2020).
17. **URL-4 (2020)** http://funlab.com/?sayfa=subelerimiz&id=3_ (Erişim tarihi: 21 Nisan 2020).

ANALYSIS OF CLIMATIC PARAMETERS WITH METEOROLOGICAL DATA OF EAST ANATOLIA REGION OF TURKEY

Ayşe Bicer

Department of Bio Engineering, Malatya Turgut Ozal University, Malatya-Turkey

Abstract

In this study, a 15-years of observation period is examined and modelled by means of using meteorological data and climate parameters such as pressure, temperature, humidity, wind speed, sunshine duration and solar radiation level of 13 provinces in the Eastern Anatolia Region of Turkey. Linear regression analysis was used in modeling climate parameters. With the use of the determined models, it has been determined that i) it can help the studies to be carried out on the effects of climate conditions on the environment and energy, ii) predictions can be made regarding the climate structures of the said provinces for the coming years, iii) solar energy stands out as an alternative energy potential for the cities studied.

Key Words: East Anatolia Region, climatic parameters, meteorological data, energy, temperature

1. Introduction

The need for energy is directly related to climate and weather conditions. It is a need for the climate and meteorology data to be known and analyzed in detail in order to determine the recent and present energy potential and problems of any settlement as much as possible, to carry out studies to improve the potential, as well as to find solutions to problems and to suggest alternatives (Bakirci et al., 2006); (Cobanyildizi & Yuksel, 2013). Climate data can be used in the following scopes: in designing buildings, planning agricultural production, heating houses and industrial areas in cold weather, cooling in hot weather (HVAC systems), solar collectors, solar cells, greenhouses, power plants and cooling towers, are dependent on weather variables like solar radiation, temperature, humidity, wind speed, etc. Global warming, population increase in provinces, green areas, industrialization and lakes or ponds created later lead to changes in climate structures (Bicer, 2019). For this reason, climatic parameters must to be updated over time.

A number of studies have been carried out on the subject and it is possible to divide these studies into two groups. The first group of studies are studies on the climate structures of the region. Some examples of these studies are given below.

Bakirci et al. (2006) conducted energy studies for Erzurum province using meteorological data. Turkey's climate classification structure, was conducted by Turkey State Meteorological Service (TSMS, 2017). Akpınar & Akpınar (2004) investigated the wind energy potential of Elazığ province in their study. Akpınar et al. (2005) investigated the weather conditions and wind power of some provinces in the Eastern Anatolia Region. Akpınar & Akpınar (2010) conducted the modeling study of climatic parameters of Elazığ Province and neighboring provinces. Emiroğlu et al. (1996), Özkan (1996), Sengün (2007) and Tonbul (1986) investigated the effect of Keban Dam Lake on the climate structure of Elazığ in their studies. Bicer (2019) modeled the temperature and humidity parameters of the provinces in the Euphrates Basin using meteorological data. Bicer (2020-a) researched the climate parameters of Tunceli, Bingöl and Mus provinces by means of using the related meteorological data. Bicer (2020-b) carried out the modeling study of temperature and humidity parameters of Malatya province. As similar to these studies, there are also studies carried out on the effects of dam lakes at the climate structures of provinces in different regions. Some of these studies are briefly mentioned below;

Studies on the effect of Atatürk Dam Lake on the climate structures of the Southeastern Anatolia Region were carried out by Bicer & Yıldız (1994), Yeşilata et al. (2004) and Ekici (2008). Bacanlı & Tuğrul (2016) examined the effect of Gökpınar Dam Lake on the climate structure of the provinces of the region. Gyau-Boakye (2001) carried out a study on the effects of Akosombo dam on environmental climate change. Oztürk et al. (2015)

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ayşe Bicer, Department of Bioengineering, Malatya Turgut
Ozal University, 44210, Malatya-Turkey
e-mail: ayse.bicer@ozal.edu.tr

Geliş (Received) : 27.02.2021

Kabul (Accepted) : 08.06.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

examined the climate structure of the Mediterranean Basin. Apaydin et al. (2011) investigated the topographical and geographical effects using certain climate parameters in the Central Anatolia region of Turkey. Bai et al. (2014) investigated the effect of the Three Gorges Dam on the climate structure in the regions near in Japan.

Cobanyılmaz & Yuksel (2013) gave the Ankara example by examining the damages that cities can suffer from climate change. Fujihara et al. (2008) Seyhan River Basin in Turkey studied the effects of climate change on water resources. Geymen & Dirican (2016) analyzed sea level changes due to climate change. Apple et al. (2006) and Sen (2007) developed weather forecast models using meteorological values. Al-Garni et al. (1999) examined the climate structures of the eastern regions of Saudi Arabia and modeled the wind power of the region. Sahin (2007) developed a new formulation for solar radiation and sunshine duration prediction. Degu et al. (2011) investigated the effects of large dams on the climate and rainfall patterns of the surrounding provinces.

In this study, the climate parameters of the provinces Elazığ, Malatya, Bingöl, Tunceli, Erzincan, Erzurum, Kars, Ağrı, Ardahan, Iğdir, Mus, Van and Bitlis in Eastern Anatolia Region of Turkey, (pressure, temperature, humidity, wind speed, sun intensity and sunshine duration), meteorological measurement results were updated and analyzed thus being modelled for 15 years (2006-2020) observation period (TMSD, 2020). Here, the objective is to predict the climate structures of the provinces for the coming years.

2. Geographical Location of the Eastern Anatolia Region

Eastern Anatolia Region of Turkey to the east of the country with a field of 164,000 km² surface area covers 21% (Fig. 1). Turkey ranks first among geographical regions in terms of the size of the square measurement. It covers the largest area in the north-south direction. The lowest point of the region is Iğdir Plain (850m) and its highest point is Ardahan with an altitude of 2200 m (Table 1). The mountains in the region extend in the east-west direction and in three rows. In terms of the diversity of minerals and reserves, Eastern Anatolia region is richest region in Turkey. There are a number of dam lakes built on rivers in the west of the region. Through these dams major part of Turkey's electricity is generated in this region. The reservoirs formed later also affected the climate structure. Table 1 shows the names and locations of important meteorological stations in Eastern Anatolia. Eastern Anatolia region of Turkey has a typical highland climate, often cold in winter, hot in summer and there are significant temperature differences between night and day. In order to make the climatic structures of the cities in the Eastern Anatolia region more conveniently, the region was divided into 3 Zones (Fig. 2). Daily observed parameters at the measurement stations of the provinces in each zone are as follows: pressure, temperature, relative humidity, wind speed, sunshine duration and solar radiation. Measurements were performed by the Turkish Meteorological State Department (TMSD) with conventional meteorological instruments. The Department produces monthly summaries of this data. The data for the present study is obtained from the summaries of 2006 to 2020.



Figure 1. Geographical districts of Turkey ((URL-1, 2021))

Located in the Eastern Anatolia Region of Turkey's, 13 provinces are divided into three zone and climate structures were investigated accordingly. The first zone includes Elazığ, Malatya, Bingöl, Tunceli and Erzincan, the second

zone includes Erzurum, Kars, Agri, Ardahan and Iğdır, and the third zone includes the provinces of Mus, Van, and Bitlis (Fig. 2).

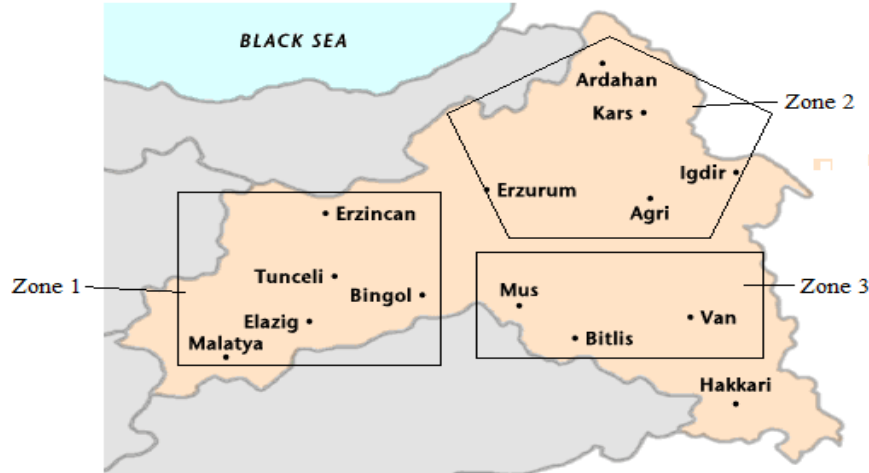
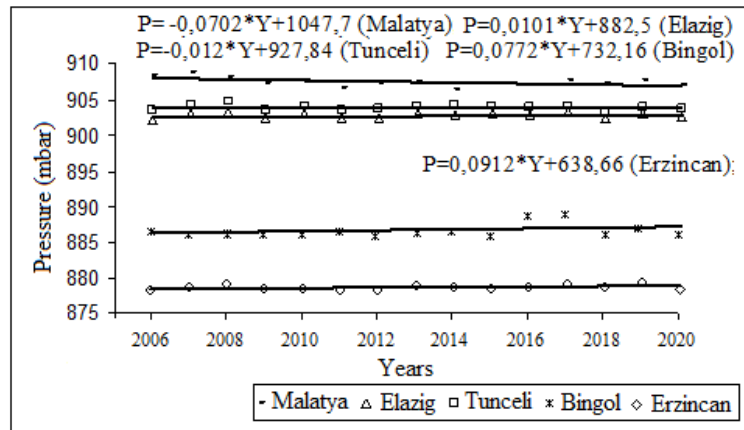


Figure 2. Cities in the Eastern Anatolian Region (URL-2, 2021)

3. Climate Parameters of Region Provinces

3.1. Pressure

The results of pressure parameter measurement obtained during the 15-year observation period (2006-2020) for the provinces of the Eastern Anatolia Region are shown in Figure 3 by years. In this process, the annual average pressure values are in the following range on provincial basis: Malatya 906,3-908,7 mbar, Elazig 902.3-903.3 mbar, Tunceli 903.1-904.6 mbar, Bingol 885.6-888.8 mbar, Erzincan 877.6-878.9 mbar, Erzurum 822.4-824.0 mbar, Kars 819.9-822.6 mbar, Agri 833.6-837.0 mbar, Ardahan 816.5-819.6 mbar, Iğdir 915.9-918.5 mbar, Mus 868.1-870.9 mbar, Bitlis 840.7-841.9 mbar and Van 830.9-832.1 mbar.



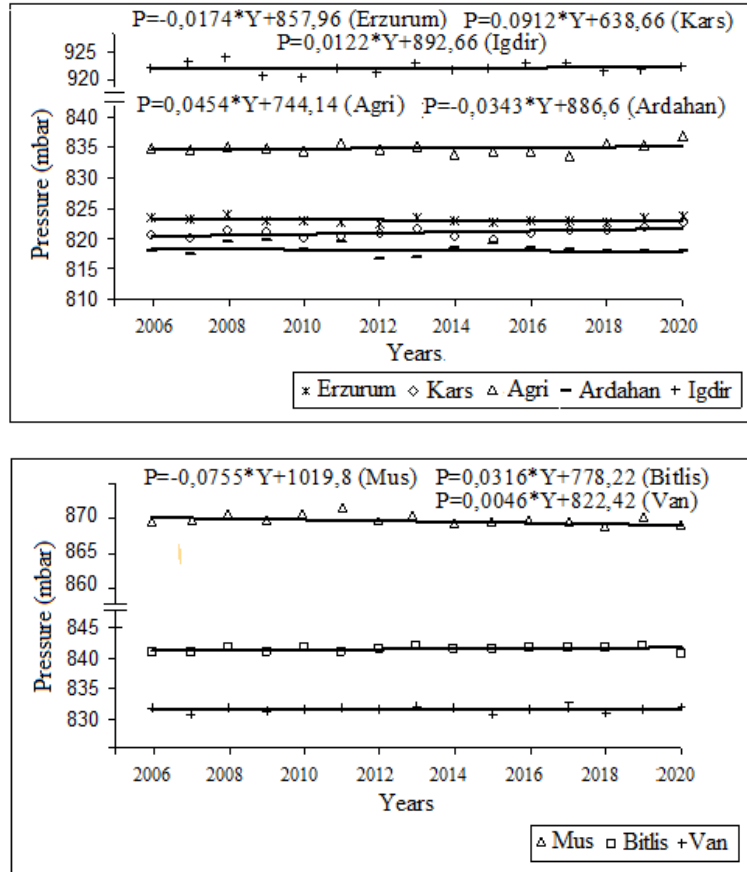
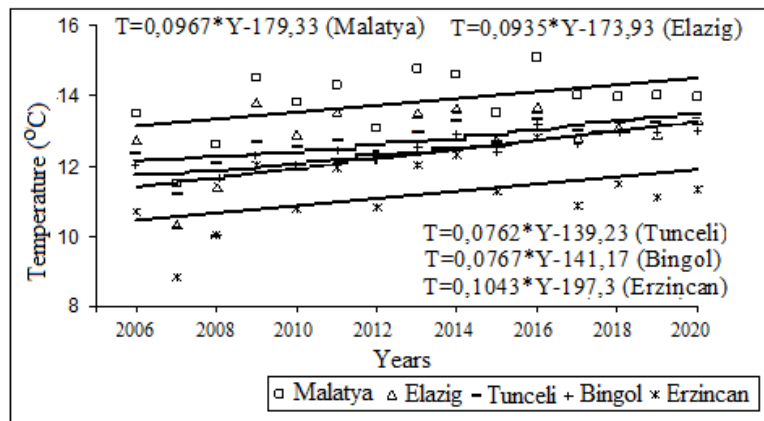


Figure 3. Change of pressure parameters of provinces by years

3.2. Temperature

Annual average temperature parameter in a 15-year observation period (2006-2020) of the provinces of the Eastern Anatolia Region is shown in Figure 4. During the observation process examined, the annual average temperature values were observed in the following range on a provincial basis: Malatya 11.5-15.1 °C, Elazig 10.3-13.8 °C, Tunceli 10.2-14.2 °C, Bingol 9.5-13.5 °C, Erzincan 8.4-12.8 °C, Iğdir 10.0-13.5 °C; Agri 3.6-7.6 °C, Erzurum 2.4-6.3 °C, 2.9-6.3 °C for Kars, Ardahan 1.7-5.4 °C, Mus 6.6-12.0 °C, Bitlis 7.4-10.6 °C, Van 7.6-10.8 °C.



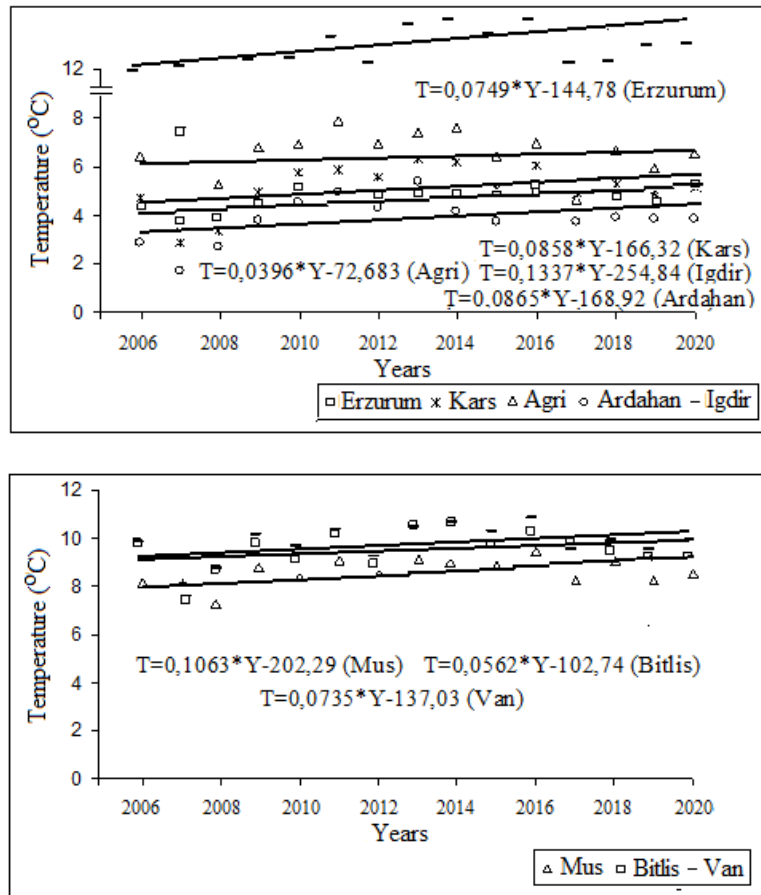
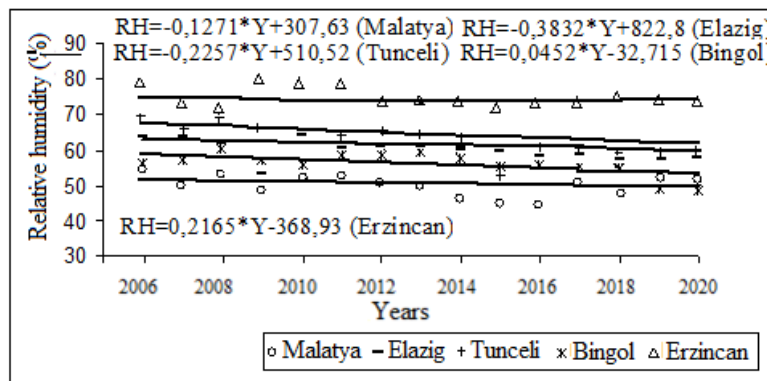


Figure 4. Change of temperature parameters of provinces by years

3.3. Relative Humidity

The relative humidity parameters for the provinces of Eastern Anatolian Region measured within an observation period of 15 years are shown in Figure 5. As can be seen in Figure 5, the annual average relative humidity for the period between 2006-2020 are as follows on provincial basis: Erzincan 59-66%, Tunceli 51-67%, Elazığ 51-63%, Bingöl 50-61%, Malatya 47-59%, Erzurum 61-71%, Kars 69-79%, Agri 61-80%, Ardahan 63-77%, Iğdir 41-58%, Mus 58-68%, Bitlis 61-74%, Van 49-67%.



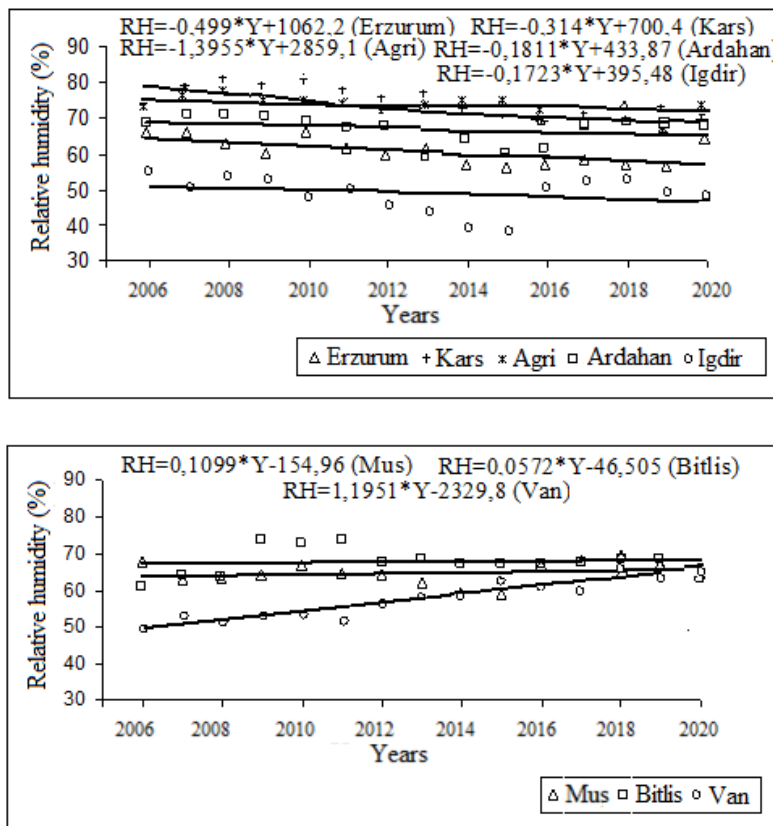
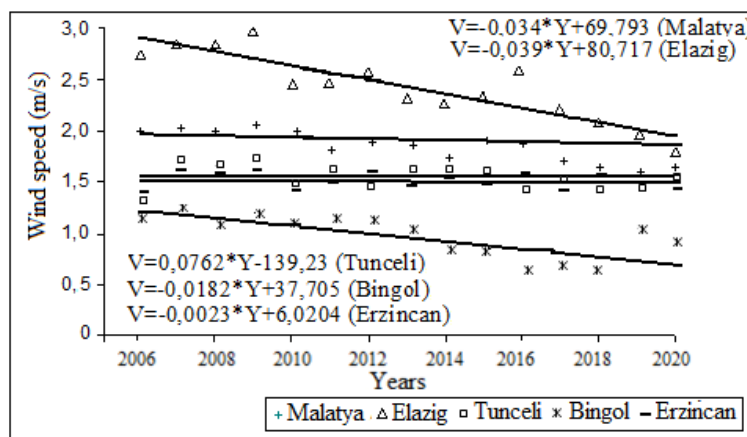


Figure 5. Change of humidity parameters of provinces by years

3.4. Wind Speed

Wind speed is shown in Figure 6 during a 15-year observation period of the provinces of the Eastern Anatolia Region. Wind speeds in the region are as follows on provincial basis: Elazığ 2.3-3.0 m/s; Malatya 1.6-2.1 m/s; Erzincan 1.4-1.6 m/s; Tunceli 1.1-1.3 m/s; Bingöl 0.8-1.5 m/s; Erzurum 2.4-3.2 m/s; Kars 2.2-2.9 m/s; Ardahan 1.7-2.1 m/s; Agri 0.9-1.9 m/s; Iğdir 1.0-1.6 m/s, Mus 0.9-1.5 m/s, Bitlis 1.4-2.5 m/s and Van 2.2-2.9 m/s



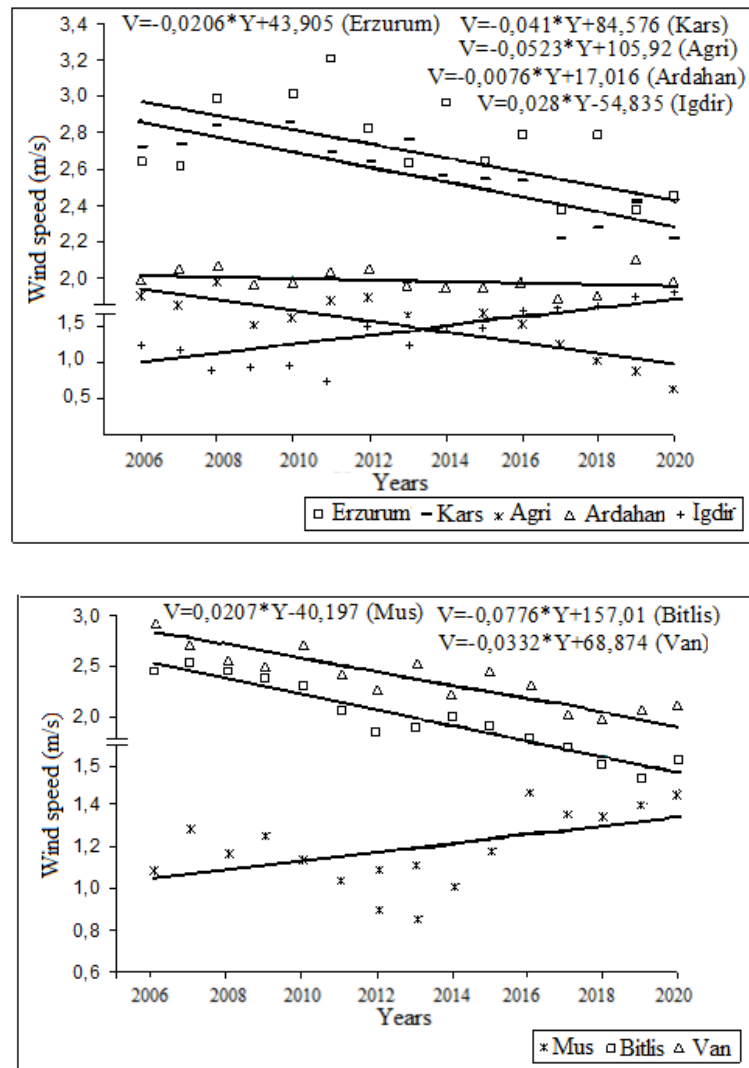


Figure 6. Change of wind speed parameters of provinces by years

3.5. Sunshine Duration

The variation of average sunshine duration during a 15-year observation period for the provinces of the Eastern Anatolia Region is shown in Figure 7. If the figure is examined, the average sunshine duration of the provinces in the region is as follows: Malatya 7.2-8.4 h, Elazığ 7.2-8.2 h, Tunceli 6.9-7.9 h, Bingöl 6.2-7.5 h, Erzincan 5.0-6.7 h, Iğdir 5.7-7.1 h, Kars 5.7-7.0 h, Agri 5.7-6.9 h, Erzurum 6.1-6.8 h, Van 7.8-8.9 h, Mus 6.3-8.3 h, Bitlis 5.0-6.3 h.

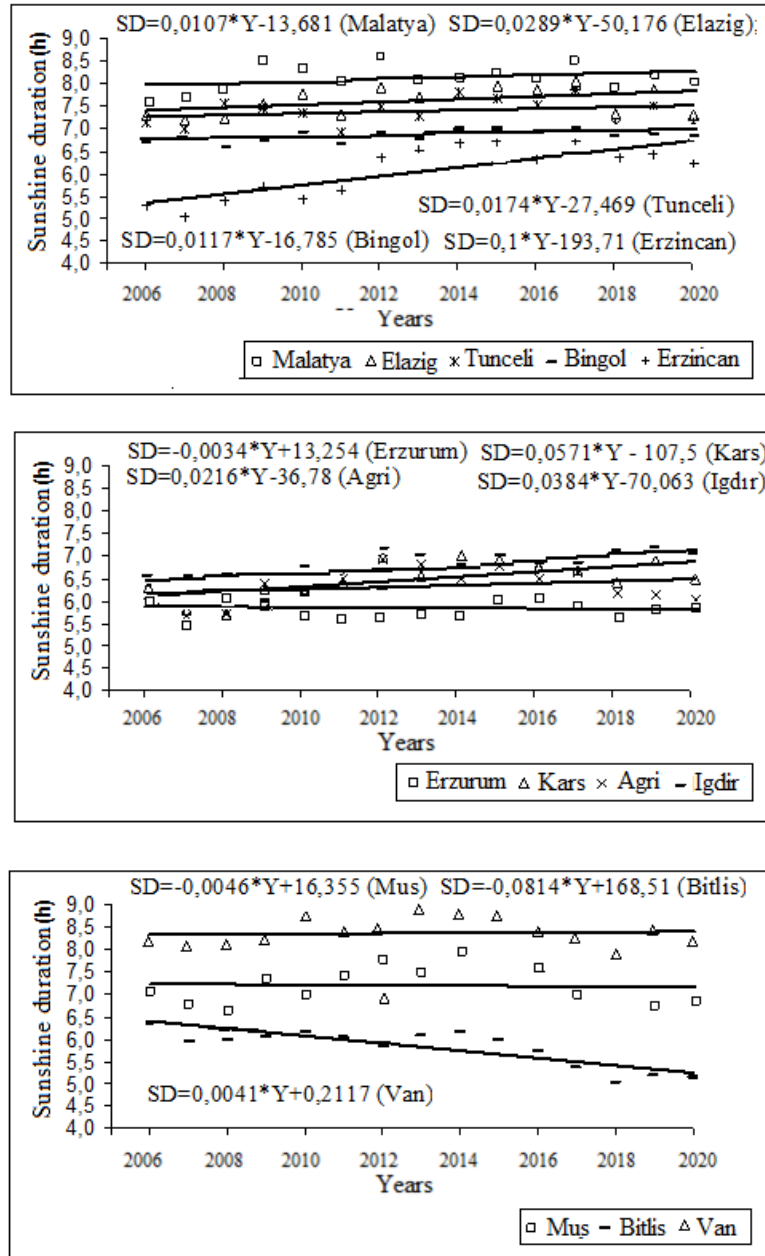


Figure 7. Change of sunshine duration parameters of provinces by years

3.6. Solar Radiation

The average annual solar radiation variation during a 15-year observation period for the provinces of the Eastern Anatolia Region is shown in Figure 8. If the figure is examined, the sunshine duration variation of the provinces in the region is as follows:

Tunceli 366.45-407.98 cal/cm², Malatya 344,31-396,29 cal/cm², Elazig 350.57-378.33 cal/cm², Bingol 345.46-383.77 cal/cm², Erzincan 289.24-381.43 cal/cm², Erzurum 331.73-410.08 cal/cm², Kars 325.02-374.51 cal/cm², Igdır 320.36-367.95 cal/cm², Agri 284.82-368.86 cal/cm², Van 420.01-469.44 cal/cm², Bitlis 303.12-358.16 cal/cm², Mus 284.02-372.63 cal/cm².

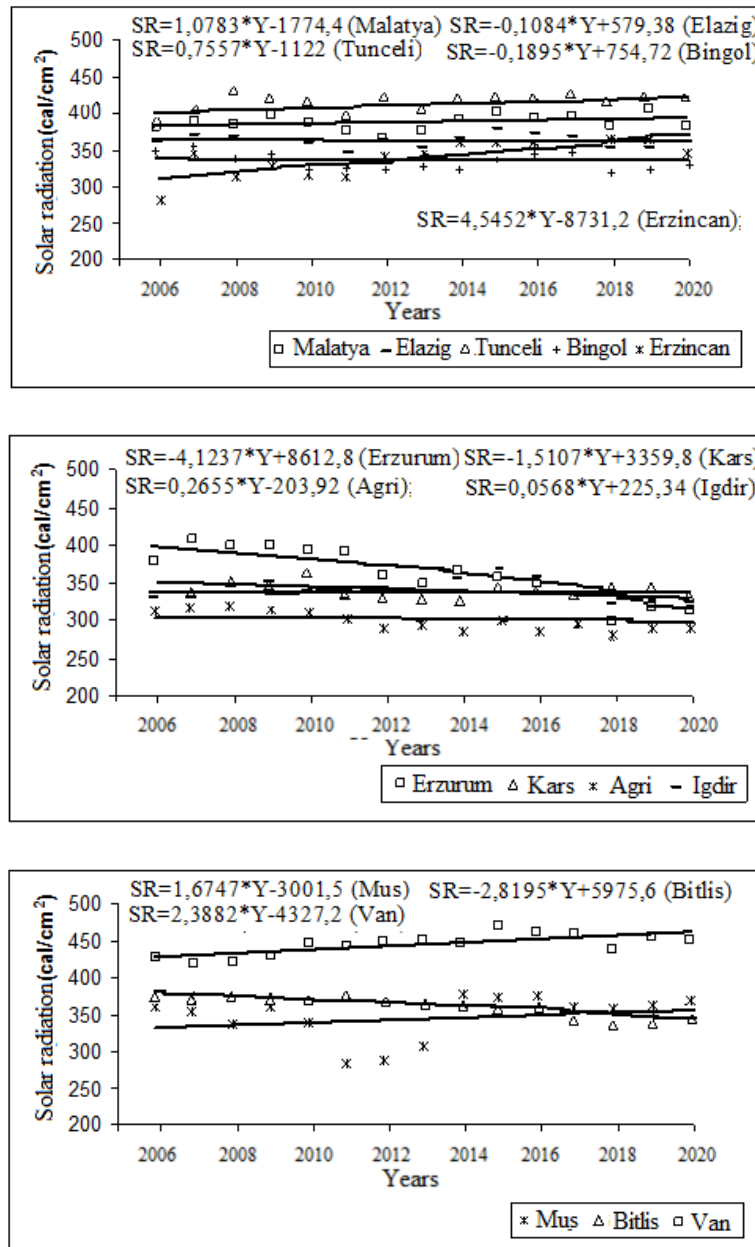


Figure 8. Change of solar radiation parameters of provinces by years

4. Results and Discussions

Examining the Figure 3, it can be seen that the change of annual average pressure values for the observation period determined in all of the provinces examined remains almost constant. The province with the highest pressure value in the region is Iğdir (915.9-918.5 mbar) and the smallest is Ardahan (816.5-819.6 mbar).

As can be seen in Figure 4, it is seen that the slopes of the curves consisting of annual average temperature values are increasing, albeit very small. Especially the dams and lake fields (Keban Dam reservoir area and Karakaya Dam and lake area) established on the Fırat River affected the climate of Elazığ, Malatya, Bingöl and Tunceli provinces, causing the temperature parameter to rise significantly in winter and cool slightly in summer. Iğdir province is the smallest city in the region and its climate is close to the Mediterranean climate. Therefore, the annual average temperature values are high. There is a slight increase in the average temperatures of the other cities studied. It can be said that the reason for this increase is due to the global warming of the world under the

greenhouse effect. The province with the highest annual temperature averages in the region was determined to be as Malatya (11.5-15.1 °C), and the smallest one Ardahan (1.7-5.4 °C).

Examining Figure 5, the temperature increase caused by the dam lakes especially in the provinces in the 1st zone caused the annual relative humidity averages to decrease slightly in the winter season and increase in the summer season. In brief, as the annual average temperature values of the provinces increase, the annual average relative humidity rates decrease. The province with the highest annual humidity averages in the region was determined as Kars (69-79%) and the smallest as Iğdir (41-58%).

As can be seen in Figure 6, the region is not strong in terms of wind speed. The province with the highest annual wind speed averages in the region was determined as Erzurum (2.4-3.2 m/s) and the smallest was Bingöl (0.8-1.5 m/s). It has been determined that wind power is almost negligible in provinces of Tunceli, Bingöl, Ağrı, Iğdir and Mus. In Erzurum, Kars (2.2-2.9 m/s), Elazığ (2.3-3.0 m/s), and Van (2.2-2.9 m/s), it has been determined that it can be used for pumping water and for meeting the electricity needs of small businesses.

Examining Figure 7, it can be seen that Eastern Anatolia Region provinces are quite suitable for solar energy applications in terms of sunshine duration, especially Tunceli, Malatya, Elazığ, Van and Mus provinces. The province with the longest sunshine duration in the region is Van (7.8-8.9 h) and the shortest one is Bitlis (5.0-6.3 h). As the sunshine duration time increases, the temperature increases, as well. Temperature values are high due to the long insolation period in summer. Again, the fact that the highest temperatures during the day are not exactly at noon but a few hours in the afternoon is related to the sunshine duration time. At night, on the other hand, cooling is observed as no energy is taken from the sun. Therefore, the coldest moment of the day is the moment before sunrise in the morning.

In the provinces of the Eastern Anatolia Region, the solar radiation was highest in Van, Tunceli, Malatya and Elazığ, but it was found to be high in all provinces (Fig. 8). When the 15-year average values of insolation intensity were calculated, it was determined that Van province (420.01-469.44 cal/cm²) had the highest value and Ağrı province (284.82-368.86 cal/cm²) had the lowest average value.

The monthly and annual air parameters change of the regional provinces are shown in Figure 9, Figure 10 and Figure 11. In the provinces, sunshine duration and solar radiation as well as wind speed values has the minimum in winter and maximum values in summer. It shows an increasing trend from spring to summer, and a decreasing trend from autumn to winter.

The main sources of income in the Eastern Anatolia Region are agriculture and animal husbandry. A number of agricultural products are grown in this region. Most of these products, which are consumed fresh during the production period, are dried. With the development of the ready-made food production industry, the demand for dried products is increasing day by day. Due to the potential of the region for solar energy, it is possible to use renewable energy sources such as the sun as an energy source in dryers designed to dry agricultural products in closed systems. In addition, it will be possible to use solar energy for heating water, houses and greenhouses. Solar energy can be used to obtain the necessary cooling for both air conditioning and the preservation of products such as foodstuffs and medicines without deterioration.

The models of climate parameters of the studied provinces were determined on the computer together with linear regression correlations in Excel and are shown collectively in Table 2. With these models, it will be possible to predict the climate parameters of these provinces in the coming years and to determine the effects of these predicted weather conditions on the environment.

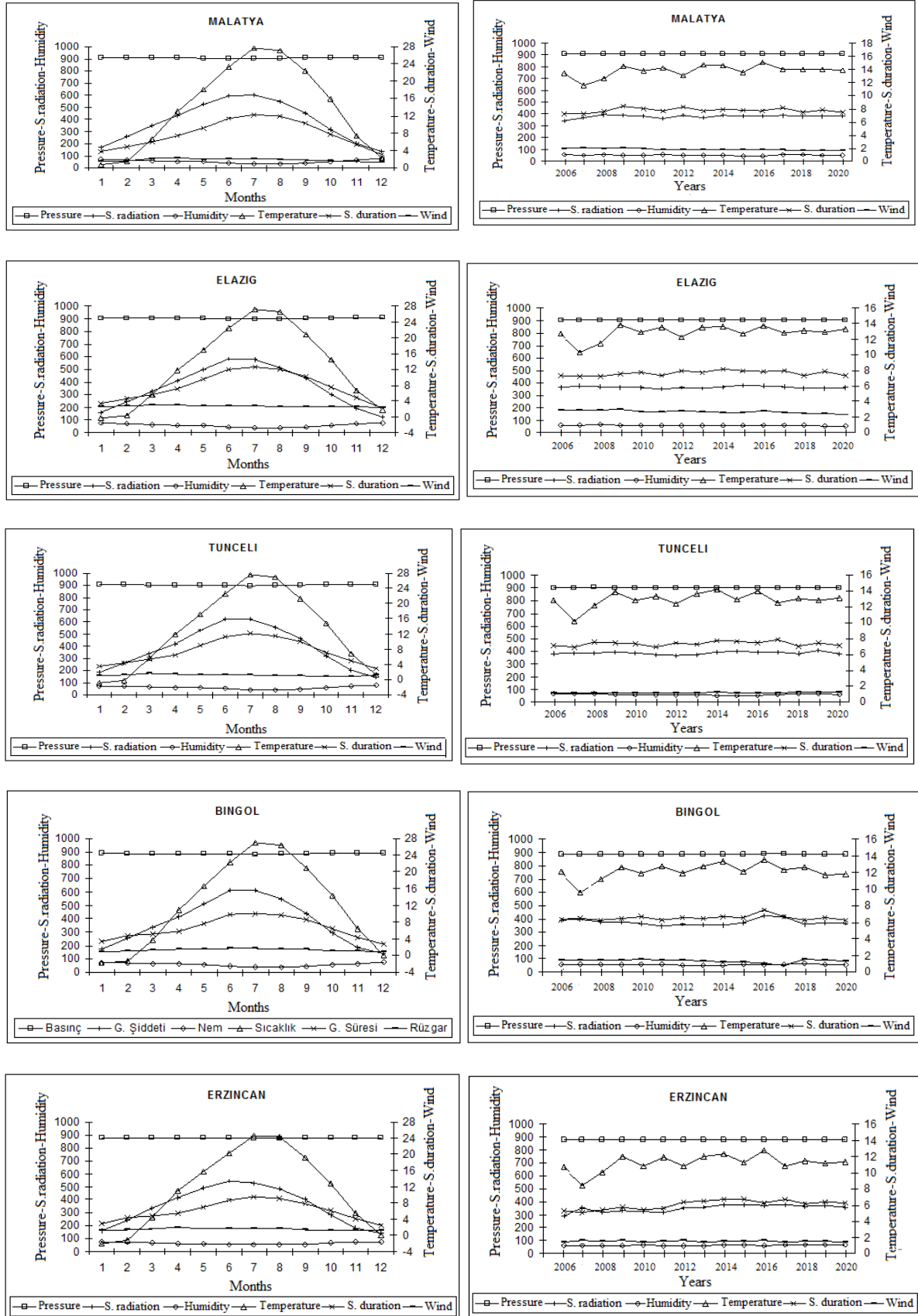


Figure 9. Monthly and yearly change of weather parameters of province in Zone-1

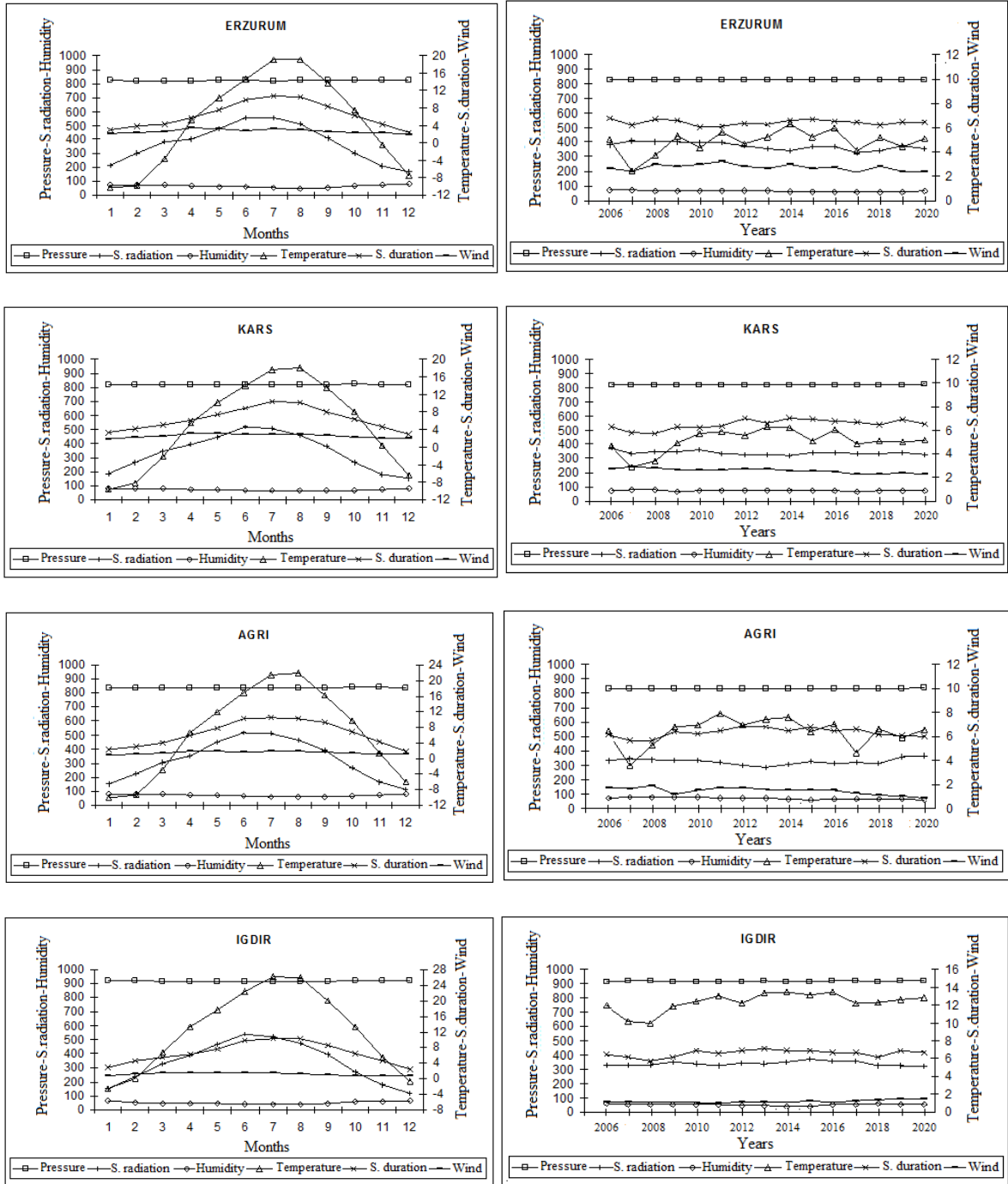


Figure 10. Monthly and yearly change of weather parameters of province in Zone-2

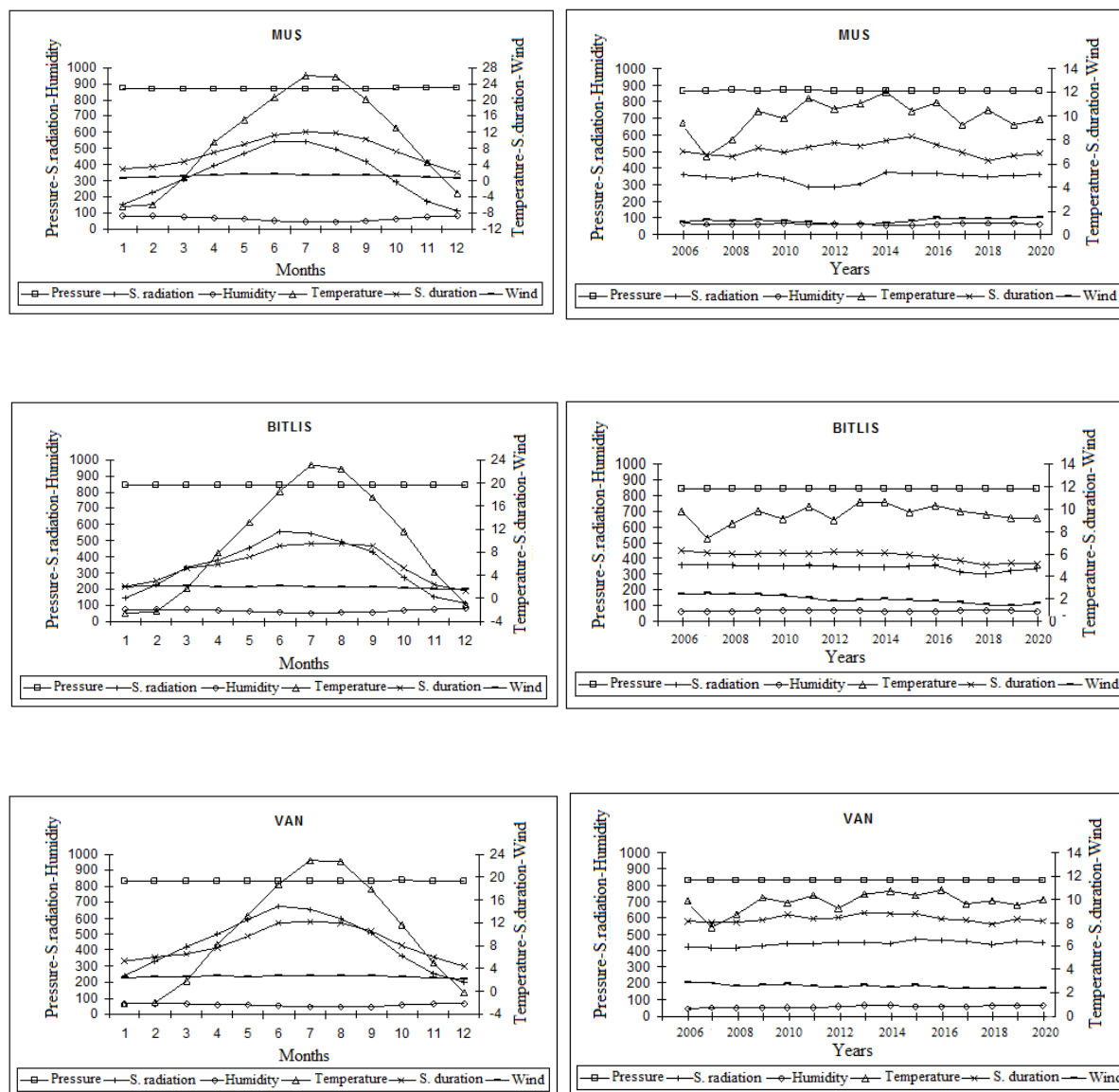


Figure 11. Monthly and yearly change of weather parameters of province in Zona-3

Table 2. Regression equations of climate parameters of provinces

Climate parameters						
City	Pressure	Temperature	Relative humidity	Wind speed	Sunshine duration	Solar radiation
Zone1						
Malatya	$P=-0,07*Y+105$ $R^2=0,9472$	$T=0,097*Y-179$ $R^2=0,4641$	$RH=0,127*Y+307,63$ $R^2=0,4456$	$V=0,034*Y+69$ $R^2=0,3936$	$SD=0,0107*Y-13,681$ $R^2=0,4142$	$SR=1,078*Y-177$ $R^2=0,7538$
Elazig	$P=0,01*Y+882$ $R^2=0,9514$	$T=0,094*Y-173$ $R^2=0,3763$	$RH=-0,3832*Y+822,8$ $R^2=0,5262$	$V=0,039*Y+80$ $R^2=0,4041$	$SD=0,0289*Y-50,176$ $R^2=0,4238$	$SR=-0,11*Y+579$ $R^2=0,7623$
Tunceli	$P=0,011*Y+727$ $R^2=0,9278$	$T=0,073*Y-133$ $R^2=0,2736$	$RH=0,218*Y+485,25$ $R^2=0,5146$	$V=0,073*Y-121$ $R^2=0,4033$	$SD=0,0165*Y-26,458$ $R^2=0,4026$	$SR=0,657*Y-101$ $R^2=0,6738$
Bingol	$P=0,063*Y+62$ $R^2=0,9342$	$T=0,078*Y-128$ $R^2=0,4838$	$RH=0,0425*Y-34,5$ $R^2=0,4631$	$V=0,018*Y+35$ $R^2=0,3928$	$SD=0,0123*Y-18,57$ $R^2=0,3937$	$SR=0,176*Y+744$ $R^2=0,4930$
Erzincan	$P=0,09*Y+638$ $R^2=0,9715$	$T=0,104*Y-197$ $R^2=0,2139$	$RH=0,2165*Y-368,93$ $R^2=0,6141$	$V=0,0023*Y+6$ $R^2=0,4022$	$SD=0,1*Y-193,71$ $R^2=0,3822$	$SR=4,545*Y-873$ $R^2=0,4641$
Zone 2						
Erzurum	$P=-0,017*Y+85$ $R^2=0,9415$	$T=0,074*Y-144$ $R^2=0,3827$	$RH=-0,499*Y+1062,2$ $R^2=0,4827$	$V=-0,02*Y+43$ $R^2=0,2033$	$SD=-0,0034*Y+13,2$ $R^2=0,4140$	$SR=-4,1*Y+8612$ $R^2=0,6836$
Kars	$P=0,09*Y+638$ $R^2=0,9527$	$T=0,086*Y-166$ $R^2=0,2323$	$RH=-0,314*Y+700,4$ $R^2=0,4035$	$V=-0,04*Y+84$ $R^2=0,2326$	$SD=0,0571*Y-107$ $R^2=0,4038$	$SR=-1,5*Y+3359$ $R^2=0,6012$

Agri	$P=0,045*Y+74$ $R^2=0,9478$	$T=0,0396*Y-72$ $R^2=0,1538$	$RH=-1,3955*Y+2859$ $R^2=0,5138$	$V=-0,05*Y+10$ $R^2=0,2138$	$SD=0,0216*Y-36,78$ $R^2=0,4228$	$SR=0,265*Y-203$ $R^2=0,7033$
Ardahan	$P=-0,034*Y+88$ $R^2=0,8777$	$T=0,086*Y-168$ $R^2=0,1827$	$RH=-0,1811*Y+433,8$ $R^2=0,3742$	$V=-0,07*Y+17$ $R^2=0,3926$	-	-
Igdir	$P=0,012*Y+89$ $R^2=0,9515$	$T=0,134*Y-254$ $R^2=0,2033$	$RH=-0,1723*Y+395,4$ $R^2=0,3521$	$V=0,028*Y-54$ $R^2=0,2522$	$SD=0,0384*Y-70,063$ $R^2=0,4023$	$SR=0,057*Y+225$ $R^2=0,7122$
Zone 3						
Mus	$P=0,057*Y+97$ $R^2=0,9617$	$T=0,094*Y-220$ $R^2=0,2039$	$RH=0,0898*Y-145,69$ $R^2=0,4952$	$V=0,024*Y-38$ $R^2=0,2036$	$SD=-0,0046*Y+16,35$ $R^2=0,4631$	$SR=1,54*Y-2002$ $R^2=0,4238$
Bitlis	$P=0,032*Y+78$ $R^2=0,9813$	$T=0,056*Y-102$ $R^2=0,2742$	$RH=0,0572*Y-46,505$ $R^2=0,3846$	$V=0,07*Y+157$ $R^2=0,3926$	$SD=-0,0814*Y+168$ $R^2=0,5150$	$SR=-2,82*Y+597$ $R^2=0,6822$
Van	$P=0,005*Y+82$ $R^2=0,9839$	$T=0,074*Y-137$ $R^2=0,2928$	$RH=1,1951*Y-2329,8$ $R^2=0,4752$	$V=0,033*Y+68$ $R^2=0,2837$	$SD=0,0041*Y+0,2117$ $R^2=0,4542$	$SR=2,388*Y-432$ $R^2=0,7020$

5. Conclusions

In this study, the Eastern Anatolia Region of Turkey's meteorological data available for the 15-year observation period of 13 provinces in the Eastern Anatolia Region of Turkey was used. Accordingly, the climate parameters of the provinces were examined and the following results were obtained by determining the change models.

- ✓ While Malatya province is the warmest region of the entire period, Ardahan city is the coldest region. During this period, Kars province was determined as the one with highest humidity and Igdir province with the least humidity. Highest wind speed values are in Erzurum and the lowest in Bingol and Mus. The pressure is the highest in Igdir and lowest in Ardahan. The highest values of direct sunlight were in Tunceli and the lowest values were in Agri. The insolation duration is the highest in Van and the lowest in Bitlis.
- ✓ Regression models for the thirteen provinces in the 2006-2020 period on the weather data for the Eastern Anatolia region of Turkey is presented. With these models, it will be possible to predict the climate parameters of these provinces in the coming years and to determine the effects of these predicted weather conditions on the environment.
- ✓ Climate parameters are to be updated, both due to the dam lakes created in the region and global warming. This study will surely help update the climatic parameters of the provinces, on which the related studies are carried out.
- ✓ Such meteorological studies will be a guide in the use of renewable energy sources. With this study, solar energy use comes to the forefront when temperature, insolation duration and solar radiation parameters are considered as an alternative energy source for the provinces of the region. Therefore, it will be able to benefit from solar energy as an energy source for hot water production, residential and greenhouse heating, and drying of agricultural products in technical dryers in the region. The wind energy potential of the provinces of the region is almost nonexistent.

Acknowledgement

I would like to take this chance to thank the "General Directorate of State Meteorological Affairs" for their interest and assistance for the provision of meteorological measurement data used in the study.

References

1. Akpınar, E.K. & Akpınar, S. (2004). An Analysis of the Wind Energy Potential of Elazığ. Turkey. *Int. J. Green Energy* 1(2), 193–207.
2. Akpınar, E.K., Bicer, Y., Erdogan, B. & Cetinkaya, F. (2005). Investigation of Weather Conditions and Wind Power of Some Provinces in the Eastern Anatolia Region. *15. Thermal Science and Technology Congress* 7-9 September 2005, Trabzon, Turkey.
3. Akpınar, S. & Akpınar, E.K. (2010). Modeling of Climatic Parameters and Determination of Climatic Differences in the City of Elazığ-Turkey and its Close Regions *Journal of Environmental Protection*, 1: 41-52.
4. Al-Garni, A.Z. & Sahin, A.Z. (1999). A. Modelling of Weather Characteristics and Wind Power in the Eastern Part of Saudi Arabia, *International Journal of Energy Research*, 23, 805-812.

5. Apaydin, H., Anli, A.S. & Ozturk, F. (2011). Evaluation of Topographical and Geographical Effect on some Climatic Parameters in the Central Anatolia Region of Turkey. *International Journal of Climatology*, 31, 1264-1279.
6. Apple, L.S.C., Chow, T.T., Square, K.F.F. & Lin, J.Z. (2006). Generation of a typical meteorological year for Hong Kong. *Energy Conversion and Management*, 47, 87–96.
7. Bacanlı, U.G. & Tugrul, A.T. (2016). A Climate Impact of Dam Lake and Recep Yazicioglu Gokpinar Dam Lake Sample, *Pamukale University Journal of Engineering Sciences*, 22(3), 154-159.
8. Bai, Y., Xu, Z., Zhang, J., Mao, D., Luo, C., He, Y., Liang, G., Lu, B., Bisesi, M.S., Sun, Q., Xu, X., Yang, W. & Liu, Q. (2014). Regional Impact of Climate on Japanese Encephalitis in Areas Located near the Three Gorges Dam. *PLoS ONE*, 9(1), 1-9.
9. Bakirci, K., Ozyurt, O., Yilmaz, M. & Erdogan, S. (2006). Climate and Meteorological Data for Energy Studies in Erzurum Province, *Journal of Plumbing Engineering*, 9(5), 19-26.
10. Bicer, A. (2019). Temperature and Relative Humidity Models of the Region Cities in Firat Basin, Bartın.
11. Bicer, A. (2020-a). Analysis of Climatic Parameters of Tunceli, Bingol and Mus Provinces with Meteorological Data, *International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design*, 2(1), 120-133.
12. Bicer, A. (2020-b). Temperature and Relative Humidity Models of the Malatya City, *MTU Journal of Engineering and Natural Sciences* 1(1), 11-18.
13. Bicer, Y. & Yildiz, C. (1994). Investigation of the Effect of Atatürk Dam Reservoir on Sanliurfa's External Temperature Parameter, 3. *National Refrigeration and Air Conditioning Congress*, 333-340, 4-6 May 1994, Adana, Turkey.
14. TSMS, (2017). Climate Classifications, Turkey State Meteorological Service (TSMS), Research Department, climatological division, 1-16, Ankara, Turkey.
15. Cobanyilmaz, P. & Yuksel, U.D. (2013). Determination of Vulnerability of Cities to Climate Change: The Case of Ankara. *Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science*, 17(3): 39-50.
16. Degu, A.M., Hossain, F., Niyogi, D., Pielke, R., Hephherd, J.M., Voisin, N. & Chronis, T. (2011). The Influence of Large Dams on Surrounding Climate and Precipitation Patterns. *Geophysical Research Letters*, 38(4), 1-7.
17. Ekici, A. (2008). Climate Impacts of GAP on Southeast Anatolia. *MSc Thesis*, Istanbul Technical University, İstanbul, Turkey.
18. Emiroglu, M.E., Ozkan, F. & Ozturk, M. (1996). A Research on the Effect of Keban Dam Reservoir on Elazig Province Climate Conditions, *GAP I. Engineering Congress*, 6-7 May 1996, PP: 167-174, Sanliurfa, Turkey.
19. Fujihara, Y., Tanaka, K., Watanabe, T., Nagan, T. & Kojiri, T. (2008). Assessing the Impacts of Climate Change on the Water Resources of the Seyhan River Basin in Turkey: Use of Dynamically Downscaled Data for Hydrologic Simulations”. *Journal of Hydrology*, 353(1-2), 33-48.
20. Geymen, A. & Diricana, A.Y. (2016). Analyzing Sea Level Change due to Climate Change Using Geographic Information Systems. *Journal of Map Technologies*, 8(1), 65-74.
21. Gyau-Boakye, P. (2001). Environmental Impacts of the Akosombo Dam and Effects of Climate Change on the Lake Levels. *Environment, Development and Sustainability*, 3(1), 17-26.
22. Ozkan, F. (1996). Investigation of the Effect of Keban Dam Lake on the Climate Conditions of Elazig Region, *MSc Thesis*, Firat University, Elazig, Turkey.
23. Ozturk, T., Ceber, Z.P., Turkes, M. & Kurnaz, M.L. (2015). Projections of Climate Change in the Mediterranean Basin by Using Downscaled Global Climate Model Outputs, *International Journal of Climatology*, 35, 4276-4292.
24. Sahin, A.D. (2007). A New Formulation for Solar Irradiation and Sunshine Duration Estimation. *Int. J. Energy Res.* 31(2), 109–118.
25. Sen, Z. (2007). Simple Nonlinear Solar Irradiation Estimation Model. *Renewable Energy*, 32:342–350.
26. Sengun, M.T. (2007). The Effect of Keban Dam on Elazig Climate. *Eastern Anatolia Region Studies*, PP: 116-121.
27. TMSD (2020). Turkish Meteorological State Department, Climatological Service, Ankara, Turkey.
28. Tonbul, S. (1986). Climate Characteristics of Elazig and its Surroundings and the Effects of Keban Dam on the Local Climate. *Geography Congress*, 14-15 April 1986, Elazig, Turkey.
29. URL-1, (2021), <https://www.mapsofworld.com/turkey/geography>, April, 04, 2021
30. URL-2, (2021), <https://www.allaboutturkey.com/eastern-anatolia>, April, 04, 2021
31. Yesilata, B., Bulut, H. & Yesilnacar, M.I. (2004). Investigation of the Change Trend in Temperature and Humidity Parameters Originating from the Reservoir in the GAP Region, *Journal of Plumbing Engineering*, 83, 21-31.

KABUK BÖCEKLERİNE KARŞI KULLANILAN FEROMON TUZAKLARINDA KARŞILAŞILAN HATALAR VE EKSİKLİKLER

Yafes Yıldız^{1*}, Öznur Akyüz Sümbül², Hasan Hüseyin Hayat², İlkey Hayat², Salih Şahin², Aykut Sümen²

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

² Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 74100, BARTIN

Öz

Ülkemizin önemli kaynaklarından olan ormanlarımız birçok biyotik ve abiyotik etmenlerin tehdidi ile karşı karşıyadır. Biyotik etmenlerin başında orman zararlısı böcekler gelmekte ve bunların neden olduğu zarar orman yangınlarından çok daha fazla olması dolayısıyla dumansız yangın şeklinde ifade edilmektedir. Orman kaynaklarımızın korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması hayati öneme sahiptir. Bu nedenle bu zararlıların başında gelen kabuk böcekleri ile doğaya uyumlu mücadele edilmesi gerekmektedir. Günümüzde kimyasal mücadele yerine doğaya uyumlu farklı yöntemler kullanılmaktadır. Zararlı böceklerle mücadele amacıyla en geniş kullanım alanına sahip olan yöntem feromon tuzak sistemleridir. Feromon tuzakları kabuk böcekleriyle de mücadele kullanılan en başarılı yöntemlerden biridir. Bu yöntemin en büyük avantajı türe özgü oluşu ve doğaya dost olmasıdır. Mücadelenin başarısını etkileyen en önemli faktör uygulama esaslarına dikkat edilmesidir. Bu çalışmada arazide farklı yıllarda ve bölgelerde yapılan arazi çalışmalarında, feromon tuzağı uygulamalarda karşılaşılan hata ve eksiklikler verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kabuk böcekleri, Feromon, Feromon tuzakları, Hata.

MISTAKES AND DEFICIENCIES IN THE USAGE OF PHEROMONE TRAPS AGAINST BARK BEETLES

Extended Abstract

Forests, which are one of the important resources of Turkey, are faced with the threat of many biotic and abiotic factors. Forest pest insects are the leading biotic factors and the damage caused by them is much more than forest fires, so it is expressed as smokeless fire. It is of vital importance to protect our forest resources and ensure their sustainability. For this reason, it is necessary to controlling to the bark beetles, which are the leading pests, in accordance with the nature. Today, different methods compatible with nature are used instead of chemical control. The most widely used method for pest control is sexual pheromone trap systems. Pheromone traps are one of the most successful methods used to controlling the bark beetles. The biggest advantage of this method is that it is specific to the species and is nature friendly. The most important factor affecting the success of the struggle is the attention to application principles. The selection of the insect species and the specific pheromone preparation is very important in the establishment of pheromone traps. In addition, it is of great importance that natural enemy species that fall into traps are released back into nature by regular checks. The pheromone preparations should be hung on the traps 2 weeks before the target species flying time. Traps should be hung securely in forest openings or on the edges of stands, taking into account the prevailing wind direction. In order not to lose the effectiveness of unused / to be used later preparations, they should be stored in suitable temperature conditions. For this reason, taking into account the number of personnel, assignments for these works will ensure that more accurate and accurate results are obtained, and this will contribute to our struggle. In this study, it was tried to give mistakes and deficiencies encountered in pheromone trap applications in the field studies carried out in different years and regions in the field.

Key Words: Bark beetle, pheromone, pheromone trap, deficiencies

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Yafes YILDIZ (Dr.); Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering 74100, Bartın-Turkey. Tel: +90 (378) 223 5164, Fax: +90 (378) 223 5066, E-mail: yildiz@bartin.edu.tr

Geliş (Received) : 05.05.2021

Kabul (Accepted) : 26.06.2021

Basım (Published) : 31.07.2021

1. Giriş

Çok önemli değerlere sahip ormanlarımız birçok biyotik ve abiyotik etmenlerin tehdidi ile karşı karşıyadır. Biyotik etmenlerin başında orman zararlısı böcekler gelmekte ve bunların neden olduğu zararın orman yangınlarından çok daha fazla olması dolayısıyla ve bu zarar dumansız yangın şeklinde ifade edilmektedir.

Böcek zararlarından dolayı ülkemiz ormanlarında artım ve büyümenin azalmasının yanında, yıllık 350.000 m³ arasında olağanüstü etalar alınmakta ve bu miktar böcek epidemilerinin yoğun olduğu zamanlarda 1.000.000 m³'ü geçmektedir. Bu bağlamda 2009 yılında ormanlarımızda böcek zararından dolayı 1.108.968 m³ orman emvali zarar görmüştür (Emin, 2012; Eroğlu, 2017).

Ormanlarımıza ciddi ekonomik anlamda zarar veren türlerin başında kabuk böcekleri gelmektedir. Kabuk böcekleri özellikle iğne yapraklı orman ağaçlarında önemli zararlara sebebiyet vermektedir (Baş ve Selmi, 1990; Öymen, 1992; Laz, 2001; Dönmez, 2006; Sade, 2007; Sarıkaya, 2008; Özcan, 2009; Yıldırım, 2011; Yıldız, 2012; Yiğit, 2017).

Ülkemizde kabuk böceklerine karşı ilk feromon denemeleri 1982 yılında Trabzon-Maçka'da ladin ormanlarında zarar yapan *Ips sexdentatus*'a karşı Prof. Dr. Mehmet Serez tarafından yapılmıştır. Daha sonra farklı kabuk böceği türlerinde de denemeler yapılarak olumlu sonuçlar alınmış ve ruhsatlanma çalışmaları yürütülmüştür. Günümüzde orman zararlısı kabuk böceklerine karşı feromon tuzakları başarı ile kullanılabilir (Serez, 1983; Serez, 1985; Serez, 1987; Öymen, 1989; Selmi, 1998; Arslangündoğdu, 1999; Laz, 2001; Serez ve Zümreoğlu, 2001; Sade, 2007; Varlı ve Sever, 2013; OGM, 2016).

2. Materyal ve Metot

Türkiye ormanlarında kabuk böcekleriyle mücadelede kullanılan feromon tuzakları ile kitlesel yakalama çalışmaları sırasında feromon tuzakları, preparatlar, asılma, kontrol ve toplama vb. durumlarda karşılanan eksikler ve hatalar verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toplama kaplarıyla ilgili karşılaşılan hatalar

3.1.1. Asılmadan önce eksik yapılan kontroller

Feromon tuzakları bir maliyet oluşturduğundan her yıl yenileri alınmayarak geçmiş yıllarda kullanılan tuzaklar kullanılmaktadır. Bu şekildeki feromon tuzakları asılırken kontroller yapılmalı uygun olmayanlar asılmaları ve yenileri ile değiştirilmelidir. Şekil 1.'de de görüldüğü gibi toplama kabının altındaki delik tuzağa düşen böceklerin buradan yeniden doğaya dönmelerine neden olacaktır.



Şekil 1. Toplama kapların alt kısımlarında oluşan delikler (Foto: Y. YILDIZ)

3.1.2. Toplama kaplarının imal edilirken yapılan hatalar

Feromon tuzaklarının imal edilmeleri aşamasında toplama kapları ile ilgili bazı kısımlar hatalı yapılabilmektedir. Kabin alt kısımlarındaki tahliye delikleri böcek büyüklüğüne ve suyun tahliyesine uygun yapılmalıdır. Aksi takdirde giren böcek geri çıkacak ve toplanan su tahliye edilmeyecektir. Diğer yandan suyun tahliye edilmemesi ve içerisine düşen böceklerin zamanla kokması feromon preparatının kokusunu da baskılayacak ve bu durum tuzağa düşen zararlı böcek/hedef tür miktarını da etkileyecektir (Şekil 2).



Şekil 2. Hatalı yapılan tahliye kısımları neticesinde toplama kaplarında biriken sular (Foto: Y. YILDIZ)

3. 2. Asılma yeri hususunda yapılan hatalar

3.2.1. Konumun özellikleri

Feromon tuzakları asılırken yer seçimi önemlidir. Nitekim (Serez ve Zümreoğlu, 2001) kabuk böceklerine karşı kullanılacak tuzakların fazla güneş almayacak yerlere asılmalarını bildirmektedir. Buna ilave olarak hem kokunun yayılmasını engelleyecek şekilde hem de kontrolünü/ulaşmayı aksatacak şekilde otsu bitki örtüsünün bulunması tuzağın etkinliğini azaltan nedenler olarak düşünülmektedir. Göktürk vd. 2010, diri örtünün bulunduğu alanlarda 1,5 metrenin altındaki yüksekliklerde asılan tuzakların zamanla otlar arasında kaldığı ve etkinliklerini tam göstermedikleri bildirmektedirler. Farklı yükseltilere asılan tuzaklarda en düşük böcek sayısı 1m'ye asılanlarda bulunmuştur. Ayrıca evcil hayvanların yoğun olarak bulunduğu/otlatıldığı alanlara asılan tuzaklar ve asıldığı sırtıklar zarar görmekte feromon tuzakları işlevini yapamamaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Yoğun otsu bitki örtüsü arasında kalan ve hayvan etkisi sonucu zarar gören feromon tuzakları (Foto: Y. YILDIZ)

3.2.2 Asılma yeri / şekli

Kabuk böceklerine karşı kullanılacak tuzaklar, iki sırk arasında ve en yakın ağaca 10 m olacak şekilde asılmalıdır (Serez ve Zümreoğlu, 2001). Buna rağmen sıklıkla tuzakların ağaç dallarına asılmış oldukları görülmektedir (Şekil 4). Bunun nedenin sırk dikim işinden/masrafından kaçmak olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Ağaç dalına asılan feromon tuzağı (Foto: Y. YILDIZ)

3.3. Eskimiş / Kullanılmış Feromon Tuzakları

Feromon tuzakları maliyetleri nedenleriyle tek kullanımlık olmayıp sonraki senelerde kullanılmaktadır. Fakat doğal koşullarda iklim şartlarının da etkisiyle kullanılan malzeme eskimekte ve kırılabilir. Yapılan böcek kontrollerinde toplama kabı güneş altında kalması ve aşırı gevremesi sonucu kırılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Toplama kabı kırılmış feromon tuzağı (Foto: Y. YILDIZ)

3.4. Feromon preparatının yırtılması / açılması

Bazen uygulamacının eksik/hatalı bilgisi sonucu feromon preparatlarının içinde bulunduğu naylon poşet/kap yırtılarak asılmaktadır. Yahut bazen de dışardan kişiler tarafından merak nedeniyle poşetler yırtıldığı durumlar gözlenmektedir (Şekil 6). Bu durum etken maddenin kısa sürede etkisini yitirmesine ve hava şartlarına bağlı olarak yağmur sularının poşete girmesi sonucu preparatının bozulmasına neden olmaktadır.



Şekil 6. Ambalajı yırtılmış feromon preparatı (Foto: Y. YILDIZ)

3. 5. Zamanında yapılmayan / yapılamayan kontroller

Feromon tuzakları asıldıktan sonra 7-10 gün aralıklarla periyodik olarak kontrol edilmelidir. Bu sürenin uzaması ve bazen iklim koşulları da dikkate alındığında olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Şöyle ki uzun süre kontrol edilemeyen tuzaklarda yağışın etkisi ile de düşen böcekler ıslanmakta ve birbirleriyle birleşerek kötü kokmaktadır. Ayrıca yine kontrol edilmeyen tuzaklara düşen yaprak, ibre vb. maddeler toplama kabının tahliyesini kapatarak yağmur suyu dolmasına neden olmaktadır. Bu durum sayım sayılmasını engelleyerek popülasyon takibini güçleştireceği gibi hedef türle beraber tuzaklara düşen doğal düşmanların da ölümüne neden olmaktadır. Tam tersi olarak geç kalındığında predatör türler böcekleri yiyerek veya parçalayarak yine doğru sayım yapılamamasına neden olmaktadır. Bazen de insanların tuzaklara sigara vb. yabancı maddeler atarak tuzaklara zarar verdiği görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Zamanında kontrol ve temizliği yapılmayan feromon tuzağı toplama kapları (Foto: Y. YILDIZ)

3.6. Böcek türü teşhisi / Feromon preparatı ve hedef dışı türler

Feromon tuzaklarında kitlesel yakalamanın başarısı her şeyden önce zararlı böcek türünün doğru teşhisine ve dolayısıyla uygun feromon preparatının seçilmesine ve de böceğin biyolojisi ile ilgili olarak uçuş zamanının doğru tespit edilmesine bağlıdır. Zararlının uçuş zamanı bölgeden bölgeye değişebileceği gibi yükselti farklılıkları da dikkate alınarak feromon tuzakları tesis edilmelidir. Yanlış tür seçimi durumlarında hedef tür tuzaklara düşmeyecek ya da istenilen düzeyde yakalama olmayacaktır. Yine uygun uçuş zamanı belirlenemediği durumlarda önce asılanlarda feromon preparatının etki süresinden gidecek veya geç asıldığında ise katlı generasyona sahip olan türlerde bazı generasyon dönemlerinin kaçırılmasına neden olunabilecektir. Feromon her ne kadar türe özgü olsa da başta doğal düşmanları olmak üzere farklı gruplardan birçok canlı tuzaklara düşmektedir. Doğal düşman türlerin ölmeden doğaya bırakılması önemlidir. Fakat bazen de daha farklı bir canlının (fare vb.) tuzağa düşmesi ve ölümler kötü koku yayması feromon kokusunu baskılamaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Feromon tuzağına düşen fare (Foto: Y. YILDIZ)

4. Sonuç ve Öneriler

Feromon tuzaklarının kurulmasında böcek türünün ve de özgül feromon preparatının seçimi çok önemlidir. Yine her sene kullanılan feromon tuzaklarının bakım ve onarımı yapılarak araziye asılması lazımdır. Ayrıca düzenli kontroller yapılarak tuzaklara düşen doğal düşman türlerin yeniden doğaya salınması büyük önem arz etmektedir. Feromon preparatlarının hedef türün uçuş zamanından 2 hafta önce tuzaklara asılmaları gerekmektedir. Tuzakların iki ağaç arasına hakim rüzgar yönü de dikkate alınarak sağlam bir şekilde orman içi açıklıklara veya meşcere kenarlarına asılmalıdır. Kullanılmayan/daha sonra kullanılacak olan preparatların etkinliğinin kaybolmaması için uygun sıcaklık koşullarında muhafaza edilmelidirler. Bu nedenle personel sayısı da dikkate alınarak bu işler için görevlendirme yapılması daha titiz ve doğru sonuçların alınmasını sağlayacak bu da mücadelemize katkı sağlayacaktır. Yoksa yukarıda da bahsedilen hata ve eksiklikler sebebiyle her sene ormanlarımızda ciddi ekonomik kayıplara neden olan kabuk böceklerine karşı mücadele kesintiye uğrayacak sağlıklı sonuçlar alınmayarak harcanılan para ve emek zayi olacaktır.

Kaynaklar

1. Arslangündoğdu, Z. (1999). İzmir Orman Bölge Müdürlüğünde Böceklerle Karşı Feromonların Kullanılması Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 60 s.
2. Baş R. & Selmi E. (1990). Türkiye Ormanlarında Zarar Yapan Scolytus Türleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A, 40 (2): 34-53.
3. Dönmez H. (2006). Mersin Orman İşletme Müdürlüğü İğne Yapraklı Orman Ağaçlarında Zarar Yapan Scolytidae (Coleoptera) Türleri ile Önemli Parazitoid ve Predatörlerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 93 s.
4. Emin A. (2012). Orman Zararlıları ile Mücadele Eğitim Sunusu. Orman Mühendisleri Odası, <https://ormuh.org.tr/uploads/docs/Orman%20zararlıları%20ve%20mucadelesi.pdf>, Erişim Tarihi: 25.04.2021
5. Eroğlu M. (2017). Orman Zararlılarının Yönetimi Ders Notu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormankoruma_4e649.pdf. Erişim Tarihi:15.04.2021
6. Göktürk T., Özkaya M.S. & Aksu Y. (2010). Feromon Tuzaklarının Asılma Yüksekliklerinin Böcek Yakalama Oranı Üzerine Etkileri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, IV: 1336-1343.
7. Laz B. (2001). Kahramanmaraş Andırın Kızılçam Ormanlarında Akdeniz Çam Kabuk Böceği (*Orthotomicus erosus* Woll.) ve Büyük Orman Bahçivani (*Blastophagus piniperda* Lin.)'na Karşı Feromon Denemesi ve

- Sonuçları*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 51 s.
8. **OGM. (2016)**. Orman Bitkisi ve Bitkisel Ürünlerinde Önemli Zararlı ve Hastalıkları Tanıma Kılavuzu. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Zararlılarıyla Mücadele Daire Başkanlığı, Ankara, 184 s.
 9. **Öymen T. (1992)**. Türkiye Orman Scolytidae Türleri. *Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A, 42 (1): 77-91.
 10. **Özcan G.E. (2009)**. *Maçka Orman İşletmesi Doğu Ladini Ormanlarında Başlıca Kabuk Böceklerinin Savaş Olanaklarının Araştırılması*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 147 s.
 11. **Sade E. (2007)**. *Bazı Feromon Preparatlarının Ips sexdentatus (Boerner) (Coleoptera, Scolytidae) ve Pityokteines curvidens (Germar) (Coleoptera, Scolytidae) 'e Karşı Biyoteknik Mücadelede Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 205 s.
 12. **Sarıkaya O. (2008)**. *Batı Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarının Scolytidae (Coleoptera) Faunası*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 225 s.
 13. **Selmi, E. (1998)**. Türkiye Kabuk Böcekleri ve Savaşı. İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 4042, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No: 11, Emek Matbaacılık, İstanbul, 196 s.
 14. **Serez M. & Zümreoğlu A. (2001)**. *Tarım ve Orman Zararlılarına Karşı Biyoteknik Yöntemler*. Dilek Ofset, Çanakkale, 108 s.
 15. **Serez, M. (1983)**. Türkiye Orman Zararlısı Böceklerden *Ips sexdentatus* (Börner) Savaşında İlk Feromon Denemeleri. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 251-265.
 16. **Serez, M. (1985)**. Sentetik Feromon "İpslure"nin *Orthotomicus erosus* (Woll.) Popülasyonuna Karşı Kullanılması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1-2): 41-47.
 17. **Serez, M. (1987)**. Bazı Orman Kabuk Böcekleriyle Savaşta Feromonların Kullanılma Olanakları. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10 (1-2): 99-131.
 18. **Varlı S. V. ve Sever, A. (2013)**. İstanbul Gaziosmanpaşa Ağaçlandırma Alanında Akdeniz Çam Kabuk Böceği *Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857 (*Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae*)'a Karşı Feromon Denemesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15 (1): 1-10.
 19. **Yıldırım S. (2011)**. *Isparta-Aksu Yöresi İğne Yapraklı Ormanlarında Zararlı Kabuk Böceği Türleri*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 68 s.
 20. **Yıldız Y. (2012)**. *Bartın ve Karabük Ormanlarının Scolytidae Faunası ve Bazı Önemli Türlerin Biyolojilerinin Belirlenmesi*. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bartın, 139 s.
 21. **Yiğit B. (2017)**. *Ordu İli İbrelî Ağaç Türlerinde Zarar Yapan Kabuk Böcekleri (Curculionidae: Scolytinae)*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 59 s.